



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**ÁLLATI EREDETŰ VÉR ÉLELMISZERIPARI
ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA**

Csurka Tamás

Budapest

2022

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Simonné Dr. Sarkadi Livia,
Egyetemi tanár, DSc
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Táplálkozástudományi Tanszék

Témavezető: Pásztorné dr. Huszár Klára
Oktatási ügyekért felelős intézetigazgató-helyettes, egyetemi docens, PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Célkitűzések	3
3. Irodalmi áttekintés	4
3.1. Vér szerepe a fenntarthatóságban	4
3.2. A vérgyűjtés és -feldolgozás technológiája és minőségre ható tényezői emberi fogyasztási célú felhasználás esetén	7
3.3. Véralvadásgátlás	12
3.4. Vérszeparálás	12
3.5. Vér és főbb vértermékek szerepe a táplálkozásban	15
3.6. Vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsítás hatása különböző élelmiszerek technofunkciós és érzékszervi tulajdonságaira	23
3.7. Allergénkiváltás lehetőségei vér és vértermékek használatával	26
4. Anyag és módszer	29
4.1. Anyag	29
4.1.1. Anyagok száraz trinátrium-citrát véralvadás-gátlásra gyakorolt hatásának vizsgálatára rotációs viszkozimetriás eljárással	29
4.1.2. Anyagok sertésvér membránszeparációjának vizsgálata a permeátum és retentátum élelmiszeripari felhasználása céljából	29
4.1.3. Anyagok élelmiszerek vérrel és főbb vértermékekkel történő, táplálkozás-élettani tulajdonságok javítását célzó dúsítás hatásainak vizsgálataihoz	30
4.1.3.1. Húskészítmény – vörösáru	30
4.1.3.2. Sütőipari termék – kakaós piskótatésztás sütemény	33
4.1.3.3. Tejkészítmény – csokoládé-fagylalt és -jégkrém	36
4.1.4. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sütő- és édesipari termékekben	37
4.1.4.1. Sütőipari termék – piskótatésztás sütemény	37
4.1.4.2. Édesipari termék – sodó	39
4.2. Módszer	41
4.2.1. Membránszeparációs módszer	41
4.2.1.1. Mikroszűrés	41
4.2.1.2. Membrán tisztítása	43
4.2.1.3. Hidrodinamikai paraméterek számolása	43
4.2.2. Állománymérés	46
4.2.2.1. Rotációs viszkozimetria	46
4.2.2.2. Állomány profil elemzés (TPA)	47
4.2.2.3. Warner-Bratzler (W-B) teszt	48

4.2.2.4. Hárompontos törési teszt	49
4.2.2.5. Stressz-relaxációs állománymérések	49
4.2.3. Színmérés	50
4.2.4. Szárazanyag-tartalom mérése	51
4.2.5. Vízáktivitás mérése	51
4.2.6. Víztartó képesség mérése	51
4.2.7. pH mérése	52
4.2.8. Mikroszerkezet megfigyelés pásztázó elektronmikroszkóppal	52
4.2.9. Érzékszervi minősítés	52
4.2.9.1. Élelmiszerek vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsításának hatása különböző élelmiszerek érzékszervi tulajdonságaira	53
4.2.9.1.1. Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított vörösáruk összehasonlítása	53
4.2.9.1.2. Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sütemények összehasonlítása	54
4.2.9.1.3. Különböző típusú vértermékekkel dúsított fagyaltok és jégkrémek összehasonlítása	55
4.2.9.2. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sütő- és édesipari termékekben	55
4.2.10. Statisztikai elemzés	56
4.2.11. Táplálkozás-élettani tulajdonságok fejlesztése	57
5. Eredmények és értékelésük	58
5.1. Száraz trinátrium-citrát véralvadás-gátlásra gyakorolt hatásának vizsgálata rotációs viszkozimetriás eljárással	58
5.2. Sertésvér membránszeparációjának vizsgálata a permeátum és retentátum élelmiszeripari felhasználása céljából	62
5.2.1. Vérfrakciók minőségének vizsgálata	62
5.2.2. Hidrodinamikai paraméterek vizsgálata	65
5.2.2.1. Membránszűrés hatékonysága	65
5.2.2.2. Membrántisztítás hatékonyságának vizsgálata	66
5.2.2.3. Membránszűrés modellezése	67
5.2.3. Membránszeparációs kísérletek eredményeinek együttes értékelése és azok jelentősége	69
5.3. Élelmiszerek táplálkozás-élettani tulajdonságainak javítását célzó, vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsításának hatása különböző élelmiszerek techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira	71
5.3.1. Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított vörösáruk összehasonlítása	71
5.3.1.1. Állományvizsgálat eredményei	71
5.3.1.2. Színvizsgálat eredményei	74

5.3.1.3. Szárazanyag-tartalom, víztartóképeség, vízaktivitás és pH mérés eredményei	76
5.3.1.4. Mikrostruktúra	77
5.3.1.5. Érzékszervi minősítés eredményei	78
5.3.1.6. Táplálkozás-élettani tulajdonságok fejlesztése	78
5.3.2. Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sűtemények összehasonlítása	81
5.3.2.1. Állományvizsgálat eredményei	81
5.3.2.2. Színvizsgálat eredményei	85
5.3.2.3. Szárazanyag-tartalom és vízaktivitás eredmények	87
5.3.2.4. Táplálkozás-élettani tulajdonságok fejlesztése	88
5.3.2.5. Érzékszervi minősítés eredményei	88
5.3.3. Különböző típusú vértermékekkel dúsított fagyaltok és jégkrémek összehasonlítása	90
5.3.3.1. Állományvizsgálat eredményei	90
5.3.3.2. Színvizsgálat eredményei	93
5.3.3.3. Szárazanyag-tartalom és pH eredmények	94
5.3.3.4. Érzékszervi minősítés eredményei	95
5.4. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sűtő- és édesipari termékekben	97
5.4.1. Tojás allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata	97
5.4.1.1. Állományvizsgálat eredményei	97
5.4.1.2. Színvizsgálat eredményei	98
5.4.1.3. Vízaktivitás és szárazanyag-tartalom eredmények	99
5.4.1.4. Érzékszervi minősítés eredményei	100
5.4.2. Tej allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata	102
5.4.2.1. Állományvizsgálat eredményei	102
5.4.2.2. Színvizsgálat eredményei	103
5.4.2.3. Szárazanyag-tartalom, vízaktivitás és pH eredmények	105
5.4.2.4. Érzékszervi minősítés eredményei	105
6. Következtetések és javaslatok	107
7. Új tudományos eredmények	112
8. Összefoglalás	115
9. Summary	116
I. MELLÉKLET: Irodalomjegyzék	117
II. MELLÉKLET: Statisztikai próbák feltételeinek vizsgálata és az eredmények statisztikai értékeléséhez szükséges egyéb információk leírása	140
II.1. Száraz trinátrium-citrát véralvadás-gátlásra gyakorolt hatásának vizsgálata rotációs viszkozimetriás eljárással	140
II.2. Sertésvér membránseparációjának vizsgálata a permeátum és retentátum élelmiszeripari felhasználása céljából	141

II.3. Élelmiszerek táplálkozás-élettani tulajdonságainak javítását célzó, vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsításának hatása különböző élelmiszerek techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira	143
II.3.1. Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított vörösáruk összehasonlítása	143
II.3.2. Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sütemények összehasonlítása	144
II.3.3. Különböző típusú vértermékekkel dúsított fagylaltok és jégkrémek összehasonlítása	146
II.4. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sütő- és édesipari termékekben	147
II.4.1. Tojás allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata piskótatészta süteményben	147
II.4.2. Tej allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata sodóban	149
III. MELLÉKLET: Nomenklatúra	150
IV. MELLÉKLET: Pásztázó elektronmikroszkóppal készült képek a különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított, hőkezelt húspépből készült mintákról	152
V. MELLÉKLET: Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sütemények érzékszervi minősítésének eredményei	159
VI. MELLÉKLET: Különböző típusú vértermékekkel dúsított jégkrémek érzékszervi minősítésének eredményei	162
VII. MELLÉKLET: Köszönetnyilvánítás	164

1. Bevezetés

A fenntarthatóság mind a tudományos szakirodalomban, mind a publicisztikában napjaink egyik hívószava. Ezen belül a melléktermékek hasznosítása, vagy ahhoz kapcsolódó témák, mint például a körforgásos gazdálkodás, vagy zéró kibocsátás fokozott érdeklődést váltanak ki úgy a tudományos életből, mint a társadalomból és ezáltal a kereskedelemből és iparból.

Az irodalmi áttekintésben felvonultatott szakirodalmakból csak az érdeklődés felkeltése szempontjából válogatott részei is jól bemutatják a téma fontosságát és időszerűségét. Az emlősállatok vére az iparban igen nagy mennyiségben kitermelt melléktermék, amely egy állat teljes élőtömegének akár 9 g (100 g)^{-1} részét is kiteheti, amely hasznos tömegre számolva bőven $10 \text{ g (100 g)}^{-1}$ tömegarány fölött van (Csurka et al., 2021). Az Eurostat adatbázisa szerint csak 2021-ben Európai Unió szinten $6\,801\,910 \text{ t}$ tömegű marhahúst és $23\,393\,670 \text{ t}$ tömegű sertéshúst, országunkban $28\,930 \text{ t}$ tömegű marhahúst és $462\,740 \text{ t}$ tömegű sertéshúst állítottak elő, amely a hagyományos technológiával a véreztetés során biztosan kinyerhető 5 g (100 g)^{-1} tömegarányal számolva Európai Unió szinten $340\,095,5 \text{ t}$ marhavért és $1\,169\,683,5 \text{ t}$ sertésvért, Magyarországon pedig $1\,446,5 \text{ t}$ marhavért és $23\,137 \text{ t}$ sertésvért jelent (Eurostat, 2022). Ennek a vérnek a töredékét hasznosították nagy hozzáadott értékkel. Ha nem számolunk az illegális módon „eltüntetett” vérrel, akkor az extra költségen veszélyes hulladékként tárolt, majd semlegesítésre küldött vér az előbb ismertetett számoknak több, mint 90%-a, Magyarországon gyakorlatilag 100%-a. Az így semlegesített vérből legjobb esetben állati takarmány-alapanyag, vagy talajjavító készülhet az 1069/2009/EK rendelet és a 45/2012 VM rendelet alapján. Viszont általában a vér elkülönített tárolása sem teljesen megoldott és nyílt rendszerbe kerül a véreztetés során, amelybe veszély- és kockázatelemzés alapján más, akár fertőző állati tetemek részei is kerülhetnek. Utóbbi esetben a mellékterméknek már csak a hamuját nagy hőmérsékleten történő semlegesítés után a betongyártás használhatja fel alapanyagként. Ennek az az oka, hogy az igen költséges, jogszabályoknak megfelelő technológia, mellyel engedélyezett az állati vér emberi fogyasztási célra való gyűjtése, igen drága, a felhasználási lehetőségek pedig információ és kereslet hiányában erősen korlátozottak. A melléktermékekben mindig is sok lehetőség és „pénz” volt, viszont még nagyon kevés a tudományos eredmény, amelyet az ipar felhasználhat akár a kereslet feltámasztására, akár a versenyképesség növelését célzó hasznosításra. Az emberi fogyasztási célra történő vérfeldolgozás szakirodalma, amely konkrét technológiai paramétereikről számol be, nagyon régi, módszertana nem minden esetben megbízható, eredményeinek minősége a mai műszeres analitikával nem mind összevethető.

Pedig a vér hasznosításának minden lehetősége adott. Főleg most, a COVID-19 járvány, és Európa legnagyobb termőföld területein zajló háború sújtotta világban, ahol a fejlett országokban is ismét releváns probléma az élelmezésbiztonság a minőségi éhezés mellett. A vér, mint a természetben található legjobb vasforrás, segíthet megelőzni és kezelni a minden harmadik-negyedik gyermeket, nőt (különösképpen kismamát), összesen pedig másfél milliárd embert érintő vashiány okozta vérszegénységet (Meena et al., 2019). A fenntarthatóság és az emberi egészség szempontjain kívül gazdasági érdek is az állati vér minél nagyobb mennyiségben történő, nagy hozzáadott értékű hasznosítása. A globális egészségügyi és wellness-élelmiszerek piacának méretét, amelyben előljáró termékek a funkcionális élelmiszerek, 2021-ben 104,27 milliárd USD-ra, 2022-ben 113,80 milliárd USD-ra becsülték, és az előrejelzések szerint 9,24%-os összetett éves növekedési rátával (CAGR) fog tágulni (Research and Markets, 2022). Ez azt jelenti, hogy 2027-re eléri a 177,25 milliárd USD-t. Ráadásul ezzel nem csak az egészségipar és a funkcionális élelmiszerek piaca nő, hanem az Magyarországon egyre nagyobb bizonytalanság és egyre nagyobb kihívások előtt álló húsipar is növelheti a versenyképességét.

Doktori disszertációmban ennek az egyre jobban hiányzó tudásnak a megszerzésére és publikálására vállalkoztam, hogy segítsem a vér minél nagyobb mértékű, megemelt hozzáadott értékű felhasználását. Másik célom a vér felhasználásával növelni a különböző élelmiszerek táplálkozás-élettani pozitív hatásait oly módon, hogy fejlesszem, vagy változatlanul hagyjam techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaikat így megfeleelve az ipari és fogyasztói elvárásoknak.

2. Célkitűzések

Kutatásaim során céлом volt bemutatni ennek a jelenleg kihasználatlan, viszont igen értékes és megfelelő körülmények között kezelve biztonságos erőforrásnak, az állati vérnek a technológiai, táplálkozás-élettani és fenntarthatóság szempontból fontos tulajdonságait, ezáltal felhasználásának előnyeit. Kísérleteim módszertana és eredményeinek értékelése során folyamatosan szem előtt tartottam a gyakorlati hasznosíthatóság szempontját. Célul tűztem ki azt, hogy minél több információt szolgáltatssak a vér felhasználási lehetőségeiről és a vér élelmiszerekben történő hasznosításának az élelmiszer késztermékekre gyakorolt hatásairól annak érdekében, hogy az állati vér minél több felhasználási lehetőségét tudjam ajánlani az élelmiszeripar számára. Kísérleteim célkitűzései a következők voltak:

- Optimálni az állati vér felhasználása előtti, a tudományos szakirodalomban ipari felhasználhatóság szempontjából hiányosan bemutatott előkezelésének bizonyos részeit (véralvadásgátlás, szeparálás) a hatékonyság és a vértermék minőségének növelése érdekében saját metodika kialakításával.
- Megvizsgálni az állati vérrel és vérfrakciókkal történő dúsítás lehetőségeit különböző élelmiszer-mátrixokban (húskészítmény, sütőipari készítmény, tejkészítmény) táplálkozás-élettani jellemzőik javítása érdekében oly módon, hogy vizsgálom és összehasonlítom a kontroll és a dúsítással előállított késztermékek minőséget meghatározó tényezőit, köztük kiváltképp a techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságait (állomány, szín, pH, vízmegkötéssel kapcsolatos tulajdonságok, fogyasztói értékelés és kedveltség).
- Megvizsgálni az állati vérplazma és vérfrakciók allergénkiváltásra (tojás, tej) történő felhasználásának lehetőségeit több élelmiszer-mátrixban (sütőipari termék, édesipari termék) oly módon, hogy vizsgálom és összehasonlítom a kontroll és az allergénkiváltással előállított késztermékek minőséget meghatározó tényezőit, köztük kiváltképp a techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságait (állomány, szín, pH, vízmegkötéssel kapcsolatos tulajdonságok, fogyasztói kedveltség).

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Vér szerepe a fenntarthatóságban

A fenntarthatóság és a melléktermékek hasznosítása igazi forrópont a tudományos szakirodalomban, valamint a fogyasztók is bizonyítottan értékelik a fenntartható módon előállított élelmiszereket (Floros et al., 2010). A melléktermékek, különösképpen az állati eredetű melléktermékek hasznosítása egyre inkább fontossá válik. A nemzetközi kutatások alapján több fontos érvet találunk arra, hogy miért kell a lehető legtöbb állati eredetű mellékterméket felhasználni értéknövelő módon. Az első fő érv az abszolút és relatív túlnépesedés, amely élelmiszer- és elsősorban fehérjehiányhoz fog vezetni. Az abszolút túlnépesedés a populáció méretének növekedését jelenti. Még soha nem laktunk ennyien bolygónkon. 2011-ben a Föld népessége elérte a 7 milliárd főt, 2016-ban pedig már a 7,4 milliárd főt. Disszertációm műhelyvitát követő módosításainak írása közben értük el a 8 milliárd főt (Worldometer, 2022). 1960 óta – 50 év alatt – 133%-kal nőtt az akkori 3 milliárd fős népesség. Több, mint 10 000 nemzedék alatt érte el a világ népessége a 2 milliárdot, majd egyetlen nemzedék alatt annak kétszerese lett. A relatív túlnépesedést úgy tudnánk legkönnyebben kifejezni, mint az egységnyi emberpopuláció környezetterhelő értékének túl nagyra növekedése. Erre a legjobb példa, hogy a fejlett országok populációja általában csökken, viszont sokkal több repülőutat engednek meg maguknak. Ezen kívül a tömeges elhízás és a pazarlás mértéke is mutatja, hogy milyen mértékben többet fogyasztanak elődjeknél, vagy más országokban élő kortársaiknál. Míg a Föld népessége 1950 és 2000 között „csak” közel kétszeresére nőtt, a húsfogyasztás közel megötszöröződött: 45 millió t/év-ről 233 millió t/év-re nőtt, ráadásul a FAO szerint az emberiség hússzükséglete 2050-re 410 milliárd kg/év, míg egy másik kutatás szerint 465 milliárd kg/év lesz (Ayuso, 2011; Boland et al., 2013; Steinfeld et al., 2006). Eközben a termőföld terület, szintén dinamikusán 94 millió ha-ról 1,6 milliárd hektárra nőtt, egy elméleti maximumig növelhető csak, amely 1,8 milliárd hektár (Godfray et al., 2010). Míg az emberiség húsigénye folyamatosan növekszik, a termőföldek kiszolgálóképessége csökkenő tendenciát mutat és várhatóan ez az arány tovább romlik az urbanizációs hatások, valamint a globális éghajlatváltozás miatt (Pimentel et al., 1975; Steinfeld et al., 2006). Miközben már jelenleg több helyen küzdünk az éhezéssel: a Föld közel 11%-a, 795 millió ember éhezik (McGuire, 2015), az emberiség által megtermelt 77 millió t emberi fogyasztásra is alkalmas fehérjéből mindössze 58 millió t kerül az asztalunkra (Steinfeld et al., 2006). Emellett komoly gondot okoz a mikrotápanyag hiány is: 1,6 milliárd ember szenved vashiány okozta vérszegénységben. Egy állati melléktermék: a vér felhasználása ezekre a problémákra megoldást jelenthet, hiszen 100 g sertés vérpor képes fedezni egy átlagos, 70 kg-os, felnőtt férfi teljes napi esszenciális aminosav szükségletét a metionint kivéve, amely cereáliákból

könnyen komplementálható (Ockerman & Hansen, 2000). A sertés vér 1490,14 mg/kg szárazanyag, a marhavér pedig 2810,62 mg/kg szárazanyag vasat tartalmaz (Sorapukdee & Narunatsopanon, 2017; USDA, 2018), amely kiemelkedik az élelmiszerösszetevők közül. Ráadásul a hem-vas emberi szervezetben való felszívódása hatékonyabb a vas minden más formájánál (WHO, 2004). A birtokunkban lévő információk alapján egyértelműen látjuk, hogy a jövőben szükségszerűvé válik az eddig fel nem használt fehérjeforrások bevonása, mint például az állati vér, amely egy állat élőtömegének feldolgozás, hasznosítás helyett ráfizetéssel semlegesítésre küldött 3-5%-át teszi ki (Halliday, 1973). Ez az általában véreztetés során kinyert 3-5% ráadásul még nem is fedti teljesen a valóságot, ugyanis technológiától és állatfajtától függően a vágás véreztetés technológiai lépése során kitermelhető vér az élőállat tömegére vetítve 7,6-8,3% szarvasmarha esetén, 4,5-6% sertés esetén, 7,6-8,3% juh, vagy birka esetén, átlagosan 6,6% ló esetén és 5-10% a különböző izomtömegű baromfik esetén (Lynch et al., 2017). Az állati vér átlagosan kétharmada található a keringésben, míg a maradék egyharmadát a lép, máj és tüdő tárolja nyugalmi állapotban, vagy más szervekben (pl.: a bőr kapillárisaiban) van, ahonnan nem lehet kinyerni.

Egy másik fő érv az állattermékek termelésének – magukban, a haszonállatokban végbemenő fejlődési folyamatoknak – a hatékonysága, amelyen egy bizonyos szint felett nem tudunk változtatni. A hústermelés rengeteg erőforrást igényel: 1 kg marhahús megtermeléséhez 7,7 kg takarmányra és 15 400 L vízre, 1 kg serteshúshoz 3,6 kg takarmányra és 6 000 L vízre, 1 kg baromfihúshoz pedig 2,2 kg takarmányra és 3 400 L vízre van szükség (Mekonnen & Hoekstra, 2010; Huis, 2010). Az élelmiszeripari felhasználásra alkalmas, kinyerhető vér egy élő vágóállat testtömegének 3-4%-át teszi ki, amely egy átlagos objektív sertés (a húsipari szakzsargonban a nagy számban vágott, átlagos sertés) esetén 3-4 kg-ot jelent. A teljes vér tömege egyébként sertésenként az élőtömeg 5-9%-a, viszont ennek csak 50%-a nyerhető ki a véreztetés során, mivel nagyjából 10%-a a bőrben, 16%-a az epében, 20%-a a májban marad. Emellett a kapillárisokban is benn marad a vér egy része (Gorbatov, 1988; Ockerman & Hansen, 2000). Éder Tamás, a Magyar Húsiparosok Szövetségének társadalmi elnökének több előadásában és nyilatkozatában is szerepel, hogy a húsipar egyre nagyobb bizonytalanságoknak és kihívásoknak néz elébe (Éder, 2022a; Éder, 2022b). A húsipar és állattenyésztő ágazat versenyképességének növelésére, vagy mindinkább megtartására is alkalmas a melléktermékek értéknövelő módon történő hasznosítása. Az ebben rejlő lehetőségeket az 1. ábra szemlélteti. Természetesen nem csak a vér élelmiszeripari és egyéb hasznosításáról beszélhetünk ebben az esetben sem: a *green technology*, azaz a természetes alapú anyagok felhasználásával történő termék-előállítás nagyon divatos manapság, száz-kétszáz évvel ezelőtt viszont ez volt az egyetlen opció. Jó példa az, hogy

élelmiszereknek (Bah et al., 2013; Duarte et al., 1999; Hsieh & Ofori, 2011; Ofori & Hsieh, 2012; Toldrá et al., 2012) természetesen annak függvényében, hogyan definiáljuk a funkcionális élelmiszereket (Doyon & Labrencque, 2008). A különböző vértermékek és vérfrakciók közül szeretném különleges felhasználási lehetőségei miatt kiemelni a Fibrimexet® (Sonac BV, Hollandia), amely gyakorlatilag egy fibrinogénből és trombinból álló húragasztó. Ezt a fehérjék megfelelő vegyszerek jelenlétében történő, szelektív krio-kicsapásával nyerik. Segítségével, értéknövelő módon steakhússá lehet összetapasztani a főtermékek megmunkálása, formázása során kieső apróhúst az olcsóbb, húspép-alapanyagként történő felhasználás helyett, valamint komoly lehetőségeket ad a molekuláris gasztronómiának is.

Egy legutolsó fontosabb érv az, hogy az állati eredetű melléktermékeknek, különösképpen a vérnek, igen nagy környezetterhelő értéke van. A nyers vért Európában gyakran semlegesítik és legjobb esetben is csak talajjavítószer (esetleg állati takarmánykiegészítő) gyártására továbbítják az értéknövelő módon történő felhasználás helyett. Az Európai Parlament és a Tanács 853/2004 rendelete szigorúan előírja az emberi fogyasztási célra szánt vér gyűjtésének műszaki feltételeit, amelyek, ha nem teljesülnek, a vért veszélyes hulladékként kell kezelni. Az emberi fogyasztásra szánt vért így csak és kizárólag a vágóállatból közvetlenül (csökéssel) kiszivattyúzva, zárt csőrendszerben szabad gyűjteni olyan tartályokba, amelyekben egyszerre legfeljebb 50 állat vére kerülhet. Sajnos, bár a statisztikákban nem jelenik meg, az állati vér néha a csatornában végzi, ahol hatalmas veszélyt jelent, mivel a friss vér biológiai oxigénigénye 200 g l^{-1} , kémiai oxigénigénye pedig 400 g l^{-1} (Hsieh & Ofori, 2012). Ezek az értékek túllépik a megengedett határértéket (125 mg l^{-1} kémiai oxigénigény), amelyet a Tanács a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelve, valamint az annak I. mellékletében meghatározott egyes követelményekre tekintettel módosító, Bizottság által hozott 98/15/EK irányelv szabályoz.

3.2. A vérgyűjtés és -feldolgozás technológiája és minőségre ható tényezői emberi fogyasztási célú felhasználás esetén

A vér egy folyékony kötőszövet, melyben a plazma alkotja az intracelluláris részt, a sűrűvér frakció pedig az ebben szuszpenzált elemeket. A vér kezelése és tartósításának módja a tovább-feldolgozási szándéktól függ. A vágóhidak általában nem gyűjtik a vért emberi fogyasztási célra. Halal és kóser étrendet túlnyomó többségben folytató, vagy annak betartására kötelezett emberek által lakott területeken ez magától értetődő. Kevésbé érthető viszont az ezektől eltérő területen található országokban, mint például Magyarországon. Hazánkban ugyanis nem történik vérgyűjtés emberi fogyasztási célra. Ennek oka az EU élelmiszerhigiéniai rendeleteinek jogos, de igen szigorú műszaki elvárása az emberi fogyasztási célra történő vérgyűjtéssel szemben. A

magyar, nyugat-európai szemmel kis kapacitású vágóhidak nem engedhetik meg maguknak a validáltan higiénikus, teljes zárt rendszer telepítését szivattyúkkal, külön *clean in place* (CIP) rendszerrel, csőkéssel, véralvadásgátlásra alkalmas elemekkel és elkülönített tartályos vérgyűjtő rendszerrel, esetleg karusszeles, vagy más módon szabályozott megoldásokkal. A rendszer nem csak drága, hanem a termék jelenleg szűk felvevőpiaca miatt rövid- és középtávon szinte biztosan veszteséges, így ahol kereskedelmi forgalomba történő bocsátásra, vagy közfogyasztásra szánt, élelmiszeriparban előállított véreshurkát gyártanak, ott általában dán-, vagy holland vérport használnak fel összetevőként a helyben kinyerhető vér helyett, amelyet más termékek összetevőiként is hasznosíthatnának.

Az emlősállatok vágástechnológiájának folyamata során a véreztetés a kábítás lépése után következik általában már fellógatott állapotban. Szarvasmarha és más, erős nyakizomzatú állat esetén szükséges lehet a lebernyeg előfejtése. A szúrást a hatályos, vonatkozó 853/2004/EK rendelet szerint minden esetben váltott, kétélű késsel kell végezni, és a használatban nem lévő kést legalább 82 °C hőmérsékletű eszközfertőtlenítőben kell fertőtleníteni. A szegycsont fölött állatfajától függő távolságban, artériába hatoló késnek függőlegesen kell néhány cm-es vágást ejteni, hogy az artéria körüli izmok ne tudják összehúzni az okozott sérülést. A véreztetés hatékonyságát több tényező is befolyásolja, mint például a kábítás módja és minősége. Viszont maximalizálása legegyszerűbben a kábítás és a véreztetés közt eltelt idő minimalizálásával, valamint magának a véreztetésnek a gyorsításával például artériából történő kiszivattyúzás, vagy más vákuumképzés segítségével, amely a kontamináció kiszűrésére is alkalmas. Utóbbi technológia optimalásnál viszont ügyelni kell arra, hogy a túl nagy nyomáskülönbség az erek és az elszívás között elzárhatja az artériát és megszakíthatja a véreztetést (Knipe, 1988; Ockerman & Hansen, 2000). A zárt rendszer, mint feltétel, jó eszköz arra is, hogy szívással gyorsítsa a technológia a még dobogó szív által kipumpált vért. A vér csak a kötelező állatorvosi vizsgálat után használható fel. Ezt biztosítandó, amennyiben élelmiszerbiztonsági kockázat gyanúja merül fel egy sertés vizsgálata esetén, akkor annak a tartálynak a teljes tartalmát semlegesítése kell küldeni, amelybe a gyanús állat vére került, ugyanis az emberi fogyasztási célra már nem felhasználható. Az alvadt vért nem lehet csőrendszerben kezelni és szivattyúzni, valamint a vér alvadás során elveszíti fontos techno-funkciós tulajdonságait, így a vér alvadását meg kell gátolni. Erre több lehetőség is van, viszont legcélszerűbb a trinátrium-foszfát hozzáadása. A véralvadásgátlást saját, a témában végzett kutatásaim miatt a későbbiekben az erről szóló fejezetben ismertetem részletesebben.

A különböző állatokból kinyerhető teljes vér mennyisége (1. táblázat) számszerűsítve egy egyedre vonatkoztatva is nagy tömeget képvisel, melynek hasznosításában érdekeltté tehető az ipar is.

1. táblázat: Különböző vágóállatok vérének tömege egy átlagos tömegű egyedre vonatkoztatva
(Forrás: Halliday, 1973)

Állatfaj	Egy egyedre vonatkoztatott melléktermék átlagos mennyisége
	Vér (kg)
Szarvasmarha	12,5
Sertés	3,5
Juh	1,75
Kecske	0,6
Ló	56,4
Baromfi (broiler)	0,07

A szarvasmarha vér $80,9 \text{ g (100 g)}^{-1}$ vizet, $17,3 \text{ g (100 g)}^{-1}$ fehérjét, $0,23 \text{ g (100 g)}^{-1}$ zsírt, $0,07 \text{ g (100 g)}^{-1}$ szénhidrátot és $0,62 \text{ g (100 g)}^{-1}$ ásványi anyagot tartalmaz. (Duarte et. al., 1999) A marha, sertés és baromfivér szárazanyagtartalmának $90 \text{ g (100 g)}^{-1}$ körül mozog a fehérjetartalma. Ez alapján elmondható, hogy az átlagos élelmiszereinkhez képest nagyon jó fehérjeforrás és összes ásványianyag tartalma is nagy, főleg annak tükrében, ha szárazanyagra vonatkoztatva vizsgáljuk. Sokkal inkább relevánsak a szárazanyag-tartalomra vetített értékek, mivel élelmiszerek dúsítására elsősorban vérport, esetleg vérsűrítményt alkalmaznak a könnyebb kezelhetőség, valamint a hosszabb felhasználhatósági (nyers vér esetében fogyaszthatósági, vérpor esetében minőségmegőrzési) idő miatt. Emellett kis szénhidrát- és zsírtartalma miatt is előnyös, hiszen a tömeges elhízás miatt az egészségügyi szervezetek javasolják a szénhidrátbevitel csökkentését, valamint az élelmiszertermelők is egyre nagyobb arányban foglalkoznak szénhidrátcsökkentéssel, megfelelve a fogyasztói elvárásoknak a kis szénhidrát-, nagy fehérjetartalmú termékek felé.

2. táblázat: Különböző fajú állatok vérének teljes vérré vonatkoztatott tömeg-koncentráció összetétele [g (100 g)⁻¹] (forrás: Gorbatov, 1998)

Állatfaj	Marha	Sertés	Juh
Víz	80,89	79,06	82,17
Száranyag	19,11	20,94	17,83
Hemoglobin	10,31	14,22	9,29
Nem hemoglobin eredetű fehérje	6,98	4,26	7,08
Szénhidrát	0,07	0,07	0,07
Koleszterin	0,19	0,04	0,14
Zsír	0,06	0,11	0,09
Szabad zsírsavak	0	0,05	0,05

A különböző állatfajok vérének különböző az összetétele. Ezt szemlélteti a 2. táblázat. Amint azt az adatok jól mutatják, a víztartalomban nincs nagy eltérés: mindegyik bemutatott emlősállat vére 80% körüli értékkel rendelkezik. Ugyanakkor olyan technológiai és táplálkozásélettani szempontból lényeges alkotó, mint a vér színét adó hemoglobin már nagy eltérést mutat: a juhvér hemoglobintartalma csak 65%-a a sertés vérének. Ezen felül a vörösvértestek mérete is eltérhet akár egy nagyságrenddel is. A nagy fehérjetartalom nem csak a feldolgozóipar számára jelent előnyöket, hanem a mikroorganizmusok számára is kiváló közeg. A nyers vér egy különösen romlékony élelmiszer, amelyben nem megfelelő kezelés esetén a vágás (véreztetés) után azonnal megkezdődik a mikroorganizmusok szaporodása. Nagy fehérjetartalma és vízakтивitása miatt nagyon jó környezetet jelent szinte bármilyen mikrobiális szennyeződés számára, valamint mivel sok tekintetben hasonló az emberi szervezet viszonyaihoz, gyakorlatilag tökéletes táptalaj humánpatogén baktériumok számára (Ofori & Hsieh, 2012). Ezért jelent fertőzésveszélyt és rendelkezik speciális, jogszabályban meghatározott kezelési igényekkel a nyílt rendszerben gyűjtött vér. Maga a vér állománya is növeli a kontamináció kockázatát, mert a folyékony és félfolyékony élelmiszereken sokkal könnyebben tapadnak meg a mikroorganizmusok, mint a szilárd élelmiszereken, valamint az érintkezés esélye is nagyobb az áramoltatás miatt. Ezek miatt a higiénikus vérgyűjtésen felül szükség van hűtésre is, amely viszont más mikroorganizmusokkal szembeni előnyt biztosít a pszichrofil baktériumoknak, mint például a *Pseudomonas* fajoknak.

Bár alapvetően az egészséges állat vére steril, a szűrés és véreztetés, valamint csőben történő áramoltatás során üzemi higiénitól és vérgyűjtő rendszertől függően könnyen kontaminálódhat akár az állat kültakarója, technológiai szennyeződések, emberi eredetű szennyeződések, vagy más környezeti szennyeződések által. A legkisebb higiéniai szabálytalanság

is elég a szennyeződéshez például koaguláz pozitív *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* vagy *Salmonella* által (Deák et al., 2006; Makara et al., 2016). Emellett a jó mintavételi tervnek tartalmaznia kell a nehézfémek, különösen az ólom, a kadmium és a higany elemzését. (Állattermékek esetén az általános higiénia megfelelése érdekében az 852/2004/EK és az iparág-specifikus higiénia megfelelése érdekében 853/2004/EK rendelet kötelezi az ipari szereplőket az mintavételi terv kialakítására és elvégzésére, amelyet a 854/2004/EK rendelet szerint helyi hatóság szigoríthat, vagy amelyből engedményeket adhat. Ezekhez a mikrobiológiai kritériumokat a 2073/2005/EK rendelet, az kémiai anyagok kritériumait pedig a 2016/582/EU rendelet szabályozza.) A vérben lévő mikroorganizmusok mennyisége megfelelő higiénia mellett $2,5 \times 10^5$ CFU ml⁻¹ alatt tartható 3 napos, 2-3 °C-on történő tárolás végéig. Az elválasztás után a vérplazmának viszonylag kis számú, kb. 1×10^3 CFU ml⁻¹ baktériumot szabad csak tartalmaznia (Kowalski et al., 2011). (Az elválasztásról bővebben a „3.4. Vérszeparálás” alfejezetben írok.)

A megfelelően hosszú idejű minőségmegőrzés és könnyű kezelhetőség – ebbe beleértve a hűtési igény kiküszöbölését is – érdekében a vért koncentrálni és/vagy szárítani kell a gyűjtés után olyan hamar, amilyen hamar csak lehetséges. Ezen kívül mivel nagy része víz, szállítása és tárolása komoly költségeket okozna, ha vízelvonással azt nem csökkentenénk. Célszerű valamilyen módon elvonni ezt a vizet csökkentve a vízaktivitást, valamint koncentrálni a tápanyagokat. A teljes vért, a vérplazmát és az alakos elem frakciót európai vérfeldolgozóüzemben általában membrántechnológiával koncentrálnak és porlasztva szárítják 55 °C körüli hőmérsékleten, hogy a fontos tulajdonságokat megőrizzék a porított formában is (Salvador et al., 2009). A szárított plazma csak 2,5% vizet tartalmaz, ami nem kedvez a mikroorganizmusoknak (Kowalski et al., 2011). Léteznek más módszerek is, mint például a fagyasztva szárítás, viszont jelenleg a leginkább költséghatékony és meghatározó technológia a porlasztva szárítás. Középhosszútávú felhasználás esetén a mikrobiológiai stabilitás növelése érdekében alkalmazható más, innovatív technológia alkalmazása is, mint például nagy hidrosztatikus nyomással (HHP) történő kezelés. Utóbbi 400 MPa nyomáson nem változtatja meg a vér folyékony-közeli halmazállapotát, viszont már két nagyságrend csökkenést eredményez a csíraszámokban (Csehi et al., 2021). Fontos még megjegyezni, hogy az ultraszűrés, a porlasztva szárítás és a vákuum bepárlás sem képes csökkenteni a vér csíraszámát (Parés et al., 1998; Dailloux et al., 2002). Mikrobiológiai okokból kifolyólag a folyékony vért, amelyet amúgy is egy-két napon belül fel kell használni, vagy visszahígított vérport fogyasztás előtt hőkezelní kell, vagy más, erélyes mikrobaszám-csökkentő eljárásnak kell alávetni, ha élelmiszer-összetevőként hasznosítják. Az élelmiszer-mikrobiológiai kritériumokról szóló európai rendelet (2073/2005/EK) nem tartalmaz a vérben lévő mikroorganizmusokra vonatkozó korlátozásokat, azonban egy véralapú késztermékgyártásra

vonatkozó önkéntes mintavételi tervben más állati termékekre vonatkozó határértékek alkalmazhatók.

3.3. Véralvadásgátlás

Az alvadás egy fizikai-kémiai hatás által kiváltott biológiai folyamat, mely során a vér a könnyen kezelhető és jól tovább-feldolgozható szol állapotból gél állapotúvá alakul. 13 véralvadási faktor vesz részt az alvadás kaszkád rendszerében (Schmaier & Lazarus, 2011). A véralvadás gátlásáról közvetlenül a vérgyűjtés után gondoskodni kell szeparálás, vagy bármilyen tovább-feldolgozás előtt, mivel az alvadt vért nem lehet szivattyúzni, nem lehet zárt csőrendszerben szállítani, illetve bekövetkeztével elveszítjük a vér techno-funkciós tulajdonságait.

Régebbi ipari sztenderdek és ajánlások alapján általában $10 \text{ g (100 g)}^{-1}$ trinátrium-citrát oldatot adnak a vérhez $0,24 \text{ g (100 g)}^{-1}$ arányban (Gyárgyán, 1991). Kézenfekvő lenne EDTA, vagy más vegyianyag, például heparin, vagy K-vitamin antagonisták (kumarinok) segítségével meggátolni, viszont az élelmiszeriparban a trinátrium-citrát használata preferált, mivel a nátrium-citrátok engedélyezett élelmiszer-adalékanyagok, melyek mennyiségi korlátozás nélkül felhasználhatók húskészítményekben az Európai Parlament és a Tanács az élelmiszer-adalékanyagokról szóló 1333/2008/EK rendelete alapján. Jelölésük „E 331”. A kalcium-dinátrium-EDTA szintén engedélyezett élelmiszer-adalékanyag, és rendelkezik jelöléssel (E 385), viszont igen szigorú és alacsony a mennyiségi korlátozása.

3.4. Vérszeparálás

Számos országnak megvan a maga vért tartalmazó klasszikus élelmiszere (pl.: véreshurka és más véres húskészítmények, sült, vagy főtt vér, vérrel készített levesek...), viszont ezek általában tipikus érzékszervi jellemzőik miatt csak egy szűk réteg által kedvelt, vagy csak bizonyos különleges alkalmakkor fogyasztott élelmiszerek. A teljes vér nem mindig alkalmas a modern fogyasztóknak való megfelelésre, viszont rengeteg felhasználási mód nyílik meg, amennyiben a vért szeparáljuk és a két fő frakcióját külön kezeljük.

Technológiától és igényektől függően teljes vértömegre vonatkoztatva $52-70 \text{ g (100 g)}^{-1}$ plazma termelhető ki a teljes vér szeparációja során (Ockerman & Hansen, 2000). A plazma frakció már nem tartalmaz vörösvértesteket, valamint nem hordozza a vér érzékszervi jellemzőit: nincs vér szaga, vas íze és vérre jellemző színe. A színe még nem víztiszta, inkább technológia függvényében a halványrózsaszíntól, vagy világosbarnától az egészen cseresznyepirosig terjedhet, a maradék hemoglobin tartalom miatt, viszont vegyszerekkel és/vagy

extrakció révén dekolorizálható. Az így dekolorizált vérplazma már világos tea színű (Makara et al., 2016). Ugyanakkor lehetnek más módszerek is a vér pigmentjeinek eltávolítására, mint például a membrán technológia, amelyet már sikerrel alkalmaztak például zöldség extraktumok esetén (dos Santos et al., 2016). A vérplazma ideális élelmiszerek fehérjetartalmának növelésére, vagy állománykialakítóként való hasznosításra húskészítményekben, sütőipari termékekben, vagy bármilyen más termékben, érzékelhető szín-, aroma- és ízváltozás nélkül.

Szintén a technológiától és az igényektől függően a teljes vértömegre vonatkoztatva 30-48 g (100 g)⁻¹ sűrűvér termelhető ki a teljes vér szeparációja során (Ockerman & Hansen, 2000). A sűrűvér frakció magyar neve beszédes. A nemzetközi szakirodalomban leggyakrabban vörösvérsejt frakciónak (angol nyelven: *red blood cell fraction*), rövidítve: RBC frakciónak, vagy hemoglobin frakciónak nevezik. Ez abból adódik, hogy a sűrűvér legnagyobb részben vörösvértesteket tartalmaz. Ugyanakkor tartalmaz még leukocitákat, limfocitákat, makrofágokat és trombocitákat is. Egészen feketébe hajló sötétvörös színét a vastartalmú hemoglobin adja, amely a vörösvértestekben található. Hőkezelés hatására a színe teljesen fekete lesz, valamint erős vas íze van, viszont pont ez a nagy vastartalma teszi lehetővé, hogy bármilyen tovább-feldolgozás nélkül funkcionális élelmiszerek alapanyagául szolgáljon.

A vérszeparáció általában centrifugálással történik. A centrifugálást az élelmiszeripar nagyon régóta alkalmazza. Elég csak a tejszeparálásra gondolnunk. A szakirodalom több, már-már megkérdőjelezhetően sokféle beállítást ismer a centrifugálás paraméterezésére, amelyet a 3. táblázat is szemléltet. (A 3. táblázatban a centrifugálandó anyagra ható relatív centrifugális erőt alkalmaztam, amelynek a dimenziója nem SI mértékegység. Ennek az az oka, hogy ez sokkal kifejezőbb a fordulatszámnál, mivel tartalmazza a centrifuga sugarát is. Így konkrétan a mintára ható centrifugális gyorsulást mutatja meg a földi nehézségi gyorsulás szorzatában kifejezve anélkül, hogy meg kellene adni a pontos centrifugatípust és a fordulatszámot, illetve könnyebben implementálható különböző centrifugákkal végzett műveletek esetén.) Bár a centrifugális szeparálás még mindig folyamatosan fejlődik (Selvakumar et al., 2012), a vérszeparációban lehet olyan volumen, amelyben a membrántechnológia hatékonyabb, mint a centrifuga. Ráadásul a membrántechnológia szelektívebbé tehető, különösen, ha a membránokat mágneses mezővel kombinálják, vagy speciális pórusméretet és -karakterisztikát használnak. Ily módon a vérfrakciók, vértermékek a különböző, sokszor speciális felhasználási célokra alkalmasabbak lehetnek. A vér romlandó anyag, amely könnyen válhat a káros mikrobák szubsztrátjává. Ezért szervesen membránokat használnak a szűréséhez, mert ezek nagyon jó termikus és kémiai stabilitást mutatnak. A szervesen membránok agresszíven tisztíthatók (pl. gőzzel és erős savval vagy lúggal), és az iparban jellemző igénybevétel mellett, ipari körülmények között is alkalmazhatók (Li, 2007;

Wu et al., 2010; Julbe et al., 2001). A kerámia membránok tökéletesen alkalmasak élelmiszeripari alkalmazásra. Fontos megemlíteni, hogy emberi vérszöveteket már korábban is elválasztottak poliuretán habosító membránokkal (Higuchi et al., 2009), illetve bioszenzoros tulajdonságokkal rendelkező polimer membránokkal (Lin & Guthrie, 2000; Chen et al., 2017). A kerámia membránok azonban elég robusztusok a sertésvér kezeléséhez, és gőzsterilizálhatók élelmiszeripari felhasználásra.

3. táblázat: Példák különböző plazma és alakos elemek elválasztása céljából végzett vércentrifugálás paraméterezésekre a következő paraméterekkel: idő [min]; relatív centrifugális erő [$\times g$]; hőmérséklet [$^{\circ}C$] (Forrás: Lynch et al., 2017)

Technológiai paraméterek	Imeson et al., 1978	Del Hoyo et al., 2007	Duarte et al., 1999	Pares et al., 2014	Alvarez et al., 2012	Lee et al., 1987	Silva & Silvestre 2003
Idő [min]	20	30	15	15	15	15	10
Relatív centrifugális erő [$\times g$]	22000	20000	5000	2530	3000	1020	1000
Hőmérséklet [$^{\circ}C$]	20	4-6	10	4	8	6	szoba-hőmérséklet

Mind a vérplazma, mind az alakos elem frakció tovább-feldolgozható többféle technológiával, illetve tovább bontható más frakciókra. Az egyes frakciók és izolátumok aránya a különböző állatok vérében eltérő. A két fő frakció és különböző fehérjefrakciók különböző emlősállatok véréből kinyerhető aránya a 4. táblázatban látható.

4. táblázat: Különböző emlősállatok véréből kinyerhető frakciók és izolátumok teljes vérre vonatkoztatott tömegkoncentrációban [$g (100 g)^{-1}$] megadva (Forrás: Gorbatov, 1988; White, 1974; Youatt, 1965)

Véralkotók	Marha	Sertés	Juh	Őz
Plazma frakció	67,5	56,49	72	50,5
Alakos elem frakció	32,6	43,51	23	49,5
Albumin	3,61	3,83	3,83	3,8
α -globulin	0,51	0,59	0,19	0,29
β -globulin	0,53	0,49	0,5	0,47
γ -globulin	0,63	0,95	0,83	0,7
Fibrinogén	0,6	0,65	0,46	nincs adat
Hemoglobin	10,3	14,2	9,3	10,2

Mind a teljes vér, mind a vérfrakciók igen romlékonyak: a friss termékek 1-2 napon belül alkalmatlanná válnak az emberi fogyasztási célra történő felhasználásra, úgyhogy a mielőbbi tovább-feldolgozásuk, vagy tartósításuk szükséges kitermelésük után. Tartósításuk leggyakrabban koncentrállással és porlasztva szárítással történik.

3.5. Vér és főbb vértermékek szerepe a táplálkozásban

A vér két táplálkozás-élettanilag leginkább jelentős összetevője a vas és a fehérje. Napjainkban ezek hiánya a minőségi éhezés fő okozója a legtöbb földrészen, amely több betegségért felelős. A két fő tápanyag közül elsőként a fehérjével fogok foglalkozni.

5. táblázat: Vágóállat fajok vérének esszenciális aminosavtartalma, valamint ezek által fedezett napi aminosav-szükséglet (Forrás: Ockerman & Hansen, 1988; Sorapukdee & Narunatsopanon, 2017; WHO & UNU, 2007)

Aminosavak	Sertésvér		Marhavér		Baromfivér	
	Aminosavtartalom [g kg ⁻¹] a teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva	Egy liter vér által fedezett napi aminosav-szükséglet egy 70 kg-os, felnőtt emberre számolva	Aminosavtartalom [g kg ⁻¹] a teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva	Egy liter vér által fedezett napi aminosav-szükséglet egy 70 kg-os, felnőtt emberre számolva	Aminosavtartalom [g kg ⁻¹] a teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva	Egy liter vér által fedezett napi aminosav-szükséglet egy 70 kg-os, felnőtt emberre számolva
Triptofán	nincs adat	nincs adat	1,5	5,36%	nincs adat	nincs adat
Metionin	0,72	0,69%	2,4	2,29%	0,63	0,60%
Lizin	8,6	4,10%	9,7	4,62%	7,6	3,62%
Valin	7,24	3,98%	8,7	4,78%	5,29	2,91%
Treonin	3,62	3,45%	4,8	4,57%	4,91	4,68%
Hisztidin	5,78	8,26%	8,8	12,57%	4,81	6,87%
Izoleucin	1,04	0,74%	0,9	0,64%	3,06	2,18%
Leucin	11,63	4,26%	13,6	4,98%	9,48	3,47%
Fenilalanin	5,75	3,29%	10,7	6,11%	5,6	3,20%

A vér aminosav összetételét vizsgálva az láthatjuk, hogy a marhavér a leginkább kiegyensúlyozott az esszenciális aminosavak felszívódása szempontjából. Egy liter marhavér majdnem minden aminosav tekintetében közel 5%-át fedezi az emberi szükségletnek. A marhavér esetében a fő limitáló aminosavak az izoleucin, valamint metioninból is szükség van komplettálásra más, abban gazdag élelmiszerekből, pl. ceráliákból. Ugyanakkor a hisztidin mindegyik állatfaj vérének esetében az emberi szükséglethez viszonyítva igen nagy arányban van jelen. Az 5. táblázat szemlélteti a Magyarországon leginkább meghatározó vágóállat fajok vérének átlagos esszenciális aminosav tartalmát teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva. Fontos

megjegyezni, hogy csakúgy mint, a tejet, vagy a hús-zsír arányt, a vér összetételét is rengeteg belső és külső tényező befolyásolja: többek közt a vágóállat fajon belüli fajták és változatok genetikai összetétele, a takarmányozás és állattartás minősége és módja, de még az évszak is.

6. táblázat: Teljes vérpor (keverék) esszenciális aminosavtartalma, valamint cisztein- és arginin-tartalma, valamint ezek által fedezett napi aminosav-szükséglet (Forrás: Hegedűs et. al., 1998; WHO & UNU, 2007)

Aminosavak	Vérpor	
	Aminosavtartalom [g kg ⁻¹] a teljes vérpor tömegére vonatkoztatva	100 g vérpor által fedezett napi aminosav-szükséglet egy 70 kg-os felnőtt emberre számolva
Triptofán	7,9	282,1%
Metionin	8,8	83,8%
Lizin	71,3	339,5%
Valin	53,7	295,1%
Treonin	38,9	370,5%
Hisztidin	7	100%
Izoleucin	36,4	260%
Leucin	64,5	236,3%
Fenilalanin	38,5	220%
Cisztein	9	-
Arginin	36,5	-

Több okból kifolyólag (kezelhetőség, minőségmegőrzés...) elsősorban nem magát a vért, hanem a vérport, illetve a különböző vérfrakciók porított formáját alkalmazzák az élelmiszeriparban. Ez táplálkozásélettani szempontból azért fontos információ, mert por formájában koncentrálnak a tápanyagok is. Már nem egy romlékony folyadékról, hanem egy porról beszélünk, melynek az élelmiszerek dúsítására történő felhasználásának csak a kreativitás és az érzékszervi jellemzők romlásából adódó korlátok szabnak határt. A 6. táblázat jól mutatja, hogy a vérpor mennyire jó aminosav-forrás. Ahogy azt már a fenntarthatóságról szóló fejezetben kifejtettem, igen kis mennyiség is elegendő egy felnőtt ember napi fehérjeigényének fedezésére főleg akkor, ha például ceráliákkal komplettáljuk a limitáló aminosavakat. Így különösen alkalmas akár katonai élelmiszercsomagok dúsítására, vagy iskolai menzákön pörkölték és más, vér ízét elfedő, vagy ahhoz illő élelmiszerek tápanyagtartalmának kiegészítésére. Ez a dúsítás, ahogyan azt a lentebbiekben is kifejttem, alkalmas a vashiány okozta vérszegénység megelőzésére és kezelésére is.

A fehérjék minden porított termékben koncentrált állapotban vannak jelen. A plazmapor esetében ezeknek nagyjából 50%-a albumin, 15%-a α -globulin, 15%-a β -globulin, 15%-a pedig γ -globulin. (Makara et al., 2016) A sűrűvértort inkább állati takarmányokban használják fel, ahogy a hemoglobint is, bár utóbbiból a vas kivonásával étrend-kiegészítőket is előállítanak (Csurka et al., 2021). Szelektív krio-kicsapással előállítanak trombinból és fibrinogénből álló húragasztót az állati vérből, amely alkalmas a főtermékek megformázásakor leeső apróhúsból steakhúst ragasztani ahelyett, hogy olcsóbb vörösarú alapanyagként értékesítenék azt. A húragasztót hasznosítják az élelmiszeriparon kívül az orvostechnológiában is szívűtékek esetén öltés nélküli seblezárásra (Lynch et al., 2018).

A vér ásványianyag tartalma igen előnyös más élelmiszerekhez képest szárazanyag tartalomra vonatkoztatva. A 7. táblázatban bemutatott mikroelemek közül a vasat kell kiemelni. Még a nyers, teljes vérből is, amely nem esett át besűrítésen vagy porításon, egy literrel egy átlagos ember napi vasszükségletének állatfajtól függően negyedét-ötödét fedezni lehet. [Azért használtam az USDA által meghatározott RDI (táplálkozási referenciabevitel) értékeket az EU-s RDA (ajánlott napi bevétel) értékek helyett, mert az EU-ban nem határoztak meg krómra, mangánra és rézre ajánlott napi bevételi mennyiséget.] Természetesen a vasszükséglet nagyon sok tényező függvénye, melyek közül a nem és a kor a legfontosabbak.

7. táblázat: A sertés- és baromfivér fontosabb ásványianyag tartalma, valamint ezek által fedezett napi ásványianyag szükséglet (Forrás: Sorapukdee & Narunatsopanon, 2017; USDA, 2018)

Ásványianyag	Sertésvér		Baromfivér	
	Ásványianyag tartalom [g kg ⁻¹] a száraz tömegre vonatkoztatva	Egy liter vér által fedezett napi ásványianyag szükséglet egy 70 kg-os felnőtt emberre számolva	Ásványianyag tartalom [g kg ⁻¹] a száraz tömegre vonatkoztatva	Egy liter vér által fedezett napi ásványianyag szükséglet egy 70 kg-os felnőtt emberre számolva
Vas	1490,1	20,7%	1816,6	25,23%
Magnézium	309,9	0,19%	387,7	0,24%
Cink	33,3	0,55%	42,5	0,71%
Réz	36,7	4,59%	26,3	3,29%
Mangán	3,3	0,42%	2,9	0,36%
Króm	1,1	2,23%	0,6	1,27%

A vashiány okozta vérszegénység komoly probléma nem csak a fejlődő, hanem a fejlett országokban is (Miller, 2013; WHO, 2020). 1,6 milliárd ember szenved bizonyítottan vashiány okozta vérszegénységben. A vashiány okozta vérszegénységben szenvedő gyermekek aránya Afrikában 64,6%, Ázsiában 47,7%, Európában 16,7%, Közép- és Dél-Amerikában 37,5%,

Észak-Amerikában 3,4%, Óceániában pedig 28% (Miller, 2013). Bizonyos becslések szerint a vashiány okozta vérszegénység előfordulási aránya világszerte mintegy 30%. A várandós nők 42%-a, a nem várandós nők 30%-a, az óvodáskorú gyermekek 47%-a és a férfiak 12,7%-a vérszegény (Pasricha et al., 2013). A vérszegénység tünetei lehetnek többek közt a fizikai és mentális leépülés, illetve várandós nők esetén a vetélés.

A vashiány okozta vérszegénység fő okai az iparosodott országokban a következők: 1.) vegán és vegetáriánus életmód, 2.) felszívódási zavarok, 3.) a menstruáció okozta krónikus vérveszteség ellenben azokkal a régiókkal és országokkal, ahol egyértelműen az alultápláltság a fő ok (Liberal et al., 2020). A nem hemoglobin eredetű vas felszívódásának hatékonysága kevesebb, mint 10%, viszont a hem-vas 15-35%-ban biztosan felszívódik, sőt jelenléte még a szervesetlen felszívódását is javítja komplex-képzéssel, amely sokkal inkább kitett a gátló hatásoknak az eltérő anyagcsere-út miatt (Liberal et al., 2020; Egyed, 1988).

A 8. táblázat mutatja a különböző nemű és életkorú emberek átlagos napi vasbeviteli szükségletét. Alapvetően a vas a vékonybél proximális szakaszán, zömében a duodenumban szívódik fel intraluminális faktorok, alacsony pH és redoxpotenciál mellett. Ebben a szakaszban termelődnek a felszívódásért felelős fehérjék. A gyomorsósav szükséges a nonhem vas felszívódásához. (Savhiányos betegekben szinte abszolút nem szívódik fel.) Három, különböző abszorpciós út ismert, amelyen keresztül a szervezet vashoz juthat: 1.) a hemhez kötött vas felszívódása (az étrend egyéb összetevői nem befolyásolják), 2.) a szabad vas felszívódási útja (Fe^{2+} -t konvertál a szervezet a beérkező Fe^{3+} -ból) és a 3.) mucin-mobil-ferrin út. Érdekeség, hogy a hemoglobin fogyasztása és általánosságban a marha, bárány, sertés és baromfihús fogyasztása (valószínűleg félig emésztett peptid-csoportjaik révén) segítik a szervesetlen vas felszívódását, viszont a szója fehérjéi gátolják azt (Egyed, 1988). A szabad vas felszívódását segítik általánosságban: anyatej, bizonyos cukrok, szerves savak (C-vitamin, folsav), oldható vas-kelátokat képző aminosavak (húsok). A szabad vas felszívódását gátolják: tehéntej, tea, kávé, alkohol, foszfátok és foszfolipidek (a növények antinutritív anyaga: legfőképpen a fitinsav), élelmi rostok (magas rost tartalmú ételek), antagonistá felszívódású ásványi sók (pl.: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+}) (Egyed, 1988). Az ősi halászó-vadászó életmódot folytató emberek nem ismerték a vashiányt. (Sok hem-vas, elhanyagolható mennyiségű vas felszívódását gátló anyag.) A szervezett földművelés és élelmiszertartósítás okozta első népességrobbanás meghozta az első nagy vastartalmú és biológiai értékű, állati eredetű ételeket megfizetni, vagy elérni képtelen réteget, amely a mai napig megtalálható mindenhol, kifejezetten nagy arányban a fejlődő országokban (Egyed, 1988). Kérdésként merülhet fel, hogy hőkezelés hatására elveszíti-e a hem-vas kiváló

hozzáférhetőségét. A válasz az, hogy nem. Hőkezelt formában is a hemoglobin felszívódása a leghatékonyabb (Jansuittivechakul et al., 1985; Lamanca, 1989).

8. táblázat: Különböző életkorú [hónap, vagy év] emberek átlagos napi vasbeviteli szükséglete [mg] az USA felelős hatósága szerint (Forrás: Institute of Medicine, 2000)

Kor	Újszülött/ gyermek [mg]	Férfi [mg]	Nő [mg]	Várandós nő [mg]	Szoptató nő [mg]
6 hónap≥	0,27				
7–12 hónap	11				
1-3 év	7				
4-8 év	10				
9-13 év		8	8		
14-18 év		11	15	27	10
19-50 év		8	18	27	9
51 év≤		8	8		

Ahogy már említettem, a legtöbb nemzetnek megvannak a maga klasszikus véres ételei a kosher és halal szabályok szerint táplálkozó régiókat leszámítva (Regenstein et al., 2003). Magyarországon ilyen a véreshurka és a sült vér, viszont ezeket relatív szűk réteg fogyasztja rendszeresen. Szélesebb körben történő fogyasztásuk inkább Karácsony környékére és házi disznóvágásokra korlátozódik. Mivel a vashiány okozat vérszegénység egyik legnagyobb mértékben a gyermekeket érinti és ebben a korban a legkönnyebb elkezdeni a prevenciót, szeretném kiemelni az Oroszországban és sok posztszovjet országban a mai napig kapható csokoládészelet, amely vért tartalmaz (Hay, 2019). (Ennek a szeletnek az eredeti receptúrája mindössze három alapanyagot: a marhavérport, sűrített tejet és cukrot tartalmazott, kakaót nem.) Viszont amennyiben szeparáljuk a vért és a vértermékeket külön kezeljük, lehetőségünk nyílik számtalan más, értéknövelő felhasználási módra. Tehát érdemes különválasztani és külön elemezni a vér két fő frakcióját: a plazmát és a sűrűvért, amelyek elválasztásáról a vérszeparációról szóló fejezetben írok bővebben.

A vérplazma frakció táplálkozás-élettani tulajdonságai makro- és mikroelemek tekintetében is nagyon különböznek a sűrűvér frakció tulajdonságaitól. A vérplazma a legtöbb esetben a maradék hemoglobinnak köszönhetően nem teljesen víztiszta, opálos folyadékról beszélünk, hanem általában halványpiros. Ha az ilyen plazmát alapanyagként szeretnénk felhasználni, a végtermék elszíneződésének megakadályozására dekolorizálni kell. A nyers

plazma pH-ja 6,9, víztartalma 91,53 g (100 g)⁻¹, sótartalma pedig 0,66 g (100 g)⁻¹. A teaszínű, dekolorizált plazma pH-ja 7,04-re, víztartalma 92,64 g (100 g)⁻¹-ra, sótartalma pedig 1,53 g (100 g)⁻¹-ra emelkedik, míg fehérjetartalma a nyers plazma 5,97 g (100 g)⁻¹-áról 4,61 g (100 g)⁻¹-ra csökken az eljárás során (Makara et. al., 2016). Dekolorizálás előtt az állati vérplazma fehérjetartalma 7,9 g (100 g)⁻¹ körül mozog, melyből 4,2 g (100 g)⁻¹ immunglobulin, 3,3 g (100 g)⁻¹ albumin és 0,4 g (100 g)⁻¹ fibrinogén (Howell & Lawrie, 1983). Ez is természetesen függ számos külső faktortól, melyek közül a két leginkább meghatározó az állat faja és a szeparálás típusa, paraméterezése. A különböző állatfajokból kinyert vérplazmák különbségeit kitűnően szemlélteti a 9. táblázat, ahol a fő alkotók esetén megfigyelhető különbséget elsősorban nem a szeparálási technológia okozza – mivel az elsősorban azonos állatfajok esetén meghatározó –, hanem például az eritrociták méretének akár két nagyságrendet is elérő különbsége, a plazmafehérjék és azok aggregátumainak összetétele és az átlagos vércukorszint. Általánosságban elmondható, hogy aminosav kompozícióját tekintve a plazma kiegyensúlyozottabb, mint más vérfrakciók amellet, hogy érzékszervi szempontok alapján (íz, illat, szín) és technológiai okokból (emulzióképzés, zselésítés, habosítás, keményítés) történő felhasználásra jobban alkalmazható az élelmiszeripar számára, mint a sűrűvér.

9. táblázat: Különböző állatfajok vérplazmájának tulajdonságai (Forrás: Lynch et. al., 2017)

Összetevők és jellemzők	Sertés vérplazma	Marha vérplazma	Csirke vérplazma	Ló vérplazma
Fehérjetartalom [g/dL]	6-8	7-9	3-6,5	6-9
Hemoglobin [mg/dL]	<50	<50	<80	<20
Glükóztartalom [mg/dL]	35-85	30-80	80-200	<140
Ozmolalitás [mosm/kg víz]	260-350	270-340	270-340	270-330
pH [-]	7-8,5	7-8,5	7-8,5	7-8

Az alakos elemek frakciójának, vagy másnéven sűrűvérnek is megvannak a maga táplálkozás-élettani jellemzői, amelyek bizonyos szempontok alapján előnyösebbé teszik a plazmánál. A vörösvértetekben található hemoglobin teszi ki a teljes vér fehérjetartalmának több, mint 50%-át (Liu et. al., 1996). Ennek a frakciónak az átlagos víztartalma 71,1 g (100 g)⁻¹, szárazanyagtartalomra vonatkoztatva tápanyagtartalma a következő: fehérjetartalom 98,3 g (100 g)⁻¹, zsír 0,3 g (100 g)⁻¹, hamu 4,2 g (100 g)⁻¹. Mivel a nagy hem eredetű vastartalma miatt nagyon erőteljes vasíze és vérszaga van, valamint nagy fehérjetartalma és mikroelemtartalma miatt tovább-feldolgozás nélkül egy-két nap alatt megromlik, valamint hőkezelés hatására mélyfekete színű lesz, inkább állati takarmánykiegészítőnek használják fel, mintsem emberi

fogyasztási célra. Kutatásaim előtt még nem történtek publikált, sikeres próbálkozások arra, hogy elfedjék más anyagokkal az előnytelen érzékszervi tulajdonságokat nem húsalapú élelmiszerekben, viszont ebből a frakcióból különböző műveletekkel további izolátumokat vontak ki további felhasználásra többek között membránszeparációval, kromatográfiával, a fehérjék kicsapásával, mely különböző reagensek (etanol, polietilén-glikol) mellett igen szelektívvé tehető, kizsáccsal, szerves oldószeres (etanol), vagy hőmérséklet- és pH-szabályozott vizes extrakcióval, enzimes hidrolízissel összekapcsolt szeparációval (Cohn et al., 1946; Del Hoyo et al., 2008; Denizli, 2011; Ingham, 1990; Lee et al., 1987; Moure et al., 2003; Moure et al., 2004; Parés et al., 2014; Ramos-Clamont et al., 2003). Ezeknek a frakcióknak és izolátumoknak az aminosav-összetétele nagymértékben eltérő. Ahogyan azt a 10. táblázat is szemlélteti, bizonyos esszenciális aminosavak akár kétszer nagyobb mennyiségben is jelen lehetnek bizonyos frakciókban, mint másokban, illetve bizonyos esszenciális aminosavak teljesen hiányozhatnak bizonyos frakciókból. Összehasonlításként több, más élelmiszerösszetevő aminosav-összetétele is szerepel a táblázatban, mivel a következő fejezetekben tárgyalni fogom azt, hogy a különböző allergén összetevők hogyan válthatók ki különböző vértermékek felhasználásával. Ebben a táblázatban lehetőség nyílik összehasonlítani ezeknek az élelmiszerösszetevőknek és a hús eredetű miozin fehérjetartalmának a táplálkozás-élettani tulajdonságait is.

Összességében megállapítható, hogy az állati vér és az abból kinyerhető termékek kimagasló fehérje- és vastartalommal rendelkeznek, így jól hasznosítható alapanyagok lehetnek a jövőben, megfelelő feldolgozástechnológiák használatával. Fogyasztása nem áll messze az embertől, hiszen szárazanyagának összetételében nagyon hasonló a húshoz, vastartalma viszont annak tízszerese (Duarte et al., 1999). A vér tökéletes dúsítóanyaga, vagy főkomponense lehet funkcionális élelmiszereknek, mert gazdag forrása a vasnak és a nagy táplálkozás-élettani és funkcionális értékű fehérjéknek (Putnam, 1977). Emellett nem szabad megfeledkezni arról, hogy a vér hasznosításával a pazarlást és a hővel történő megsemmisítés költségét is csökkentjük, nem pusztán többlet fehérjéhez és vashoz jutunk.

10. táblázat: Különböző vérfrakciók és -izolátumok, valamint a más állati eredetű fehérjeforrások (tojás és frakciói, tehéntej és hús eredetű miozin) esszenciális aminosav-összetétele, továbbá cisztein és arginin tartalma [g (100 g)⁻¹] a teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva (Forrás: Ockerman & Hansen, 1988; Sorapukdee & Narunatsopanon, 2017; Gorbatov, 1998; Makara et al., 2016; Attia et al., 2020; Wang et al., 1997; Duarte et al., 1999; Ceballos et al., 2009)

Aminosavak	Teljes sertésvér	Teljes marhavér	Vérplazma (Gorbatov)	Vérplazma (Duarte)	Sűrűvér	Fibrin	Hemoglobin	Szérum globulin	Szérum albumin	Teljes tojás	Tojásfehérje	Tojássárgája	Tehéntej	Hús eredetű miozin
Triptofán	n.a.	1,5	1,2	7,47	1,59	3,5	2	2,8	0,7	1,03	1,01	1,37	1,8	0,8
Metionin	0,72	2,4	0,6	0,86	0,75	2,6	1,2	1	0,8	2,54	2,61	2,34	2,48	3,4
Lizin	8,6	9,7	6,1	4,18	7,99	9	10,6	6,3	12,8	6,87	6,15	7,88	8,96	10,3
Valin	7,24	8,7	4,8	6,73	8,65	3,9	11	9,7	5,9	5,35	4,87	5,41	5,24	2,6
Treonin	3,62	4,8	1,2	6,6	2,94	7,9	6	7,4	5,8	1,03	3,64	5,35	4,11	3,8
Hisztidin	5,78	8,8	2,5	9,94	7,54	2,3	8,5	2,1	4	2,2	1,74	2,5	9,94	1,7
Izoleucin	1,04	0,9	2,6	3,35	0,64	5	0	2	2,6	4,8	4,56	4,91	4,54	0
Leucin	11,63	13,6	7	9,34	13,11	7,1	14,9	9,5	12,3	7,84	6,78	8,66	9,44	15,6
Fenilalanin	5,75	10,7	4,1	5,16	6,28	4,6	9,6	4,7	6,6	4,63	4,64	4,19	4,73	3,2
Cisztein	n.a.	n.a.	2,5	3,36	0,61	1,5	0,9	2,3	5,9	1,52	1,15	1,46	0,82	14
Arginin	n.a.	n.a.	4,2	3,3	4	6,7	3,5	5,8	5,9	5,85	4,35	7,15	4,06	7

Ebben a munkában a funkcionális élelmiszereknek azt a definícióját használom, mely szerint a funkcionális élelmiszerek olyan élelmiszerek, amelyek – sokszor mesterséges dúsítás következtében – az átlagosnál nagyobb mennyiségben tartalmaznak olyan komponenseket, amelyeknek bizonyítottan pozitív hatásuk van az emberi egészségre a fogyasztóktól várható átlagos, normál fogyasztási mód és mérték esetén (pl.: vitaminokkal dúsított élelmiszerek); vagy olyan élelmiszerek, amelyek a jellemző átlagos értéknél kevesebbet tartalmaznak az adott élelmiszertípus átlagos, normál fogyasztása esetén káros összetevőkből (pl.: csökkentett zsírtartalmú élelmiszerek). A funkcionális élelmiszerek lehetnek még egy adott, speciális fogyasztócsoporthoz szánt élelmiszerek (pl.: valamilyen allergiában szenvedő fogyasztók, vagy testépítők). (Fontos megemlíteni, hogy ezzel nem minden definíció vág egybe. A „funkcionális élelmiszer” hazánkban jogilag nem definiált fogalom.) A funkcionális élelmiszerekről általánosságban elmondható, hogy gazdaságilag versenyképes termékek, amelyek közt már megtalálhatók vér eredetű bioaktív peptidekkel, (jó zselésítő és habképző tulajdonsággal rendelkező) fehérjékkal, vagy hem-vassal dúsított élelmiszerek. A funkcionális élelmiszerek emellett fontos szerepet játszhatnak a jelenlegi pandémiás helyzetben mind az immunrendszer erősítésében, mind a postcovid időszak könnyebb, gyorsabb és hatékonyabb átvészelésében (Galanakis, 2015; Galanakis, 2020; Galanakis et al., 2020; Galanakis, 2021). A funkcionális

élelmiszerek piacának összetett éves növekedési rátája (CAGR) 9,24%, amely minden más jellegű termék és jószág piacát számba véve is kimagasló érték (Halder et al., 2021). A vér és frakciói különböző táplálkozás-élettani előnyeik miatt kitűnő alapanyagot jelentenek a funkcionális élelmiszerek fejlesztésére és előállítására. A vértermékeket nagy, jól hozzáférhető aminosav- és/vagy vastartalma tökéletessé teszi a funkcionális élelmiszerekben történő alkalmazásra, amennyiben ismerjük az élelmiszerei techno-funkciós tulajdonságaira gyakorolt hatásaikat: pozitívumaikat és korlátjaikat is.

3.6. Vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsítás hatása különböző élelmiszerek techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira

Az élelmiszerek megjelenése és organoleptikus tulajdonságai, melyeket a techno-funkciós tulajdonságok határoznak meg, fontosak a fogyasztók számára. Ezért az ipari hasznosítás előtt mindenképpen szükséges a vértermékekkel történő dúsítás ezek karakterisztikájára való hatásának vizsgálata. A szín sötétedése, amelyet a hemoglobin hő-denaturációja okoz (Pereira et al., 2014), nem kívánatos a fogyasztók számára (Mielnik & Slinde, 1983). Azonban a húskészítmények esetén bizonyos mennyiségű vér, illetve hemoglobin-tartalom már elfogadható lehet (Silva et al., 2013, Zhou et al., 2021), sőt a sötétebb és intenzívebb szín erősebb és/vagy kívánatosabb ízt okozhat a fogyasztók számára (Spence et al., 2010). Emellett a vér felhasználásával fentarthatóbb rendszerből származó termékeket szintén jobban preferálják a fogyasztók (Floros et al., 2010) amellet, hogy a húsipar versenyképességének növeléséhez is hozzájárul ennek a mellékterméknek a hasznosítása. A modern fogyasztók többsége nem eszik vért és más belsőségeket, de többségük nyitott és pozitív prekoncepciókkal rendelkezik (Bearth et al., 2021).

A vér techno-funkciós szempontból leginkább meghatározott összetevője a fehérjetartalma. A fehérjék techno-funkciós tulajdonságait korábbi kutatások alapján öt kategóriába sorolhatjuk: 1.) hidratációs tulajdonságok (víz-fehérje interakciók, mint az oldhatóság, diszpergálhatóság, nedvesíthetőség, vagy vízmegkötés, duzzadás, víztartóképeség), 2.) reológiai tulajdonságok (fehérje-fehérje interakciók, mint kicsapódás, zselésítés, texturizálás), 3.) felülettel kapcsolatos tulajdonságok (mint emulzióképző és habképző kapacitás), 4.) érzékszervi tulajdonságok (mint az íz – fehérjék esetén elsősorban az umami, amely az ötödik alapíz és melyre sokszor „húsíz”-ként is hivatkoznak –, szín és állomány), 5.) egyéb tulajdonságok (mint az adhézió, kohézió, filmképzés, stb.) (Yada et al., 1994). Ha az érzékszervi tulajdonságokra fókuszálunk, akkor a fogyasztók szempontjából a három legfontosabb 1.) a megjelenés, 2.) az állomány és 3.) az idegen íztől és szagtól való mentesség. A fehérjetartalom mellett a zsírok

mennyisége és minősége is hatással van a színre egy húskészítmény esetén (Youssef & Barbut, 2009).

Túl komplex rendszerben nagyon nehéz összefüggést találni a mért változók és a faktorok között. Ezért homogén és egyszerű mátrixra van szükség a különböző típusú és mennyiségű vértermékekkel történő dúsítás hatásának vizsgálatához. Többek között a húspép egy megfelelő megoldást kínál erre a problémára, amelyben már elfogadott a vér felhasználása. Emellett ez a mátrix a megfelelő összetevőkkel az iparban gyakran előállított, az emberek asztalaira napi szinten is felkerülő termék. A húspép, vagy prád, hőkezelés hatására viszkoelasztikus gél állapotba kerül. Ez a struktúra állhat 1.) töltött gélből, amelynek a gél mátrixát egy makromolekula formálja magába zárva a többi összetevőt, 2.) komplex gélből, melynek gél mátrixát több komponens interakciója alkotja, illetve 3.) kevert gélből, mely esetén a makromolekulák egymástól függetlenül képeznek két-, vagy többdimenziós hálót a polimerek közötti interakciók nélkül (Foegeding, 1988). Ezek a struktúrák pásztázó elektronmikroszkóppal (angolul *scanning electron microscope*, melyből a nemzetközi rövidítése: SEM) is jól megfigyelhetők (Zheng et al., 2017; Marchetti et al., 2015; Shin et al., 2020). A vértermékekkel történő dúsítás húskészítményekre gyakorolt hatását már többen kutatták.

A vérplazma egy olyan alapanyag, amely tökéletesen felhasználható funkcionális tulajdonságok fejlesztésére, különösen arra, hogy javítsa a gélképzést hőkezelt húskészítményekben (Caldironi & Ockerman, 1982; Cofrades et al., 2000; Jarmoluk, 1997; Pietrasik et al., 2007; Seideman et al., 1979; Suter et al., 1976; Wismer-Pedersen, 1979). A plazmafehérjék globuláris fehérjéket (körülbelül 60% albumint és 40% globulint) és körülbelül 3-4% fibrinogént tartalmaznak (Putnam, 1977). Ezek a plazmafehérjék hőkezelés hatására képesek háromdimenziós hálót alkotni, amely konzisztens gélt képez (Davila et al., 2007; Hermansson, 1982; Parés et al., 1998). A vérplazma hozzáadása sertéshúsból készült húspéphez kedvezően befolyásolja a kolloid rendszer hőstabilitását, csökkenti a főzési veszteséget, viszont kevésbé piros, világosabb terméket eredményez (Cofrades et al., 2000; Jarmoluk & Pietrasik, 2003; Pietrasik & Jarmoluk, 2007; Seideman et al., 1979; Suter et al., 1976). Ezen túlmenően a vérplazma, mint hidegkötőanyag növeli a húskészítmények keménységét és rugalmasságát (Herrero et al., 2009).

A húspép alapú készítmények techno-funkciós tulajdonságára szignifikáns hatása van a sótartalomnak is (Kang et al., 2016). Ezért a sóalanítás nélkül előállított vérplazmapor jelentős sótartalmát [$15 \text{ g (100 g)}^{-1}$] figyelembe kell venni a plazmaporral történő dúsítás szintjének meghatározásakor. A legtöbb ipari szereplő próbálja a termékek sótartalmát $2,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ alatt tartani. Ezért a húspéphez adagolható vérplazmapor-dúsítás felső határa $15 \text{ g (100 g)}^{-1}$ körül

található, és ennél az értéknél a plazmapor sótartalmán felül más forrásból származó sót nem szabad a húspéphez adni.

A jól felszívódó vastartalom növelésére a legjobb mód a teljes vérrel, vagy még inkább a sűrűvérrel történő dúsítás (Weintraub et al., 1968), viszont ez erős sötétedést okoz a célmátrixon a denaturálódott hem pigmenteken keresztül. A hemoglobin okozta sötétedés, azaz a világossági szintényező csökkenése nem lineáris. 2-5 g (100 g)⁻¹ nyers teljes vértartalom a fogyasztók számára elfogadható egy húskészítményben és állatfajtól függően 22-35 mg kg⁻¹ nedves tömeg teljes vastartalom növekedést okoz (Oellingrath & Slinde, 1985). Egy korábbi tanulmány alapján 2 g (100 g)⁻¹ nyers vér hozzáadása húspépből előállított termékekhez kívánatos szint alakít ki érzékelhető mellékíz nélkül. A mellékíz ugyanis csak 4 g (100 g)⁻¹ koncentráció fölött jelenik meg, és ezalatt a szint alatt a húspépből készült termékek íze és állománya érzékszervi vizsgálatok alapján nem különbözik szignifikánsan a vért nem tartalmazó prád alapú készítményekétől (Slinde & Martens, 1982). Emiatt a húspéphez adható teljes vérpor és hemoglobinpor felső határa 4 g (100 g)⁻¹ körül található. A sűrűvér egy másik hasznosítási lehetőségét mutatja, hogy sűrűvér eredetű glikolizált nitrozil-hemoglobint már sikerrel alkalmaztak nátrium-nitrit helyettesítésére a húskészítmények tipikus rózsaszín színének kialakításában, és ezzel csökkentették a húspépben maradó potenciálisan rákkeltő nitrit mennyiségét (Liu et al., 2019).

Táplálkozás-élettani szempontból előnyös változást okoz elsősorban vas-, másodsorban fehérje-tartalma miatt a vérrel történő dúsítás a sütő- és édesipari termékekben. Sütőipari termékek esetén a piskóta, édesipari termékek esetén a fagylalt szolgál kellően széleskörben ismert, homogén célmátrixnak a dúsítás techno-funkciós tulajdonságokra való hatásának vizsgálatára. A fagylalt kiválasztásának egy másik oka, hogy a húspéphez hasonlóan állatitermék, csak nem hús-, hanem tejalapú. Ezekben a formákban a legkönnyebb a gyermekek számára fogyaszthatóvá tenni a hemoglobint. Hiszen a vashiány okozta vérszegénység számára az egyik leginkább kitett csoport a kisgyermekek csoportja, akiknél ráadásul akár egész életre kiterjedő mozgás szervrendszeri és idegrendszeri működési rendellenességeket is okozhat. A szülőket ösztönözheti, hogy természetes forrásból kaphatnak gyermekeik jól felszívódó vaspótlást. A vér és vértermékek piskóta tulajdonságaira gyakorolt hatásáról a „3.7. Allergénkiváltás lehetőségei vér és vértermékek használatával” alfejezetben írok bővebben.

A fagylalt egy olyan komplex, mégis kellően homogén élelmiszer mátrix, amelyben újszerű adatokkal szolgál annak vizsgálata, hogy milyen hatása van a vértermékekkel történő dúsításnak, már csak a hideg előállítási és tárolási követelmények miatt is. Hiszen egy a nagy biológiai értékű, baktériumoknak kitűnő táptalajt jelentő vértermékek adagolása valószínűleg nem fogja csökkenteni a termékek minőségmegőrzési idejét. A mátrix kolloid rendszere egyszerre

tartalmazza az összes halmazállapotot: szilárd kristályt, folyadékot és gázt. A plazmafehérjék beépülése a térhálós szerkezetbe befolyásolhatja a fagyaltmix folyási tulajdonságait, ezáltal megváltozhat annak keverési és csőben való szállítási műveleteinek optimuma, valamint a fagyott fagyalt és jégkrém keménysége. A fagyaltok és jégkrémek alkotóelemei a fehérjék, zsírok, cukrok, levegő és egyéb anyagok, melyek keverékének különleges sajátossága, hogy a termék a szol-állapotból fogyasztás közben alakul át folyadék állapotba (Frost et al., 2005). A vér fehérjéinek beépülése gyorsíthatja, vagy lassíthatja ezt a fázisátalakulást. A fagyaltok mikrostrukturális elemei zsírgolyócskákból, jégből és levegőből állnak. A fagyaltok összetétele nagyban különbözik egymástól, ezért szerkezetük is eltérő. A mikroszerkezet befolyásolja az olvadási viselkedést (Hartel et al., 2003). A vér adagolása ezt a viselkedést változtathatja meg.

3.7. Allergénkiváltás lehetőségei vér és vértermékek használatával

Az allergénkiváltás kihívásai és lehetőségei jól mutatják, hogy a vér felhasználásának nem csak a húsiparban és az élelmiszerek tápértékének, biológiai értékének növelésében lehet komoly szerepe. Az Immunglobulin E által mediált tojásallergia a fejlett országokban a gyermekek akár 8,9%-át is érinti (Osborne et al., 2011). Ugyanakkor a sütőipar számára óriási kihívást jelent a tojásfehérje helyettesítése annak oldhatósága, hő-koagulációja, habképző képessége és emulzióképző képessége miatt (Ratnayake et al., 2012). Állati vérplazmát már használtak korábban is sütőipari termékekben és a tapasztalatok alapján hasonló hatása volt a sütemények állományára és a megjelenésére, mint hasonló típusú (por/lé) és mennyiségű tojásfehérjének (Johnson et al., 1979; Lee et al., 1991). A plazmafehérjék nagyrészt globuláris fehérjék: albuminok és globulinok $3-4 \text{ g (100 g)}^{-1}$ fibrinogénnel (Putnam, 1977). Korábbi tanulmányok alapján ezek a fehérjék sokkal jobb kötőanyagok, mint a húsfhérjék, a kollagén, a búzaglutén, az izolált szójafehérjék és a kalcium-karbonát hozzáadásával megkötött nátrium-alginát (Lu & Chen, 1999), vagy más vérfehérje-frakciók (globulinok, szérum albumin, hemoglobin). Emellett jobb emulzióképzők is, mint a tojás (Caldironi and Ockerman, 1982), amelyben a tojásfehérje $54-55 \text{ g (100 g)}^{-1}$ albumint tartalmaz, a tojássárgája pedig $14 \text{ g (100 g)}^{-1}$ szérum albumint, $41 \text{ g (100 g)}^{-1}$ glikoproteint és $45 \text{ g (100 g)}^{-1}$ immunglobulint tartalmaz teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva (Jolivet et al., 2008). A tojásfehérje $12,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$, a tojássárgája $16,1 \text{ g (100 g)}^{-1}$, az egész tojás pedig $9,45 \text{ g (100 g)}^{-1}$ fehérjetartalommal rendelkezik (Naber, 1979). A különböző vér- és tojásfrakciók aminosav-összetételének összehasonlítását a 10. táblázat (a 21. oldalon) mutatja. A vérplazmapor magas sótartalmát (kb. $15 \text{ g (100 g)}^{-1}$) figyelembe kell venni a receptek plazmaporszintjének beállításakor, mivel a tojásfehérje sóartalma kb. $0,31 \text{ g (100 g)}^{-1}$, a teljes tojás sóartalma pedig kb. $0,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$.

A tojásfehérje fő fehérje összetevője az ovalbumin, amely sok szempontból hasonlít a plazmában legnagyobb mértékben jelenlévő szérum albuminra, és habképző tulajdonságuk is igen hasonló. A nyers marha vérplazmának átlagosan 7,9 g (100 g)⁻¹-ja fehérje, amelyből 4,2 g (100 g)⁻¹ immunglobulin, 3,3 g (100 g)⁻¹ albumin és 0,4 g (100 g)⁻¹ fibrinogén. [Természetesen ezek a számok a plazma kinyerésére használt technológia, valamint az állat fajtájának, takarmányozásának és tartásának függvényében változhatnak (Lynch et al., 2017).] A fehérjék a porított mintában koncentrálnak, hiszen a száraz termék maradék vizet már csak néhány tömegszázalékban tartalmaz. A fehérjék összetétele a vérplazmapor esetében körülbelül 50 g (100 g)⁻¹ albumin, 15 g (100 g)⁻¹ α-globulin, 15 g (100 g)⁻¹ β-globulin és 15 g (100 g)⁻¹ γ-globulin (Makara et al., 2016). A plazmafehérjék alacsonyabb hőmérsékleten denaturálódnak, mint a tojásfehérje fő fehérjeje, az ovalbumin. A γ-globulin a leghőstabilabb és a fibrinogén a leghőérzékenyebb fehérje a vérplazmában. A plazma habstabilitása hasonló a tojásfehérjéhez, de a tojásfehérjehab stabilabb. A plazmafrakciók, a szérumalbumin, a fibrinogén és az α-globulin jó habzóképesekkel és stabilitással rendelkeznek. A tojásfehérjében a globulinok az egyetlen fehérjefrakció, amely jó habképző tulajdonságokkal rendelkezik. A plazma és a plazmafehérjék jobb emulgeálószeresek, mint a tojásfehérje és a tojásfehérje fehérjék (Raeker & Johnson, 1995). Amennyiben a teljes vér hasznosítása a cél, olyan mátrixot kell választani, amely elfedi a vér hatását a termék tulajdonságaira, vagy amely esetén a fogyasztók számára egyenesen kívánatosak ezek a tulajdonságok. Az első típusú mátrixra kitűnő példa a csokoládés/kakaós sütemény. A hőkezelés során koagulálódott vér okozta színváltozás nem okoz problémát, mivel a sütemény alap színe is feketébe hajló sötétbarna, az erős keserű (kakaó) és édes (cukor) alapíz „eltakarja” a vas ízt, amelyet véríznek is szoktak nevezni.

A sodó tökéletes tesztmátrix a tej vérplazmával való helyettesítésének vizsgálatára, mivel egyszerűen kezelhető és csak néhány összetevőből áll. Szinte minden élelmiszer kolloid rendszer. A sodó, puding és hasonló desszertek két fázisból állnak: 1.) egy folytonos vizes fázis, amely keményítőt és/vagy karragént tartalmaz, és 2.) egy diszpergált olajfázis. A fehérjék szerepe a diszpergált fázis stabilizálásában van (Wijk et al., 2003). Így, ha minden más alapanyag minősége és mennyisége azonos, az állomány-tulajdonságok vizsgálatával elsősorban a fehérjék hatására tudunk következtetni

A tej biológiai definíciója szerint egy olyan emlősök által termelt folyadék, amely az újszülöttek táplálékául szolgál és minden tápanyagot tartalmaz, amely az egészséges fejlődésükhöz szükséges (Spreer & Mixa, 1998). Így nagyon nehéz helyettesíteni, mint élelmiszer-összetevőt. Viszont a tej sajnos allergén élelmiszer és élelmiszer-összetevő is egyben (Goldman et al., 1963). Emiatt fontos kutatni, hogy mely más összetevők vehetik át a helyét a tejfehérjére

allergiások számára fejlesztett élelmiszerekben. A tej 3,2 g (100 g)⁻¹ fehérjét tartalmaz, melynek fő frakciója a kazein [82,65 g (100 g)⁻¹: 30,8 g (100 g)⁻¹ α₁-kazein, 7,5 g (100 g)⁻¹ α₂-kazein és 44,35 g (100 g)⁻¹ β+κ-kazein teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva] (Ceballos et al., 2009). Hasonlóképpen kifejezve a nyers marha vérplazma 7,9 g (100 g)⁻¹-os fehérjetartalmában, melynek a fő frakciója az albumin, a teljes fehérjetartalomra vonatkoztatva 41,77 g (100 g)⁻¹ az immunoglobulin tartalom, 53,17 g (100 g)⁻¹ az α- és β-globulin tartalom és 5,06 g (100 g)⁻¹ a fibrinogén tartalom (Halliday, 1973; Howell & Lawrie, 1983). Érdekes összehasonlítani ezeknek a különböző fehérjeforrásoknak az aminosav-összetételét, hogy információt kapjunk azok biológiai értékéről. A két anyag aminosav-összetételének összehasonlítása a 11. táblázatban látható. Érdekes megfigyelés, hogy a kéntartalmú aminosavak aránya ellentétes a két különböző fehérjeforrásban.

11. táblázat: Marha vérplazma és tehéntej aminosav összetétele [mg (100 mg aminosav)⁻¹] (Duarte et al., 1999; Ceballos et al., 2009)

Aminosav	Marha vérplazma [mg (100 mg aminosav)⁻¹]	Tehéntej [mg (100 mg aminosav)⁻¹]
Val	6,73	5,24
Ile	3,35	4,54
Leu	9,34	9,44
Thr	6,6	4,11
Cys	3,36	0,82
Met	0,86	2,48
Tyr	4,87	5,67
Phe	5,16	4,73
His	9,94	3,3
Lys	4,18	8,96
Try	7,47	5,3
Asp	1,18	7,6
Ser	9,8	5,24
Glu	6,67	19,66
Pro	4,74	8,99
Gly	3,39	1,75
Ala	5	3,41
Arg	3,3	4,06

Az allergének hipoallergén anyagokkal történő helyettesítése mellett a tömeges elhízás elleni küzdelem is a média és a tudományos szakirodalom fókuszában áll jelenleg. Ebben is szerep juthat a nagy biológiai értékű melléktermékeknek, mivel a vér zsír- és szénhidrátartalma igen alacsony, az ezekkel történő dúsítás, vagy alapanyagcsere a tápanyagok arányának mérlegét a napjaink fogyasztói számára előnyösebb irányba tolja el.

4. Anyag és módszer

4.1. Anyag

Ez a fejezet elsősorban a mintáimról és azok kiválasztásáról, előállításáról, jellemzőiről, valamint vizsgálatuk változóiról szól. Disszertációmban gyakran használom a „mintacsoport” kifejezést. Ezzel olyan mintákra utalok, amelyeknek szövegkörnyezettől függően valamennyi faktorszintjük (tehát például a dúsításuk minősége, mértéke és tárolásuk ideje) azonos.

4.1.1. Anyagok száraz trinátrium-citrát véralvadás-gátlásra gyakorolt hatásának vizsgálatára rotációs viszkozimetriás eljárással

Kutatásaimban optimáltam a vérfeldolgozásnak ezt a lépését is (Csurka et al., 2020). Kísérleteim során száraz trinátrium-citrát port kevertem a friss vérbe, mivel, ha oldatban adjuk hozzá a véralvadásgátlót, azzal együtt fölösleges [a teljes tömegre vetített $10 \text{ g (100 g)}^{-1}$ arányú] vizet is beviszünk a rendszerbe. Ezzel költségesebbé és kevésbé hatékonyá tesszük a továbbfeldolgozás lépéseit: a koncentrációt és a szárítást, melyek célja pont a víz eltávolítása a vérből.

A sertésvér gyűjtése a frissen levágott sertés normál véreztetése során manuálisan történt 20 cm^3 -es kémcsövekbe egy Drávacsehi községben található vágóhídon. A sertések (*Sus scrofa domestica*) fajtája mangalica \times duroc hibrid volt. A kristályos trinátrium-citrát-ot (2-hidrát) (Reanal Laborvegyszer Kft., Magyarország) közvetlenül a vérvétel után adtam a vérhez, majd az adalékanyagot és a vért alaposan összekevertem a mintatartókban. A mintákat különböző mennyiségű trinátrium-citráttal kevertem: Ha a sertésvér sűrűségével számolok, amely $1,040 \text{ kg m}^{-3}$ (Kowalski et al., 2011), a minták trinátrium-citrát-tartalma a következő volt: 0 g (100 g)^{-1} , $0,48 \text{ g (100 g)}^{-1}$, $2,4 \text{ g (100 g)}^{-1}$, $4,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$, $9,6 \text{ g (100 g)}^{-1}$, $14,4 \text{ g (100 g)}^{-1}$, $19,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ és $24 \text{ g (100 g)}^{-1}$. Az előkészített mintákat a mérések előtt egy napig hűtött állapotban ($2 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$), a kémcsövekben tároltam ügyelve arra, hogy ne fagyhassanak meg. A vizsgálatához koncentrációnként három párhuzamos mintát készítettem.

4.1.2. Anyagok sertésvér membránszeparációjának vizsgálata a permeátum és retentátum élelmiszeripari felhasználása céljából

A sertésvér gyűjtése a frissen levágott sertés normál véreztetése során manuálisan történt nagyméretű, rozsdamentes acél kannákban egy Herceghalmon található vágóhídon. A sertések (*Sus scrofa domestica*) fajtái mangalica \times duroc hibrid, duroc és magyar lapály voltak. A véralvadásgátlás $0,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ száraz trinátrium-citrát 2-hidrát por (Reanal Laborvegyszer Kft., Magyarország) közvetlen hozzáadásával és azonnali vérben való alapos elkeverésével történt

azonnal a vérgyűjtés után, hogy megtartsam a vér szűrhető állapotát. Az mintákat a kísérletekig (legfeljebb négy napig) hűtött állapotban ($2\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$) tároltam ügyelve arra, hogy ne fagyhassanak meg.

A teljes vér, amely a mikroszűrési kísérletek betápjá volt, három különböző vérvételi időpontból származik, három különböző arányú sertésfajtja, mivel a kelet-európai vágóhidakon általában naponta különböző kistermelői sertéspopulációkból végeznek vágást. A vizsgálat ilyen szempontból valós, iparban megszokott alapanyagra épült. A teljes vért a mikroszűrési kísérlet előtt különböző hosszúságú ideig (1-4 nap) tároltam hűtőtárolóban, mivel egy munkafázis a membrántisztítással és a vízáram mérésével egy teljes napot vett igénybe, így nem lett volna idő minden nap a kísérletek előtt vért gyűjteni. Ezen kívül a vért lefagyasztani sem lehetett, mert az összetevők integritása a kristályosodás miatt megváltozhatott volna.

A szűrési kísérleteket saját fejlesztésű, laboratóriumi méretű, keresztáramú mikroszűrő berendezéssel végeztem. A szűréshez cső alakú, egycsatornás kerámia membránokat (Atech innovations GmbH, Németország) használtam, amelyeket alumínium-oxid aktív réteggel láttak el. A membránok külső átmérője 10,0 mm, míg belső átmérője 6,0 mm volt. A membránok fajlagos membránfelülete, amely a gyártó specifikációjában a szűrőfelület megnevezéssel található meg, $0,019\text{ m}^2\text{ m}^{-1}$ volt, a membránok hossza pedig 250 mm. A teljes szűrőfelület elemenként kb. $0,00475\text{ m}^2$ volt. A membránok alkalmasak voltak 121 °C feletti gőzsterilizálásra és savas és bázikus anyagok szűrésére 0-14 pH-érték között.

Az összes újra-felhasználható és korrózióálló eszközt és berendezést többfázisú tisztítással, nátrium-hipoklorit és mosószer segítségével tisztítottam. A membrán tisztításához citromsav-1-hidrátot (Reanal Laborvegyszer Kft., Magyarország) és nátrium-hidroxid pelyhet (Sigma Aldrich, Németország) használtam egymás után, váltásnál vizes öblítéssel.

4.1.3. Anyagok élelmiszerek vérrel és főbb vértermékekkel történő, táplálkozás-élettani tulajdonságok javítását célzó dúsítás hatásainak vizsgálataihoz

Annak érdekében, hogy ez az általam vizsgált értékes erőforrás – az állati vér – jól hasznosítható legyen az ipar számára, meg kell vizsgálni a különböző típusú és mennyiségű vértermék-dúsítások hatását a releváns, ételszerű célmátrixra, majd az információkat publikálni kell.

4.1.3.1. Húskészítmény – vörösáru

A vizsgálatokhoz kereskedelemben kapható darált sertéshúst (*Sus scrofa domesticus*) használtam, amelynek (a vörös és fehér színek aránya alapján célorientáltan kalibrált rendszerrel)

vizuálisan megállapított 70%-os színhústartalma és 30%-os zsírtartalma volt. A jégpelyhet a laboratóriumban egy jégpelykésztő gép (Brema Group S.p.A., Olaszország) állította elő. A jó minőségű, hosszú minőségmegőrzési idejű húspépalapú készítmények kialakításában fontos szerepet játszó só, tetranátrium-pirofoszfátot (Solvent Kereskedőház Zrt.) és nátrium-aszkorbátot (Reanal Finomvegyszergyár Zrt., Magyarország) a 12. táblázatban szereplő receptek szerint alkalmaztam. Az alap receptúra minden mintacsoport esetén változatlan maradt, mindössze a dúsítás mértéke változott, amellyel arányosan csökkent a teljes termékmintára vetítve az alap receptúrában található összetevők aránya.

A zsírok minősége és mennyisége is hatással van a színre a fehérjetartalom minősége és mennyisége mellett (Youssef & Barbut, 2009). Ezért a saját kísérleteim során egy közönséges, fogyasztók által is rendszeresen fogyasztott termékek alapját képező húspép receptúrát használtam, amelyhez csak a megfelelő mennyiségű vérterméket adtam hozzá. A vértermékek között is csak azokat választottam ki, amelyek a könnyű szeparálhatóságuk miatt a legfontosabbak az ipar számára a számtalan különböző vérfrakció közül.

A speciális összetevők, amelyeket a kísérletek során dúsítóanyagként használtam a következők voltak: 1.) hemoglobinpor 92 B (Sonac Burgum, Hollandia), 2.) plazmapor 70B (Sonac Burgum, Hollandia) és 3.) Vepro 95 phf teljes vérpor (Solvent Kereskedőház, Magyarország). Ezek a termékek marha- és sertésvért is tartalmaztak a termék minőségét garantáló arányban. A porított vérkészítményeket könnyen kezelhetők és a folyékony vérrel szemben hosszú minőségmegőrzési idővel rendelkeznek, tehát reálisan az iparban is ilyen formában lehet ezeket alkalmazni. A különböző típusú vérkészítményeket különböző mennyiségben adtam hozzá a húspépekhez [teljes vérpor: 1 g (100 g)⁻¹, 3 g (100 g)⁻¹, 5 g (100 g)⁻¹; hemoglobinpor: 1 g (100 g)⁻¹, 3 g (100 g)⁻¹, 5 g (100 g)⁻¹; vérplazmapor: 1 g (100 g)⁻¹, 3 g (100 g)⁻¹, 5 g (100 g)⁻¹, 10 g (100 g)⁻¹, 15 g (100 g)⁻¹]. A kutatás célja az állati vér emberi fogyasztásra történő felhasználásának elősegítése volt a porított vérkészítmények húspépből készült élelmiszerek állományára gyakorolt hatásának vizsgálatán keresztül. A jó minőségű elektronmikroszkópos felvételek készítése mellett a tanulmány céljai között szerepelt annak megértése is, hogy a porított vérkészítmények hozzáadása milyen hatással van a húspépből készült élelmiszerek egyéb tulajdonságaira. Vizsgáltam a dúsítás hatását az érzékszervi (szín, állomány) és a műszeres módszerekkel mért technológiai-funkcionális tulajdonságokra (pH, vízaktivitás, víztartó képesség, főzési veszteség) is, így a kísérleti terv összeállításánál és a mintaszám meghatározásánál számba vettem minden mérés mintaszükségletét és feltételeit. A II. mellékletben található statisztikai próbáknál látható szabadsági fok tükrözi a paralel minták számát.

12. táblázat: Összetevők tömege [g] a különböző vizsgált húspépből készült húskészítmény mintacsoportok receptúráiban

Össze-tevők	Kontroll vörös-áru minta 'controlm'	Vörösarú jellegű termék minta 1 g (100 g) ⁻¹ teljes vérporral 'wbp_01_m'	Vörösarú jellegű termék minta 3 g (100 g) ⁻¹ teljes vérporral 'wbp_03_m'	Vörösarú jellegű termék minta 5 g (100 g) ⁻¹ teljes vérporral 'wbp_05_m'	Vörösarú jellegű termék minta 1 g (100 g) ⁻¹ hemoglobín- porral 'rbc_01_m'	Vörösarú jellegű termék minta 3 g (100 g) ⁻¹ hemoglobín- porral 'rbc_03_m'	Vörösarú jellegű termék minta 5 g (100 g) ⁻¹ hemoglobín- porral 'rbc_05_m'	Vörösarú jellegű termék minta 1 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_01_m'	Vörösarú jellegű termék minta 3 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_03_m'	Vörösarú jellegű termék minta 5 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_05_m'	Vörösarú jellegű termék minta 10 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_10_m'	Vörösarú jellegű termék minta 15 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_15_m'
Sertés darálthús 70% színhús és 30% zsír- tartalommal [g]	57,84	57,26	56,10	54,94	57,26	56,10	54,94	57,69	56,53	55,36	52,44	49,53
Jégpehely [g]	40,49	40,08	39,27	38,46	40,08	39,27	38,46	40,38	39,57	38,75	36,71	34,67
Só [g]	1,16	1,15	1,12	1,10	1,15	1,12	1,10	0,42	0,41	0,40	0,38	0,36
Tetra- nátrium- pirofoszfát [g]	0,23	0,23	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22	0,21	0,20
Nátrium- aszorbát [g]	0,29	0,29	0,28	0,27	0,29	0,28	0,27	0,29	0,29	0,28	0,26	0,25
Teljes vérpor [g]	-	1,00	3,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemoglo- binpor [g]	-	-	-	-	1,00	3,00	5,00	-	-	-	-	-
Vérplazma- por [g]	-	-	-	-	-	-	-	1,00	3,00	5,00	10,00	15,00

A húspép, vagy prád elkészítését kutterben (Rewebo, Italy) végeztem el a megfelelő aprítottsági szint és homogenitás elérése érdekében ügyelve a megfelelő hőmérsékletre. Nitrites pácsó helyett közönséges só (nátrium-klorid) használtam, mert a hem-vas dúsítás által okozott színváltozás csak a nitrozo-miokromogén képződés kiküszöbölésével figyelhető meg teljes mértékben. Színre való hatásának vizsgálatához a lehető legtöbb más, szint befolyásoló faktort kizártam. A finomaprítás után a húspép mintákat vízgőzzáró műbélbe töltöttem. Így a főzési veszteség megállapítása lehetővé vált, mivel a hústermék által kiengedett folyadék megmaradt és lemérhető volt a műbél eltávolítása után. A betöltött mintákat gőz és forró levegő keverékével történő hőkezelésnek vettem alá, melynek során 20 min időt töltöttek a minták 80 °C maghőmérsékleten. A felfűtési és lehűtési szakasz ideje 10-10 min volt. A mintákat a főzési veszteség steril körülmények között történt lemérése után vastag PE vákuumcsomagolásba csomagoltam, hogy szimuláljam azt, mintha vízgőzzáró bélben maradtak volna, ezáltal garantáljam a termékre jellemző fogyaszthatósági időt.

Mivel a húspépből készült termékek állománya általában a hűtőtárolás során változik (Belovai, 2016; Pintér et al., 2021), a tárolási idő hatását is figyelembe kellett vennem. A hűtőtárolás volt a kísérlet utolsó (csak plazmapor dúsítások hatásának vizsgálatát tekintve a második, különböző minőségű és mennyiségű vérpor dúsítások hatásának vizsgálatát tekintve a harmadik) faktora a vértermékek típusa és/vagy mennyisége mellett. A mintákat az első mérés előtt egy napig 2 ± 1 °C hőmérsékleten tároltam. Ezután további három hónapon keresztül tároltam a mintákat ugyanolyan körülmények között. Azért választottam a három hónapot, mert ez a vörösárk fogyaszthatósági idejének átlagos értéke jelenleg hazánkban. A minták vizsgálatát 30 naponta ismételttem meg.

4.1.3.2. Sütőipari termék – kakaós piskótatészta sütemény

A kísérletek során a tojásallergén – konkrétan tojáspor – kiváltásának lehetőségeit vizsgáltam teljes vérpor és a két másik fő vértermék (plazma és hemoglobin) porított formájának segítségével, melynek során a tojáspor kiváltására felhasznált hem-vasat tartalmazó vértermékek funkcionális tulajdonságokat is adtak a termékeknek. Ennek érdekében a sütemény mátrix fehérjetartalma minden mintatípusban közel azonos volt az alap tojásporos receptúrában lévővel. Több lehetőséget is megfontoltam, mielőtt ezt a módszert kiválasztottam, viszont a vérporban és a tojásporban is a texturizáló hatás nagy részét a fehérjék okozzák a bevezetésben ismertetett módon, így nem lett volna előnyös egy-az-egyben a tojáspor tömegét helyettesíteni ugyanakkora tömegű vérporral. A receptúra meghatározásához a nyersanyag specifikációkat, valamint egy szabadon elérhető tápanyag adatbázist (USDA, 2018) használtam. Mivel a normál piskótatészta

süteményekben az összetevők között a friss tojást darabra adják meg a receptúrákban, a tojáspor mennyiségét átlagos M méretű tojásra számoltam ki, melynek átlagos tömege 58 g. A cél egymáshoz hasonló mintacsoportok készítése volt, amelyek vizsgálatának tapasztalatai az iparban is felhasználhatóak. Ezért kakaós piskótát készítettem, mert a kakaó színe és íze jól elfedi (maszkolja) a fémes vért és a hőkezelt vér fekete színét. A kakaós piskóta elkészítéséhez egy közönséges receptúrát vettem alapul, amelyben a tojás fehérjetartalmát a különböző mintacsoportokban teljes vérporral, vérplazmaporral és hemoglobinporral helyettesíttem. A tojáspor zsírtartalmát napraforgóolajjal helyettesíttem, mivel a zsírok és olajok nem elhanyagolható hatással rendelkeznek a sütőipari termékek tulajdonságaira. A fő funkciójuk az állomány általános puhítása és a nedvességérzet növelése, így a termék gazdagabbá tétele és minőségmegőrzésének javítása. Azért esett a napraforgóolajra a választás, mert semleges íze miatt nincs hatása az ízre és illatra, valamint könnyen elérhető. Természetesen a sütemények állományára az összetevőként felhasznált olajoknak és zsíroknak is hatása van (Paraskevopoulou et al., 1997). Viszont mivel a helyettesített zsírmennyiség nagyon kicsi, és a cél a nagyobb befolyással rendelkező fehérjék hatásának tanulmányozása volt, ezt a hatást vizsgálataim során elhanyagoltam. Mivel a vérporok nedvességtartalma kisebb a tojáspor nedvességtartalmánál, ezt a vizet is helyettesíteni kellett desztillált vízzel. (A laboratóriumi gyakorlatban és a húsiparban jellemzően ioncserélt, vagy desztillált vizet használtunk, hogy kiküszöböljük a sók ízt és állományt befolyásoló.) A tojásban található természetes emulgeálószeret a vérporos piskóták esetén nem pótoltam, mert kíváncsi voltam, hogy anélkül is képes-e a vér a tojást helyettesíteni. A tésztareceptúrák a 13. táblázatban láthatók.

13. táblázat: Összetevők tömege [g] a különböző kakaós piskótatészta sütemény receptúrákban

Összetevők	Tojásporral készült kakaós piskóta (kontroll)	Teljes vérporral készült kakaós piskóta	Hemoglobinporral készült kakaós piskóta	Vérplazmaporral készült kakaós piskóta
BL 55 finomliszt [g]	300	300	300	300
Porcukor [g]	250	250	250	250
Margarin [g]	120	120	120	120
Tej 2.8% zsírtartalommal [g]	100	100	100	100
Kakaópor 15-16% zsírtartalommal [g]	40	40	40	40
Sütőpor [g]	12	12	12	12
Vanília aroma [g]	2	2	2	2
Tojáspor / Teljes vérpor / Hemoglobinpor / Vérplazmapor [g]	28	14,16	13,8	18
Víz [g]	88	92,06	92,66	88,8
Napraforgó olaj [g]	-	10,64	10,64	10,64

A meghatározó, speciális összetevők ebben a vizsgálatban is a következők voltak: 1.) hemoglobinpor 92 B (Sonac Burgum, Hollandia), 2.) plazmapor 70B (Sonac Burgum, Hollandia) 3.) Vepro 95 phf teljes vérpor (Solvent Kereskedőház, Magyarország) és 4.) teljes tojáspor (Capriovus, Magyarország).

A süteménytészta egy tálban készítettem elő. Elsőként a száraz összetevőket kevertem össze, majd hozzákevertem a felolvasztott margarint a száraz keverékhez. Végül a tejet és a vizet adtam hozzá a masszához, majd elkevertem benne. A nyers, habos masszát fémtepsibe töltöttem, majd kombinált sütő-párolóban (Lainox VE051P Type LX, Olaszország) 180 °C hőmérsékleten, légkeveréses funkcióval 20 percen keresztül sütöttem. A piskótákat felvágtam, majd a sütés napja után további három napon keresztül szobahőmérsékleten tároltam.

Mivel a sütőipari termékeket gyakran nem az elkészítés napján fogyasztják, hanem néhány nappal később, mindenképpen terveztem egy tárolási kísérlet elvégzését is, mert kíváncsi voltam, hogy a tojásallergén-kiváltásra felhasznált vérporok milyen hatást gyakorolnak a sütemények minőségmegőrzési idejére, néhány nap múlva mért techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira. A piskóták minőségének változását a gyártás napjától három további napon keresztül szobahőmérsékleten történő tárolás mellett vizsgáltam naponta történő méréssel, mivel a friss sütemények és torták esetében várható fogyasztás is legkésőbb ezen az időn belül várható hasonló tárolási körülmények mellett. A tárolási körülmények megfeleltek a hasonló piskóták átlagos, várható, otthoni tárolásának: szobahőmérséklet és nem tökéletesen zárt (összehajtott) műanyag zacskó, mint „csomagolóanyag”. A tárolóhelyiség relatív páratartalmát, mint randomizált független változót úgy küszöböltem ki, hogy a párhuzamos mintákat egy nap eltolással készítettem el. Így ahol tendencia figyelhető meg a sütemények állományának változásában, az egyértelműen a kolloidális szerkezet öregedésének, a szinerézisnek tudható be, és nem annak, hogy a piskótákat körülvevő levegő páratartalma aznap éppen nagyobb vagy kisebb volt, mint a többi napon. Azért döntöttem négynapos tárolási periódus mellett, mert a normál fogyasztási szokások mellett az ipari tapasztalatok és kutatások alapján ez az a tárolási idő szobahőmérsékleten, amely már hatással van a sütőipari termékek állományára és szárazanyag tartalmára (Soukoulis et al., 2014; Pohjanheimo et al., 2006).

A kakaós piskótatészta tojásallergén-kiváltási lehetőségeinek vizsgálatához egy 4×4 teljes faktoriális kísérleti tervet használtam, melyben négy különböző, azonos fehérjetömeget biztosító, porított fehérjealapanyag (tojáspor, teljes vérpor, vérplazmapor, hemoglobinpor) és a tárolási idő (0, 1, 2 és 3 nap) hatását vizsgáltam. A cél a különböző faktorok (fehérje alapanyag, tárolási idő) kakaós piskótatészta sütemény minőségét meghatározó tényezőire (techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira) gyakorolt hatásának vizsgálata volt.

4.1.3.3. Tejkészítmény – csokoládé-fagylalt és -jégkrém

Előállításának technológiája a következő: összetevők bekeverése, homogénezés, hőkezelés, hűtés, érlelés és fagyasztás. Utóbbit $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül szokták végezni levegő bekeverése mellett, így a fagylalt szerkezete megfelelő mennyiségű légbuborékot magába zárva megfelelően krémes lesz. Jégkrém gyártásakor -25 és $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérsékleten szokták végezni a gyorsfagyasztást. A lágyfagyasztott fagylaltokat általában azonnali fogyasztásra állítják elő, míg a keményre fagyasztott jégkrémeket általában csomagolás után tárolásra és szállításra kerülnek. Fontos megjegyezni, hogy a fagylalt és a jégkrém közötti különbségek meghatározása a jogalkotásban gondot okoz. Általában ugyanazt a terméket a vendéglátóiparban értékesítve fagylaltnak, a kereskedelemben értékesítve jégkrémnek nevezik. Szakmailag a zárt üzemi rendszerben készült terméket jégkrémnek, a nyílt rendszerben készült terméket fagylaltnak szokták nevezni. A Magyar Élelmiszerkönyv általánosan fagylaltra vonatkozó előírást nem tartalmaz, csak a 2-401 számú irányelvben jégkrémre, illetve a 2-109 számú irányelvben a kézműves termékek között kézműves fagylaltra. A saját kutatásaimban azt az élelmiszermérnöki gyakorlatot követem, mely szerint fagylaltnak nevezem a lágyfagyasztott, a fagylaltkészítő gépből közvetlenül kivett terméket, és jégkrémnek nevezem a keményfagyasztott terméket, mely lényegében egy sokkolva fagyasztott, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt tárolt fagylalt.

A fagylaltokat azonos technológiával készítettem elő. Minden mintacsoportból hat független minta készült. Minden anyag és módszer azonos egy korábbi kutatásban leírtakkal (Hidas et al., 2021). A doktori kutatásaim során mért kontroll minták és a korábbi, hivatkozott kutatás kontroll mintáinak eredményei kölcsönösen verifikálják a mérések minőségének megfelelőségét.

Egy egység fagylalt receptúrája a következő volt: 0,7 kg tej 2,8% zsírtartalommal, 0,12 kg tejszín 30% zsírtartalommal, 0,1 kg szacharóz, 0,05 kg kakaópor 30% zsírtartalommal, 0,05 kg dextróz, 0,004 kg guargumi. Ezt az alap receptúrát dúsítottam vérplazmaporral (Sonac Burgum, Hollandia), teljes vérporral (Solvent Kereskedőház, Magyarország), vagy hemoglobinporral (Sonac Burgum, Hollandia) úgy, hogy 10 g (100g)^{-1} -a legyen a teljes tömegnek a dúsító folyékony vértermék. (Volt egy előkísérlet is 10 g (100g)^{-1} folyékony vértermékek hozzáadásával, amelyet megemlítek az érzékszervi minősítés módszeréről és eredményeiről szóló fejezeteknél. Ezeket a mintacsoportokat nem mutatom be, mivel érzékszervileg teljes mértékben elfogadhatatlanok voltak. A dúsítás előtt a porokat visszahígítottam eredeti víztartalmukra, így a folyékony vértermékek szárazanyagtartalma a következő volt: 1.) vérplazma: 9 g (100g)^{-1} , 2.) teljes vér: 38 g (100g)^{-1} , 3.) sűrűvér: 38 g (100g)^{-1} . Fontos volt, hogy a teljes fagylalt zsírtartalma $7-10\text{ g (100g)}^{-1}$ körül legyen. Az alapmasszát ultra mixer (Robot Cupe, Franciaország) segítségével

440 W teljesítménnyel 3 min alatt homogenizáltam, majd 70 °C-on 30 min ideig hőkezelttem. A fagylalt elkészítéséhez fagylaltgépet (Telme CRM GEL 5; Telme, Codogno, Olaszország) használtam 12 min-es programmal, majd a jégkrém keményre fagyasztásához -34 °C-os, 2 h ideig tartó sokkoló fagyasztást végeztem a fagylaltokon. A jégkrémeket legalább egy napon keresztül tároltam -18 °C hőmérsékleten a mérések előtt.

4.1.4. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sütő- és édesipari termékekben

Kétféle állati eredetű allergén összetevő kiváltásának lehetőségeit vizsgáltam meg a következő kísérlet-sorozatomban: a tej- és a tojásallergént. Itt nem volt cél a vas- és esetlegesen más tápanyagok növelése. Arra voltam kíváncsi, hogy vérplazma felhasználásával képesek-e helyettesíteni a tej- és tojásallergén összetevőket különböző, jó kísérleti alapanyagot jelentő termékekben.

4.1.4.1. Sütőipari termék – piskótatészta sütemény

A másik kísérletben szintén a tojásfehérje albumin típusú fehérjéihez hasonló albuminokat tartalmazó, tojásfehérjéhez állományra gyakorolt hatásában leginkább közel álló plazmafehérjével helyettesítettem a tojásfehérjét piskótatészta süteményekben. Ebben az esetben a mintákat nem volt cél érzékszervi vizsgálatra előkészíteni, illetve nem volt cél a tápérték növelése sem. Sokkal inkább a legalapvetőbb, legegyszerűbb piskótatészta sütemény esetében hasonlítottam össze egy tradicionális, kézzel készült piskótát, egy ipari receptúrával és módszerrel készült piskótát és egy tojásport helyett plazmaport tartalmazó, iparban alkalmazott módszerrel készült piskótát. Így lehetőségem nyílt tanulmányozni azt, hogy a tojás hatásához leginkább hasonló hatású vértermék hogyan viselkedik egy egyszerűbb mátrixban, valamint milyen eredményt hoz egy prémium, „kézműves” piskótatésztaval történő összehasonlítása. Az „ipari” piskóta előállításához teljes tojásport (Capriovus, Magyarország), plazmaporos piskóta előállításához 70B vérplazmaport (Sonac Burgum, Hollandia) használtam fel. A három kísérleti mintacsoport receptúráját a 15. táblázat tartalmazza. A cél alapvetően az allergénfehérjék kiváltása volt, így vérplazmafehérjékkal, a tojás zsírtartalmát és többlet víztartalmát is helyettesíteni kellett. Ehhez könnyen elérhető és felhasználható napraforgóolajat és ivóvizet használtam fel. Így a különböző piskótamátrixok fehérje-, zsír és víztartalma közel azonos volt. A receptúrában szereplő arányok kiszámításához az összetevők specifikációit és egy szabadon elérhető tápérték adatbázist használtam fel (USDA, 2018). A kézműves receptúrához M méretű, 58 g átlagos tömegű tojásokat használtam fel, és ebből kiindulva számoltam ki a tojásport, illetve plazmaport tömegét is.

15. táblázat: Összetevők tömege [g] a különböző piskóta receptúrákban

Összetevők	Tradicionalis „kézműves” piskóta	„Ipari” piskóta tojásporral	„Ipari” piskóta vérplazmaporral
BL 55 finomliszt [g]	23,7	23,47	23,31
Kristálycukor [g]	18,96	18,78	18,65
Só [g]	0,47	0,47	0,47
Tojás [g]	56,87	-	-
Tojáspor [g]	-	13,15	-
Nátrium-hidrogénkarbonát [g]	-	1,88	1,87
Jilk paszta [g]	-	0,94	0,93
Víz [g]	-	41,31	41,41
Vérplazmapor [g]	-	-	8,39
Napraforgóolaj [g]	-	-	4,97

A minták előállítását tekintve leginkább a „kézműves” piskótatészta különbözött a másik kettőtől. A „kézműves” piskóta esetben szétválasztottam a tojásfehérjét a sárgájától. A tojássárgáját a receptúrában található cukor egyharmad részével, a fehérjét pedig a cukor kétharmad részével kemény habbá vertem, majd a két részt lágyan összeforgattam az átszitált liszttel. A tökéletes homogenizálás és keverés helyett az átforgatás, valamint a liszt átszitálása beforgatás közben mind azt szolgálta, hogy a felvert habszerkezet ne törjön meg, és minél levegősebb maradjon a szerkezet, mint egy prémium, kézműves sütemény esetén. Az „ipari” sütemény jelen munkában nem jelenti azt, hogy egy élelmiszeripari üzemben készült a minta, hanem hogy az iparival megegyező technológiát használtam annak előállítására. Az „ipari” sütemények (tojásporos és plazmaporos) esetén a hozzávalókat összekevertem a jilk pasztával (sütőipari termékekben legtöbbször alkalmazott emulzióképző élelmiszer-összetevő), majd a keverékből robotgéppel habos masszát készítettem. A nyers, habos masszákat fémtepsibe töltöttem, majd kombinált sütő-párolóban (Lainox VE051P Type LX, Olaszország) 180 °C hőmérsékleten, légkeveréses funkcióval 20 percen keresztül hőkezelttem (sütöttem). A sütés napját követő további három napon keresztül tároltam a felvágott piskótákat, hogy összehasonlíthatóvá tegyem a jellemző fogyasztási és szobahőmérsékleten használt minőségmegőrzési idő végéig a különböző piskóták változását naponta új minták mérésével minden mintacsoportból. A tárolási körülmények megfeleltek a hasonló, friss pékáruk szobahőmérsékleten történő tárolásának: a tárolás szobahőmérsékleten, tökéletlenül lezárt (ráhajtott) műanyag zacskóban történt. Ennek az az oka, hogy a tárolóhelyiség relatív páratartalmának esetleges nagyobb változásait kompenzáljam, a párhuzamos mintákat különböző napokon készítettem el.

Fontos megjegyezni, hogy a „kézműves” egy csupán általam, a disszertációban használt megkülönböztető jelölése. A Magyar Élelmiszerkönyv 2-109 számú irányelve, amely a kézműves élelmiszereket határozza meg, nem rendelkezik kézműves sütemények jellemzőiről.

Így gyakorlatilag egy 3×4 teljes faktoriális elrendezésű kísérleti terv alapján végeztem el kísérletet, amelyben az első faktor a minta típusa („kézműves” piskóta, tojásporos „ipari” piskóta, plazmaporos „ipari” piskóta), a második faktor pedig a tárolási idő (0, 1, 2, 3 nap) volt.

4.1.4.2. Édesipari termék – sodó

A tejfehérje plazmafehérjével történő helyettesítésére egy célnak megfelelő, könnyen kezelhető, kevés összetevőt tartalmazó és kellően homogén mátrixot kellett találni: ez volt a sodó. Ugyanakkor, mivel a receptúrában található teljes tejet helyettesíteni kellett, a tej zsírtartalmát (2,8%) napraforgóolajjal helyettesítettem, amelynek nincs különleges íze. A tej többlet víztartalmát ivóvízzel helyettesítettem. Így mind a két vizsgált fehérje forrás esetén hasonló mintamátrix kialakítására volt lehetőség. A vérplazma könnyen kezelhető plazmaporból készült visszahígítással úgy, hogy a tejjel azonos fehérjetartalommal rendelkezzen. Ezért a porból visszahígított vérplazmából készült sodó fehérjetartalma közel azonos a tejjel készült sodó fehérjetartalmával. A receptúra meghatározásához ebben az esetben is a nyersanyag specifikációkat, valamint egy szabadon elérhető tápanyag adatbázist használtam (USDA, 2018). A vérplazma előállításához 70B vérplazmaport (Sonac Burgum, Hollandia) használtam. Mivel a termékek allergéntartalmára érzékeny fogyasztók általában figyelnek a termékek glikémiás indexére és/vagy szénhidrátartalmára. Ezért faktorként vizsgáltam a cukor édesítőszerekkel történő kiváltását. A felhasznált édesítőszer-keverék eritrit:xilit 55:45 arányban (Gorky és Zentai, Magyarország) volt. A sodó receptúrákat a 14. táblázat tartalmazza. Összekevertem a száraz, porított összetevőket, majd a tejjel, vagy vízzel elkevertem melegítése közben. A folyadékokat folyamatos keverés mellett csirizedési hőmérsékletre melegítettem, majd utána forráspontig tovább melegítettem. A csirizedési hőmérséklet feletti hő-tartás 1 percn keresztül tartott.

Kutatásom során a vizsgálatok első faktora a fehérje alapanyag volt: 1.) tej és 2.) vérplazma. Sok fogyasztó, aki kizárja a tejet az étrendjéből, fontosnak tartja az élelmiszerek glikémiás indexét és energiatartalmát. Emiatt az édesítőanyag típusa volt a második faktor ugyanebben a kutatásban, amelyhez a következőkben röviden szeretném bemutatni a felhasznált anyagokat (a faktorok szintjeit): 1.) a répacukrot, vagy nádcukrot (szacharózt) és 2.) a választott cukoralkoholokat.

14. táblázat: Összetevők tömege [g] a különböző sodó receptúrákban

Összetevők	Vanília sodó tejjel és cukorral	Vanília sodó tejjel és édesítőszerrel	Vanília sodó vérplazmával és cukorral	Vanília sodó vérplazmával és édesítőszerrel
Módosított kukorica keményítő [g]	5	5	5	5
Tej 2,8% zsírtartalommal [g]	100	100	-	-
Vanília aroma [g]	1	1	1	1
Vérplazmapor [g]	-	-	4,3	4,3
Víz [g]	-	-	92,9	92,9
Napraforgó olaj [g]	-	-	2,8	2,8
Kristálycukor [g]	10	-	10	-
Édesítőszer keverék [g]	-	10	-	10

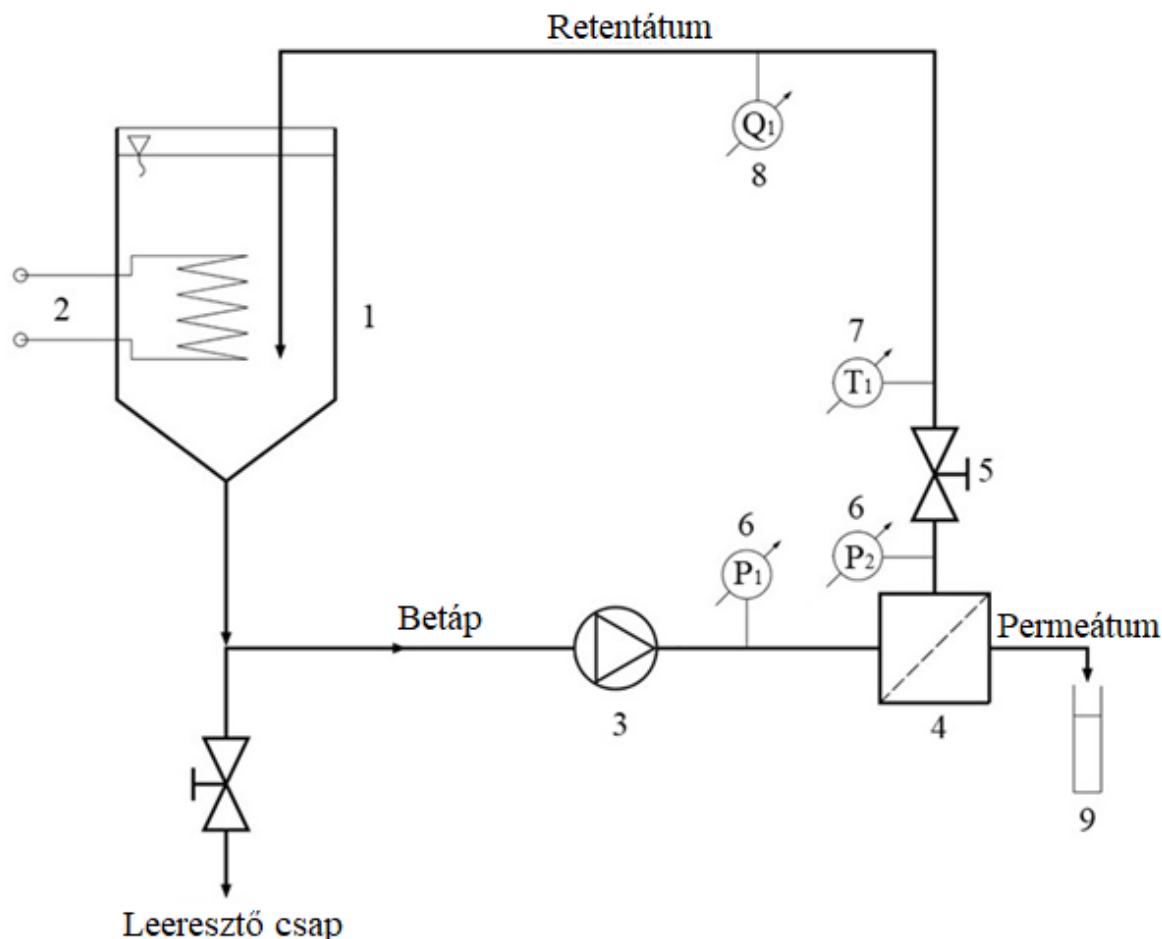
Szacharózt és a cukoralkoholokat (xilit és eritrit) vizsgáltam, mivel ezek a pudingokban és sodókban leginkább használt édesítőszer az ipari gyakorlatban. A xilit az élelmiszer-adalékanyagokról szóló 1333/2008/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet szerint "E 967" jelöléssel ellátott polialkohol, amelynek energiataralma $2,4 \text{ kcal g}^{-1}$, glikémiás indexe 7, édesítőértéke pedig 0,4. (A szacharóz édesítőértéke 1.) Nem okoz fogszuvasodást, de túlzott mennyiségben hashajtó hatású (Melaja & Hamalainen, 1977). Az "E 968" jelzéssel ellátott eritrit energiataralma $0,2 \text{ kcal g}^{-1}$, glikémiás indexe 0, édesítőértéke 0,6-0,8. Meghosszabbítja a pékáruk minőségmegőrzési idejét, de $160 \text{ }^\circ\text{C}$ felett az édesítőértéke csökken (De Cock & Bechert, 2002). Népszerű az eritrit és a xilit 55:45 arányú keveréke, amely könnyen használható, mert ugyanolyan édesítő hatású, mint a közönséges kristálycukor (szacharóz).

A vizsgálat célja az volt, hogy megvizsgáljam a tej és a vérplazma hatását a különböző édesítőanyagok (cukor és cukoralkohol-keverék) jelenlétében a műszeresen mért érzékszervi és techno-funkciós tulajdonságokra (szín, állomány, pH) egy 2×2 teljes faktoriális elrendezésű kísérletterv segítségével.

4.2. Módszer

4.2.1. Membránszeparációs módszer

4.2.1.1. Mikroszűrés



2. ábra: A laboratóriumi keresztáramú mikroszűrő berendezés sematikus áramlási diagramja (1 – betáp tartály; 2 – hőcserélő (hűtő/fűtő); 3 – szivattyú; 4 – mikroszűrő membrán modul; 5 – szelep; 6 – manométer; 7 – hőmérő; 8 – áramlásmérő; 9 – mérőhenger; P_1 – csőben a membrán előtt mért nyomás; P_2 – csőben a membrán után mért nyomás; T_1 – csőben mért hőmérséklet; Q_1 – mért retentátum áramlási sebesség)

A sertésvér két fő frakciójára történő elválasztására az elterjedt centrifugálás mellett a membránszűrés is tökéletesen alkalmas, előbbinél akár a célnak megfelelőbb is lehet. Vizsgálataim során membrán mikroszűrést, mint szeparációs módszert alkalmaztam. A munkám elkészítésének helyet adó Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszéke által egyedileg fejlesztett keresztáramú mikroszűrő berendezést,

amelyet a kísérletek során használtam, a 2. ábra szemlélteti. A kísérlet faktorai a következők voltak: 1.) pórusméret (0,8 μm , 1,2 μm), 2.) retentátum áramlási sebesség (200 l h^{-1} , 300 l h^{-1}) és 3.) transzmembrán nyomáskülönbség (10^5 Pa, 2×10^5 Pa, 3×10^5 Pa). A faktorok szintjeit előkísérletek alapján határoztam meg figyelembe véve az egyensúlyi fluxus beállításának idejét és a vérfrakciók minőségét. Az analitikai mintákat közvetlenül a betápból (teljes vér), a permeátumból (vérplazma) és a retentátumból (sűrűvér) gyűjtöttem a nyersanyag és a termékek jellemzéséhez. A permeátum mintákat a szűrés időtartalma alatt folyamatosan gyűjtöttem az első 5 ml térfogatot kivéve, mivel az tartalmazhatta a permeátum elvezető csőben tisztításból adódóan benmaradó maradék vizet. A szűrési kísérletek kezdetekor a hőmérséklet $5\text{ }^\circ\text{C}$ volt, amely a hűtés ($5\text{ }^\circ\text{C}$ -ra állított, betáp tartályba helyezett hőcserélő és $15\text{ }^\circ\text{C}$ alatt tartott teremhőmérséklet) ellenére folyamatosan emelkedett a szűrés alatt különböző szűrés végén tapasztalható hőmérséklet értékekig ($10\text{ }^\circ\text{C} - 20\text{ }^\circ\text{C}$). A nyomást a membránszűrő mindkét végén mértem, a hőmérsékletet a csőben egy csőbe épített hőmérő segítségével és a betáp tartályban mértem, a vér fluxust és a retentátum térfogatáramát pedig a szivattyú által szolgáltatott adatok felhasználásával mértem. A mintavétel, valamint a mérőműszerekről és szivattyúról történő adatrögzítés gyakorisága 0,5 perc volt az első 20,5 percen keresztül, majd 1 perc a szűrés befejezéséig. Minden kísérletből 80 ml permeátumot gyűjtöttem. A szűrés időtartama a fluxustól függött.

A kísérleti beállítások a 16. táblázatban találhatók. A kísérleteket randomizált sorrendben végeztem el, a beállítás száma nincs összefüggésben a kísérlet sorrendiségben elfoglalt helyével.

16. táblázat: Membránszeparációs kísérleti beállítások és jelöléseik

Kísérleti beállítás jelölése	Transzmembrán nyomás-különbség [Pa]	Retentátum térfogatáram [$\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$]	Membrán pórusméret [μm]
01	10^5	200	0,8
02	10^5	200	1,2
03	10^5	300	0,8
04	10^5	300	1,2
05	2×10^5	200	0,8
06	2×10^5	200	1,2
07	2×10^5	300	0,8
08	2×10^5	300	1,2
09	3×10^5	200	0,8

10	3×10^5	200	1,2
11	3×10^5	300	0,8
12	3×10^5	300	1,2

A membránokat, valamint a teljes csőrendszert minden szűrés előtt és után megtisztítottam. Minden szűrés előtt megmértem a víz fluxust, majd a mérés után a vizet a csőrendszer alján lévő szeleppel eresztettem le, hogy elkerüljem a betápként adagolt vér hígulását. A csőrendszerben esetlegesen megtalálható maradék vizet a szivattyú beindításával távolítottam el oly módon, hogy elindítottam a szivattyút és addig járatam a retentátum betáptartályba történő visszavezetés nélkül, amíg tiszta vér nem folyt teljesen biztosan belőle.

4.2.1.2. Membrán tisztítása

Egy kísérletsorozat eredményeképpen megtaláltam a megfelelő módszert kerámiamembrán tisztítására sertésvér szűrése után. Relatív agresszív tisztítási procedúrára volt szükség az extrém szennyeződés és a pH változás hatására megduzzadó vérkomponensek által eltömődött pórusok miatt. A teljes berendezés tisztítási lehetőségei korlátozottak voltak a membránszivattyú és a nyomásmérő műszerek korrodációra való érzékenysége miatt. A végső tisztítási folyamat a következőképpen nézett ki: 1.) átöblítés vízzel, majd 30 percen keresztül vízzel történő mosás szobahőmérsékleten (20 °C), 2.) 30 percen keresztül 1% nátrium-hidroxidos mosás 60 °C hőmérsékleten, majd átöblítés vízzel, 3.) 30 perc vízzel történő mosás szobahőmérsékleten (20 °C), 4.) 30 perc 1% citromsavas mosás 60 °C hőmérsékleten, majd átöblítés vízzel, 5.) 30 perc vízzel történő mosás szobahőmérsékleten (20 °C). A teljes berendezés együttes tisztításán felül a membránok további, agresszívabb tisztítást igényeltek a berendezésen kívül. A berendezésből eltávolított membránszűrők plusz tisztítása a következőképpen történt: 1.) 30 perc áztatás vízben 80 °C hőmérsékleten, 2.) 30 perc 10% nátrium-hidroxidos tisztítás 80 °C-on, 3.) 30 perc áztatás vízben 80 °C hőmérsékleten, 4.) 30 perc 10% nátrium-hipokloritos tisztítás 80 °C hőmérsékleten, 5.) öblítés vízzel, majd áztatás vízben szobahőmérsékleten (20 °C) a következő szűrésig (8 órán keresztül). A membránokat 45 percen keresztül kondicionáltam a berendezésben víz áramoltatásával a stabil vízfluxus eléréséig minden új kísérlet előtt, az előző napi mosás után.

4.2.1.3. Hidrodinamikai paraméterek számolása

A csőrendszerben áramló Herschel-Bulkley-folyadék viszkozitása függ annak hőmérsékletétől és a folyadékra ható nyírófeszültségtől, ezért a nyírófeszültséget valamilyen úton

ki kellett számítanom. (A Rotációs viszkozimetria című alfejezetben bővebben kifejtem, hogy miért a Herschel-Bulkley modelt alkalmaztam a munkám során mért legtöbb fél-folyékony-szerű anyag, így a teljes vér esetében is.) A teljes vér (és a vértermékek) rotáciometriás vizsgálatát három különböző hőmérsékleten végeztem el, így három különböző hőmérsékleten is meg tudtam mondani, hogy mekkora a csőben áramló folyadék látszólagos viszkozitása a mért nyírófeszültség esetében. Erre a három pontra illesztettem regressziót az Excel 365 (Microsoft, USA) segítségével, majd interpolálva határoztam meg a csőben áramló folyadék gyakorlati viszkozitását a szűrés során felvett mérési pontokra az azokhoz tartozó hőmérsékleten.

A szűrési hatékonyság kiszámításához a következő összefüggéseket használtam fel: Kör keresztmetszetű csőben lamináris áramlás esetén az áramló folyadékra ható nyírófeszültséget a következő egyenlettel írhatjuk le:

$$\tau = \frac{f \times v^2 \times \rho}{8} \text{ (Lawrence, 1997),}$$

amelyben „ τ ” a nyírófeszültség, „ f ” a csősúrlódási tényező, „ v ” a betáp és retentátum áramlási sebessége, „ ρ ” a csőben áramló folyadék sűrűsége, a konstans (8) pedig kör keresztmetszetű cső és lamináris áramlás esetén jellemzi az egyenletet. Az általam feltüntetett, csőben történő áramoltatásra vonatkozó egyenletek a Navier-Stokes egyenletből származtathatók. A kísérleti feltételek alapján feltételeztem a lamináris áramlást, amelyet a számolt eredmények igazoltak. A Reynolds-szám értéke minden kísérlet során $1370,15 \pm 568,32$ volt. Ebben az esetben a csősúrlódási tényezőt a következő egyenlettel lehetett kiszámolni:

$$f = \frac{A}{Re^d} \text{ (Lawrence, 1997),}$$

amelyben lamináris áramlás esetén a membrán belső keresztmetszete: $A = 64$, az áramlást jellemző állandó pedig $d = 1$. A Reynolds számot a következő egyenlet segítségével lehet kiszámolni:

$$Re = \frac{D_e \times v \times \rho_b}{\mu_b} \text{ (Lawrence, 1997),}$$

amelyben „ D_e ” a kör keresztmetszetű cső egyenérték átmérője, „ ρ_b ” a betáp – jelen esetben teljes vér – sűrűsége és „ μ_b ” pedig a betáb, vagyis a teljes vér dinamikai viszkozitása. Az áramló folyadékra ható nyírófeszültség ezek alapján a következő egyenlettel számolható ki:

$$\tau = \frac{8 \times \mu_b \times v}{D_e} \text{ (Lawrence, 1997)}$$

A nyírófeszültségre a fentén kívül volt egy másik egyenlet is a reológiai mérésekhez alkalmazott és validált Herschel-Bulkley model szerint:

$$\tau = \tau_0 + C \times \gamma^p \text{ (Mezger, 2006),}$$

amelyben „ τ_0 ” az elméleti folyáshatár, „ C ” a konzisztenciaindex, „ γ ” a deformációs sebesség és „ p ” az exponenciális tag, a folyási index. Ha az adatokat behelyettesítjük a két, nyírófeszültségre rendezett, egyszerűsített egyenletbe, a viszkozitáson kívül csak egy ismeretlen paraméterre marad, nevezetesen a nyírófeszültség. A következő egyenlet a Hagen-Poiseuille egyenletből vezethető le nem-newtoni folyadék kör keresztmetszetű csőben történő áramoltatása esetén:

$$\gamma = \frac{4 \times v}{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^3} \text{ (Mezger, 2006),}$$

amelyben „ D ” a kör keresztmetszetű cső átmérője, a nevezőben szereplő többi konstans pedig a kör keresztmetszetű csővel történő számolás jellemzői. Ezáltal kiszámolhatóvá vált minden egyes minta viszkozitásának kiszámolása a szűrési hőmérsékleten a beállított retentátum áramlási sebesség mellett a kísérleti berendezésben.

A mikroszűrés hatékonyságát kifejezi (leginkább befolyásolja) a csőrendszerben áramoltatott vér számolt, gyakorlati dinamikai viszkozitása. A szűrési hatékonyságot a permeátum fluxusból számított energiafogyasztással lehet meghatározni, amely a szűrőfelület egységére időegység alatt jutó permeátum mennyiségét fejezi ki.

$$J = \frac{V_i}{A_m \times t_i} \text{ (Gáspár et al., 2011),}$$

amelyben „ J ” a fluxus, „ V_i ” az egységnyi idő alatt nyert permeátum térfogat, „ A_m ” a membrán aktív felülete, „ t_i ” pedig az időintervallum. A fluxust megmértem egyensúlyi vér mikroszűrésre és vízre. Az energiafogyasztást a következő egyenlettel lehet kiszámolni egyensúlyi állapotban:

$$E_{ss} = \frac{P_{ss}}{A_m \times J_{b,ss}} \text{ (Xie et al., 2016),}$$

amelyben „ E_{ss} ” az egyensúlyi (*steady-state*) specifikus energia fogyasztás, „ P_{ss} ” az egyensúlyi hidraulikus teljesítményvesztés, „ A_m ” a membrán aktív felülete, „ $J_{b,ss}$ ” pedig a teljes vér egyensúlyi fluxusa. A hidraulikus teljesítményvesztéget a következő egyenlet segítségével lehet kiszámolni:

$$P_{ss} = Q_{ss} \times \Delta p \text{ (Xie et al., 2016),}$$

amelyben „ Q_{ss} ” az egyensúlyi retentátum áramlási sebesség, „ Δp ” pedig a membránon tapasztalt nyomáscsökkenés. A tiszta membrán belső visszatartása (R_m) kiszámolható a víz viszkozitásából (μ_w), a víz fluxusból (J_w) és a transzmembrán nyomáskülönbségből (*TMP*):

$$J_w = \frac{TMP}{\mu_w \times R_m} \text{ (Ben Hassan et al., 2013),}$$

az egyensúlyi teljes visszatartás pedig kiszámolható a teljes vér viszkozitásából (μ_b), az egyensúlyi vér fluxusból ($J_{b,ss}$) és a transzmembrán nyomáskülönbségből:

$$J_{b,ss} = \frac{TMP}{\mu_b \times R_{t,ss}} \text{ (Ben Hassan et al., 2013).}$$

Az egyensúlyi állapotban membránra rakódó gélréteg és a membrán teljes visszatartásának ($R_{t,ss}$) értéke egyenlő a tiszta membrán visszatartásának (R_m) és az egyensúlyi állapotban membránra rakódó gélréteg visszatartásának ($R_{f,ss}$) összegével, ahogy azt a következő egyenletben láthatjuk:

$$R_{t,ss} = R_m + R_{f,ss} \text{ (Ben Hassan et al., 2013).}$$

Az egyensúlyi állapotban membránra rakódó gélréteg visszatartása egy fontos paraméter az ipari vér membránszeparáció tervezéséhez.

A tisztítási hatékonyságot a fluxus visszanyeréssel (FR), a tiszta membrán visszatartásának és a tisztítás utáni membrán belső visszatartásának (R_n) arányával fejezhetjük ki, amelyet a következő egyenletben láthatunk:

$$FR = \frac{R_m}{R_n} (\times 100\%) \text{ (Blanpain-Avet et al., 2004),}$$

amelyhez a tisztítás utáni membrán belső visszatartását a következő egyenlettel számolhatjuk ki a tisztítás után mért víz fluxusból (J_{ww}).

$$J_{ww} = \frac{TMP}{\mu_w \times R_n} \text{ (Blanpain-Avet et al., 2004).}$$

4.2.2. Állománymérés

4.2.2.1. Rotációs viszkozimetria

A folyékony és félfolyékony halmazállapothoz inkább közelebb álló mintáim esetén a reológiai vizsgálatot Physica MCR 92, Anton-Paar reométer (Anton-Paar, Germany) segítségével végeztem, mellyel a néhány egyszerű konstans helyett a minták folyástani viselkedését tudtam megfigyelni, különös tekintettel a különböző körülmények között mutatott látszólagos dinamikai viszkozításra. A berendezéssel a minták változó sebességű nyírófeszültség mellett mutatott viselkedését mértem koncentrikus hengerek (CC27) segítségével, Couette típusú módszerrel. (Külső henger átmérő: 28,92 mm; belső henger átmérő: 26,651 mm; belső henger magassága: 40,003 mm; aktív magasság: 120,2 mm; pozicionáló magasság: 72,5 mm.) A belső henger fordulatszama 1 és 1000 min^{-1} között változott a mérés során, miközben 2×31 mérési ponton gyűjtött a berendezés adatokat. A módszer eredményeként folyásgörbéket kaptam, amelyre különböző modelleket illesztettem, és a megfelelő illeszkedés esetén további reológiai konstansokat számoltam, amelyekkel az anyag viselkedése leírható. A mérőrendszerhez tartozó

Anton Paar RheoCompass szoftver segítségével felvett görbéket a Herschel-Bulkley modell segítségével elemeztem, melynek segítségével minden ilyen módon vizsgált mintám viselkedése leírható. A modellben szereplő változók a következők: nyírófeszültség (τ), elméleti folyáshatár (τ_0), deformációs sebesség ($\dot{\gamma}$), konzisztenciaindex (C) és folyási index, amelyet az angol szakirodalomban gyakran „*power of law index*”, vagy „*flow behaviour index*” néven említenek, mivel ez az exponenciális tag (p). A Herschel-Bulkley modellt a következő egyenlet írja le:

$$\tau = \tau_0 + C \times \dot{\gamma}^p \text{ (Mezger, 2006).}$$

A mérési eredményekből a modellt leíró egyenlet alapján minden mérési pont esetén kiszámoltam egy elméleti nyírási sebességet. A számolt és a mért nyírási sebességek négyzetösszegét iterációval közelítettem egymáshoz az Excel Solver bővítményének segítségével, így illesztettem a modellt a felvett mérési pontokra és határoztam meg az egyenletben található konstansok értékét. A legkisebb négyzetek módszerének alkalmazása után a determinációs együttható (R^2) figyelembevételével validáltam a modellt, amely az illesztés megfelelőségét mutatja, és minden esetben 0,95 érték felett volt. Minden mintán háromszor végeztem el a mérést.

A membránseparációs kísérletek során vett minták esetén a méréseket elvégeztem 5 °C, 12,5 °C és 20 °C hőmérsékleten is, amelyet a mérő berendezés önhűtő funkciója segített, hogy korrigáljam a membránszűrés során tapasztalt hőmérséklet-változást. A száraz-trinátriumcitrát hatása vizsgálata során a friss sertésvérmenták, valamint a különböző vérfrakciókkal dúsított folyékony fagylalt mix minták esetén a méréseket 20 °C hőmérsékleten, a sodó minták esetén 25 °C hőmérsékleten végeztem.

4.2.2.2. Állomány profil elemzés (TPA)

Az ebben a munkában vizsgált szilárd-közeli állományú minták állománymérését Stable Micro System (SMS) TA. XT Plus állománymérő készülékkel (Stable Microsystem, Egyesült Királyság) végeztem beleértve az állomány profil analízist, a vágási próbát, a törési próbát és az egyedileg célorientáltan alkalmazott szilárd állományméréseket. A készülék több különböző, számítógép által irányított mérőfej segítségével különböző mértékű, felépülési idejű (akár pillanatnyi, állandó, vagy folyamatosan változó) és irányú nyomó- és nyírófeszültséget fejt ki a kísérleti mintákra, amelyekkel képes szimulálni szinte az összes élelmiszert érő behatást (harapás, rágás, vágás, megnyomás...). Az adatok segítségével vizsgálhatjuk az élelmiszerek állományának viselkedését. Ugyanezt a műszert használtam a „4.2.2.3. Warner-Bratzler (W-B) teszt”, „4.2.2.4. Hárompontos törési teszt” és „4.2.2.4. Hárompontos törési teszt” alfejezetekben leírt módszerekhez is.

Az állomány profil elemzés (angolul: *texture profile analysis*, melyből a rövidítése: TPA) módszerét használtam a kakaós piskótatészta sütemény minták és a vörösáru jellegű minták állományának mérésére. A mérés során mindkét mintamátrix típus esetén p/75v acél henger mérőfejet használtam, a mintákat pedig a mérőfej alá, az alátét közepére pozicionáltam. A mérőfej állandó, mindkét kísérlet során 1 mm s^{-1} sebességgel haladt lefelé, miután elérte a minták tetejét, a minta magasságának 50%-os deformációjáig. Mindkét termék esetén standard 20 mm magasságúra előkészített mintákkal dolgoztam, tehát az 50%-os deformáció 10 mm volt. A mérőfej, miután elérte a maximális beállított deformációt, 1 s időn keresztül tartotta a helyzetét, majd a teszt-sebességgel visszatért az eredeti állapotába, amíg a minta is relaxált a stressz után. Ezután a mérőfej megismételte a megnyomást, nyomva tartást és relaxálást ugyanazokkal a paraméterekkel, mint az első esetben. A minták hőmérséklete $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ volt a mérés során. A piskótatészta sütemény mintákat $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ négyzet alapú szeletekre, a vörösáru jellegű mintákat pedig egy 20 mm átmérőjű kör alapú hasáb formára vágtam egy erre alkalmas eszközzel. Minden minta magassága 20 mm volt. Vörösáru jellegű minták esetén hat, piskótatészta sütemények esetén három párhuzamos mérés történt mintánként a párhuzamos mérések mellett. A TPA-val mért attribútumok a következők: 1.) Keménység: A maximális deformációhoz szükséges erő (vagy ezzel egyenlő ellenállás) [N] az első kompresszió során. Ez az élelmiszermintába történő első harapás során kifejtett erővel is megegyezik. 2.) Kohezivitás: A második és az első kompressziós ciklus során kifejtett legnagyobb pozitív erő aránya [N N^{-1}]. A minta főtömegét felépítő belső kötések szilárdságát, a minta összetartását jelzi. 3.) Rugalmasság: Egy arány [mm mm^{-1}], vagy százalék a minta teljes magasságára vonatkoztatva. A rugalmasságot többféleképpen értelmezik és mérik, viszont a leginkább jellemző, hogy a második kompresszió során mért magasságot osztják el az eredeti magassággal, ami azt is jelentheti, hogy mekkorára rugózik vissza, vagy relaxál a minta az első összenyomás után. 4.) Rághatóság: az az energia [N^2], amely a szilárd, vagy szilárd-közeli minta megrágásához szükséges a nyelés állapotáig. Ezt a jellemzőt úgy számoljuk ki, hogy összeszorozzuk a keménységet, a kohezivitást és a rugalmasságot (De Huidobro et al., 2005; Nishinari et al., 2019). A releváns adatokat a Texture Exponent 32, SMS-hez tartozó szoftver segítségével nyertem ki a mért görbékből.

4.2.2.3. Warner-Bratzler (W-B) teszt

A vörösáru jellegű minták és jégkrém minták esetén vágási próbát, vagy másnéven Warner-Bratzler (W-B) tesztet is végeztem, amely azt az erőt [N] méri, amely a minta átvágásához szükséges (De Huidobro et al., 2005). A W-B penge sebessége mérés közben 2 mm s^{-1} volt. A mérés során a penge a minta tetejétől indult, és teljesen áthatolt a mintán. Vörösáru jellegű minták

esetén 20 mm magas, 20 mm átmérőjű kör alapú, henger alakú mintákat vettem alá a vágási tesztnak egyenes W-B penge mérőfej segítségével. A mintán keresztül történő áthaladáshoz, a minta alatt található résen keresztül a mérőfej 25 mm utat tett meg és 0,049 N erővel hatolt bele a mintába. A jégkrém minták szilárd állományának mérése esetén a mérés lényege az volt, hogy azonos körülmények között, összehasonlítható értékeket tudjak mérni az ugyanakkora, 0,5 cm széles, 5 cm hosszú, félhenger formába keményfagyasztott jégkrémmintákból. Az olvadás elkerülése végett a mérőfejet és a tálcát jégben tároltam két mérés között, a minták lemérése és a fagyasztótérből történő eltávolítása között pedig legfeljebb 30 s telt el. A jégkrémek átvágásához W-B „V” alakú pengét használtam mérőfejként.

4.2.2.4. Hárompontos törési teszt

A kakaós piskótatészta sütemény esetén fontos tulajdonság a töréshez szükséges erő. HDP/3PB hárompontos „bend rig” mérőfejet használtam, amelyet a minta felszínéről indítottam, majd a próbafej áthatalolt a mintán 1 mm s^{-1} sebességgel. A törési teszt során a töréshez szükséges erőt [N] mértem, amely akkor mérhető, amikor a süteménytészta kettéhasad. A piskótatészta sütemények esetén a legnagyobb erő akkor mérhető, amikor a legkeményebb rész, a sütemény kérge eltörik. Ekkor alatta a tészta nagy része is azonnal elhasad a törés pontjánál. A minták eredményeinek értékelésekor a mért törési erőt is figyelembe vettem.

4.2.2.5. Stressz-relaxációs állománymérések

A „kézműves”, „ipari” tojásporos és plazmaporos piskóták összehasonlításának érdekében olyan módszert alkalmaztam, amely kissé robusztusabb a sütemények magasságára, mivel a „kézműves” sütemények minden esetben kissé nagyobb magassággal és a mintacsoporton belül nagyobb magasságbeli szórással rendelkeztek. Átlagosan 10 cm magas, 5 cm alapátmérőjű, henger alakú mintákkal dolgoztam. A mérőfej a TPA-hoz használt p/75v acélhenger volt, amely 0,002 N erővel kezdte meg a minta lefelé nyomását. A terhelés mértéke a minta magasságának 40%-át elérő deformációig tartott. A mérőfej sebessége 10 mm s^{-1} volt. A mérés menete egy egyszerű stressz-relaxáció volt. A mintát 30 s ideig tartotta a mérőfej a maximális deformáción. Minden mintán háromszor végeztem el a mérést. A sütemény kéregkeménységeként definiáltam a maximális deformációt okozó erő [N]. A sütemények rugalmasságát az eredeti magasságuk és a deformáció utáni relaxált magasságuk arányából számoltam ki. Ez a mérés jóval gyorsabb, mint a TPA, viszont több információval szolgál és a termékek eredeti magasságára robusztusabb, mint a vágási próba és a törési próba.

4.2.3. Színmérés

A színmérést reflexiós színmérésre alkalmas Minolta CR-400 (Konica Minolta, Japán) típusú készülékkel végeztem. Az eszköz azon az elven mér, hogy bármely szín előállítható három, adott hullámhosszú fény keverékéből. Ennek a három hullámhosszú fénynek az arányaihoz számértékeket rendelünk, és egy koordinátarendszerben, vagy más néven CIELAB színtérben helyezük el azokat. Így színkoordinátákkal számszerűsíteni és elemezni tudjuk a termékek színét. A cél legtöbbször megtalálni az összefüggést a színkoordináták és a termék más fizikai, kémiai, vagy biológiai jellemzői között, vagy egy ismert változást követni a könnyen mérhető színkoordináták elemzésével. A színmérő műszert fehér etalon standard segítségével kalibráltam minden mérés előtt és minden mérést legalább három alkalommal végeztem el fehér tálcán, azonos fényviszonyok között, tükröződésmentes felületek mellett. A mért jellemzők a következők voltak: vörös-zöld színtényező (a^*), amelynek a pozitív iránya a vörös, a negatív iránya a zöld színezetet jelöli, a sárga-kék színtényező (b^*), amelynek a pozitív iránya a sárga, a negatív iránya a kék színezetet jelöli, valamint a világossági tényező (L^*), amelynek pozitív iránya a világosságot zérushoz közeledő iránya pedig a sötétséget jelöli. A mért jellemzők mellett további függő változókat is számoltam a különböző vizsgálatok során. A színtelítettséget (chroma – C^*) a következő képlettel számoltam a mért jellemzőkből:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \text{ (Tomasevic et al., 2019)}$$

A színezeti szög szintén egy fontos színjellemző, amelyet a következő egyenlet segítségével számoltam ki:

$$h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*} \text{ (Anese et al., 2008)}$$

A színinger különbség két, különböző mérés, vagy mérések átlaga esetén két különböző minta érzékelt színe közötti különbséget hivatott számszerűsíteni. A színinger különbség értéke alapján azt is meg lehet állapítani, hogy a két különböző mérés során mért szín különbsége mennyire könnyen állapítható meg szabad szemmel. A kiszámolásához a következő egyenletet használtam:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \text{ amelyben az összeg tagjai a következők: } \Delta L^* = L_1^* - L_2^*, \Delta a^* = a_1^* - a_2^* \text{ és } \Delta b^* = b_1^* - b_2^* \text{ (Dawson \& Acton, 2018).}$$

4.2.4. Szárazanyag-tartalom mérése

A szárazanyag-tartalom (angolul: *dry matter content*, amelyből a nemzetközi rövidítés: DMC) mérése során 3-5 g mintát mértem be Kern ABJ-NM/ABS-N (Kern & Sohn, Németország) analitikai mérleg segítségével Petri csészébe. Ezután a mintákat 120 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítottam laboratóriumi szárítószekrényben (Labor Műszeripari Művek, Magyarország). A mintákat desszikkátorban hagytam kihűlni, hogy hűlés során megakadályozzam a hűlés közbeni visszanedvesedésüket, mivel az analitikai mérleg nem alkalmas meleg, mérés közben csökkenő hőmérsékletű minták mérésére. A minták analitikai mérlegen történő visszamérésekor ügyeltem arra, hogy csak a fém fogó, valamint a fémtálca érintkezzen a mintákkal, így ne befolyásolja a méréseket a környezet általi zsír- és porszennyezés. Ezzel a módszerrel minden mintából három analitikai minta mérése történt meg ezzel a módszerrel.

4.2.5. Vízáktívítási mérés

A vízáktívítási (jele: a_w) mérést Novasina LabMaster-aw neo típusú készülékkel (Novasina AG, Svájc) végeztem, amely nagyon kis mintaszükséglet mellett teljesen kontrollált körülmények között 0 °C és 60 °C hőmérsékleten képes mérni a behelyezett minta vízáktívítási értékét. A méréseket szobahőmérsékleten (20 °C) végeztem, hogy a minta szerkezete, ezáltal vízáktívítási befolyásoló tulajdonsága ne károsodjon, és releváns adatokat tudjak rögzíteni.

4.2.6. Vízretartó képesség mérése

A vízretartó képesség (angolul: *water holding capacity*, melyből nemzetközi rövidítése: WHC) mérését Grau & Hamm (1953) módosított módszertana alapján végeztem el. A vizsgálat során 1,5-2 mg mintát szűrőpapírra helyeztem két üveglap közé, majd 0,5 kg tömeget helyeztem rá és hagytam rajta 5 percen keresztül. A húskészítmény mintákból engedett folyadék a szűrőpapíron foltot képzett. A teljes szűrőpapír és a szűrőpapír nem nedvesített részének tömegét Kern ABJ-NM/ABS-N (Kern & Sohn, Németország) analitikai mérleg segítségével mértem meg. A vizsgálat eredményét a nedvesített szűrőpapír felületének és a húskészítmény teljes tömegének hányadosából számoltam ki. Ennek a vizsgálatnak az eredménye [$\text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$] azt határozza meg, hogy 1 mg minta mekkora felületen képes a szűrőpapírt átnedvesíteni mechanikai igénybevétel (nyomás) alatt. A kisebb nominális érték nagyobb vízretartó képességet jelent. Minden mintából legalább három analitikai minta mérését végeztem el.

4.2.7. pH mérése

A pH a vizes közegben található hidroxónium ionok negatív tízes alapú logaritmusosa. Méréséhez folyékony és félfolyékony állapotokhoz közelebb álló minták esetén Voltcraft PHT-02 ATC (Voltcraft, Németország), szilárd-közeli minták esetén pedig Testo 206 pH stick (Testo, Ausztria) típusú pH-mérő készüléket használtam. A pH mérésének elve mindkét esetben a stabil, referencia elektród és a mintába helyezett pH-érzékeny elektród közötti elektromosan mérhető különbség és a minta pH-jának lineáris összefüggésén alapul. A pH-mérő készülékeket minden mérési sor előtt kalibráltam. Minden mintán legalább három mérést végeztem el.

4.2.8. Mikroszerkezet megfigyelés pásztázó elektronmikroszkóppal

A minták előkészítését korábbi kutatások módszertana alapján végeztem (Zheng et al., 2017; Marchetti et al., 2015; Shin et al., 2020). A mérés előtt a minták mikrostruktúráját fixálni és dehidratálni kellett, amelyet úgy végeztem el, hogy a megfelelő méretű és állapotú minták víztartalmát a fehérjéket eredeti állapotukban preparáló vegyszerek hozzáadásával lassan kicseréltem szerves oldószerekre, amelyeket kíméletes körülmények között eltávolítottam a mintákból. Ennek érdekében először a mintákból $0,5 \text{ mm} \times 1 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ méretű darabokat vágtam ki. Ezeket a darabokat glutáraldehidben [$2,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$] (Sigma-Aldrich, USA) áztattam $0,1 \text{ M}$ foszfát puffer oldattal semlegesítve ($\text{pH} = 7,0$) 24 h időn keresztül, majd vízmentes etanolba (Lach-ner, Csehország) helyeztem újabb 24 h időtartamra. Ezután a mintadarabokat fagyasztva szárítottam [egyedileg kialakított berendezés a kísérleteim helyszínéül szolgáló Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszéken, melynek az alapja egy Leybold (Németország) vákuumszivattyú] 10 Pa maximális vákuum mellett, $-19 \text{ }^\circ\text{C}$ induló minta-hőmérséklettel. A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat előtt a mintákat exsikkátorban tároltam. Az analitikai minták vizsgálata FEI Quanta 3D Two-Beam Scanning Electron Microscope (Hillsboro, USA) segítségével történt $20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten 130 Pa vákuum és 100% relatív páratartalom mellett. A SEM speciális, mintát fagyosan tartó funkcióval is rendelkező feltétele és beállítása lehetővé tette a minták kisebb vákuum és nagy relatív páratartalom melletti vizsgálatát.

4.2.9. Érzékszervi minősítés

A termékfejlesztések ideális validálási módszere az egyszerű affektív tesztelés, vagy más néven fogyasztói tesztelés a termék fogyasztói elfogadottságának értékelésére. Ez a módszer a szubjektív adatokat gyűjt, vagyis azt vizsgálja, hogy a termékeket valószínűleg mennyire fogadják el a fogyasztók. Az érzékszervi panel tagjai, a teszt résztvevői képzetlen bírálók, akiket a

célcsoportból toboroztam. A célcsoport jelen esetben elsősorban diákokat és fiatal pályakezdeket jelent, akik az innovátorok, akik először kezdik el kipróbálni és használni az új termékeket. A módszer minden esetben strukturált skálán alapuló kérdőív, amely egyenként kérdez rá a különböző termékjellemzők elfogadásának mértékére a kedveltségen keresztül. Ezen túlmenően, objektív jellemzők átlagos fogyasztók általi megítéléséről is van lehetőség információt gyűjteni arra vonatkozó releváns kérdésekkel. A tesztben résztvevő fogyasztók igényeinek feltárását is el lehet végezni az objektív és szubjektív jellemzők összehasonlításával, azaz annak felderítésével, hogy az adott jellemző mely objektív értékénél a legjobb a kedveltség szubjektív mértéke.

Ha a validáció sikeres, akkor a termékfejlesztéseket megfelelőnek ítélem. Lehetséges viszont, hogy a validálás eredménye azt mutatja, hogy a fogyasztók nem tudják elfogadni az adott típusú véralapú terméket. Ez utóbbi esetben újra meg kell határoznom az igényeket a legutóbbi érzékszervi vizsgálat eredményei alapján, és ellenőriznem kell a termékek érzékszervi paramétereit és az arra hatást gyakorló tényezőket. Az összetevők és/vagy technológiai paraméterek megváltoztatása és az új termékminták előállítása után meg kell ismételnem a validálási folyamatot, amíg „megfelelő” eredményt nem kapok.

4.2.9.1. Élelmiszerek vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsításának hatása különböző élelmiszerek érzékszervi tulajdonságaira

4.2.9.1.1. Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított vörösáruk összehasonlítása

Az érzékszervi vizsgálatot a zavaró tényezők kizárásával, a paneltagok időbeli és/vagy térbeli elkülönítésével végeztem. A panel 10 főből állt (öt férfi, öt nő), akiket előre tájékoztattam a termékek jellegéről, valamint arról, hogy azok vért tartalmaznak. (Sajnos a kísérletek ideje alatti járványhelyzet miatt nagyobb létszámú érzékszervi panel létrehozására nem volt lehetőségem.) Az érzékszervi paraméterek értékeléséhez használt minták az analitikai minták voltak. A paneltagoknak tízfokozatú kategóriaskálán kellett a rangsorolást elvégezniük a következő tulajdonságokra vonatkozóan: szín kedveltség, illat kedveltség, állomány kedveltség, íz kedveltség és összbenyomás. Minden jellemző szubjektív volt. Nem képzett bírálókat, hanem átlagos fogyasztókat kértem fel a bírálat végrehajtására. A bírálóknak lehetősége volt megjegyzést írni minden mintához. A bírálók a mintákat nem ismerték, csak a háromjegyű, randomizált mintakódokat.

4.2.9.1.2. Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sütemények összehasonlítása

Az érzékszervi vizsgálatot egy megfelelő felszereltségű laboratóriumban végeztem (zavaró tényezők kizárásával, a paneltagok időbeli és/vagy térbeli elkülönítésével). A paneltagok az értékelés során egy online kérdőívet töltöttek ki. Az érzékszervi paraméterek értékeléséhez használt minták az analitikai minták voltak, és bevezettem egy „placebo” mintát, amely megegyezett a tojásporos mintával, viszont aktív szénnel megszíneztem. A növényi aktív szén az élelmiszer-adalékanyagokra vonatkozó, világon az egyik legszigorúbb szabályozás [az Európai Parlament és a Tanács 1333/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az élelmiszer-adalékanyagokról] szerint E 153 jelzéssel ellátott, engedélyezett élelmiszer-adalékanyag. Az aktív szénnek köszönhetően ez a tojásporos mintacsoport szabad szemmel nézve ugyanolyan színű volt, mint a teljes vérporos és a hemoglobinporos minták, viszont a színezéktől eltekintve az összetétele teljesen megegyezett a kontroll tojásporos mintacsoportéval. Így a termék állományának és ízének érzékelését elméletileg a színnel kapcsolatos prekoncepciók befolyásolása nélkül tudtam vizsgálni. Ez utóbbi feltételre azért volt szükség, mert az enyémet megelőző más vizsgálatokban tapasztaltak placebo/nocebo hatást. Ez azt jelenti, hogy az ízérzet függ a vizuális inger érzékelésétől. Konkrétan a sötétebb és/vagy telítettebb szín erősebb ízt és nagyobb tápanyagtartalmat jelenthet a fogyasztók számára (Forgács et al., 2017; Földváry, 2015; Spence, 2015). Bár a „placebo” név félrevezető lehet, ezt találtam a leginkább megfelelőnek, hogy röviden jelöljem az érzékszervi minősítésbe bevont extra mintacsoportot. Vakteszt elvégzésére nem volt lehetőségem, mert a szín kedveltségét is mértem, így a bírálóknak látnia kellett a mintákat, viszont fontos volt az is, hogy ne pusztán a szín alapján ítélik meg azt, hogy melyikben van vér.

A paneltagokat tájékoztattam arról, hogy a piskóták, amelyeket megkóstolnak, tartalmazhatnak vért, vérplazmát vagy extra kakaót. (Extra kakaót tartalmazó minta nem volt). Tájékoztattam továbbá őket, hogy kaphatnak hasonló vagy különböző mintákat, viszont ez csak a teljesebb objektivitás érdekében történt, mivel minden paneltag ugyanazt az öt mintát kapta különböző sorrendben. A mintákat véletlenszerű háromjegyű számkóddal jelöltem, és minden paneltag más sorrendben kapta a mintákat, hogy kiküszöböljem az egymást követő kóstolás hatását, mivel az előző minta befolyásolhatja a következő mintáról alkotott véleményt még a megfelelő semlegesítés mellett is. A paneltagok a minták között vizet kaptak, hogy „kimossák” a szájukból az előző minta ízét. A panel 33 tagból állt: 17 férfi és 16 nő. A paneltagok átlagéletkora 29,8 év volt, a minimális életkor 20 év, a maximális életkor pedig 56 év volt. A paneltagok átlagos fogyasztók és nem képzett bírálók voltak. A paneltagoknak tesztelniük kellett a mintákat, és rangsorolni kellett a minták rugalmasságának mértékét, morzsálódásának mértékét,

ragadósságának mértékét, szárazságának mértékét, kakaó illat intenzitását, kakaó íz intenzitását a legkisebb pontszámmal, ha nem volt érzékelhető számukra és a legnagyobb pontszámmal, ha nagyon erősen érezhető volt. Emellett rangsorolni kellett szubjektíven, azaz az alapján, hogy mennyire kedvelik azokat, az illatot, ízt és állományt. Mindegyik tulajdonság esetében ötfokozatú kategóriaskálán kellett a rangsorolást elvégezniük. Ezután lehetőségük volt még egy szabadon választható hosszabb szabad szavas értékelésre, vagy rövidebb megjegyzést írni minden mintához, majd egyben rangsorolni az összes mintát preferencia alapján, így kialakítani egy kedveltségi sorrendet.

4.2.9.1.3. Különböző típusú vértermékekkel dúsított fagylaltok és jégkrémek összehasonlítása

Az érzékszervi vizsgálatot megfelelő felszereltségű laboratóriumban végeztem (zavaró tényezők kizárásával, a paneltagok időbeli és/vagy térbeli elkülönítésével). A paneltagok egy papíralapú kérdőívet töltöttek ki, amelyen a következő szempontok szerint kellett egy 1-től (legrosszabb/nem érezhető) 10-ig (legjobb/túl erősen érezhető) terjedő strukturált skálán pontozniuk a mintákat: szín kedveltség, íz kedveltség, csokoládéíz intenzitás, csokoládéillat intenzitás, édes íz intenzitás, sós íz intenzitás. Az érzékszervi vizsgálat nem elválasztható egy jelenlegi doktori disszertáción kívül végzett kísérlettől, amelyben a fagylaltokhoz nem csak 10 g (100 g)⁻¹-ban, hanem 15 g (100 g)⁻¹-ban is hozzáadtam a porított vértermékeket. Ízsemlegesítés céljából a bírálók vizet kaptak. A paneltagok átlagéletkora 32,13 év volt, a minimális életkor 20 év, a maximális életkor pedig 58 volt. A paneltagok átlagos fogyasztók és nem képzett bírálók voltak. Minden paneltagot tájékoztattam arról, hogy a minták vért tartalmaznak, mivel bizonyos vallások tiltják azok fogyasztását. A mintákat véletlenszerű háromjegyű számkóddal jelöltem, és minden paneltag más sorrendben kapta a mintákat, hogy kiküszöböljem az egymást követő kóstolás hatását. Ezen felül a mintasor kétszer tartalmazta a kontroll mintát.

4.2.9.2. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sütő- és édesipari termékekben

A tojás és a tej allergének vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálatát is ugyanazzal az érzékszervi panellel és módszerrel végeztem. A kísérletek ideje alatti járványhelyzet miatt egy egyszerű kedveltségi vizsgálatot végeztem el egy 16 képzetlen bírálóból (hét férfi, kilenc nő), azaz átlagos fogyasztóból álló érzékszervi panel segítségével, a korábbiakban leírt, jó érzékszervi gyakorlatnak megfelelő körülmények között. Az érzékszervi paraméterek értékeléséhez használt minták az analitikai minták voltak. A sütemények és a sodók esetén az érzékszervi vizsgálat az

előállítás napján történt. A sodókat alvadás után, újrafelkevert állapotban vizsgálták a bírálók. A paneltagoknak tízfokozatú kategóriaskálán kellett a rangsorolást elvégezniük a következő paraméterekre: szín kedveltség, illat kedveltség, állomány kedveltség, íz kedveltség és összbenyomás. Minden jellemző szubjektív preferencián alapult. A bírálóknak lehetősége volt megjegyzést írni minden mintához. A mintákat háromjegyű, randomizált számmal kódoltam és véletlenszerű sorrendben adtam a bírálóknak.

4.2.10. Statisztikai elemzés

Kutatásaim során a mért eredmények értékelését a legtöbb esetben a teljes faktoriális elrendezésű kísérletterv mellett jól alkalmazható többváltozós varianciaanalízis (angolul: *multivariate analysis of variance*, melyből a nemzetközi rövidítése: MANOVA) segítségével végeztem. A különböző kísérletek faktorai függő változókra gyakorolt hatását vizsgáltam. Ez alól egy kivétel volt: a különböző mennyiségű száraz trinátrium-citrát véralvadásra gyakorolt hatásának vizsgálata viszkozimetriás módszerrel. Mind az egy független változó, mind a függő változók jellege miatt az adatok elemzéséhez Pearson-féle korreláció analízist, valamint az eredmények várható értékének egyszerű összehasonlítását használtam. A Pearson-féle korrelációs együttható (r) az együtt változás erősségét mutatja. Az "1" érték egyenes arányt, a "-1" érték pedig fordított arányt mutat (Bolboaca & Jäntschi, 2006).

A MANOVA képes összehasonlítani a különböző mintacsoportok egymástól nem független függő változóinak várható értékét (normál eloszlás esetén egyszerű számtani átlagát) (Huberty & Olejnik, 2006). Figyelembe veszi a függő változók korrelációját, valamint a független változók (faktorok) együttes hatását is. Fontos, hogy a függő változók egymással való korrelációja ne legyen sem túl nagy, mert akkor a faktorok nem tudják megfelelő mértékben magyarázni azokat, sem túl kicsi, mivel ekkor nem indokolt a MANOVA használata, helyette egyenként egyváltozós varianciaanalízissel (ANOVA) kellene elemezni a faktorok függő változókra gyakorolt hatását. A MANOVA eredményeként elsősorban a Wilks lambda értékét vettem figyelembe, amely a meg nem magyarázott varianciaarányt jellemzi: megmutatja, hogy a függő változók mekkora részét nem vagyunk képesek megmagyarázni a független változók segítségével. Tehát minél kisebb a Wilks lambda, annál kisebb a függő változók megmagyarázatlan aránya, tehát annál jobban befolyásolják a független változók inputjai a függő változók outputjait, annál pontosabban vagyunk képesek megmagyarázni az outputokat az inputokból. A MANOVA egy függvényt állít elő iterációs módon, amelynek a segítségével a megfelelő eredmények mellett képesek vagyunk elválasztani egymástól a szignifikánsan különböző mintacsoportokat. Ezt a diszkriminancia függvényt használtam fel a szignifikánsan különböző mintacsoportok

elkülönítésében. A homogén csoportokat legtöbb esetben Tukey HSD post hoc teszttel különítettem el. A mérési eredményeket az IBM SPSS statistic v25 és v27 (IBM Corp., USA) programmal elemeztem, az eredmények ábrázolásához a Microsoft Excel 365 version: 2010 (build: 13328.20356) szoftvert használtam.

Mindkét alkalmazott statisztikai módszernek a feltétele 1.) a független mintavétel, azaz az egymástól független, reprezentatív, párhuzamos minták lemérése minden egyes mintacsoportból, 2.) a kovariancia mátrix homogenitása, azaz a homoszkedaszticitás (erre a MANOVA valamivel robusztusabb, a homoszkedaszticitás sérülése esetén is bizonyos korrekciókkal lefuttatható), 3.) a hibák (standardizálatlan reziduumok) normál eloszlása (a MANOVA szintén robusztusabb a hibák normalitásának sérülésére, viszont az esetleges kiugró pontokat minden esetben eliminálni kell), valamint 4.) a lineáris kapcsolat a független és a függő változók között (Pearson-féle korreláció analízis esetén, amennyiben ez nem teljesül, a korrelációs együttható egyszerűen „0” eredményt ad). Míg a független, reprezentatív mintavételt a kísérletterv műszaki igényességű kivitelezésével, a megfelelő operatív munkával biztosítottam, a független és függő változók közötti linearitás pedig a szakirodalom alapján volt feltételezhető. Természetesen az eredmények tükrében validálható, a homoszkedaszticitást és a standardizálatlan reziduumok normál eloszlását az eredmények ténylegesen értékeléséhez szükséges statisztikai próbák (Pearson-féle korreláció analízis, MANOVA) elvégzése előtt külön meg kellett vizsgálni, illetve tűréshatárt nem meghaladó sérülésük esetén különleges korrekciót kellett alkalmazni. A feltételek ellenőrzéséért felelős statisztikai próbák minden esetben a mintaelemszámmal összefüggő szabadsági fok és a minták jellegének tükrében kerültek kiválasztásra.

Az eredmények értékelésére szolgáló ANOVA, MANOVA és Pearson-féle korreláció analízis feltételeinek ellenőrzése céljából elvégzett statisztikai próbák leírását és eredményeik ismertetését a II. mellékletben írtam le. Ezen kívül ugyanebben a mellékletben részletezem a membránszűrés eredményeinek értékeléséhez felhasznált programot is.

4.2.11. Táplálkozás-élettani tulajdonságok fejlesztése

A dúsítással előállított vörösáru és piskóta minták esetén kiszámoltam a fontosabb tápanyagokban bekövetkezett változást. A tápérték adatokat a felhasznált élelmiszer alapanyagok specifikációi és az összetevők aránya alapján számoltam. Az elméleti hem-vas tartalmú összetevők használatával elért tápanyag-növekedést a piskóták esetében úgy számoltam ki, hogy nem vettem figyelembe a sütés során fellépő víztartalom-csökkenést és esetleges bomlást, átalakulást. A számoláshoz egyszerű anyagmérleget használtam.

5. Eredmények és értékelésük

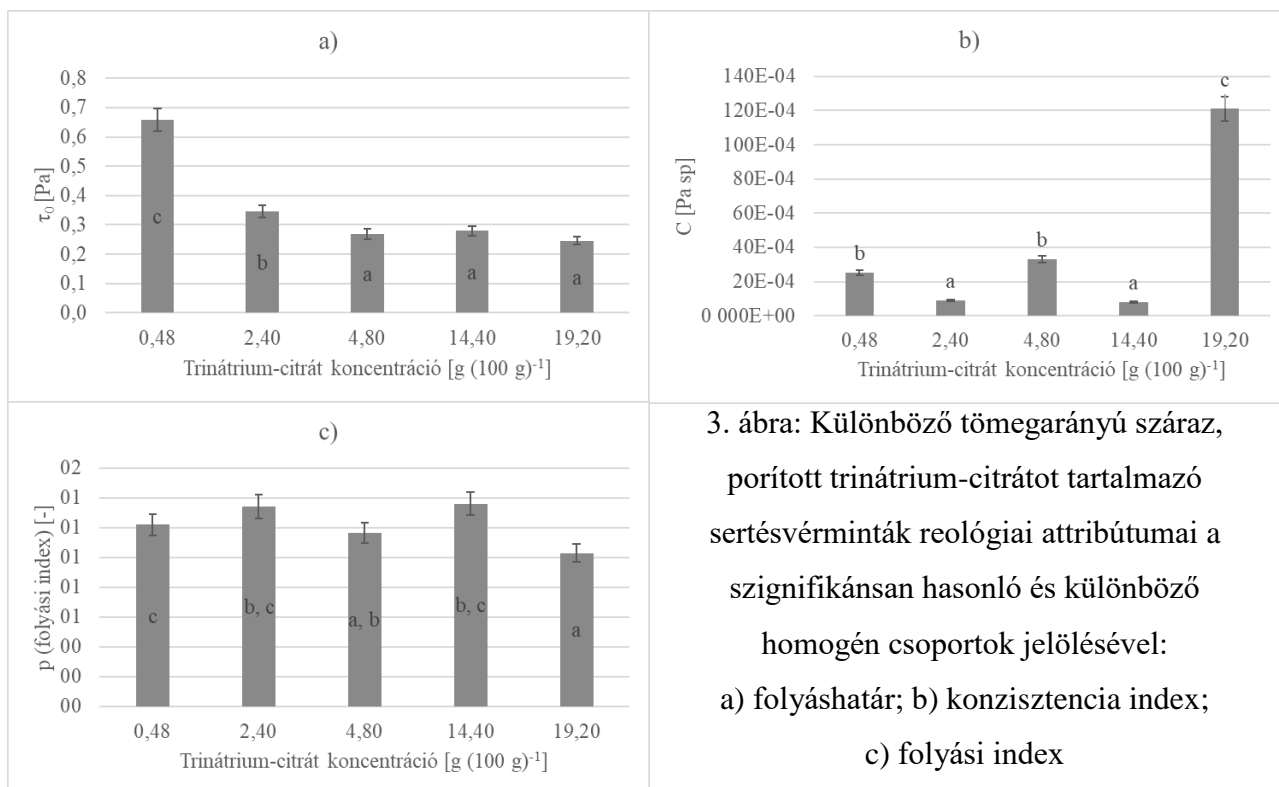
5.1. Száraz trinátrium-citrát véralvadás-gátlásra gyakorolt hatásának vizsgálata rotációs viszkozimetriás eljárással

Első kísérleteim során a vér kezelésének módszertanát fejlesztettem annak érdekében, hogy a lehető legegyszerűbben és leghatékonyabban feldolgozásra kész állapotba hozzam a friss vért. Ennek első lépése a véralvadás gátlása volt. Célom az volt, hogy megtaláljam azt a kristályos trinátrium-citrát koncentrációt, amely tovább-feldolgozáshoz megfelelő szol állapotban tartja a vért. A régi ipari szabványok általában előre vízben oldott trinátrium-citrátot használnak, a kristályos, szilárd forma alkalmazásával hatékonyabb lesz a vérfeldolgozás, mert a koncentráció során kevesebb vizet kell eltávolítani a mintából, valamint a szállítás és tárolás során is kevesebb tömeget és térfogatot kell tárolni nem csak a vér, hanem a trinátrium-citrát esetén is.

A véralvadásgátlót nem tartalmazó kontroll minták megalvadtak, illetve a nagy trinátrium-citrát tartalmú [24 g (100 g)⁻¹] minták szintén megszilárdultak, mivel bizonyos mintáknál a vérben végbement egy szol-gél átalakulás, amelynek következtében a kémcsőből való eltávolításuk lehetetlenek, a viszkozimetriás mérés pedig fölöslegesnek mutatkozott. Utóbbi eset a minták fehérjéinek trinátrium-citrát általi kisózásával magyarázható. Így ezeknek a mintacsoportoknak az eredményeit a továbbiakban nem tárgyalom.

A szilárd halmazállapotú trinátrium-citrát már a legkisebb mennyiségben is alkalmas volt a sertésvér teljes megalvadásának gátlására olyan mértékben, hogy a viszkozimetriás mérést el tudjam végezni az Anyag és módszer fejezetben leírt tárolási idő után, viszont a kontroll minta a normál biokémiai folyamatoknak köszönhetően megalvadott. Ezen kívül a túl nagy koncentrációban sertésvérhez adott trinátrium-citrát [$W \geq 19,2$ g (100 g)⁻¹] kontraproduktív, mivel a fehérjék kisózásával a véralvadásgátló maga fogja könnyen kezelhető állapotát és fontos techno-funkciós tulajdonságait elveszíteni. A pH nem érte el a fehérjék izoelektromos pontját egyik esetben sem, mivel a trinátrium-citrát lúgos kémhatású, a fő vérfehérjék izoelektromos pontja pedig a savas tartományban található (Coulter, 1921; Poehler et al., 2015). Fontos továbbá megemlíteni, hogy a 0,48 g (100 g)⁻¹ véralvadásgátlót tartalmazó minták felületén egy szilárdabb, gél állapothoz közelebb álló réteget figyeltem meg, amelyet a mérés előtt eltávolítottam. Így bár a bemutatott eredmények tükrében már ennek a mintacsoportnak a mintái is elkerülték az alvadás, keverés nélkül, illetve az általam biztosított tárolási körülmények között a felületükön képződött hártya az ipari felhasználást nehézkessé teheti. Lehetséges, hogy ez a hártya-képződés hasonló a tej esetén is tapasztalható hasonló jelenséghez, amelyet a fehérjék kiszáradása okoz.

Herschel-Bulkley modellt illesztettem a különböző trinátrium-citrát koncentrációval véralvadásgátolt sertésvér minták (N=50 az öt mérhető mintacsoport esetén) reométeres méréseinek eredményeire, amely kimagaslóan jól determinálta – meghatározta – a minták reológiai viselkedését [0,48 g (100 g)⁻¹ Na₃-citrát: R²=0,999; 2,4 g (100 g)⁻¹ Na₃-citrát: R²=0,995; 4,8 g (100 g)⁻¹ Na₃-citrát: R²=0,997; 14,4 g (100 g)⁻¹ Na₃-citrát: R²=0,997; 19,2 g (100 g)⁻¹ Na₃-citrát: R²=0,999; a többi mintacsoport nem volt mérhető]. A mért jellemzők, valamint azokból a modell alapján meghatározott reológiai konstansok, amelyek az összehasonlító elemzés alapjául szolgáltak a következők voltak: elméleti folyáshatár, konzisztencia index, folyási index. Megállapítható, hogy mérhető (folyékony-közeli állapotú), különböző arányú véralvadásgátlószert tartalmazó minták reológiai viselkedése nem különbözött egymástól annyira, hogy különböző reológiai modellt kellett volna alkalmazni, sőt a minták látszólagos viszkozitásának változása nagyon hasonló volt a különböző nyírófeszültségek hatására. Ugyanakkor modellen belül az egyes konstansokra a különböző koncentrációjú száraz trinátrium-citrátpor hozzáadásának hatása egyértelmű és szignifikáns, még ha nominálisan nem is jelentős. A MANOVA segítségével létrehozott diszkriminancia függvény mentén a Tukey post hoc teszt mindhárom függő változó esetén el tudott különíteni homogén csoportokat. A három mért jellemző várható értékeit és szórását a 3. ábra tartalmazza, amelyeken latin betűkkel jelöltem az egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben. Az, hogy a nominális különbség nem jelentős, azt jelenti, hogy érzékeny műszeres mérés nélkül valószínűleg ez a különbség nem is lenne megállapítható. Ezen kívül ilyen kis mértékű különbségek esetén a száraz trinátrium-citrátos véralvadásgátlás ipari alkalmazása esetén a vér dinamikai viszkozitása és a csősürlődési tényező, ezek által a szivattyú teljesítményfelvétele nem változna jelentősen egy adott áramlási sebesség mellett különböző, véralvadásgátlásra alkalmazható trinátrium-citrát koncentráció alkalmazása esetén. Ennek az az oka, hogy a folyásgörbék lefutása lényegében szinte megegyező. A nyírási sebesség-nyírófeszültség függvény tengelymetszete, amely az elméleti folyáshatár különbözik a többi paraméter különbségeihez képest jelentősebb mértékben, viszont ez sem okoz különbséget a különböző mintacsoportok viselkedése között. A Herschel-Bulkley modell egyenletében az ábrák által mutatott konstans értékek esetén a legnagyobb súllyal a folyáshatár rendelkezik, amely mellett nagyságrendekkel kisebb szám a konzisztencia index. Utóbbit a folyási index egy-közeli hatványra emeli minden esetben, így az egyenletben elfoglalt súlyán az sem változtat jelentősen.



3. ábra: Különböző tömegarányú száraz, porított trinátrium-citrátot tartalmazó sertésvérmenták reológiai attribútumai a szignifikánsan hasonló és különböző homogén csoportok jelölésével: a) folyáshatár; b) konzisztencia index; c) folyási index

A legnagyobb különbség a reológiai konstansok várható értékei között az elméleti folyáshatár esetén volt tapasztalható. A 0,48 g (100 g)⁻¹ trinátrium-citrátot tartalmazó minták folyáshatára sokkal nagyobb volt az összes többi minta folyáshatáránál. A 2,4 g (100 g)⁻¹ trinátrium-citrátot tartalmazó minták folyáshatára is szignifikánsan különbözött az összes többi minta folyáshatárától, viszont a trinátrium-citrát koncentráció növelése során egyfajta telítődési mechanizmust tapasztalhatunk, hiszen a csökkenés megállt és a 4,8 g (100 g)⁻¹, 14,4 g (100 g)⁻¹ és a 19,2 g (100 g)⁻¹ trinátrium-citrátot tartalmazó minták folyáshatár értékei között már nem volt szignifikáns különbség.

Ha azt vizsgálom, hogy melyik minta alvadt meg a legjobban és melyik alvadt meg a legkevésbé, akkor legegyszerűbb azt nézmem, hogy melyik áll legközelebb a Newtoni folyadék állapothoz. A Newtoni folyadékok esetén a konzisztencia index pozitív, a folyáshatár 0 Pa, a folyási index értéke pedig 1. A Newtoni folyadékhoz minél közelebb álló állapot azért kívánatos, mert könnyen kezelhető, egyszerű vele számolni, valamint olcsóbb is az ipari alkalmazása, mivel csőben való áramoltatásának energia-költsége, amely a folyadékok viszkozitásával áll a legszorosabb összefüggésben, a nyírófeszültségtől függ, tehát a térfogatárammal sokkal előnyösebben szabályozható (Xie et al., 2016). Ezen kívül, minél inkább eltér az általam vizsgált minta viselkedése a Newtoni folyadék viselkedésétől, feltételezhető, hogy annál több megalvadt részt, kis alvadékdarabot tartalmaz a minta főtömege. Összességében elmondható, hogy a mérhető tulajdonságokkal bíró minták közül a 4,8 g (100 g)⁻¹ trinátrium-citrátot tartalmazó minták álltak a

legtávolabb a Newtoni folyadékoktól, viszont már ezeknek a véralvadásgátlása is elégségesnek volt mondható. A $4,8 \text{ g (100 g)}^{-1}$, $14,4 \text{ g (100 g)}^{-1}$ és a $19,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$ trinátrium-citrátot tartalmazó minták hasonlítottak leginkább a Newtoni folyadékokra, viszont, mint azt korábban is említettem, a nominális különbségek a mért értékek között olyan kicsik, hogy bár a különbségek statisztikailag szignifikánsak, a gyakorlatban már a legkisebb, $0,48 \text{ g (100 g)}^{-1}$ trinátrium-citrát koncentráció is alkalmazható.

A mért eredmények könnyen elemezhetők. A Wilks lambda értéke alapján [$W(\text{Na}_3\text{-citrát}) < 0,001$; $p < 0,001$] a függő változóból nagyon jól magyarázhatók a független változók, amelyet a Pearson-féle korrelációs együttható is igazol. A korreláció a trinátrium-citrát koncentrációja és a folyáshatár között [$r(\text{Pearson}) = -0,66$], valamint a trinátrium-citrát koncentrációja és a konzisztencia index [$r(\text{Pearson}) = 0,66$] között mérsékelten erős. Viszont biológiai minták esetén, figyelembe véve a kísérlet limitációit, amelyeket az Anyag és módszer című fejezetben ismertettem, ezek az összefüggések megalapozottnak mondhatók.

A vér víztartalmát a jobb felhasználhatóság érdekében el kell távolítani. A víz eltávolítása előtt azonban a vérhez élelmiszeripari felhasználásra alkalmas véralvadásgátlót kell adni. Kísérleteim során a száraz trinátrium-citrát por hozzáadását végeztem el vizes oldat hozzáadása helyett. A legkisebb nátrium-citrát-tartalom, amely egy napi hűtőtároláson (friss vér általában ajánlott felhasználhatósági – fogyaszthatósági - ideje) keresztül biztosan képes gátolni a véralvadást, a $0,48 \text{ g (100 g)}^{-1}$ volt az eredményeim alapján, viszont a felszíni hártya képződése miatt inkább 1 g (100 g)^{-1} , vagy afölötti koncentrációt javaslok, amely esetben az általam használt következő szint a $2,4 \text{ g (100 g)}^{-1}$ volt. Ez már a folyadék főtömegében és felszínén is teljes mértékben megakadályozta a véralvadást. Amennyiben egy üzem állati vért gyűjt szárítás, vagy alacsony víztartalmú vérkészítmény előállítás céljából, előnyös folyékony oldat helyett száraz nátrium-citrát port használni. Az itt bemutatott eredmények alapján ezzel a véralvadásgátló módszerrel olcsóbbá és gyorsabbá lehet tenni a későbbi vízelvonást, – amely membránkoncentrációt és porlasztva szárítást, vagy liofilizálást jelent, – mivel a nem szükséges (oldatból származó) vizet nem adjuk hozzá a vérhez.

A membránszeparációs kísérletek mintavételeihez és mintaelőkészítéseihez ezeket az eredményeimet vettem alapul.

5.2. Sertésvér membránszeparációjának vizsgálata a permeátum és retentátum élelmiszeripari felhasználása céljából

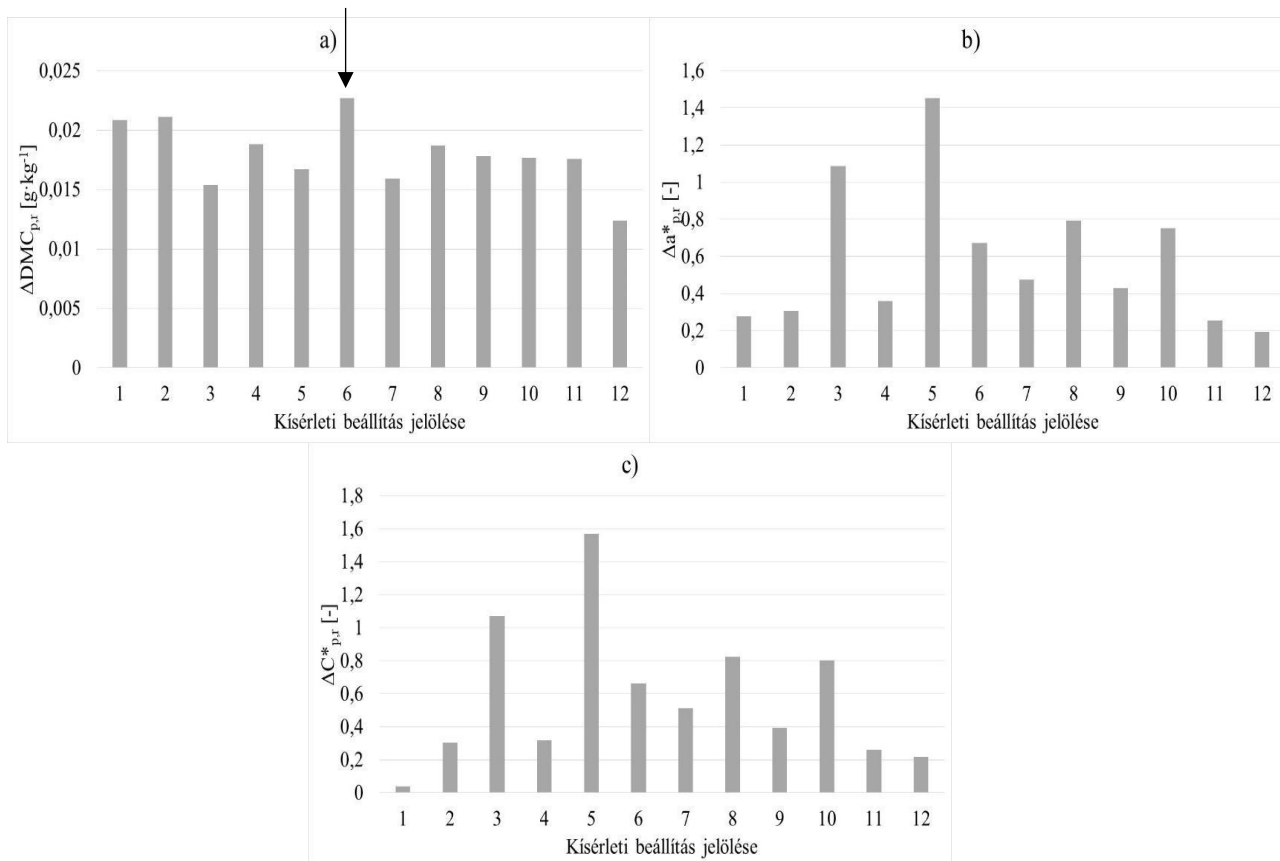
5.2.1. Vérfrakciók minőségének vizsgálata

A membránszeparáció összességében sikeresnek tekinthető, mivel a plazma átlagos szárazanyag-tartalma 50 g kg^{-1} alá csökkent, átlagos vízáktivitása minden minta esetén 0,96 érték fölött, a világossági tényezők pedig 25 fölött voltak. Emellett a sűrűvér, vagy másnéven vörösvértest frakció, átlagos szárazanyag-tartalma 200 g kg^{-1} volt, amely hasonló volt a teljes vér szárazanyag-tartalmához, átlagos világossági tényezője pedig 23,6 érték volt, amely szintén hasonló a teljes vér világossági tényezőjének értékéhez (23,4). Vízáktivás tekintetében elég nagy volt a kiterjesztett mérési bizonytalanság. A teljes vér és a sűrűvér minták vízáktivás eredményei is 0,95 és 0,99 érték között voltak, amely elsősorban a mérőműszer alkalmazott funkciójának szórásából származik. Viszont az megállapítható, hogy bár a sűrűvér kevesebbet tartalmaz a teljes vér eredeti víztartalmából, a szabad víztartalma, amely a vízáktivitással összefügg, hasonló. A vízáktivás eredmények a statisztikáról szóló alfejezetben kifejtett okok miatt statisztikailag nem értékelhetők. Elmondható, hogy minden mintacsoport minden mintája esetén 0,95 és 1 érték közé estek. Ebből megerősíthető az a Bevezetés fejezetben is kifejtett megállapítás, hogy a szeparáció során nyert vértermékeket, illetve tovább-feldolgozás esetén a friss teljes vért is koncentrálni és/vagy szárítani kell, amilyen hamar csak lehet annak érdekében, hogy megnöveljük a felhasználhatóságának (minőségmegőrzésének) idejét, hiszen a mért vízáktivás mellett tökéletes táptalajt jelent szinte minden humánpatogén mikroorganizmusnak. A teljes vér pH-értékei 7,23 és 7,80, a plazmafrakcióé 8,2 és 8,79, a sűrűvér frakcióé pedig 7,30 és 7,77 között mozogtak.

Mivel a teljes vér betáp minősége nem volt állandó hasonlóan a közép- és kelet-európai vágóhidak általános gyakorlatához, a szétválasztás minőségét elsősorban nem a kitermelt vérfrakciók egyedi tulajdonságain keresztül lehet meghatározni, – hiszen azok erősen függenek a véralapanyag alapvetően változó minőségétől, – hanem a plazma és a sűrűvér frakciók bizonyos tulajdonságai közötti különbségével. Például a pH-különbség jelezheti a fehérjefrakciók elkülönítésének megfelelőségét. Ez a pH-különbség hasonló volt az azonos retentátum térfogatárammal és transzmembrán nyomáskülönbséggel végzett kísérletek esetében, amelyből leszűrhető, hogy az azonos kémhatással rendelkező fehérjék, mint a bázikus albumin típusú plazmafehérjék, ugyanolyan arányban kerültek a vérfrakciókba ezeknél a kísérleteknél. Ebből adódik, hogy a membrán pórusmérete nem befolyásolta olyan erősen a fehérjék elválasztását, mint a másik két faktor.

A szárazanyag tartalom tekintetében az eredmények érdekesek voltak. Nagy transzmembrán nyomáskülönbség hatására a sejtes elemek összetörték, mintha a nyomás

„átpasszírozta volna” azokat a membránon, így a plazma és a sűrűvér frakciók szárazanyag-tartalma közelebb volt egymáshoz, mint a kisebb transzmembrán nyomáskülönbséggel végzett membránszűrések esetén. Emellett nagyobb membrán pórusméret (1,2 μm) és kisebb transzmembrán nyomáskülönbség (10^5 Pa, 2×10^5 Pa) esetén a kísérletek nagyobb különbséget eredményeztek a két vértermék szárazanyag-tartalma között (21,1%, 18,8%, 22,69%, 18,7%). Viszont ugyanez a membrán pórusméret (1,2 μm) nagyobb transzmembrán nyomáskülönbség (3×10^5 Pa) esetén kisebb különbséget eredményezett a két vértermék szárazanyag-tartalma között (17,7%, 17,6%). Ez megmagyarázható a membrán felületére szűrés közben az egyensúlyi állapot eléréséig ráakadó gélréteg kialakulásával, amely lassabban ment végbe, ha a sejtek és aggregátumok túl nagy nyomás nélkül át tudtak jutni a pórusokon. Eközben a nagyobb nyomás gyorsabban eltömítette a pórusokat nagyobb aggregátumok rányomásával, „bele-passzírozásával” nem hagyva a szűrés elején „átszökni” a gélréteggel és szennyeződéssel el nem tömített pórusokon átférő elemeket. A mért, vér minőségét meghatározó attribútumokat (a hidrodinamikai paraméterekkel ellentétben) nemcsak a transzmembrán nyomáskülönbség és a membrán pórusméret, hanem a retentátum térfogatáram is befolyásolta az esetek többségében. A minőségi jellemzők esetén trend-értékű eredményeket volt lehetőségem megfigyelni, lineáris modellt nem tudtam generálni a mért tulajdonságokra. A szignifikáns hatásokat és a mintacsoportok jellemzői közötti szignifikáns különbségeket MANOVA és annak eredménye alapján Tukey post hoc teszt segítségével vizsgáltam. Az általános MANOVA szerint a transzmembrán nyomáskülönbség (Wilks lambda: 0,07, $p < 0,001$), a retentátum térfogatáram (Wilks lambda: 0,04, $p < 0,001$) és a membrán pórusméret (Wilks lambda: 0,44, $p < 0,001$) hatása is szignifikáns volt, valamint jól magyarázta a függő változókat. Az összes kétirányú és a háromirányú interakció (a független változók kölcsönhatása) is rendkívül szignifikáns volt ($p < 0,001$). A statisztikai vizsgálat eredményeképpen mindegyik hatás erősnek mondható, viszont a transzmembrán nyomáskülönbség és a retentátum térfogatáram hatása volt a legerősebb. Az ezt követő háromirányú egyváltozós ANOVA Bonferroni korrekcióval a vérfrakciók közötti vörös-zöld színezet, színtelítettség és szárazanyag tartalom különbség változók esetében az összes faktor, nevezetesen a transzmembrán nyomáskülönbség [$F(2,24) > 17,9$, $p < 0,001$], retentátum térfogatáram [$F(1,24) > 38,80$, $p < 0,001$] és membrán pórusméret [$F(1,24) > 8,52$, $p < 0,001$] szignifikáns hatását mutatta ki. A faktorok által szignifikánsan befolyásolt tulajdonságok plazma és sűrűvér frakciók esetén mért eredményeinek különbségét a 4. ábrán mutatom be.



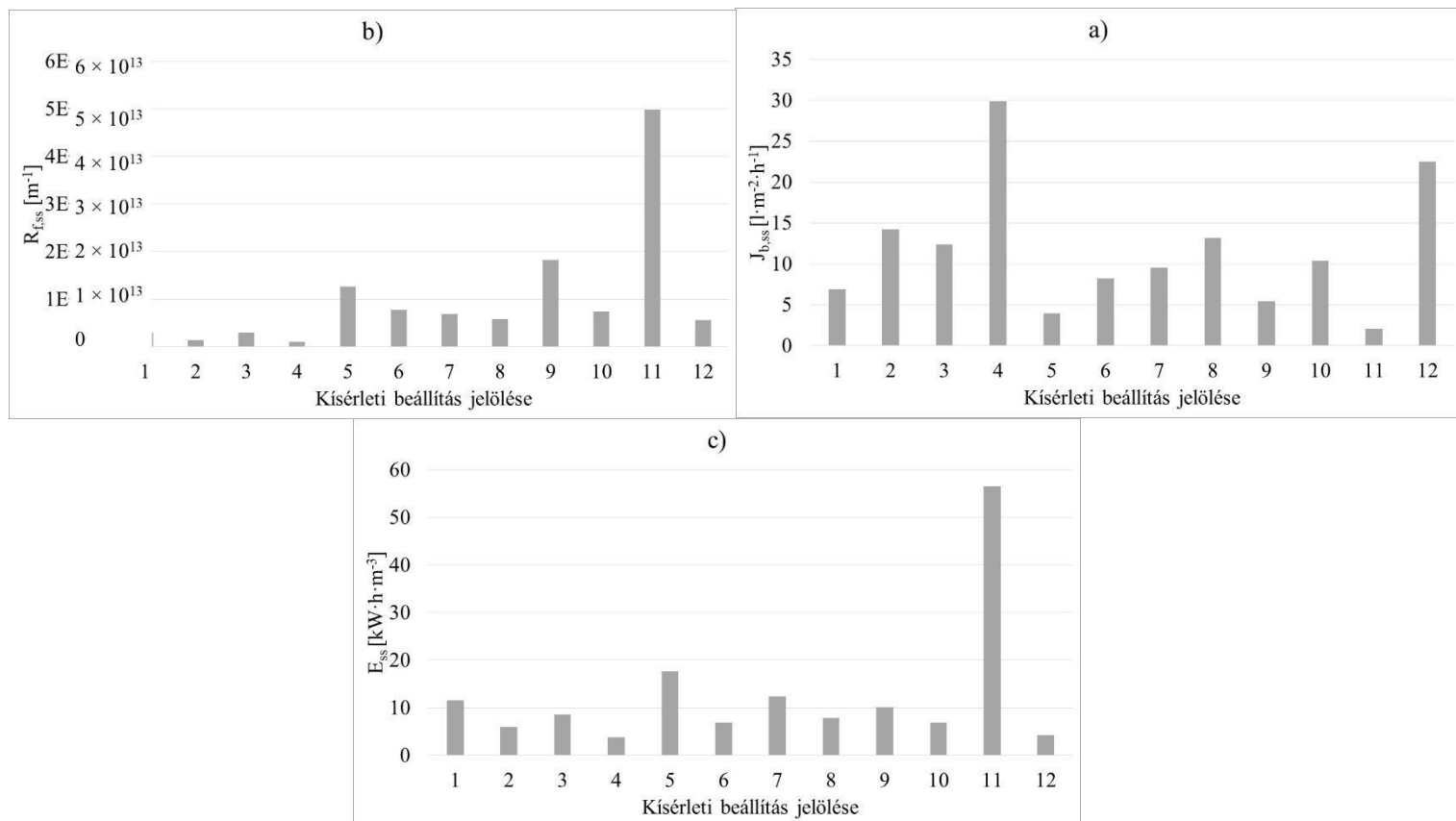
4. ábra: A különböző kísérleti beállításokkal (lásd: „4.2.1.1. Mikroszűrés” alfejezet) végzett membránszűrésekkel elválasztott vérfrakciók jelentős fizikai-kémiai paramétereinek különbségei: a) a retentátum és permeátum szárazanyag-tartalmának különbsége; b) a retentátum és permeátum vörös-zöld szintényezőjének különbsége; c) a retentátum és permeátum színtelítettségének különbsége (ΔDMC – szárazanyag-tartalom különbség; Δa^* - vörös-zöld szintényező különbség; ΔC^* - színtelítettség különbség; r – retentátum/sűrűvér; p - permeátum/ vérplazma) (Optimális szárazanyag-tartalom különbség nyíllal jelölve)

A vértermékek minősége szempontjából a legjobb membránszeparációs beállítás a kísérleti terv 12 kísérleti beállítása közül a 2×10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbség, 200 l h^{-1} retentátum térfogatáram és $1,2 \mu\text{m}$ membrán pórusméret (6. beállítás) esetén volt tapasztalható. A sűrűvér frakció szárazanyag-tartalma ebben az esetben volt a legnagyobb. Ezzel együtt a plazma frakció maradék hemoglobintartalmával és nemkívánatos érzékszervi tulajdonságaival összefüggő színtelítettség, vagy másnéven kroma, valamint a vörös színezet ennek a beállításnak az esetén volt a legkisebb. Ez a beállítás volt a legelőnyösebb a vérkészítmények szárazanyag-tartalmának különbsége szempontjából is, mivel általában a legtisztább plazma és legkoncentráltabb sűrűvér a leginkább kívánatos az ipar számára.

5.2.2. Hidrodinamikai paraméterek vizsgálata

5.2.2.1. Membránszűrés hatékonysága

A különböző szűrési kísérletek beállításainak legfontosabb hidrodinamikai és hatékonysággal összefüggő paramétereit (vér fluxus, egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg visszatartása, energiafelvétel) a 5. ábrában mutatom be.



5. ábra: A különböző kísérleti beállításokkal végzett membránszeparációs kísérletek legfontosabb hidrodinamikai és hatékonysággal összefüggő paramétereit: a) egyensúlyi állapotban mért vér fluxus; b) egyensúlyi állapotban a membránra rakódó gélréteg visszatartása; c) egyensúlyi állapotban jellemző energiafogyasztás ($J_{b,ss}$ – egyensúlyi állapotban mért vér fluxus; $R_{f,ss}$ - egyensúlyi állapotban a membránra rakódó gélréteg visszatartása; E_{ss} – egyensúlyi állapotban jellemző energiafogyasztás; b – vér, rövidítés az angol *blood* szóból; ss – egyensúlyi állapot, rövidítés az angol *steady-state* szóból)

A hatékonyság szempontjából az eredmények alapján a vér membránszeparációjának legjobb beállítása 10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbség, $300 l h^{-1}$ retentátum térfogatáram és $1,2 \mu m$ membrán pórusméret esetén (4. kísérleti beállítás), valamint 3×10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbség és ugyanezen másik két paraméterszint esetén (12. kísérleti beállítás) volt tapasztalható a vizsgált faktorszintek és kísérleti körülmények között. Ez azzal magyarázható,

hogy minél nagyobb a membrán pórusmérete, annál több sejtet és aggregátumot enged át magán 10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbség mellett. Viszont 3×10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbség az általam használt nagyobb retentátum térfogatáram mellett, amely folyamatosan „lemossa” a membrán belső felületét nem hagyva túl vastaggá válni a gélréteget, átnyomja a sejteket és aggregátumokat a membránon és a filmrétegen. Ezt támasztja alá a vértermékek minőségét meghatározó tényezők mérése is, amely kimutatta, hogy nagyobb transzmembrán nyomáskülönbség esetén nagyobb mennyiségű szárazanyag kerül át a plazmába, amely kisebb transzmembrán nyomáskülönbség esetén nem jut át a pórusokon. Viszont lassabb tömítődési mechanizmus miatt több nedvesség áramlik át kevesebb szárazanyaggal az utóbbi esetben. Az egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg $0,8 \mu\text{m}$ membrán pórusméret esetén nagyobb, $1,2 \mu\text{m}$ membrán pórusméret esetén kisebb, valamint kisebb transzmembrán nyomáskülönbség mellett globálisan kisebb. Az összefüggés triviális okokkal magyarázható: kisebb pórusméreten több sejt és aggregátum „akad fenn”, amely nem képes áthaladni, ezáltal a membrán belső felületére rakódó gélrétegre tapad. Ugyanakkor a kisebb transzmembrán nyomáskülönbség nem nyomja be a pórusokat eltömítő, vagy pórusokba érve megduzzadó elemeket a membrán pórusaiba, ezáltal jobban hagyja áthaladni a kisebb sejteket és aggregátumokat, amivel akadályozza a nagyobb visszatartású membránt szennyező réteg kialakulását. A mérésekkel tapasztalati úton meghatározott fluxus 10 perc szűrési idő után stabilizálódott $2,1 \text{ l m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ és $29,9 \text{ l m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ értékek között a különböző kísérleti beállítások esetén. A szűrést leginkább ez az utóbbi paraméter határozza meg, mivel ez a fluxus jellemezi az ipari szűrés időtartalmának nagy részét, így annak az energiafogyasztását és hatékonyságát.

5.2.2.2. Membrántisztítás hatékonyságának vizsgálata

Az előkísérletek során, empirikus úton kifejlesztett tisztítási módszer hatékonysága megfelelő volt, mert a fluxus visszanyerésének átlaga $101,9\%$ volt $0,8 \mu\text{m}$ membrán pórusméret és $102,3\%$ volt $1,2 \mu\text{m}$ membrán pórusméret tisztítása után. A 100% fölötti érték azzal magyarázható, hogy a hatékony mosási protokoll megtalálása és bevezetése előtt sok szennyeződés tapadt a membránhoz és/vagy tömítette el a membrán pórusait, és ezt a szennyeződést a kísérletsorozat során folyamatosan mosta ki a tisztítási ciklus. Így folyamatosan egyre tisztább lett a membrán. A membrántisztítás módszerének leírása az Anyag és módszer fejezetben található. A kísérletek előtt mért víz fluxus értékek közötti különbség kisebb volt, mint 5% , ezért az eredményt elfogadtam, a tisztítási hatékonyságot megfelelőnek tekintettem.

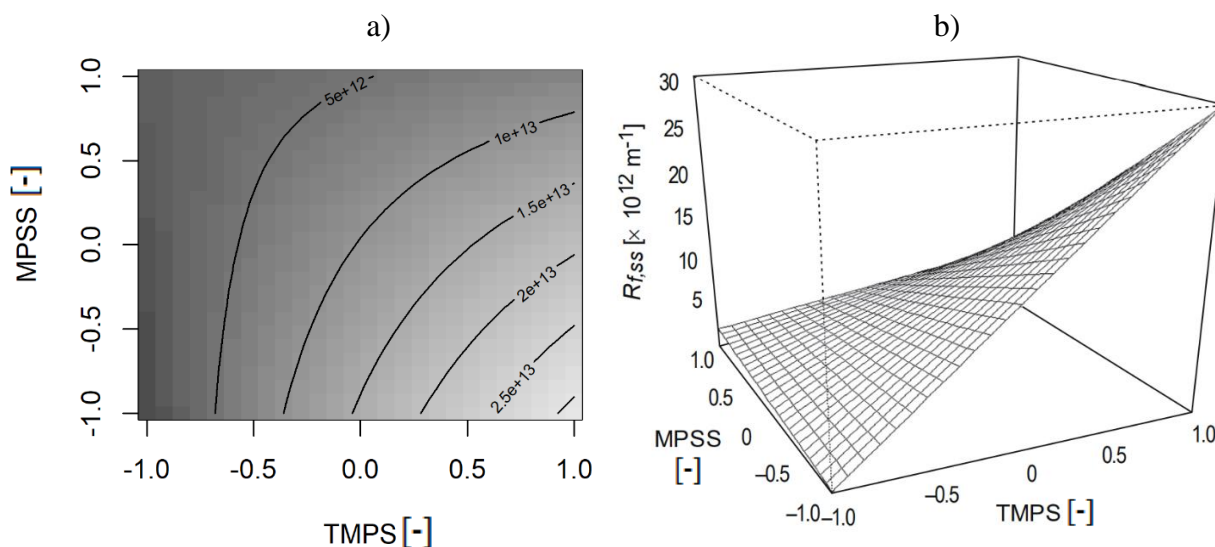
5.2.2.3. Membránszűrés modellezése

A standardizált transzmembrán nyomáskülönbséget [-], a standardizált membrán pórusméretet [-] és a kettő interakcióját vontam be a felépített modellbe. A retentátum térfogatáram és annak a többi faktorra való kölcsönhatása nem volt szignifikáns hatással az egyensúlyi állapotban mért membránra rakódó gélréteg visszatartásával. Emiatt a (standardizált) retentátum térfogatáramot kihagytam a modellből. A membrán pórusméret szignifikánsan befolyásolta az egyensúlyi állapotban mért membránra rakódott gélréteg visszatartását, míg a transzmembrán nyomáskülönbség, valamint a transzmembrán nyomáskülönbség és a membrán pórusméret interakciója kismértékben szignifikánsan befolyásolta a függő változókat. A modell pontossága és a célfüggvény determinációs koefficiense szintén szignifikáns eredményt mutatott [$F(3,8)=5,683$, $p<0,05$; többszörös (több változóra kiterjesztett) $R^2=0,68$; korrigált $R^2=0,56$]. Az illesztés hiánya (gyakrabban használt angol változata: *lack-of-fit*, vagy *lack of fit*) nem volt szignifikáns [$F(2,6)=0,66$, $p=0,55$], így a modellt elfogadtam. A célfüggvény paramétereinek becslését, a hatásnagyság becsléseket és a célfüggvény szignifikáns paramétereivel elvégzett Student t-próbából származó regressziós együtthatók szignifikanciáját a 17. táblázat mutatja. Az optimalizációs számításokat a modell alapján végeztem. A szignifikáns befolyással rendelkező paraméterek egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg visszatartására gyakorolt hatásának válaszfelület modellezése (gyakrabban használt angol változata: *response surface methodology*, ebből nemzetközi rövidítése: RSM) a 6. ábrán került bemutatásra, amely tartalmazza az utóbbi hatásnak a két-dimenziós izovonalas, vagy másnéven szintvonalas térképét (angolul: *contour map*) is. Amint az az ábrákon látható, sikerült találni egy optimumot az alkalmazott faktorok, faktorszintek és kísérleti körülmények között. Eszerint az egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg visszatartása a legkisebb transzmembrán nyomáskülönbség és a legnagyobb membrán pórusméret esetén legjobb (legkisebb) az általam vizsgált tartományban.

17. táblázat: A célfüggvény szignifikáns paramétereinek becült paraméterei (koefficiensei) és becült hatásnagyságai

	Koefficiensek				Hatásnagyságok			
	Becsült érték	Standard hiba	t érték	Pr(> t)	Becsült érték	Standard hiba	t érték	Pr(> t)
(Intercept)	$1,02 \times 10^{13}$	$2,56 \times 10^{12}$	4,00	<0,01**				
TMP	$9,09 \times 10^{12}$	$3,14 \times 10^{12}$	2,90	<0,05*	0,6792	0,2211	3,072	<0,05*
MPS	$-5,38 \times 10^{12}$	$2,56 \times 10^{12}$	-2,10	0,07+	-0,4024	0,1806	-2,229	0,053+
TMP×MPS	$-6,45 \times 10^{12}$	$3,14 \times 10^{12}$	-2,06	0,07+	-0,4825	0,2211	-2,182	0,057+

TMP – transzmembrán nyomáskülönbség, rövidítés az angol *transmembrane pressure* szóból; MPS – membrán pórusméret, rövidítés az angol *membrane pore size* szóból; TMP×MPS – szignifikáns hatású faktorok interakciója; válasz (*response*): az egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg visszatartása; a szignifikancia jelölése: ** – $p < 0.01$; * – $p < 0.05$; + – $p < 0.10$; t érték – a statisztikai próba eredménye; Pr – szignifikanciaszint



6. ábra: A szignifikáns hatású paraméterek az egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg visszatartására gyakorolt hatásának két-dimenziós izovonalas térképe és válaszfelület modellje: a) izovonalas térkép; b) válaszfelület modell (TMPS – standardizált transzmembrán nyomáskülönbség; MPSS – standardizált membrán pórusméret, $R_{f,ss}$ – egyensúlyi állapotban membrán felületére rakódó gélréteg visszatartása, amely a célfüggvény válasza)

5.2.3. Membránszeparációs kísérletek eredményeinek együttes értékelése és azok jelentősége

Az állati eredetű melléktermékek, különösképpen a vér élelmiszer-alapanyagként történő felhasználása a fenntarthatóság és a meglévő globális problémák orvoslása érdekében is szükséges. Ehhez kutatni, előnyét és hátrányait bemutatva publikálni és az ipar számára elérhetővé kell tenni olyan technológiákat, amelyek a vérfeldolgozást hatékonyabbá és/vagy az igényeknek való megfelelést jobbra teszik. A tudományos szakirodalomban jó tapasztalatokkal rendelkezünk az ultraszűrő membrános elektrodialízissel végzett bioaktív peptid kinyerésről állati vérből, illetve növényi eredetű anyagokból (Przybylski et al., 2020; González-Montoya et al., 2018), viszont nagyon kevés információ áll rendelkezésre az alapvető, mikroszűréssel végzett állatvér-szeparációról.

A sertésvér membránszeparációjának metodikája a célnak megfelelőnek bizonyult. Emellett értékes információkat sikerült gyűjteni a szűrési paraméterek (transzmembrán nyomáskülönbség, membrán pórusméret, retentátum térfogatáram) szűrés során nyert vértermékek (plazma, sűrűvér) minőséget meghatározó fizikai és kémiai tulajdonságaira (reológiai tulajdonságok, szín, szárazanyag tartalom, vízáktívitás, pH) gyakorolt hatásáról. A kísérleti terv eredményeit elemeztem, a célfüggvény paramétereit és a hatásnagyságokat megbecsültem és sikeresen meghatároztam a célfüggvény globális minimumát. A membránszeparációs paramétereket egy megfigyeléseken alapuló modell segítségével optimaltam, és megtaláltam az optimumot az általam vizsgált faktorszintek tartományában, az általam alkalmazott kísérleti körülmények között. A kísérletek mintegy „melléktermékeként” kifejlesztett, a célnak megfelelő membrántisztítási metodika hatékonyságát megfelelőnek találtam, a tisztítási módszert pontosan leírva ismerttettem. Fontos megjegyezni, hogy minden kísérlet során egyetlen csőmembránt használtam, így a szűrési hatékonyság léptéknöveléssel arányosan növelhető. (Az ipari gyakorlatban csőmembránok használata esetén egymás mellett akár több száz darab is egy membránszűrő berendezés részét képezheti.) A kísérletek elemzése megmutatta, hogy a membrán pórusméret erősen, a transzmembrán nyomáskülönbség, illetve a transzmembrán nyomáskülönbség és a membrán pórusméret interakciója pedig enyhén szignifikáns hatással volt az egyensúlyi állapotban membránra rakódó gélréteg visszatartására. A retentátum térfogatáram esetében nem találtam szignifikáns hatást a hatékonyságra, ami nagyon fontos, mert a retentátum áramlási sebességének beállítása a vizsgált tényezősínteken belül a kísérletben tapasztalt áramlási körülmények között igen nagy hatással van a szivattyú energiafogyasztására. Így az eredményeim alapján lehetőségünk van a szivattyút úgy beállítani, ahogy a legkevesebb a fogyasztása, vagy ahogy a számunkra legjobb vérterméket vagyunk képesek kinyerni vele, mivel az áramlási sebesség nincs hatással a szűrési hatékonyságra. A legkisebb egyensúlyi állapotban membránon

található gélréteg visszatartás, ezáltal a legjobb szűrési hatékonyság a legkisebb transzmembrán nyomáskülönbség és a legnagyobb membrán pórusméret mellett volt megfigyelhető és számolható.

Az eredmények alapján megfelelő paraméterek választhatók ki a vérszeparációhoz abban az esetben, ha a szeparáció célja elsősorban egy specifikus minőségű plazma és/vagy egy specifikus minőségű sűrűvér frakció előállítása. A plazma frakció minősége általában a színnel (vörös-zöld színezet, színtelítettség) és a tisztasággal (szárazanyag tartalom) függ össze, míg a sűrűvér frakció minősége általában a vastartalomtól függ, amely szintén a vörös-zöld színezettel, színtelítettséggel és a szárazanyag tartalommal függ össze és válik számunkra egyszerűen mérhetővé. Tehát az optimális membránszűrési beállítás általában mindkét vértermék minőségét tekintve azonos. Ugyanakkor ez, a vértermékek minősége szempontjából optimális beállítás nem egyezik meg a hatékonyság szerinti optimális beállítással. Szerencsére azonban a két optimum közötti különbség viszonylag kicsi. Ezen kívül a színmérés eredményei alapján a hatékonyság szerinti optimumon és a vértermékek minősége szerinti optimumon nyert vérplazma esetén a színkülönbség szabad szemmel alig, sűrűvér esetén pedig szinte egyáltalán nem látható. A két optimális beállítás energiafogyasztásában kW h m^{-3} mértékegységben (lásd: 5. ábra) meghatározva a különbség egy nagyságrendnyi.

A bemutatott mikroszűrő membrános vérszeparáció és membrán tisztítás módszertana alkalmazható termék- és technológia-fejlesztésekben, valamint az ipari felhasználás esetén átméretezése az eredmények alapján könnyen számolható. Természetesen korlátot jelent az, hogy „csak” egy előkísérletek által megalapozott információk alapján kiválasztott tartományban, a számomra elérhető berendezések segítségével és körülmények között végeztem el a kísérletsorozatot. Mindemellett azonban egyértelműen kijelenthető, hogy a membránszűrésnek megvan a lehetősége arra, hogy a termékminőség szabályozhatósága és a megfelelő szűrési volumen mellett viszonylag alacsony erőforrásigénye miatt a vérszeparáció következő általánosan alkalmazott eljárásává váljon a vér sokrétű ipari hasznosítása érdekében.

5.3. Élelmiszerek táplálkozás-élettani tulajdonságainak javítását célzó, vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsításának hatása különböző élelmiszerek techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira

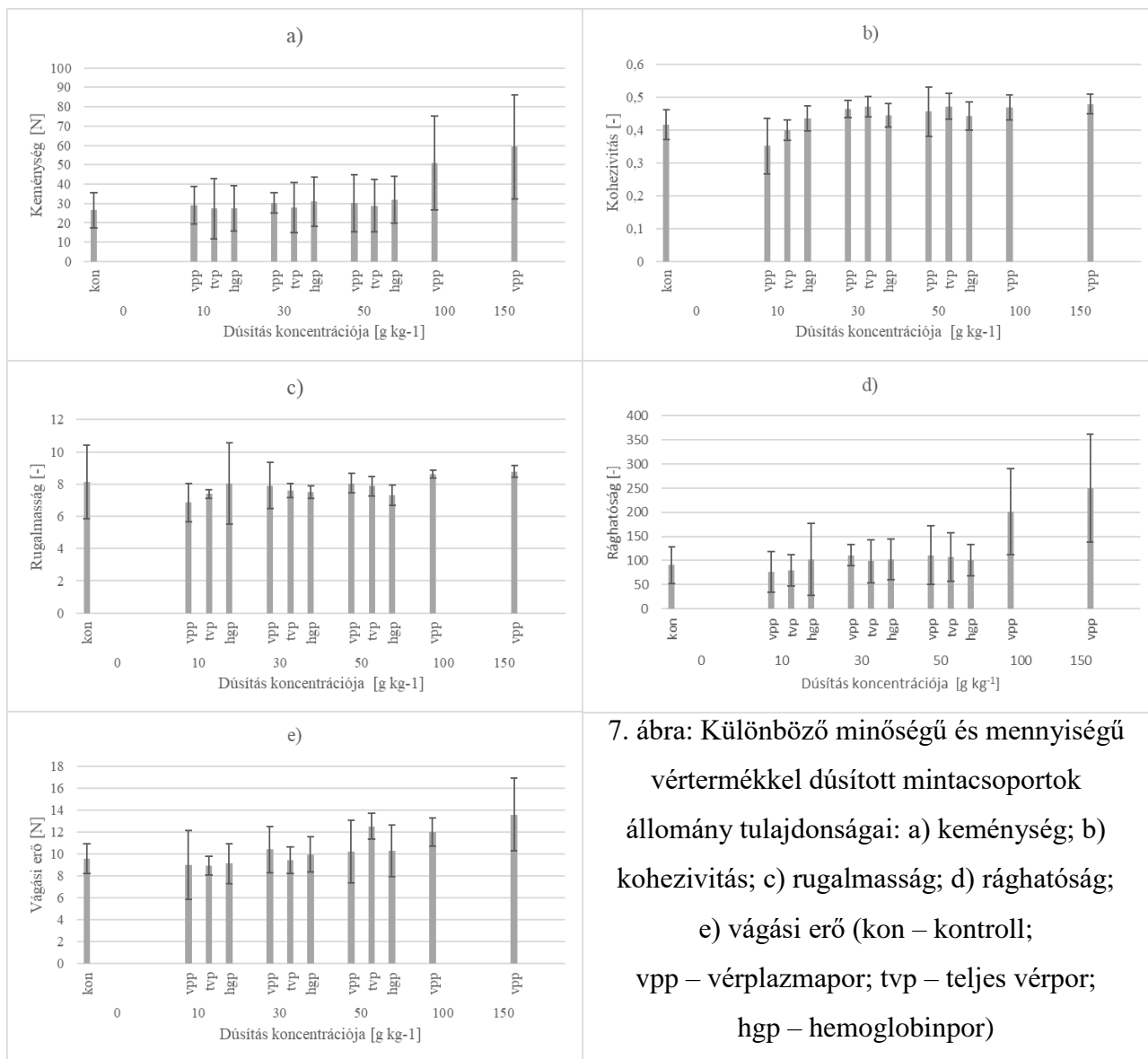
A tudományos szakirodalom és ipari gyakorlatok áttanulmányozása során arra lettem figyelmes, hogy a vér hasznosításának legnagyobb problémája a fejlett országokban a hasznosításhoz releváns ismeretek hiánya. Így doktori kutatásaim nagy részében arra fókuszáltam, hogy kísérleteimből releváns információkat nyerjek és publikáljak annak céljából, hogy megismerjük a vér és főbb vértermékek különböző élelmiszerek minőséget meghatározó tulajdonságaira gyakorolt hatását a vértermékkel történő dúsítás és allergén-kiváltás esetén. Tettem mindezt a modern igényeknek megfelelően, pozitív táplálkozás-élettani hatások segítése érdekében. Törekedtem arra, hogy a kísérleti mintáimként felhasznált változatos élelmiszer-mátrixok és az alkalmazás formája, módszere és körülményei mind „életszagúak”, az ipar számára hasznosíthatók legyenek.

5.3.1. Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított vörösáruk összehasonlítása

5.3.1.1. Állományvizsgálat eredményei

A kutatás keretében húspépből készült húskészítményeket dúsítottam különböző típusú és mennyiségű, iparilag előállított porított vérkészítményekkel (teljes vérpor, hemoglobinpor, vérplazmapor). Amennyiben csak a vértermékek típusát nézzük, a dúsított termékek állománya hasonló volt a közönséges vörösárukhoz: a mért keménység, kohezivitás, rugalmasság, rághatóság és átvágáshoz szükséges erő is hasonló eredményeket hozott minden vérkészítménnyel történő dúsítás és a kontroll minta esetén is. Szignifikáns különbség ($p=0,05$) csak a kohezivitás esetében volt tapasztalható és ott is csak a kontroll minta és a többi minta között. A dúsított minták egymástól nem különböztek ebben az esetben sem szignifikánsan. A kontroll mintákat összetartó erő, azaz a kontrollminták kohezivitása kisebb volt, mint a többi mintacsoporté. Emellett a nyíróerő esetében a plazmaporos mintákon kívül mindkét másik dúsított mintatípus mintacsoportjainak egy része szignifikánsan elkülöníthető ($p=0,05$) volt a kontroll mintától, ami azt jelenti, hogy a hemoglobinporos és a teljes vérporos minták egy része a kontroll mintáktól és a plazmaporral dúsított mintáktól különböző csoportba volt sorolható, egy másik része viszont a kontroll és plazmaporral dúsított mintákkal egy csoportba volt sorolható. Bár a különbség statisztikailag szignifikáns volt, de ebből is látszik, hogy nominálisan milyen kis értéket képvisel. Keménység és rághatóság alapján a 100 g kg^{-1} és 150 g kg^{-1} plazmaport tartalmazó minták szignifikánsan különböztek ($p=0,05$) minden más mintacsoporttól. A 100 g kg^{-1} és 150 g kg^{-1} plazmaporral dúsított minták keménysége és rághatósága közel kétszerese volt a többi minta keménység és rághatóság értékének. A keménység a viszonylag nagy mennyiségű hozzáadott,

hőkezelés hatására kötő, térhálós szerkezetet kialakító plazmafehérjével magyarázható. A rághatóság pedig a keménység, kohezivitás és rugalmasság szorzata. Ezekből a kohezivitás és a rugalmasság a két mintacsoport között kisebb különbséget mutatott, így a minták közötti keménység különbségéből magyarázható elsősorban a rághatóság különbsége.



7. ábra: Különböző minőségű és mennyiségű vértermékkel dúsított mintacsoportok állomány tulajdonságai: a) keménység; b) kohezivitás; c) rugalmasság; d) rághatóság; e) vágási erő (kon – kontroll; vpp – vérplazmapor; tvp – teljes vérpor; hgp – hemoglobinpor)

Az állományt leíró jellemzőket a 7. ábra mutatja be, amely a különböző típusú és mennyiségű dúsítóanyagok által okozott változásokat ábrázolja. Az állomány tulajdonságok tárolás eredményeként fellépő változása hasonló volt az ábrázolt két faktor különböző szintjeinek minden mintacsoportjának esetében. Az ábrán az összes tárolási nap értékeinek átlaga látható minden dúsítási típus és koncentráció mintacsoportja esetén, mivel a tárolási idő változása nem volt trendszerű, és zavarta volna az ábra átláthatóságát.

A minták átvágásához szükséges erő a 100 g kg⁻¹ és 150 g kg⁻¹ plazmaporral dúsított minták esetén közel 25%-kal nagyobb volt, mint a többi mintacsoport átlagos átvágásához szükséges erő

értéke. A vérplazma albuminfehérjei bizonyítottan erős hatást gyakorolnak a termékek állományára (Herrero et al., 2009). Ez a hatás nagyon hasonló a tojásfehérje fehérjei által kifejtett hatáshoz. A sűrűvér frakció fő fehérjéinek azonban nincs hasonló hatása. Jelen kutatás eredményei alapján a különböző vérfehérjékkel való dúsítás hatása 50 g kg⁻¹ koncentráció alatt hasonló volt, mivel a húsfehérjék olyan szerkezetet alakítottak ki, amelyben a hozzáadott fehérjék a hozzáadott mennyiségben nem okoztak kimutatható változást. Viszont a 100 g kg⁻¹ és 150 g kg⁻¹ vérplazmaporral hozzáadott fehérjék már képesek voltak befolyásolni a mikrostruktúrát.

Abban az esetben, amikor kizárólag a különböző dúsítási koncentrációjú mintacsoportok mérési eredményeit vizsgáltam, a mintacsoportok közötti nominális különbségek nagyon kicsik voltak. Ezek a különbségek az alkalmazott műszeres állománymérési módszerekkel mérhetőek voltak, viszont érzékszervileg a keménységen és a rághatóságon kívül nem voltak érzékelhetőek. A keménység és a rághatóság esetében a 100 g kg⁻¹ és 150 g kg⁻¹ plazmaporral dúsított mintacsoportok szignifikánsan ($p=0,05$) nagyobb értéket mutattak, mint a többi mintacsoport, viszont nem különböztek egymástól szignifikánsan ($p=0,05$). A kohezivitás eredmények esetében, a kontroll minták és minden egyes vérkészítmény esetén a 10 g kg⁻¹ koncentrációban dúsított minták értékei szignifikánsan eltérőek ($p=0,05$), kisebbek voltak a többi mintacsoporttól, viszont egymástól nem különböztek szignifikánsan ($p=0,05$). A dúsítások hatása ebben a koncentrációban ugyanolyan volt a kohezivitásra. Nem találtam szignifikáns különbséget ($p=0,05$) a különböző vértermék-koncentrációkkal készült mintacsoportok között a kohezivitás tekintetében.

Vágási erő esetén három csoportot tudtam szignifikánsan ($p=0,05$) elkülöníteni:

- 1.) egy csoportot a 0 g kg⁻¹, 10 g kg⁻¹, 30 g kg⁻¹ és 50 g kg⁻¹ vérkészítményt tartalmazó mintákból,
- 2.) egy csoportot a 30 g kg⁻¹, 50 g kg⁻¹ vérkészítményt és 100 g kg⁻¹ vérplazmaport tartalmazó mintákból és
- 3.) egy csoportot a 100 g kg⁻¹ és 150 g kg⁻¹ vérplazmaport tartalmazó mintákból.

A tárolási idő nagy hatással volt a minták állományára. Az összes minta átlagát tekintve keménység 22,49 N-ről 45,3 N-ra, a rághatóság pedig 80,88 N-ről 142,7 N átlagos értékre nőtt a hűtött tárolás során. A kohezivitás a hűtőtárolás hatására 11%-kal csökkent. A kontroll mintacsoport keménysége tekintetében az első hónap után mért minták, valamint a második és harmadik hónapot követően mért minták szignifikánsan különböztek ($p=0,05$) egymástól. A kontroll mintacsoport rághatósága tekintetében az első hónap mintái és harmadik hónap mintáinak egy része szignifikánsan különbözött ($p=0,05$) a második hónap mintáitól és a harmadik hónap mintáinak egy részétől. Tehát a harmadik hónap mintái a Tukey post hoc teszt által végzett csoportosítás szerint részben inkább az egyhónapos mintákhoz, részben pedig inkább a kéthónapos mintákhoz voltak hasonlóak. A minták keménységének növekedése egyrészt azzal magyarázható, hogy a kötőanyagként funkcionáló komponensek az idő múlásával stabilizálódtak és folyamatosan

alakították ki és/vagy a hidegben szilárdították meg a kötéseiket, másrészt azzal, hogy a fehérje-karbonilok és a fehérjék közötti keresztkötések kialakulása révén a fehérjék oxidatív károsodása is ilyen hatással van az állományra (Ganhão et al., 2010). Hasonló változásokat figyeltek meg néhány másik vizsgálatban is (Dai et al., 2014; Olivera et al., 2013). Rugalmasság és vágási erő esetén nem tudtam szignifikáns változást kimutatni a tárolási idő hatására.

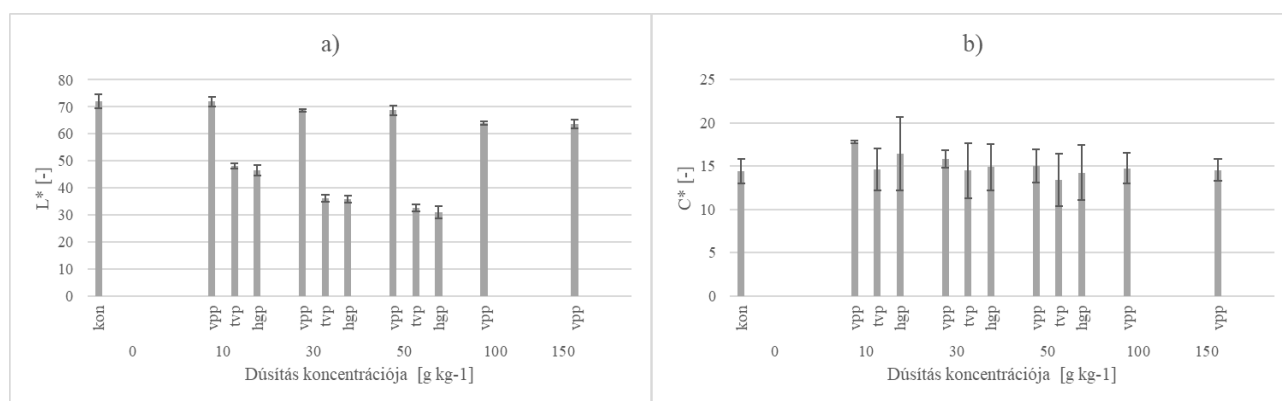
Az összesített MANOVA eredményei szerint a dúsító nyersanyag típusa (Wilks lambda: 0,718, $p < 0,001$) a vérkészítmények koncentrációja (Wilks lambda: 0,225, $p < 0,001$), valamint a tárolási idő (Wilks lambda: 0,166, $p < 0,001$) is szignifikáns hatással rendelkezett a mért jellemzőkre. A nyersanyag típus \times koncentráció kölcsönhatás (Wilks lambda: 0,458, $p < 0,001$) és a koncentráció \times tárolási idő kölcsönhatás (Wilks lambda: 0,152, $p < 0,001$) szintén szignifikáns hatással volt a függő változókra. A többi két- és háromirányú interakciónak nem volt szignifikáns hatása. A dúsításra felhasznált vérkészítmények koncentrációja jobban meghatározta a függő változókat, mint a típusa a vizsgált mennyiségben a kísérleti körülmények között.

5.3.1.2. Színvizsgálat eredményei

A világossági tényező alapján minden különböző dúsító vérkészítmény típusal és dúsítási koncentrációval rendelkező mintacsoport szignifikánsan ($p=0,05$) elkülöníthető volt egymástól kivéve a 100 g kg⁻¹ és 150 g kg⁻¹ vérplazmaport tartalmazó mintákat, amelyek egymástól szignifikánsan nem különböztek világosságuk alapján. A vörös hem-pigment hőkezelés hatására feketévé válik. Ez a folyamat okozza a különbséget a különböző típusú vértermékkel dúsított mintatípusok között. A hemoglobinnal dúsított mintacsoportok voltak a legsötétebbek 37,74 átlagos világosság értékkel, majd következtek a teljes vérporral dúsított mintacsoportok 38,95 átlagos világosság értékkel, amely egészen közel volt az előzőkhöz. A plazmaporral dúsított mintacsoportok átlagos világossági tényezője 66,33 érték volt, a dúsítás nélküli mintáké pedig 72,12 érték. Ez nem csak a két vörös dúsítóanyag hem-vas tartalmának hőkoagulációja által okozott sötétedésével magyarázható, hanem a dúsított – első sorban nagyobb arányú vérplazmaporral dúsított – minták nagyobb víztartalmával, amelyek tömöttebb szerkezetén kevésbé hatol át a fény.

A teljes vérporral és a hemoglobinnal dúsított mintacsoportok a vörös-zöld színtényező és a sárga-kék színtényező értékeik alapján hasonlóak voltak. Ezek a mintacsoportok voltak a legvörösebbek és a legkékebbek. A vérplazmaporral dúsított mintacsoportok szignifikánsan különböztek ($p=0,05$) minden más mintacsoporttól a vörös-zöld és sárga-kék színtényezőjük alapján. Ezek a minták voltak a leginkább sárga színezetűek. A kontroll minták szintén

szignifikánsan különböztek ($p=0,05$) minden más mintacsoporttól a két színezet jellemzője alapján és ezek voltak a leginkább piros színezetűek. A legnagyobb különbség a vörös-zöld színtényező esetében volt megfigyelhető: a kontroll minták átlagos 2,38 vörös-zöld színtényező értékkel rendelkeztek, a vérplazmaporral dúsított minták pedig átlagosan 3,98 értékkel. A teljes vérporral dúsított minták vörös-zöld színtényezője átlagosan 10,13 érték volt, a hemoglobinnal dúsított mintáké pedig átlagosan 10,98 értéket mutatott. A színtelítettség esetében nem volt szignifikáns különbség ($p=0,05$) a különböző mintacsoportok között, viszont trend-értékű különbségek nagyon jól megfigyelhetők a 8. ábrán bemutatott diagramon. A dúsítások koncentrációja a várakozásoknak megfelelően befolyásolta a vörös-zöld és a sárga-kék színtényezőket.



8. ábra: Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított mintacsoportok faktorok hatását legjobban illusztráló szín attribútumai (összes mérési nap átlaga): a) L* – világossági tényező; b) C* – színtelítettség (kon – kontroll; vpp – vérplazmapor; tvp – teljes vérpor; hgp – hemoglobinnal dúsított minták)

A tárolási idő okozta szignifikáns színváltozás egyértelmű tendenciát mutatott: az egy és két hónapig tárolt mintacsoportok minden színparaméter esetén hasonlóak voltak, viszont szignifikánsan különböztek ($p=0,05$) a kontroll és három hónapig tárolt mintacsoportoktól. A minták egyértelmű tárolás okozta világosodását figyeltem meg. Például a kontroll minták világossági tényezője az első két hónapban hasonló volt: 70,48 induló értékről az első hónap végére 71,46 értékre, a második hónap végére pedig 71,52-re növekedett, majd a harmadik hónap végére egyértelműen kimutathatóan nagyobb lett a minták világossága, amely 76,68 értékre emelkedett. Hasonló trend volt megfigyelhető a vörös-zöld színtényező esetén is. Ezek az eredmények közötti eltérések statisztikailag szignifikánsak ($p=0,05$) voltak, viszont nominálisan nem voltak jelentősek. Ebből adódóan a különbség a színmérések kiterjesztett mérési bizonytalanságával és a minta inhomogenitásával (légbuborékok az állományban) is magyarázhatóak lehetnek néhány esetben. A dúsító vérporok típusának és mennyiségének hatását legjobban szemléltető (az összes mérési napra átlagos) két színparamétert a 8. ábra mutatja be.

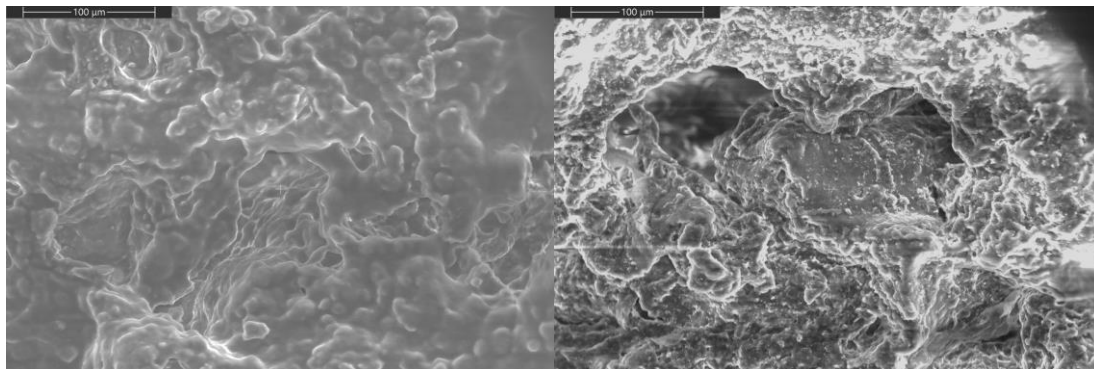
Az összesítő MANOVA eredményei szerint a dúsító vértermékek típusa (Wilks lambda: 0,013, $p < 0,01$), a dúsító vértermékek koncentrációja (Wilks lambda: 0,019, $p < 0,01$), a tárolási idő (Wilks lambda: 0,184, $p < 0,01$), a dúsító koncentráció \times dúsítás típus interakció (Wilks lambda: 0,381, $p < 0,01$), a dúsító koncentráció \times tárolási idő interakció (Wilks lambda: 0,383, $p < 0,01$), a dúsítás típus \times tárolási idő interakció (Wilks lambda: 0,386, $p < 0,01$) és a dúsító koncentráció \times dúsítás típus interakció \times tárolási idő háromirányú interakció (Wilks lambda: 0,658, $p = 0,014$) is szignifikáns hatással volt a mért jellemzőkre. Megállapítható, hogy a dúsítás típusa és koncentrációja volt a legmeghatározóbb, a tárolási idő hatása kevésbé volt hangsúlyos a másik két faktorhoz képest. A kétirányú kölcsönhatások közel hasonlóképpen határozták meg a mért jellemzőket, a háromirányú interakció viszont már kevésbé magyarázta meg a kísérletek eredményeit, viszont még mindig szignifikánsnak volt mondható.

5.3.1.3. Szárazanyag-tartalom, víztartókéesség, vízaktivitás és pH mérés eredményei

A szárazanyag-tartalom, a víztartókéesség, a vízaktivitás és a pH esetében statisztikailag nem értékelhető, ugyanakkor jelzésértékű eredményeket figyeltem meg. A legtöbb mért tulajdonság esetén nem sikerült lineáris modellt generálni. Összességében az összes vizsgálatból a szárazanyag-tartalom $28,31 \pm 8,74 \text{ g kg}^{-1}$ várható értéket, a víztartókéesség $2,14 \pm 2,05 \text{ mm}^2 \text{ mg}^{-1}$ várható értéket, a vízaktivitás pedig $0,940 \pm 0,013$ várható értéket mutatott. A szárazanyag-tartalom és víztartókéesség kiterjesztett mérési bizonytalansága viszonylag nagy volt, és ez lehetett az oka annak, hogy nehéz volt szignifikáns eredményeket megfigyelni. A főzési veszteség nagy volt. A kontroll mintacsoport és a 10 g kg^{-1} vérkészítményekkel (minden típus) dúsított minták esetében a főzési veszteség a kiindulási tömegre vetítve átlagosan 250 g kg^{-1} volt. A 30 g kg^{-1} vérkészítményekkel dúsított minták esetében a főzési veszteség a kiindulási tömegre vetítve 70 g kg^{-1} és 110 g kg^{-1} között változott. A többi mintacsoport esetében a főzési veszteség a kiindulási tömegre vetítve 10 g kg^{-1} alatt volt. Ez jól bizonyította a vérfehérjék víztartó képességét, teljes termék víztartókéességére gyakorolt hatását. A főzési veszteség csökkenthető vagy kiküszöbölhető vérkészítmények felhasználásával, adalékanyagok nélkül, amennyiben ez fontos szempont egy adott termékfejlesztés során. A víztartókéesség eredményei arányosan hasonlóak voltak az előző eredményekhez és hasonlóképpen magyarázhatóak. A párhuzamos minták közötti nagy szórás, valamint az egyedileg módosított mérés technika miatt számszerű eredményeket nem ismertettek, viszont a trend egyértelmű volt ebben az esetben is: a vérfehérjék – kiváltképp a nagyobb koncentrációban is megengedett plazmafehérjék - hozzáadása növelte a víztartókéességet. A szárazanyag-tartalom szintén nagy szórást mutatott, azonban az eredmények követték a megkötött víz mennyiségét, amelyet a főzési veszteség és a víztartókéesség mérése során tapasztaltam.

A különböző típusú vérfehérjék az aszkorbinsav és a foszfát pufferelő hatása mellett nem határozták meg a végtermék pH-ját. Tehát a különböző mintacsoportok pH-ja nem különbözött szignifikánsan ($p=0,05$) (beleértve a különböző típusú vértermékkel különböző koncentrációban dúsított és különböző ideig tárolt mintákat is).

5.3.1.4. Mikrostruktúra



9. ábra: A kontroll (balra) és 15 g (100 g)⁻¹ plazmaport tartalmazó minta (jobbra) mikroszerkezete ezerszeres nagyításban

A IV. mellékletben látható pásztázó elektronmikroszkópos eredmények egy szokásos hőkezelt hús-emulzió rendszer szerkezetet: egy háromdimenziós fehérjehálózatot mutatnak (Marchetti et al., 2015). A szivacszerű szerkezetben lévő üregek a hőkezelt húspép belsejében táguló víz, zsír és levegő hatására alakultak ki. Az üregek mérete és eloszlása hasonló volt minden mintacsoport esetében. Voltak véletlenszerűen elhelyezkedő, nagyméretű üregek, viszont ezeket valószínűleg a töltés nem-megfelelősége okozta, mivel megjelenésükben szisztematikusság nem volt megfigyelhető mintacsoportonként, illetve a mintaelőkészítésnél már szabad szemmel megfigyelhetőek voltak apróbb, töltőgéppel okozta nem-megfelelőségek. A finomaprított sertéshúsból és zsírból származó, zsírgolyócskák kiválása nem volt megfigyelhető, így kijelenthető, hogy a húspép emulziója stabil volt. A pásztázó elektronmikroszkóp jelentős különbségeket mutatott ki a különböző típusú és mennyiségű vérkészítményekkel dúsított húspépalapú termékek mikroszerkezetében. Minél több albumin típusú fehérjét adtam a prádhoz, annál szemcsésebb, szálasabb, porózusabb, apró aggregátumokban gazdagabb hálózat figyelt meg a képeken. A hemoglobinnal történő dúsítás nem okozott változást a mikroszerkezetben, mivel a hemoglobinpor fő fehérjefrakciója a hemoglobin, és nem tartalmaz a változás előidézéséhez elegendő mennyiségű albuminfehérjét. A teljes vérpor, amely tartalmazza az albuminfrakciót, különbséget okozott a nagyobb koncentrációkban történő dúsítás esetén. A vérplazmapor, amely a legtöbb albumint tartalmazza fő fehérjefrakciójaként, a mikroszerkezetbe

ágyazott, tüskeszerkezetű komponensekkel és aggregátumokkal tarkított fehérjehálót alakított ki. Az albumin mennyiségének növelésekor egyre szemcsésebb, fehérjehálót tarkító apróbb részecskékkel egyre jobban gazdagított mikroszerkezet volt megfigyelhető. A különbségeket legjobban szemléltető kontroll és $15 \text{ g (100 g)}^{-1}$ plazmaport tartalmazó minták képét a 9. ábra szemlélteti.

5.3.1.5. Érzékszervi minősítés eredményei

A minták, szubjektív preferencia által meghatározott érzékszervi tulajdonságai között szignifikáns különbséget ($p=0,05$) nem tudtam kimutatni. Az eredményeket külön ábrán és táblázatban nem mutatom be, mert bár a statisztikai próbát (MANOVA) elvégeztem, a próba feltételei nem teljesültek, mivel a különböző bírálók eredményei inkább több klaszterbe voltak sorolhatók, amelyeket külön kellett volna értelmezni, viszont ahhoz már nem volt reprezentatív alapsokaságom. Ez azt jelenti, hogy mindenki a saját ízléséhez, preferenciájához mérten más típusú mintákat kedvelt jobban. A minták színe egyértelműen különbözött, viszont voltak, akiknek a világosabb minta tetszett jobban, és voltak, akiknek a sötétebb. A plazmaporral dúsított vörösáruk esetén ízében nem, de állagában volt tapasztalható különbség a kontrollhoz képest, viszont kedveltségben ez is megosztó eredményt adott. Voltak, akik a plazmaporral dúsított minták kötöttebb állományát kedvelték jobban, és jobb minőséggel, nagyobb hústartalommal azonosították azt a megjegyzésben, míg voltak, akik inkább a puhább, lazább szerkezetű kontroll mintákat kedvelték jobban. Úgy gondolom, a vérplazmapor kiválóan alkalmazható a későbbiekben vörösáruk állományjavítására, amint azt az állománymérés eredményei is tükrözik, viszont fontos, hogy ezt a fogyasztók számára a marketingkommunikáció előnyként tüntesse fel. Minden vértermék alkalmas a vörösáru jellegű termékek fehérjetartalmának növelésére, viszont minden esetben fontos a megfelelő célcsoport megtalálása, hogy egy mellékterméket használhassunk fel a beltartalmi tulajdonságok javítására. Egyértelmű elutasítás nem volt egy mintával szemben sem.

5.3.1.6. Táplálkozás-élettani tulajdonságok fejlesztése

A vértermékekkel történő dúsítás nyers húspép minták fehérje-, zsír- és víztartalmára gyakorolt hatását a 18. táblázat mutatja. A dúsítás hatására a fehérjetartalom növekedése jelentős. A hozzáadott vastartalom sertés/marha teljes vérpor esetén $1,5 \text{ mg} / 2,9 \text{ mg}$ vas 100 g teljes terméktömegre vonatkoztatva (Sorapukdee & Narunatsopanon, 2017; USA, 2018). Ez a hozzáadott vas 10 g kg^{-1} teljes sertés/marha vérporral történő dúsítás esetén fedezi $18,8\% / 36,3\%$ mértékben egy átlagos (70 kg tömegű) férfi és $8,3\% / 16,1\%$ mértékben egy átlagos (70 kg -os) nő

napi vasszükségletét (Trumbo et al., 2002). Tehát a vastartalom növekedés szintén jelentős mértékűnek mondható a teljes vérpor és a hemoglobinpor esetén.

18. táblázat: Számolt fehérje-, zsír- és víztartalom a különböző vizsgált húspépből készült húskészítmény mintacsoportokban

Összetétel	Kontroll vörös-áru minta 'controlm'	Vörösáru jellegű termék minta 1 g (100 g) ⁻¹ teljes vérporral 'wbp_01_m'	Vörösáru jellegű termék minta 3 g (100 g) ⁻¹ teljes vérporral 'wbp_03_m'	Vörösáru jellegű termék minta 5 g (100 g) ⁻¹ teljes vérporral 'wbp_05_m'	Vörösáru jellegű termék minta 1 g (100 g) ⁻¹ hemoglobin- porral 'rbc_01_m'	Vörösáru jellegű termék minta 3 g (100 g) ⁻¹ hemoglobin- porral 'rbc_03_m'	Vörösáru jellegű termék minta 5 g (100 g) ⁻¹ hemoglobin- porral 'rbc_05_m'	Vörösáru jellegű termék minta 1 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_01_m'	Vörösáru jellegű termék minta 3 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_03_m'	Vörösáru jellegű termék minta 5 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_05_m'	Vörösáru jellegű termék minta 10 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_10_m'	Vörösáru jellegű termék minta 15 g (100 g) ⁻¹ vérplazma- porral 'bpp_15_m'
Fehérje- tartalom [g (100 g) ⁻¹]	8,60	9,41	11,04	12,67	9,43	11,10	12,76	9,22	10,41	11,73	14,75	17,76
Zsírtartalom [g (100 g) ⁻¹]	16,19	16,03	15,71	15,38	16,03	15,71	15,39	16,14	15,95	15,66	14,93	14,21
Víztartalom [g (100 g) ⁻¹]	73,48	72,84	71,57	70,29	72,79	71,43	70,05	72,96	71,52	71,94	69,57	67,21

5.3.2. Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sütemények összehasonlítása

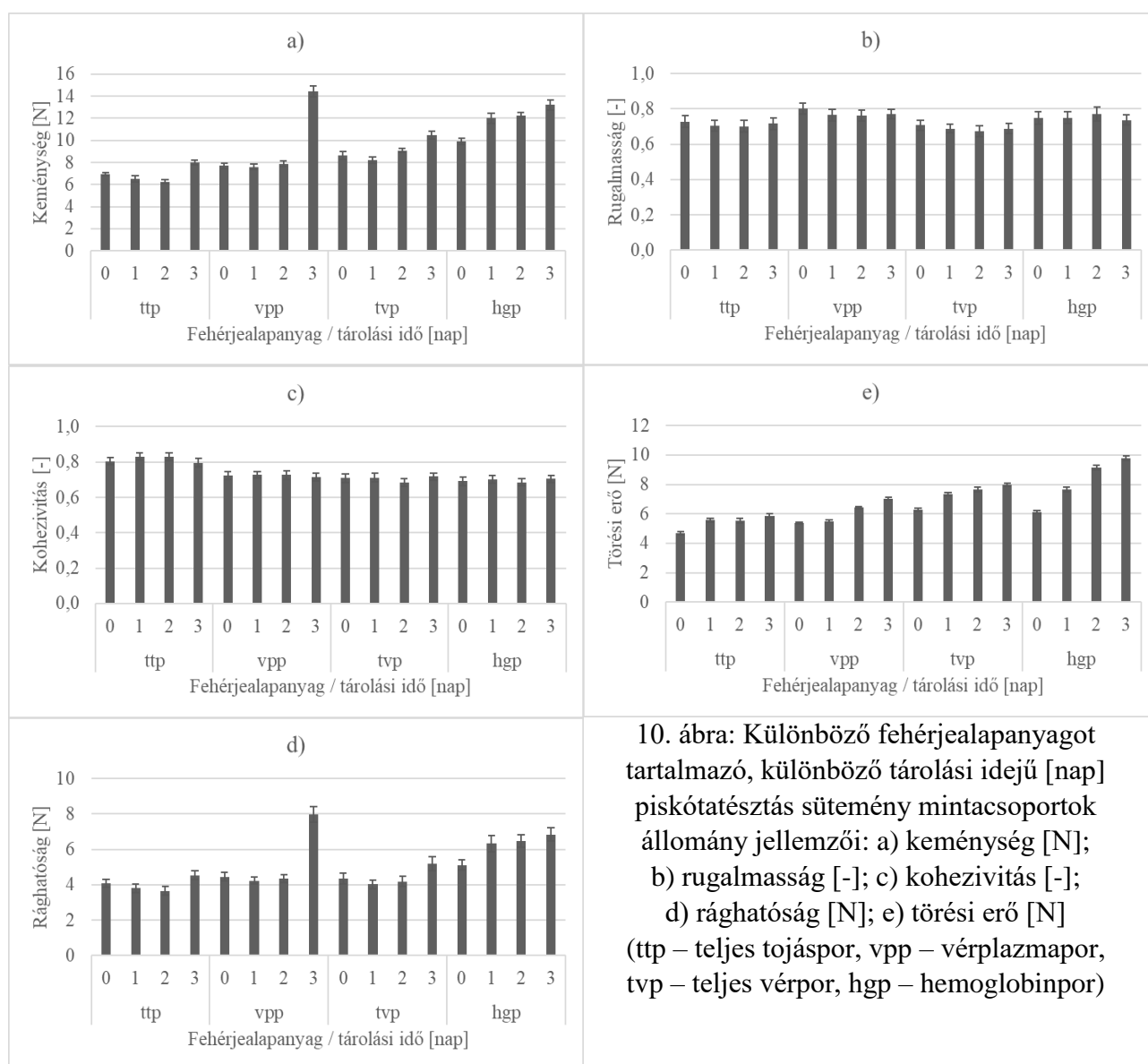
A kakaós piskótatészta sütemények vizsgálatait tulajdonképpen már az allergénkiváltási célú vizsgálatok közé is lehetne sorolni, mivel itt is tojásporral készített piskóta volt a kontroll mintám, míg a „dúsított” piskóták tojáspor nélkül készültek. Viszont mivel végeztem egy külön kísérletet kifejezetten abból a célból, hogy a vérplazma tojás-helyettesítő célú felhasználásáról szerezzek információt, úgy döntöttem, hogy az allergén-kiváltás lehetőségeit is bemutatva ezeket a kísérleteket inkább a dúsítást vizsgáló kísérletek közé sorolom a doktori munkámban.

5.3.2.1. Állományvizsgálat eredményei

A sütés napja után három napig tárolt, friss piskótatészta sütemények különböző fehérjeforrás felhasználásával készültek, amelyek a következők voltak: teljes tojáspor, teljes vérpor, hemoglobinpórá és vérplazmapórá. Minden mintacsoport állománya hasonló volt a közönséges piskótatészta sütemények állományához. A különböző mintacsoportok állomány paramétereinek eredményei között nem volt túl nagy nominális különbség, viszont minden paraméter esetén megfigyeltem szignifikáns különbségeket. Ez azt jelenti, hogy a várható értékek eltérése erősen szignifikáns volt a szórásokkal együtt is szinte átfedés nélkül, viszont ezek az eltérések a 10. ábrán is jól látható módon elenyészően, csak igen érzékeny mérési módszerrel kimutathatók. A fehérje nyersanyag és a tárolási idő állományra gyakorolt hatását az első MANOVA-ban vizsgáltam. Az összesítő MANOVA eredmények szerint a fehérjeforrás (Wilks lambda: 0,009, $p < 0,001$) és a tárolási idő (Wilks lambda: 0,028, $p < 0,001$) is szignifikáns hatással volt az állomány jellemzőkre. A két faktor kétirányú interakciója szintén szignifikáns hatással (Wilks lambda: 0,054, $p < 0,001$) rendelkezett. A Wilks lambda eredmények mindegyike erős kapcsolatot jelölt a függő és független változók között, valamint azt is jelzi, hogy a független változók közül a nyersanyag típus magyarázta meg legjobban a függő változókat, annak hatása volt a legerősebb.

A különböző fehérjealapanyagból készült mintatípusokat el lehetett különíteni egymástól a MANOVA eredményei alapján. A Tukey post hoc teszt a minták keménysége alapján három homogén csoportot tudott szignifikánsan ($p = 0,05$) elkülöníteni: a tojásporral készült sütemények voltak a legpuhábbak 6,92 N átlagos keménységi értékkel, a teljes vérporral és a vérplazmapórával készült sütemények hasonlóak voltak 9,1 és 9,4 N átlagos keménységi értékkel, és a hemoglobinpórával készült sütemények voltak a legkeményebbek 11,9 N átlagos keménységi értékkel. Ez azzal a ténnyel magyarázható, hogy a tojásban és a vérplazmában lévő albuminok sok szempontból nagyon hasonlóak, és jó habképző tulajdonságuknak köszönhetően könnyebb, több légbuborékot tartalmazó téztastruktúrát tudnak kialakítani. A teljes vérpor még tartalmazza

ezeket a plazmafehérjét, viszont a hemoglobinpor nem. Ha a termékfejlesztés célja egy keményebb, nagyobb teherbírású sütemény fejlesztése, amely képes elbírnivaló például egy nagyobb tömegű töltelket, vagy egy nagyobb vastartalommal rendelkező funkcionális élelmiszer-fejlesztése például a gyerekek táplálása céljából, a hemoglobinnal történő dúsítás az ideális választás. Azonban ha a termékfejlesztés célja egy közönséges piskóta keménységéhez közelebb álló, tojásallergén nélküli piskóta állomány, akkor a vérplazmapor vagy a teljes vérpor a jobb választás. A 20 g kg^{-1} és 40 g kg^{-1} közötti tömegarányban tojást tartalmazó sütemények keménység értékei más kutatásokban is közelebb álltak az általam mért, tojással készült sütemények értékeihez, és inkább alatta voltak az általam mért eredményeknek (Rodríguez-García et al., 2012; Guadarrama-Lezama et al., 2016; Hosseini et al., 2019).



10. ábra: Különböző fehérjealapanyagot tartalmazó, különböző tárolási idejű [nap] piskótatészta sütemény mintacsoportok állomány jellemzői: a) keménység [N]; b) rugalmasság [-]; c) kohezivitás [-]; d) rághatóság [N]; e) törési erő [N] (ttp – teljes tojáspor, vpp – vérplazmapor, tvp – teljes vérpor, hgp – hemoglobinpor)

A rugalmasság alapján a Tukey post hoc teszt szignifikánsan ($p=0,05$) el tudott különíteni két különböző csoportot nominálisan nem túl jelentős különbséggel: a teljes vérporral és tojással dúsított minták hasonlóak voltak, átlagosan 0,69 és 0,71 rugalmassági értékkel, és ezek

különböztek a hemoglobinnal és vérplazmával dúsított mintáktól, amelyek átlagosan 0,75 és 0,77 rugalmassági értékkel rendelkeztek. A tojással készült sütemények rugalmassági értékei a keménységnél is referenciaként bemutatott korábbi kutatásokból 0,82, 0,56 és 0,85 értéket mutattak (Rodríguez-García et al., 2012; Guadarrama-Lezama et al., 2016; Hosseini et al., 2019). Ezek közül a második eredmény állt közelebb a plazmával és tojással készült süteményeim értékéhez. A korábbi tanulmányokban bemutatott nagyobb rugalmasság értékek azzal magyarázhatók, hogy a friss tojás felhasználásával jobb habot kapunk, mint a tojással.

A rághatóság esetében szignifikáns különbség ($p=0,05$) volt az összes mintacsoport között, viszont nominálisan ez nem jelentett igazán nagy különbséget: a tojást tartalmazó minták voltak a kevésbé rághatóak átlagosan 4,01 N rághatóság értékkel. Ezután következtek növekedő sorrendben a teljes vérrel készült minták 4,43 N átlagos rághatóság értékkel. A vérplazmával készült sütemények rághatósági értéke nagyobb volt (átlagosan 5,24 N), és a hemoglobinnal készült sütemények voltak a leginkább rághatóak (átlagosan 6,18 N). (Nehéz magyarul kifejezni a rághatóságot. Lehetne azt írni, hogy a legnagyobb rághatóság értékkel rendelkező minták a legrágósabbak, viszont egyik süteményt sem lehet igazán rágósnak nevezni, ezért inkább megmaradtam a „rághatóság érték” kifejezésnél.) Az előző két TPA által szolgáltatott állomány attribútum esetén bemutatott korábbi kutatások eredményei közül egyetlen összehasonlítható rághatósági eredmény volt, amely 5,71 N volt és a vérplazmával készült süteményemhez állt a legközelebb (Rodríguez-García et al., 2012). A másik két kutatás a standardtól eltérő módszert használt a rághatóság kiszámolására és eltérő dimenzióban (N mm) fejezte ki azt.

A törési erő alapján szintén szignifikáns különbség ($p=0,05$) volt az összes mintacsoport között. Ez az érték tükrözte legjobban a különböző fehérjeforrások habképző képességét, mivel a süteménytésztában lévő légbuborékok gyengítik a sütemény szerkezetét és megkönnyítik a törést. A rághatóság és a törési erő eredményei a keménységi eredményekhez hasonló szerepet játszhatnak a termékfejlesztésben hasonló okból kifolyólag. A tojást tartalmazó minták voltak a legkönnyebben törhetőek, átlagosan 5,42 N törőerővel. A vérplazmával készült minták eltöréséhez szükséges erő (átlagosan 6,08 N) közel volt a tojással készült mintákéhoz. A teljes vérrel (átlagosan 7,31 N) és a hemoglobinnal (átlagosan 8,17 N) készült minták eltöréséhez szükséges erő is jelentősen különbözött ($p=0,05$). A tojást tartalmazó minták voltak a legkönnyebben törhetőek, átlagosan 5,42 N törési erővel. A vérplazmával készült minták törési ereje (átlagosan 6,08 N) közel volt a tojással készült mintákéhoz. A teljes vérrel (átlagosan 7,31 N) és a hemoglobinnal (átlagosan 8,17 N) készült minták törési ereje is szignifikánsan különbözött ($p=0,05$) egymástól és a többi mintacsoporttól. A hárompontos törési kísérlet során láthatjuk a „legszebb”, leginkább egyértelmű tendenciát és szignifikáns eltéréseket, amelyek jól

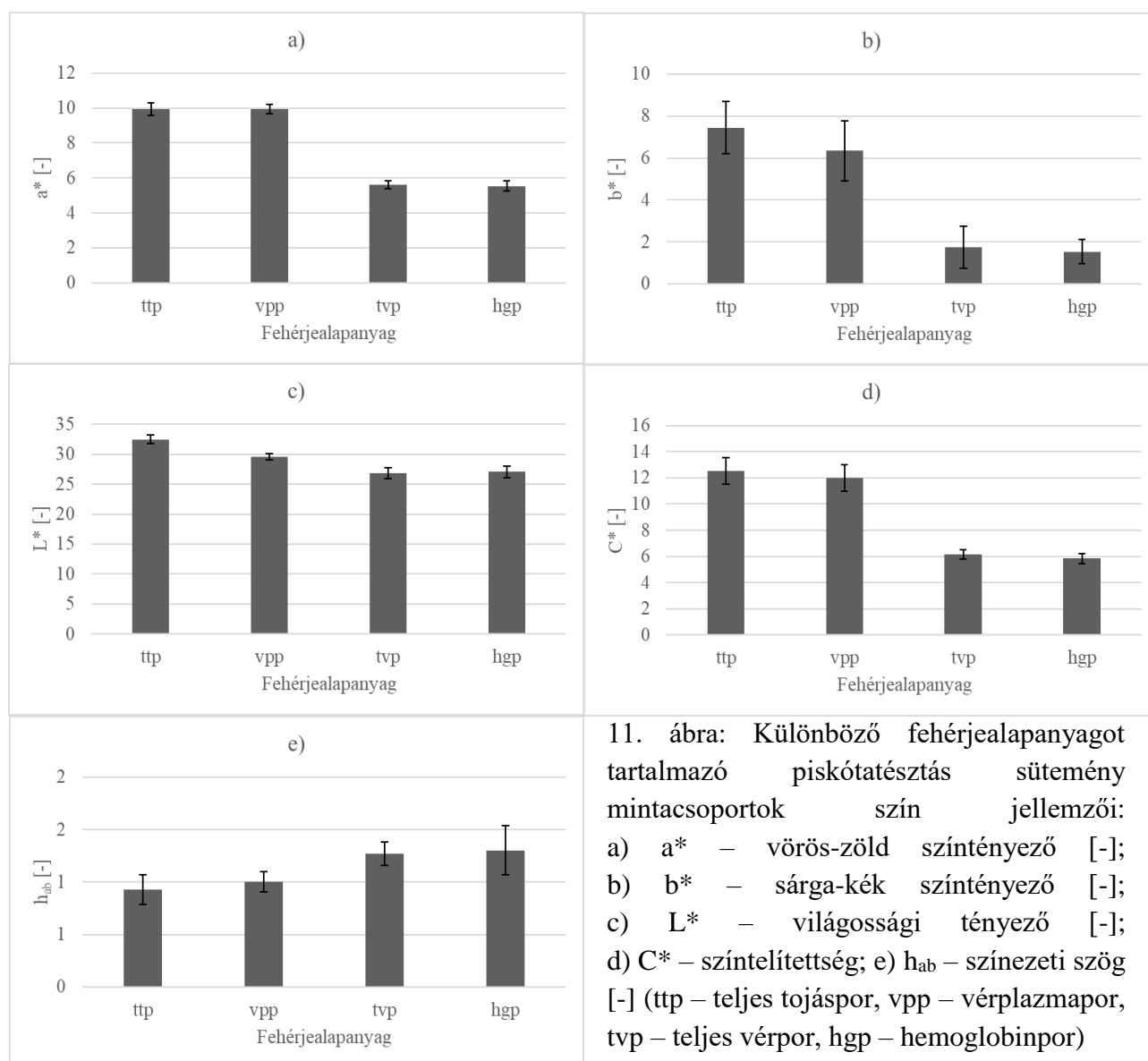
bemutatják a vértermékek hatását a nyers süteménymassza kolloid szerkezetére, valamint a kész sütemény állományára.

A tárolási időnek szintén szignifikáns hatása volt az állományra. Azonban az állomány jellemzőiben tárolás során bekövetkezett változás nominálisan nagyon kicsi, így a fogyasztók által preferált négynapos minőségmegőrzési idő utolsó napjáig garantálni lehet ezeknek a kísérleti süteményeknek az állandó minőségét normál tárolási körülmények között. Az első és az utolsó nap között is nagyon kicsi, érzékszervileg gyakorlatilag érzékelhetetlen volt a különbség. Egyetlen egy esetben tudtam nem csak statisztikailag is szignifikáns, hanem nominálisan is jelentős, akár érzékszervileg is már észrevehető változást megfigyelni: a keménység esetében a második és a harmadik tárolási nap vérplazmaporos mintái között volt nagy változás. Így a harmadik napi mintacsoport átlagos keménység értéke 32%-kal nagyobb volt, mint az első és a második napi mintacsoportok átlagos keménység értéke. A rághatóság eredményekben hasonló tendenciát figyeltem meg: szignifikáns különbség ($p=0,05$) volt a harmadik nap és a többi nap mintacsoportjainak rághatósága között, és nem volt szignifikáns különbség a kiindulási nap, valamint az első és második tárolási nap mintacsoportjainak rághatósági értékei között. Az átlagos rághatóság a harmadik tárolási napon 34%-kal nőtt a friss, az egy napig és két napig tárolt mintacsoportok átlagos értékéhez képest. A keménység és a rághatóság növekedését, valamint a tárolás során szinte stagnáló rugalmasságot más tanulmányokban is kimutatták (Sahi & Alava, 2003; Gupta et al., 2009; Salehi & Kashaninejad, 2018). Ez a száradás okozta szinerézissel magyarázható, amely a második-harmadik napon vált jelentőssé.

A rugalmasság és a kohezivitás esetében nem volt szignifikáns különbség a különböző tárolási idejű mintacsoportok között. A tárolási idő hatása a törési erő esetében volt a legegységesebb, ami a kéreg száradásával függött össze. A kéreg keménységének növekedése okozta a minták kettétöréséhez szükséges erő növekedését is. A mérés közben megfigyeltem, hogy a legnagyobb erőt a mérőrendszer mindig abban a pillanatban mérte, amikor a kéreg kettérepedt, és általában a kéreg repedésével, „szétpattanásával” együtt, vagy közvetlenül utána szétnyílt a teljes sütemény is a mérőfej alatt. A kettétöréshez szükséges erő esetében szignifikáns különbség ($p=0,05$) volt a különböző tárolási idejű mintacsoportok között. Ez a megfigyelés hasonló a közönséges sütemények viselkedéséhez. A különböző fehérje alapanyagból készült és különböző ideig tárolt piskóta mintacsoportok állomány jellemzőinek értékei a 10. ábrán láthatók.

5.3.2.2. Színvizsgálat eredményei

Amint az várható volt, a hőkezelt hemoglobin színezése volt a legnagyobb hatással a szín attribútumokra, ami mind a három színjellemzőn (világossági tényező, vörös-zöld színtényező, sárga-kék színtényező) és azokból számolt másik két attribútumon is (színtelítettség, színezeti szög) megfigyelhető volt. A különböző fehérje alapanyaggal készült mintatípusok közötti színkülönbség szabad szemmel is látható volt, és a számított összes színkülönbségek alapján szignifikáns különbséget mutattam ki. A különböző fehérje alapanyagokból készült piskóta mintacsoportok színjellemzőinek értékei a 11. ábrán láthatók. Mivel a színre nem volt hatása a tárolási időnek, a különböző tárolási napok eredményeinek átlagát ábrázoltam a különböző minőségű vértermékkel dúsított mintacsoportok esetén, hogy ne legyen zavaró a sok hasonló adat.



Az alapanyag és a tárolási idő hatását a szín attribútumokra külön MANOVA-val vizsgáltam. Az összesítő MANOVA eredménye szignifikáns volt a mintatípus, azaz a felhasznált

fehérjeforrás nyersanyag (Wilks lambda: 0,004, $p < 0,001$) és a tárolási idő (Wilks lambda: 0,012, $p < 0,001$) esetében is. A fehérje alapanyag jobban meghatározta a függő változókat. A tárolási idő hatása is szignifikáns volt, viszont a különböző tárolási idejű mintacsoportok átlagos színértékei között kimutatott nominális különbségek nagyon kicsik voltak. Hogy számszerűsítsem, a különbség két különböző tárolási idejű mintacsoport között általában 1-2 érték volt a színkoordináta-skálákon, míg néhány színparaméter értéke megkétszereződött két különböző mintatípus között. Továbbá tárolási idő alapján a színmérés eredményeiben nem volt megfigyelhető különösebb mintázat, vagy trend, mivel a színjellelmzők különböző módon ingadoztak a mérési napok során. A mintatípus és a tárolási idő közötti kétirányú kölcsönhatás is szignifikáns volt (Wilks lambda: 0,019, $p < 0,001$). A kölcsönhatás alapján a fő hatásoknál kevésbé lehetett magyarázni a függő változókat, de ez a hatás is viszonylag erősnek volt mondható.

A Tukey post hoc teszt eredményei szerint két különböző csoportot lehetett szignifikánsan ($p = 0,05$) elkülöníteni a vörös-zöld szintényezők alapján: a tojásporos és a plazmaporos minták átlagosan 9,94 a* értékkel voltak vörösebbek, míg a hem-vasat tartalmazó teljes vérporos és hemoglobinporos minták kevésbé vörösek voltak 5,74 a* értékkel.

A világosság alapján három csoportot lehetett szignifikánsan ($p = 0,05$) elkülöníteni: a legvilágosabbak a tojásporral készült minták voltak 32,5 L* értékkel, a következő a plazmaporral készült minták 29,59 L* értékkel, a legsötétebbek pedig a teljes vérporral és a hemoglobinporral készült minták voltak átlagosan 26,97 L* értékkel. Ezek az eredmények egyértelműen jelzik, hogy a hem-vas hozzáadása a hőkezelt termékekben inkább fekete színeződést okoz, mint vörös színeződést. Más típusú hőkezelt élelmiszer-matrixok esetében szintén sötétedést figyeltek meg hemoglobin hozzáadásának hatására, amely a mennyiség növekedésével nem-lineárisan növekedő sötétedés volt (Oellingrath & Slinde, 1985). Emiatt a hem-vasat már eredetileg sötét színű termékekben lehet elsősorban felhasználni, vagy megfelelő marketingeszközök használata mellett egy eredetileg nem olyan sötét termék esetén a termék magas, vagy megnövelt tápértékének jelzésére a fogyasztók számára.

A sárga-kék szintényező alapján három csoportot lehetett szignifikánsan ($p = 0,05$) elkülöníteni: a hemoglobinporos és a teljes vérporos minták 1,63 b* értékkel kevésbé sárgák, a plazmaporos minták 6,34 b* értékkel sárgábbak, a tojásporos minták pedig 7,44 b* értékkel a legsárgábbak voltak.

Két csoportot lehetett szignifikánsan ($p = 0,05$) elkülöníteni a színtelítettség alapján: az egyik csoportba a hem-vasat tartalmazó minták tartoztak átlagosan 6,11 C* értékkel, a másik csoportba pedig a plazmaporos és tojásporos minták tartoztak 12,24 C* értékkel.

A színezeti szög alapján szintén két hasonló csoport volt szignifikánsan ($p=0,05$) elkülöníthető: az egyik csoport a hem-vasat tartalmazó mintákat tartalmazta átlagosan 1,33 h_{ab} értékkel, a másik csoport pedig a plazmaporral és tojásporral készült mintákat tartalmazta, 0,99 h_{ab} értékkel. A színtelítettség és a színezeti szög ugyanannak a két másik jellemzőnek: a vörös-zöld szintényezőnek és a sárga-kék szintényezőnek a függvénye. A színezeti szög eredmények esetén megfigyelt szignifikáns különbségek a vörös-zöld szintényező eredményeket tükrözik. Elmondható, hogy a hem-vasat tartalmazó mintacsoportok globálisan hasonlóak voltak, és a tojásporos és a vérplazmaporos mintacsoportok is kissé hasonlóak (várható érték tekintetében részben egymást átfedőnek) bizonyultak a színjellemzők esetében.

5.3.2.3. Szárazanyag-tartalom és vízakaktivitás eredmények

A vízakaktivitás mérések eredményeit nehéz volt értékelni a nagy szórás miatt. A sütés napjának és a tárolás első napjának mintáiból származó, a sütemény belső részéből vett süteménytészta darabok vízakaktivitási eredményei minden termék esetében 0,52 és 0,66 között voltak, és az analitikai mintarész süteménykéregtől való távolságától függtek megfigyeléseim alapján. Ezért ezekből az eredményekből csak azt lehetett megtudni, hogy minden termék vízakaktivitása hasonló volt a közönséges piskóták vízakaktivitásához. Statisztikai módszerrel nem lehetett különbséget megállapítani.

A különböző nyersanyagokat tartalmazó mintacsoportok szárazanyag-tartalma nem különbözött szignifikánsan. Az egyes mintacsoportok átlagos szárazanyag-tartalma közel $25 \text{ g (100 g)}^{-1}$ volt, kivéve a vérplazmaporral készült piskótát, amely $23 \text{ g (100 g)}^{-1}$ szárazanyag-tartalmat mutatott. Bár a különbség nem volt szignifikáns, ez a vérplazma kiemelkedően jó habképző és vízmegkötő képességével magyarázható, valamint azzal, hogy ez a habszerkezet valószínűleg kevesebb vizet is veszített a sütési folyamat során. A legtöbb mintacsoport jellemzően hasonlóan változott: a sütemények a sütés napja és az első tárolási nap között a levegő nedvességtartalmától nedvesebbek lettek, majd a második napig a kolloidrendszerek öregedése, a szinerézis miatt száradni kezdtek. Érdekes volt, hogy a szárazanyag-tartalom az első tárolási naptól kezdve folyamatosan nőtt a teljes vérporral készült minták esetében, viszont a többi mintacsoport esetében a második tárolási naptól kezdve ismét csökkent, mivel ezek nedvesebbé váltak ellentétben a teljes vérporos mintákkal, amely tovább száradt. Ez a megfigyelés összefügghet a különböző típusú kolloidrendszerek szinerézisével.

5.3.2.4. Táplálkozás-élettani tulajdonságok fejlesztése

A tojásallergén porított vérkészítményekkel történő helyettesítésének a technológiai-funkcionális és érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatása mellett meg kell említeni a táplálkozás-élettani tulajdonságok alakulását is. Az 1 m/m% sertés / szarvasmarha teljes vérporral hozzáadott vas 100 g késztermékre számolva 1,5 mg / 2,9 mg, amely egy átlagos férfi napi vasszükségletének 18,8% / 36,3%-át, illetve egy átlagos nő napi vasszükségletének 8,3%-át / 16,1%-át fedezi. Tehát a vastartalom növekedése a teljes vérpor és a hemoglobinpor dúsítás esetén is jelentős volt. A hemoglobinpor a vérfehérjék közül szinte csak a hemoglobint tartalmazza. A teljes vérporral és hemoglobinporral készült piskóta vértartalma segíthet a gyermekkori vashiány okozta vérszegénység megelőzésben és szerepet játszhat a kezelésében egy, a gyermekek számára elfogadható, sőt kedvelt formában.

A tiszta plazmapor nem tartalmaz hem-vasat, viszont tartalmazza a vérfehérjék albumin frakcióját, amely felelős a teljes vérpor állománykialakító hatásáért. Ezt a hatást további a plazmaporral történő, kifejezetten allergén-kiváltást célzó külön vizsgálatokban fogom részletezni.

5.3.2.5. Érzékszervi minősítés eredményei

Az érzékszervi értékelés eredményei viszonylag nagy szórással rendelkeztek, így ezeket nehéz volt statisztikailag értékelni mind az objektív, mind a szubjektív tulajdonságok esetében. Az érzékszervi minősítés eredményeinek leíró statisztikáit, valamint a mintacsoportok közötti szignifikáns különbségeket ($p=0,05$) illetve a szignifikáns különbségek hiányát az V. melléklet tartalmazza. A MANOVA eredményei alapján a különböző fehérje-alapanyagot tartalmazó mintatípusok hatása a függő változókra nem volt szignifikáns (Wilks lambda: 0,587, $p<0,001$). Ezt azért jelentettem ki, mert a függő változók nagyobb részét nem lehetett a mintatípusok közötti különbségekkel magyarázni, mint amennyit lehetett. A panel általában nem tudta azonosítani a különböző mintacsoportok közötti különbségeket, csak néhány tulajdonság esetén a Tukey post hoc teszt szerint. Négy esetben lehetett különböző csoportokat szignifikánsan ($p=0,05$) elkülöníteni: I.) a rugalmasság mértéke alapján két csoportot különítettem el (1. csoport: hemoglobinporos, teljes vérporos és tojásporos minták; 2. csoport: teljes vérporos, tojásporos, vérplazmaporos és fekete színű tojásporos minták); II.) a kakaó íz intenzitása alapján két csoportot különítettem el (1. csoport: vérplazmaporos, teljes vérporos, tojásporos és hemoglobinporos minták; 2. csoport: teljes vérporos, tojásporos, hemoglobinporos és fekete színű tojásporos minták); III.) színpreferencia alapján három csoportot különítettem el (1. csoport: tojásporos és vérplazmaporos minták; 2. csoport: vérplazmaporos, hemoglobinporos és fekete színű tojásporos

minták; 3. csoport: hemoglobinos, fekete színű tojásporos és teljes vérporos minták); és IV.) az állomány preferencia alapján két csoportot különítettem el (1. csoport: hemoglobinos, teljes vérporos, tojásporos és vérplazmaporos minták; 2. csoport: teljes vérporos, tojásporos, vérplazmaporos és fekete színű tojásporos minták). Az eredmények állományra és preferenciára vonatkozó része azzal magyarázható, hogy a bírálók valószínűleg a piskótaminták rugalmasságaként határozták meg az érzékelt puhaságot (amely a keménységgel fordítottan arányos). Így a különböző piskótatípusok keménységében mutatkozó különbségeket, amelyeket műszeresen a TPA-val mértem le, a képzetlen paneltagok enyhén érzékelhették.

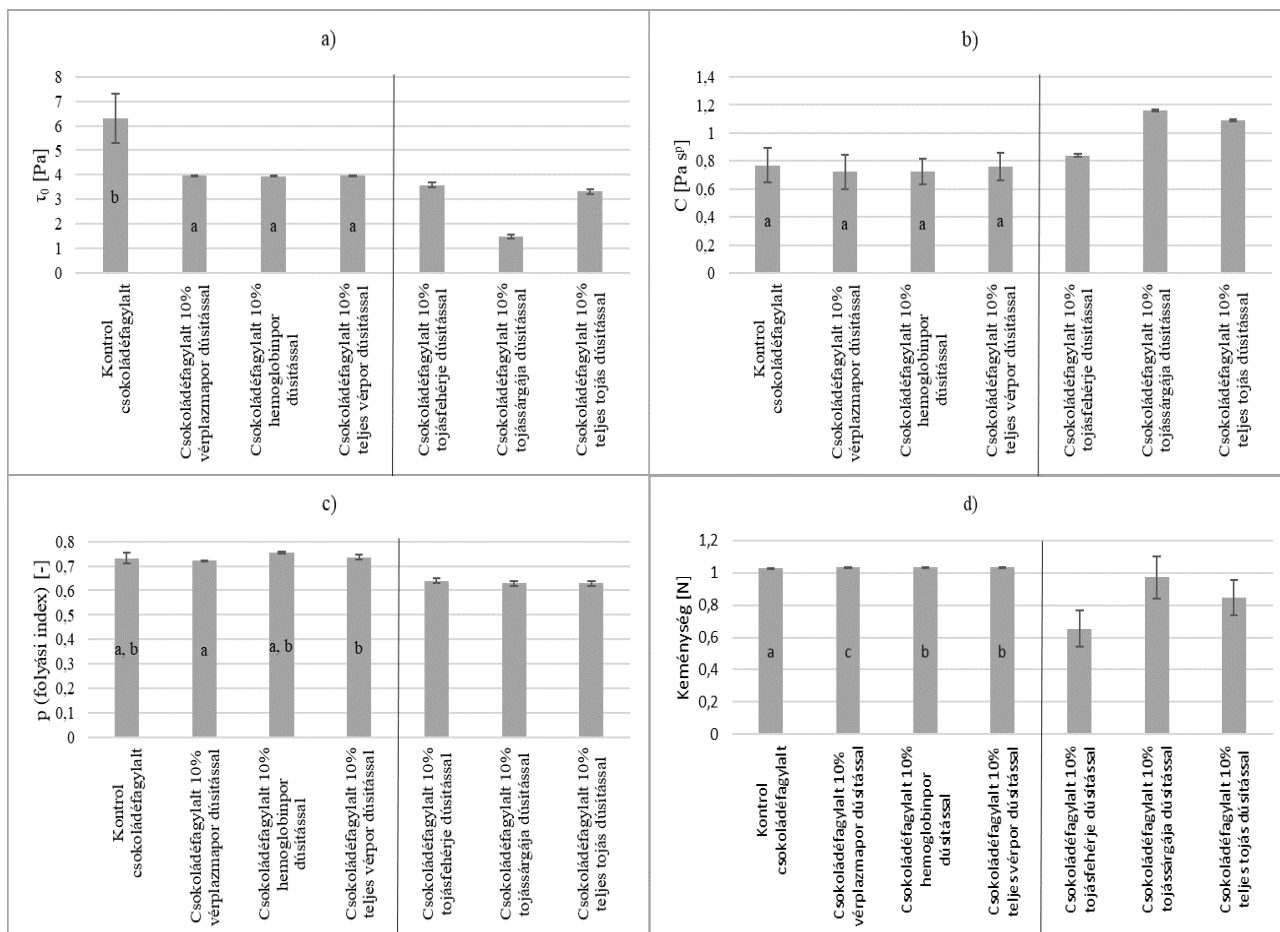
Érdekes volt, hogy a tojásporral készült mintacsoportok (kontroll és „placebo”) eltérőek voltak egymástól. Ez a különbség a színkülönbség okozta preconcepciónak köszönhető. Érdekes módon az objektíven értékelt rugalmasság eredmények nem mutatkoztak meg teljes mértékben az állomány preferenciájában. A TPA-val ellentétben ez aligha magyarázható pusztán a vérplazma és a tojás hasonló habképző és állománykialakító tulajdonságaival. A kakaó íz intenzitás és szín preferencia a műszeresen mért szín eredményekkel magyarázható, mivel az élelmiszer színe befolyásolja a fogyasztók ízérzékelő-képességét is. Ez azáltal történik, hogy a látvány előidéz egy előítéletet, vagy hivatalosabban preconcepciót, amely alapján már a fogyasztó magában gyakorlatilag eldönti, hogy milyen ízt fog érezni és/vagy az érzett ízt mihez fogja viszonyítani. Ezt a feltételezést megerősíthette az a tény, hogy a kontroll tojásporos piskótákat és a „placebo” fekete színű tojásporos mintákat az egyes érzékszervi tulajdonságok esetében eltérően értékelték. Evidens okokból kifolyólag ez a különbség a színpreferencia esetében szignifikáns volt ($p=0,05$), valamint a paneltagok egy része esetében a „placebo” és kontroll tojásos piskóta között szignifikáns különbséget ($p=0,05$) mutattam ki a rugalmasság mértéke, a kakaó íz intenzitás és az állomány kedveltségének esetében, valamint trend-értékű különbség volt a többi érzékszervi tulajdonság esetében is, amely a V. mellékletben megtekinthető. A bírálók szabad szavas értékelései szerint a „placebo” mintákban néha extra kakaó ízt, vagy véres ízt és/vagy szagot lehetett észlelni. A paneltagok többsége képes volt a teljes vérporral készült piskótákban vér- vagy vasízt érezni. Érdekes volt, hogy a vérplazmaporral készült piskótákat néhány bíráló a kontrollmintaként, vagy egy édesebb tojásporos piskótaként azonosította. Ez a világos színnel és ezeknek a süteményeknek a nagyobb sótartalmával magyarázható, mivel a só szinergens hatással van az édes ízre.

5.3.3. Különböző típusú vértermékekkel dúsított fagyaltok és jégkrémek összehasonlítása

5.3.3.1. Állományvizsgálat eredményei

Szinte minden állomány attribútum esetén szignifikáns különbséget ($p=0,05$) tudtam kimutatni a kontroll csokoládéfagyalt és a dúsított fagyaltok között. Ez alól egyedül a konzisztencia index volt kivétel, amely esetén minden mintacsoport hasonló eredményeket mutatott. A reológiai konstansok esetén a folyáshatárnál figyelhető meg a legeggyértelműbb szignifikáns különbség ($p=0,05$). A folyási index tekintetében csak a vérplazmaporos és a teljes vérporos fagyalt különbözött egymástól szignifikánsan ($p=0,05$). Ez érdekes eredmény, mivel azt vártam, hogy a tojásfehérjéhez hasonló albumin típusú fehérjéket tartalmazó, jó habképző és állománykialakító tulajdonsággal rendelkező plazmaporos fagyalt fog különbözni a többitől. Az eredmények egyik oka lehet, hogy a teljes vérpor más gyártótól származott, mint a másik két dúsítóanyag, és más technológiai paraméterekkel rendelkezhetett a gyártástechnológiája, ami miatt a teljes vérpor állományra gyakorolt hatása is valamivel más lehetett, mintha a koncentrált és porlasztva szárítást ugyanabban a rendszerben használták volna. Ez a feltételezés több eredményem tükrében is felvetődött, viszont a különböző gyártóktól használt alapanyagok is hozták a szakirodalom alapján logikusan várható eredményeket legalább trendértékű módon. A folyékony-közeli (nem fagyott) fagyaltmix ilyen érzékeny, műszeres mérése esetén mutatkozott meg igazán a jelenség. A különböző technológiai paraméterekkel előállított, azonos típusú és feltételezett minőségű vértermékek techno-funkciós tulajdonságainak vizsgálata a téma komplexitása miatt további vizsgálatokat igényel, amelyek jelenlegi doktori disszertációmba nem férnek bele.

Érdekes megfigyelés még továbbá az, hogy a kontroll mintáknál a standard deviáció minden állománymérés esetében nagyobb volt, mint a dúsított minták esetén. Emiatt azt feltételezem, hogy a vérporok fehérjéinek már a fagyalt mix elkészítéséhez szükséges $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, kíméletes hőkezelés mellett is van egyfajta állomány-stabilizáló hatása a hőkoaguláció során kialakuló kötések miatt. Így a dúsított fagyaltok állománya nem annyira inhomogén, mint a kontroll csokoládéfagyalté. Fontos megjegyezni, hogy az érzékeny műszerrel megmért reológiai paraméterek még szignifikáns különbségük esetén sem adnak alapot érzékszervi különbségek feltételezésére. A paraméterek a legtöbb esetben egymástól statisztikailag szignifikánsan különböztek, viszont a várható értékek közötti nominális különbség nem volt jelentős. Minden minta reológiai viselkedése leírható a Herschell-Bulkley modellel, egyik dúsítás sem változtatta meg a fagyalt mixek reológiai viselkedését. Ennek köszönhetően amennyiben ipari hasznosításra kerülnének a kutatási eredményeim, a csőben való áramoltatás és keverés paraméterezéseit és energiafelvételének becslését ezek alapján egyszerűbb lesz elvégezni.



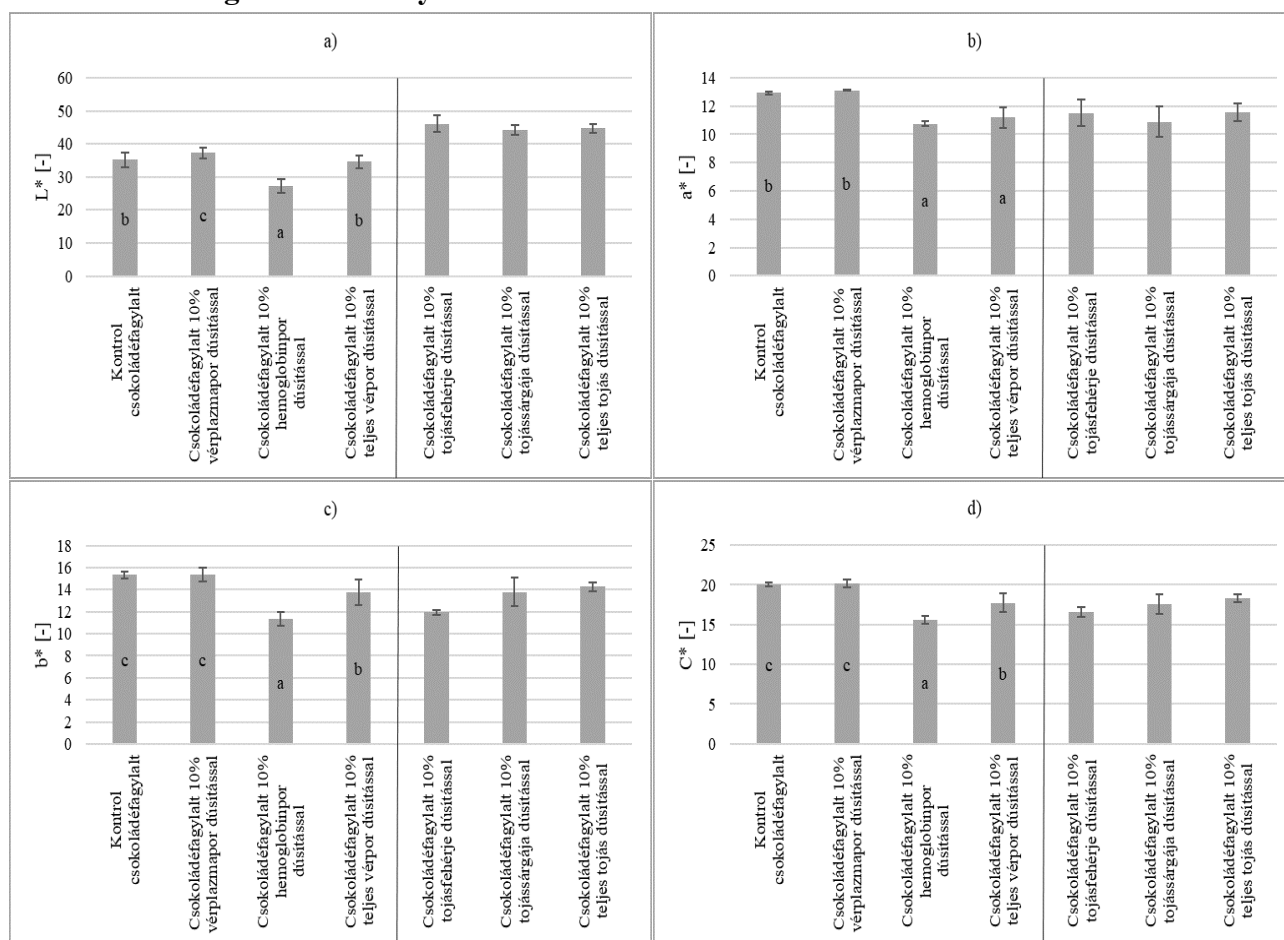
12. ábra: A különböző minőségű vértermékekkel dúsított fagylalt mix mintacsoportok reológiai paraméterei és jégkrém (keményre fagyasztott fagylalt) mintacsoportok keménysége összevetve a kontroll mintacsoporttal és egy korábbi vizsgálatban dúsított fagylaltmix és jégkrém (keményre fagyasztott fagylalt) állományvizsgálatainak eredményeivel (Hidas et al., 2021): a) τ_0 – elméleti folyáshatár [Pa]; b) C – konzisztencia index [Pa s^p]; c) p – folyási index [-]; d) keménység [N] (Latin betűkkel jelöltem az egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben.)

A keményre fagyasztott fagylalt, vagyis jelen disszertációban jégkrém állományának mérése is szignifikáns különbségeket ($p=0,05$) mutatott, amelyeket a reológiai konstansokhoz hasonlóan a 12. ábrán jelöltem oly módon, hogy a szignifikánsan homogén csoportba tartozó mintacsoportok oszlopain azonos latin betűket tüntettem fel. A mért keménység alapján lehetett legjobban látni azt a tendenciát, hogy a jó hidegkötő, plazmában található albuminfehérjék hatása keményebb állományt idéz elő. A hemoglobinpórá esetében is megfigyelhető volt, hogy bár hiányoztak az állománykialakításért leginkább felelős plazmafehérjék, a hozzáadott plusz fehérjék szintén keménység-növekedést idéztek elő. A legpuhábbak a kontroll fagylalt minták voltak.

Szignifikánsan egymástól nem, viszont a többi mintacsoporttól különbözött a teljes vérporral és a hemoglobinnal dúsított mintapáros. A legkeményebb a plazmaporral dúsított mintáim fagyott állománya volt. A kemény állomány mérésekor már nem figyeltem meg azt, hogy a kontroll és a dúsított minták keménység eredményeinek szórása között jelentős különbség lett volna. Viszont a szórások tanulmányozása közben verifikáltam is a módszer alkalmazásának megfelelőségét azzal, hogy összevettem az eredményeimet egy másik, ugyanezzel a módszerrel dolgozó kísérlet eredményeivel. Látható, hogy az általam mért keménység eredmények szórása nagyon kicsi, tehát a jégben tárolt mérőfej és mintatartólap, valamint a fagyasztóból közvetlenül mérésre adott minták miatt a mintáim nem kezdtek el felengedni, nem okozott szórást az, hogy a különböző mért minták az olvadás különböző fázisaiban voltak. (Természetesen az adatok tisztításánál el kellett távolítanom azokat a kiugró pontokat, melyek azoknak a mintáknak a méréséből származtak, amelyeket már mérés közben is megjelöltem, mert a nem elég hideg mintatartólap, illetve mérőfej, vagy a túl hosszú mérésre való várakozási idő miatt olvadni kezdtek.)

A 12. ábra nem csak a saját mérési eredményeimet mutatja be, hanem egy, az Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszéken végzett másik kísérlet eredményét is, amelyben szintén fagylaltokat mértek szintén 10% nagy biológiai értékű állati eredetű dúsítóanyag hozzáadásával (Hidas et al., 2021). Utóbbi kísérletben a tojásnak és két frakciójának: a fehérjének és a sárgájának porított termékét adagolták a saját kutatásaimmal megegyező technológiával előállított fagylaltmixekhez, majd keményre fagyasztották azokat és a jégkrém mintákat is vizsgálták. A két kísérlet összevetésekor mindenképp pozitívnak értékeltem, hogy a két vizsgálat kontroll csoportjának mérése hasonló eredményt hozott. (Az ábrán csak a saját kontroll mintáim eredményeit tüntettem fel.) A folyáshatár esetében az albuminfehérjéket nagy arányban tartalmazó tojásfehérjepor és teljes tojáspor hozzáadásának hatása szinte megegyezett a porított vér és vérfrakciókkal történő dúsítás hatásával. A nagy zsírtartalmú sárgája viszont inkább „gyengébbé”, könnyebben megfolyóvá tette az állományt, csökkentette a folyáshatárt. A konzisztencia index esetén a tojássárgája por és a teljes tojáspor nagy zsírtartalma okozott valószínűleg szignifikáns növekedést a vér és vérfrakciókkal történő dúsítás hatásához képest. A jégkrém minták keménysége esetén volt a leginkább meglepő a különbség a porított tojástermékekkel történő dúsítás és a saját kísérleteim eredményei között. Ott ugyanis a tojássárgája porral történő dúsítás hasonlított leginkább a vértermékekkel történő dúsítás hatására. Mind a fehérjeporral, mind a teljes tojásporral dúsított jégkrém puhább volt. A tojás esetén inkább a nagyobb zsírtartalom keményítette a fagyott állományt, a fehérje valószínűleg jobban habosodott, a habosabb szerkezet pedig puhább állományt idézett elő.

5.3.3.2. Színvizsgálat eredményei



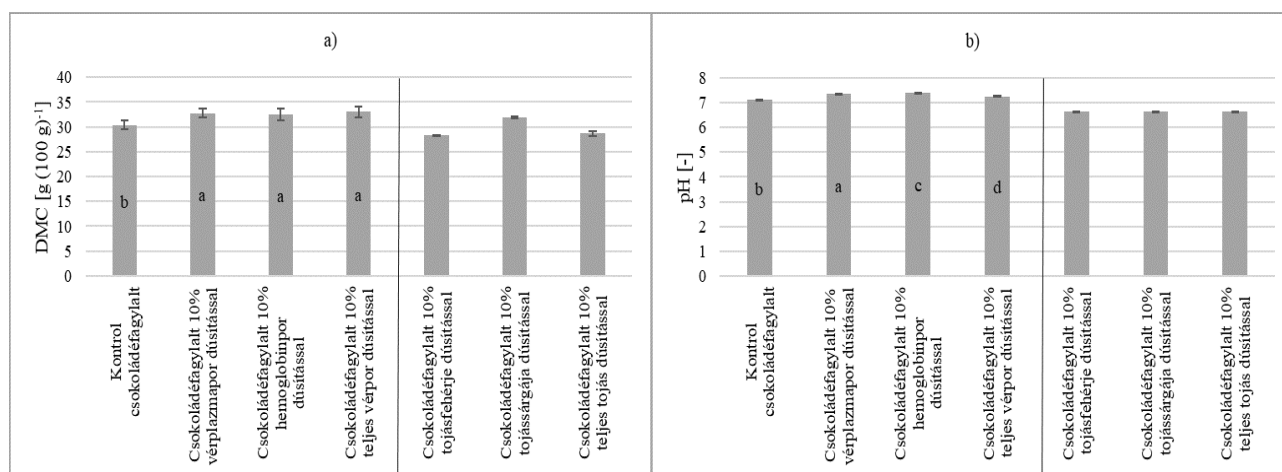
13. ábra: A különböző minőségű vértermékekkel dúsított fagyalt mix mintacsoportok szín paramétereinek összevetve a kontroll mintacsoporttal egy korábbi vizsgálatban dúsított fagyaltmix színméréseinek eredményeivel (Hidas et al., 2021): a) L* – világossági tényező [-]; b) a* – vörös-zöld színtényező [-]; c) b* – sárga-kék színtényező [-]; d) C* – színtelítettség [-] (Latin betűkkel jelöltem az egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben.)

Szín esetén a különböző mintacsoportok közötti különbségek az érzékszervileg nem érzékelhető típusú különbségek közé tartoztak, viszont ennek ellenére minden mért és számolt színtényező esetén voltak statisztikailag szignifikáns ($p=0,05$) különbségek a különböző mintacsoportok mért értékei között. A kíméletes hőkezelés is feketévé alakította a hem-pigmenteket, így a színérés során szignifikánsan ($p=0,05$) vörösebbnek bizonyult a hemoglobinos és a teljes vérporos fagyaltnál a kontroll és plazmaporos fagyalt. Lehetséges, hogy a szén-dioxiddal telített, kékes-lilás hem-pigmentek miatt voltak a hemoglobinos és teljes vérporos termékek kékebbek a kontroll és a plazmaporos fagyaltoknál. Viszont ebben az esetben feltételeznem kell, hogy a hemoglobin nem koagulálódott teljes mértékben. Mivel mindkét

szintényező esetén az abszolútértékben vett számértékek kisebbek voltak a hem-pigmentet tartalmazó vértermékekkel dúsított fagylaltoknál, a színtelíttség is szignifikánsan kisebb eredményt mutatott. A plazmaporos fagylaltok voltak a legvilágosabbak, ezt követték a kontroll fagylaltok, majd a teljes vérporos fagylaltok, a legsötétebbek pedig a hemoglobinpóros fagylaltok voltak. A kéméletes hőkezelés által koagulált hemoglobin fekete elszíneződése okozhatta a világossági tényezőben jól megfigyelhető, szignifikáns ($p=0,05$) különbségeket. A plazmapor fehérjei az állománystabilizáló extra kötések melletti habosító hatásuk révén valószínűleg levegőt is vittek a kolloid rendszerbe, amelynek köszönhető a plazmaporral dúsított fagylaltok esetén megfigyelt nagyobb világossági tényező. A habosabb, kis légbuborékokban gazdagabb fagylalt több fényt vert vissza. A színmérések eredményei a 13. ábrán láthatóak. A tojásporok hozzáadása minden esetben egy világosabb mintát eredményezett. Vörös-zöld és sárga-kék szintényezőjét, ezáltal színtelíttségét is tekintve a hem-vasat tartalmazó mintákra hasonlítottak jobban a tojásos minták. Meglepő eredmény, hogy a tojássárgája a színezőanyagának hatása nem mutatkozott meg jelentősen ebben a mátrixban, csak ha a tojásfehérje hatásával hasonlítjuk azt össze.

5.3.3.3. Szárazanyag-tartalom és pH eredmények

A szárazanyag-tartalomban várható eredményt mértem vissza, azaz hogy a kontrolltól szignifikánsan különböztek a dúsított fagylaltok, hiszen azokban nagyobb volt a szárazanyag-tartalom, révén kis nedvességtartalmú porokat adtam azokhoz. A szárazanyag-tartalom eredményeket a lentebb ismertetett pH eredményekkel együtt a 14. ábrán szemléltetem.



14. ábra: A különböző minőségű vértermékekkel dúsított fagylalt mix mintacsoportok szárazanyag-tartalma és pH-ja összevetve a kontroll mintacsoporttal egy korábbi vizsgálatban dúsított fagylaltmix vizsgálatainak eredményeivel (Hidas et al., 2021):

a) DMC – szárazanyag-tartalom [g (100 g)⁻¹]; b) pH [-] (Latin betűkkel jelöltem az egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben.)

A pH esetén látható, hogy bizonyos mintacsoportok pH-ja a többinél jobban az enyhén lúgos tartományba tolódott. A vérplazma foszfát-puffer rendszere, a vér albuminjainak enyhén lúgos kémhatása, valamint a hemoglobin pufferelő hatása megjelenik a fagylalt mintákban is. A kontroll mintacsoport volt a leginkább semleges-közeli, annál kissé lúgosabb volt a teljes vérporral dúsított mintacsoport, majd a hemoglobinnal dúsított fagylaltok következtek. A legkevésbé semleges pedig a plazmaporos mintacsoport volt. A különbség minden mintacsoport pH eredménye között szignifikáns ($p=0,05$) volt. A keménység esetén észlelhető volt a plazmafehérjék állományt keményítő hatása, hiszen a plazmaporral dúsított jégkrém volt a legkeményebb. Ez részben köszönhető annak is, hogy az enyhén lúgos pufferek a fehérjék (savas tartományban található) izoelektromos pontjától távolabb tolták a fagylaltmix pH-ját, így azok több vizet tudtak megkötni és erősebb kötéseket tudtak kialakítani. A tojás minden esetben bázikusabb volt a vérnél és tojáslevek kisebb szárazanyagtartalma is megmutatkozott az eredményekben.

5.3.3.4. Érzékszervi minősítés eredményei

Alapvetően elmondható, hogy egyik jellemzőben sem volt szignifikáns ($p=0,05$) különbség a 10 g (100 g)⁻¹ vértermékekkel dúsított jégkrémek és a kontroll mintacsoport között. Viszont az eredményekhez hozzáveszem a 15 g (100 g)⁻¹ vértermékekkel dúsított jégkrémeket is, már hatalmas, szignifikáns ($p=0,05$) különbség van minden vértermékkel dúsított jégkrém és a kontroll mintacsoport minden érzékszervi paramétere között a szín kivételével. Szín esetén még az utóbbi esetben sem volt szignifikáns különbség. Ez azt jelenti, hogy a kakaó jól elfedi a vér által okozott színváltozást. A leginkább szembetűnő különbség a plazmaporral 10 g (100 g)⁻¹ és 15 g (100 g)⁻¹ koncentrációban dúsított jégkrémek eredményeiben volt, amelyeknél a 10 g (100 g)⁻¹-ban dúsított jégkrém ízének kedveltsége, ha csak az átlagot nézzük, (nem a szignifikáns különbséget,) még jobban is kedvelték a fogyasztók a kontroll jégkrémnél, viszont a 15 g (100 g)⁻¹-ban dúsított jégkrém minden más mintacsoportnál is sokkal rosszabb eredményt mutatott: szinten minden bíráló 1-re pontozta. Ez valószínűleg a vérplazma nagy sótartalmával áll összefüggésben, amely jól látszik a sós íz intenzitásának objektív jelölésén is. Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a 10 g (100 g)⁻¹ vértermékekkel történő dúsítás fagylaltokban és jégkrémekben az érzékszervi jellemzők romlása nélkül alkalmas a tápérték növelésére, ezáltal a gyermekek számára is elfogadható formában a vashiány okozta vérszegénység megelőzésére és/vagy kezelésére alkalmas hem-vas bevitelére.

A vérplazmapor nem tartalmaz hem-vasat, viszont trend-értékűen (nem statisztikailag szignifikáns módon) 10 g (100 g)⁻¹ hozzáadása esetén javította a jégkrémek ízének kedveltségét és a csokoládé íz érzékelt intenzitását sótartalmának más ízekkel szinergens hatásának köszönhetően.

Ugyanakkor az eredményekből az is kiderül, hogy $10 \text{ g (100 g)}^{-1}$ körül található az a határérték is, amellyel még az érzékszervi jellemzők szignifikáns rontása nélkül hozzáadhatók a vértermékek, mivel $15 \text{ g (100 g)}^{-1}$ -os dúsítás esetén már minden vértermékkel dúsított jégkrém fogyasztói kedveltsége nagy mértékben romlott.

Az érzékszervi minősítés eredményeit tartalmazó táblázatot a VI. mellékletben csatoltam.

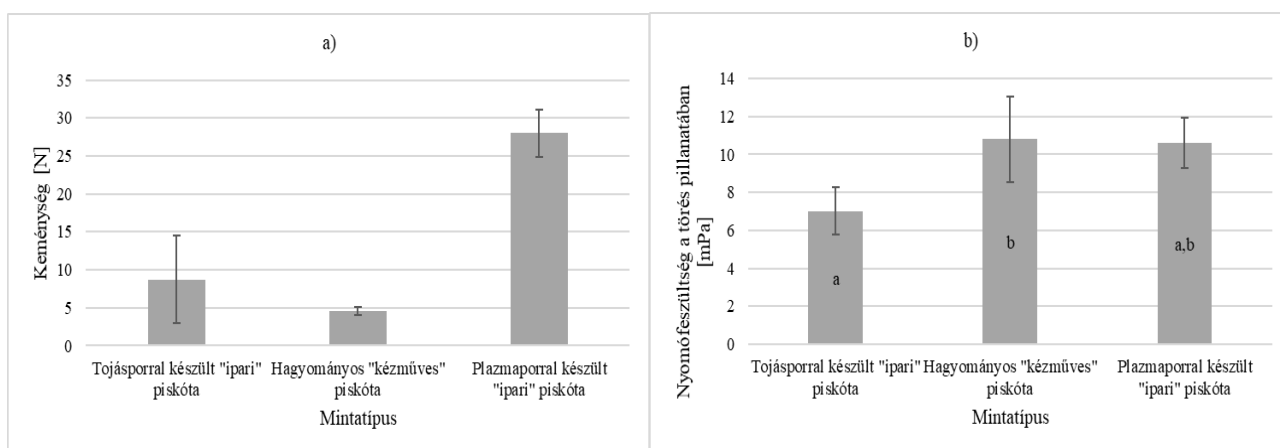
5.4. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata sütő- és édesipari termékekben

5.4.1. Tojás allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata

5.4.1.1. Állományvizsgálat eredményei

Három, különböző típusú („kézműves” – szétválasztva felkevert; teljes tojásos; „ipari” – tojásporos; plazmaporos – az iparival megegyező, viszont tojáspor helyett plazmaport tartalmazó) piskótát vizsgáltam. Alapvetően elmondható, hogy a piskóták állománya nem elég homogén, így nagyobb elemszámú mérés esetén is rengeteg kiugró pont és igen nagy standard deviáció jellemezte az alapsokaságot, főleg a hagyományosan készített piskótatészták esetén. Viszont mivel az ott eliminált mérési pontok miatt nagyon eltért volna a mintaelemszám a különböző mintatípusok mintacsoportjaiban, hasonlóképpen csökkenteni kellett a többi mintacsoport elemszámát is, azonban ez sem oldotta meg azt, hogy homogén eloszlású legyen a szórás. (A szórás-homogenitást vizsgáló próbák bizonytalansága miatt a standard deviációt pontosan nem ismertem, tehát a z-score módszert nem alkalmazhattam, viszont a t-score módszerrel elvesztettem volna a MANOVA elvégzéséhez szükséges varianciát. Emiatt inkább a nagyobb elemszámú mintacsoportokból átlagoltam egymás melletti mérési pontokat.)

A minták keménysége esetében az eredmények, amelyeket a 15./a ábrában mutattam be, statisztikailag szignifikáns konklúzió levonására nem adtak lehetőséget nagy szórásuk miatt, viszont egyértelmű trend fedezhető fel azokban. A plazmaport tartalmazó minták szignifikánsan nem különböztek a többi, tojásporos mintáktól, mivel statisztikailag nem lehetett az eredményeket megfelelően kiértékelni. Ugyanakkor az átlagokban nagyobb különbség figyelhető meg.

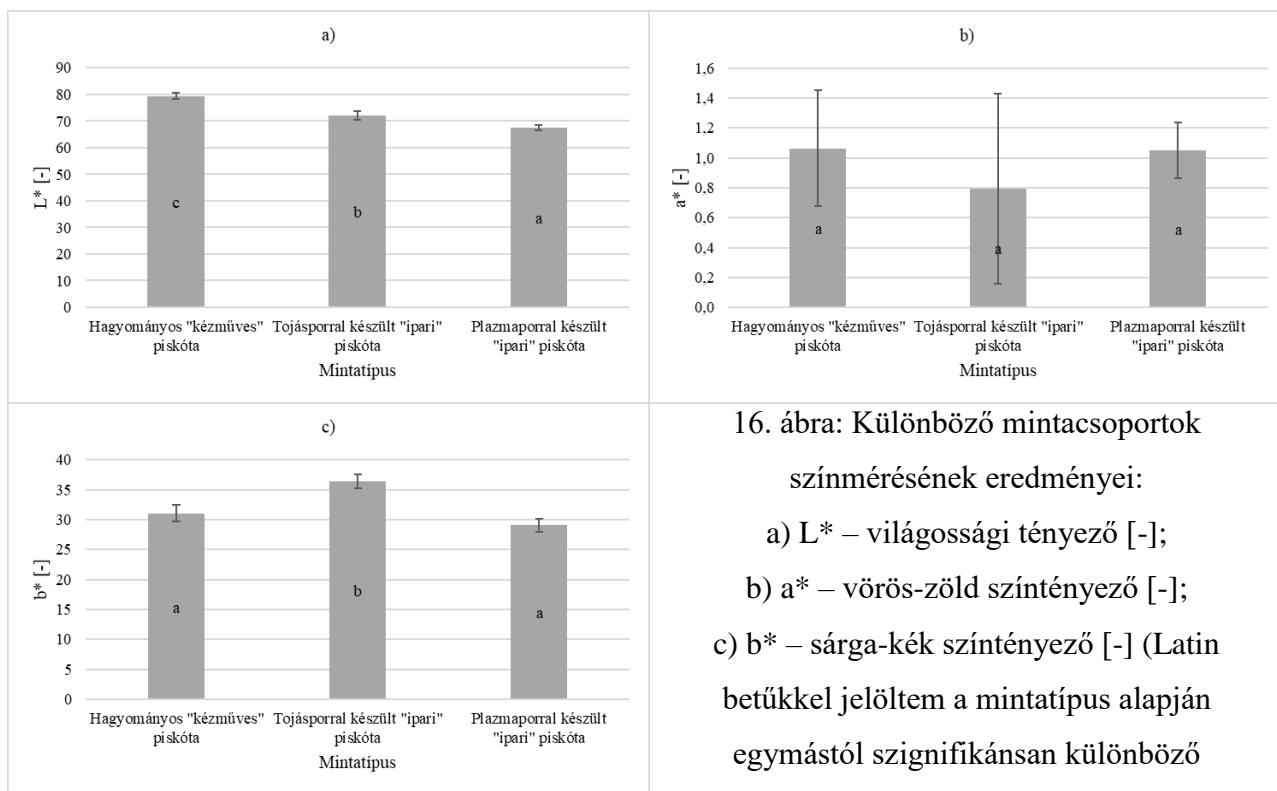


15. ábra: Különböző mintacsoportok állománymérésének eredményei: a.) keménység [N]; b) nyomófeszültség a törés pillanatában [mPa] (Latin betűkkel jelöltem a mintatípus alapján egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben a statisztikailag értékelhető esetben.)

A másik típusú állománymérés, a hárompontos törési teszt eredményei esetén sem találtam statisztikailag szignifikáns hatású paramétert. Azonban ha nem a törőerőt, hanem a törés pillanatában mért nyomófeszültséget vizsgáltam, mint függő változót, a mintatípus enyhén szignifikáns hatásúnak bizonyult (Wilks lambda: 0,427 $p < 0,001$). A tárolási idő (Wilks lambda: 0,776 $p < 0,001$), vagy a két faktor kölcsönhatása (Wilks lambda: 0,674 $p < 0,001$) így sem magyarázta megfelelő mértékben a függő változókat. A plazmaporral készült minták a törés pillanatában mért nyomófeszültség alapján egyik tojásos mintacsoporttól sem különültek el szignifikánsan, pont a két másik mintacsoport között helyezkedtek el, így részben mindkettőhöz hasonlóak voltak. A két tojásos mintacsoport viszont szignifikánsan különbözött egymástól. A törés pillanatában fellépő nyomófeszültség mértékét a 15./b ábrán ismertettem. Az ábrán nem jelenik meg a tárolási idő, mivel annak hatása igen kicsi volt a mért állomány jellemzőkre, illetve trendet sem tudtam megfigyelni a változásban. A különböző mintatípusok eredményei az összes tárolási nap eredményeinek átlagát tükrözik.

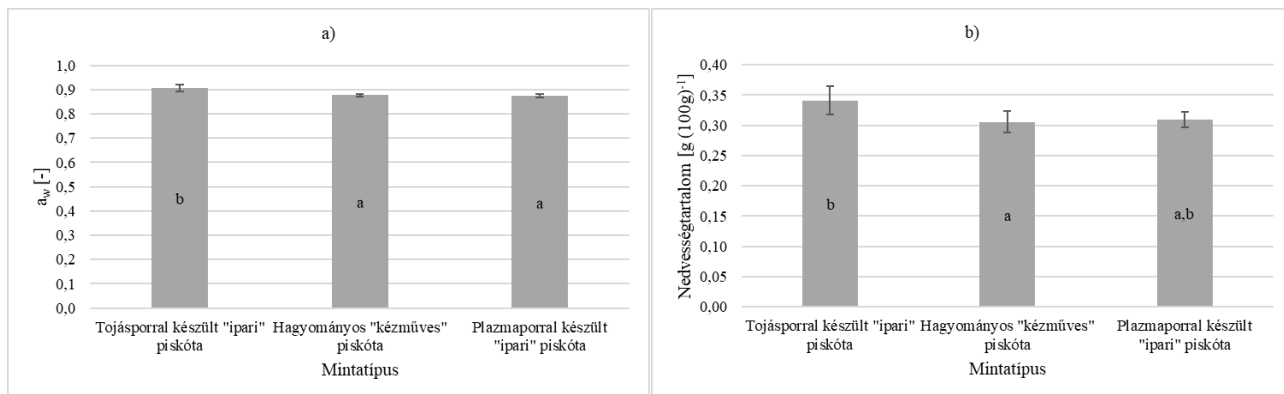
5.4.1.2. Színvizsgálat eredményei

A szín jellemzők tekintetében a különböző tárolási idejű mintacsoportok között nem volt szignifikáns különbség, viszont a mintatípusnak szignifikáns hatása volt (Wilks lambda: 0,014, $p < 0,001$) a mért színtényezőkre, köztük is leginkább a világossági tényezőre és a sárga-kék színtényezőre. A tárolási idő hatása (Wilks lambda: 0,824, $p = 0,65$), valamint két faktor kétirányú interakciója hatása (Wilks lambda: 0,674, $p = 0,694$) igen kis mértékben magyarázta csak a függő változók kimenetét, ráadásul nem is volt szignifikáns hatásúnak tekinthető. A vérplazmaporral készült minták voltak a legsötétebbek, a hagyományos piskóták pedig a legvilágosabbak. A sárga-kék színtényező esetében a vérplazmaporral készült piskótáknak volt a legkisebb, a tojásporral készült „ipari” piskótáknak pedig a legnagyobb értéke. Azonban az előző két színtényező esetében is a minták közötti nominális különbség nagyon kicsi, csak műszeresen érzékelhető volt. A különböző mintacsoportok vörös-zöld színtényezője nagyon hasonló volt, hiszen ilyen pigmentet egyik alapanyaggal sem vittem be a mintákba kimutatható mértékben. A különböző mintacsoportok szín attribútumainak értékei a 16. ábrán láthatóak. Mivel a tárolási idő hatása a minták színére elhanyagolható volt, nem ábrázoltam a különböző mérési napok eredményeit. Az ábrán látható értékek a különböző típusú mintacsoportok összes tárolási idejű mérésének átlag értékei. A fogyasztó, aki általában önmagában ítéli meg a mintákat, ezek alapján az eredmények alapján nem részesítené előnyben vagy hátrányban egy mintacsoportot sem pusztán a színe alapján.



16. ábra: Különböző mintacsoportok színmérésének eredményei:
 a) L^* – világossági tényező [-];
 b) a^* – vörös-zöld szintényező [-];
 c) b^* – sárga-kék szintényező [-] (Latin betűkkel jelöltem a mintatípus alapján egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben a statisztikailag értékelhető esetben.)

5.4.1.3. Vízáktívitás és szárazanyag-tartalom eredmények



17. ábra: Különböző mintacsoportok vízáktívitás- és nedvességtartalom-mérésének eredményei:
 a) a_w – vízáktívitás [-]; b) nedvességtartalom [g (100 g)⁻¹] (Latin betűkkel jelöltem a mintatípus alapján egymástól szignifikánsan különböző csoportokat várható értékük szerint növekvő sorrendben a statisztikailag értékelhető esetben.)

A minták vízáktívitása, amelyet a 17. ábrán mutatok be, a tárolás során viszonylag stabil volt. Emiatt ismételt az összes tárolási nap mérési eredményeinek átlagát ábrázoltam mintatípusonként. A legnagyobb változás a hagyományos „kézműves” piskótánál következett be. Ez a tendencia várható volt, hogy az a mintacsoport volt a leghabosabb szerkezetű, amely az

alapanyagokat a leginkább természetes formában tartalmazta. Ez az eredmény magyarázható azzal, hogy a koncentráció és porítás során bekövetkező fehérje-koaguláció valamelyest rontja a techno-funkciós tulajdonságokat. Így a friss tojásos piskóta szerkezete volt a legérzékenyebb a tárolás során fellépő változásokra is. A MANOVA szerint a sütés utáni tárolási idő nem volt szignifikáns hatású faktor, viszont a sütemény típusa már szignifikáns hatású faktornak (Wilks lambda: 0,453, $p=0,001$) bizonyult. A Tukey post hoc teszt két homogén csoportot tudott szignifikánsan ($p=0,05$) elkülöníteni: 1.) a hagyományos „kézműves” és a plazmaporral készült sütemények az első csoportba, 2.) a tojással készült sütemények pedig a második csoportba tartoztak. Tehát szabad víztartalmát tekintve a plazmaporos piskóta jobban hasonlított a „kézműves” tojásos piskótára, mint a hasonlóan ipari technológiával előállított tojásporosra. Valószínűleg ez azért van, mert ennek a két mintatípusnak volt habosabb a szerkezete, ezáltal sütés közben nagyobb felületen tudtak vizet leadni, száradni. Így szabad víztartalmuk, tehát vízáktívitásuk is kisebb lett a kevésbé habosabb szerkezetű „ipari” tojásporos mintánál.

A nedvességtartalom, amelyet a 17. ábra mutat be, szintén viszonylag stabil volt a mintáim esetében. A tárolási időt a MANOVA nem azonosította szignifikáns paraméterként. A piskóta típusa enyhén szignifikáns paraméter volt (Wilks lambda: 0,394, $p=0,001$). A Tukey post hoc teszt két csoportot tudott elkülöníteni szignifikánsan ($p=0,05$): 1.) a hagyományos „kézműves” piskótaminták és az „ipari” plazmaporral készült minták az első csoportba, 2.) a plazmaporral készült minták egy másik része (a minták inhomogenitásából fakadó szórás miatt) és az „ipari” tojással készült minták pedig a második csoportba tartoztak. Tehát a plazmaporral készült mintákat mindkét csoportba is sorolhatjuk, ha a teljes mintacsoportot nézzük. A nedvességtartalom eredménye, amelyet a szárazanyag-tartalomtól számoltam át nedvesség-tartalomra, nagy hasonlóságot mutat a vízáktívitás mérés eredményeivel hasonló okokból kifolyólag.

5.4.1.4. Érzékszervi minősítés eredményei

Az érzékszervi minősítés eredményei alapján minden sütemény elnyerte bizonyos fogyasztók kedveltségét. Bár az érzékszervi eredmények statisztikailag nem értékelhetők, a dúsított vörösáru jellegű termékek kedveltségi vizsgálatához hasonlóan itt is megvoltak azok a fogyasztók, akiknek a tojásporos, ipari technológiával előállított piskóta, és azok, akiknek a plazmaporos, ipari technológiával előállított piskóta ízlett jobban. Alapvetően többen szerették a plazmaporos piskóták érzékszervi jellemzőit. Természetesen a legtöbb fogyasztónak a „kézműves” piskóta érzékszervi állománya tetszett a legjobban, mivel az hasonlított a legjobban az otthon megszokott, emocionális okokból is vonzóbb sütemények piskótájához. Ugyanakkor ez sem volt általánosan igaz. Fontos megjegyezni, hogy a plazmapor só-tartalma több fogyasztónak

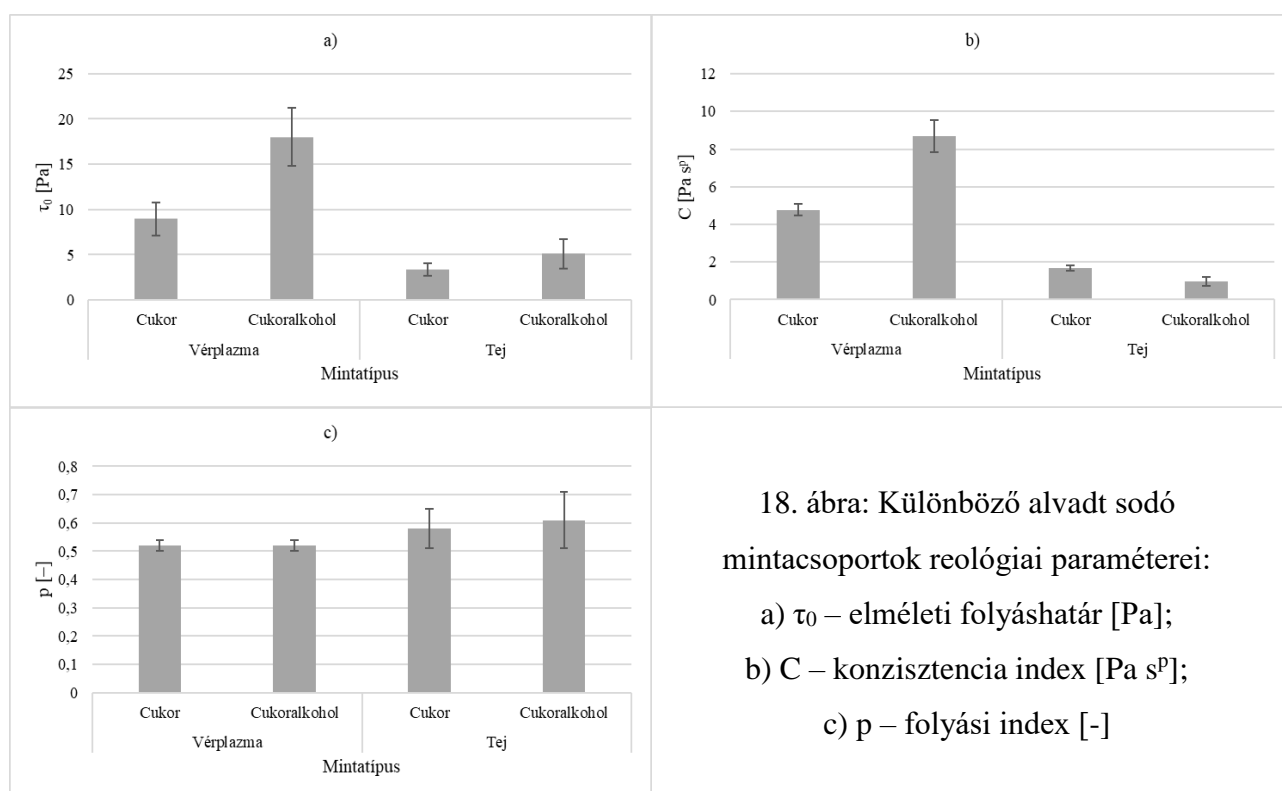
már sok volt, így a plazmapor ilyen célú alkalmazása esetén ajánlott sóatlanított plazmát alkalmazni. (Az itt ismertetett érzékszervi eredményeket nem ábrázoltam, mivel a nagy szórások, valamint az ábra, vagy táblázat klaszterekre bontható bírálótípusok miatt nem hordozott volna releváns információt.)

Alapvetően megállapítható volt, hogy a plazmapor alkalmas a tojáspor kiváltására, viszont ahhoz az általános ipari technológiától eltérő előállítási módszert kell alkalmazni, hogy a hagyományos módszerrel, friss tojásból kézzel készült piskóta állományával felvegye a versenyt a fogyasztók kedveltsége tekintetében. Fontos továbbá jól pozícionálni a terméket és olyan célcsoportnak ajánlani, amely számára előnyt jelent a kötöttebb, kissé keményebb, viszont jobban egyben maradó és nagyobb tömegű töltelék elbíró szerkezet. Emellett nem sóatlanított plazmapor alkalmazásakor fontos még a megfelelő íztársítás, mint például a sós karamellás ízesítés, hogy elfedje, vagy élvezhetővé tegye a bizonyos fogyasztók számára már túl sós alapízt.

5.4.2. Tej allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata

5.4.2.1. Állományvizsgálat eredményei

A sodóminták valamennyi csoportjának reológiai viselkedését két különböző mérésen keresztül vizsgáltam. Az első mérés során a kihülés során alvadt állományt és a felszínen lévő bőrt megtörtem. Ennek a mérésnek az eredménye a „májás” sodó állományt tükrözte. Ezután a különböző mintacsoportok mintáit még egyszer manuálisan is felkavartam, mint a habosított sodók esetén, viszont nem habosítottam fel, csak teljesen megtörtem az állományát, majd ismételtén megmértem a rotációs viszkoziméterrel. Ezáltal a dermedt sodó és a kevert sodó állapot is vizsgálhatóvá vált.

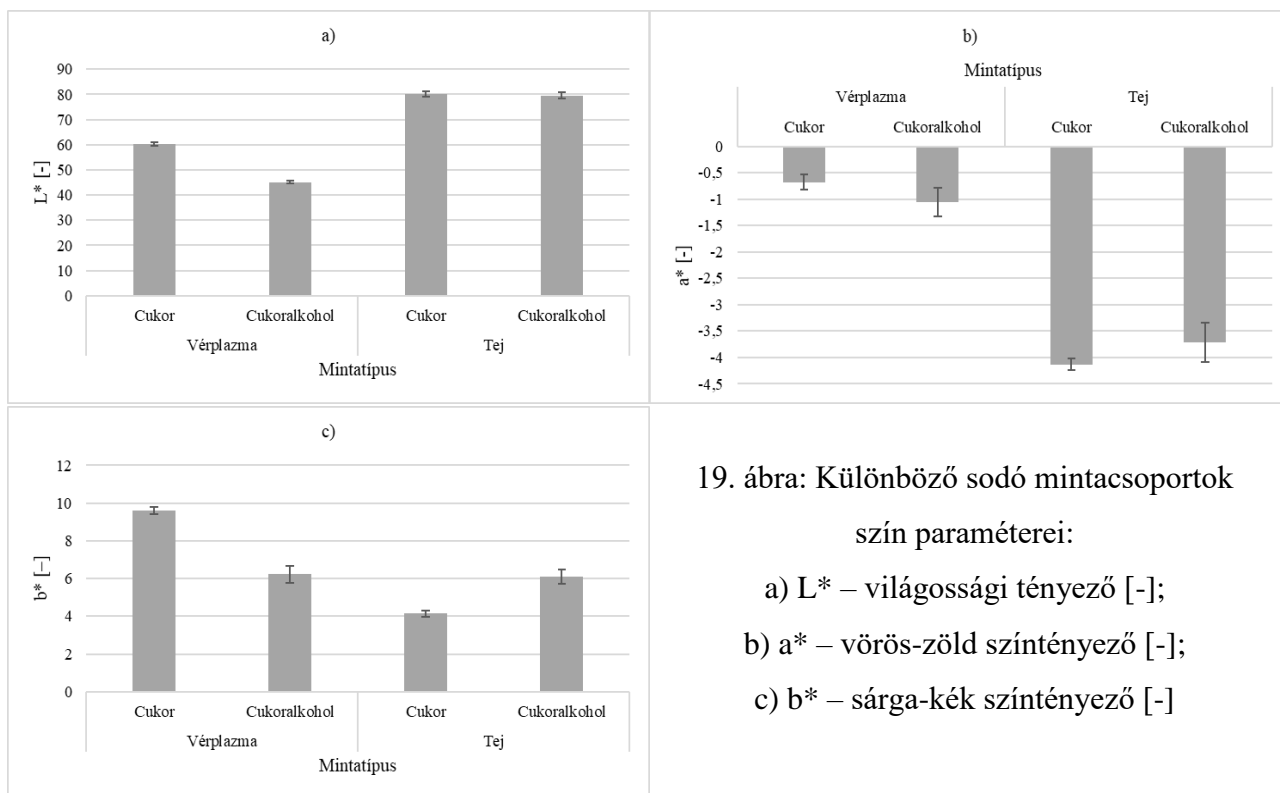


Az összesítő MANOVA eredménye alapján a fehérjealapanyag (Wilks lambda: 0,001, $p < 0,001$), az édesítőanyag (Wilks lambda: 0,001, $p < 0,001$) és a két faktor kétirányú interakciója (Wilks lambda: 0,004, $p < 0,001$) is szignifikáns és rendkívül erős hatást gyakorolt a dermedt sodó állományára. A kevert sodó esetében az összesítő MANOVA eredménye szintén szignifikáns hatású faktorként határozta meg mind a fehérjealapanyagot (Wilks lambda: 0,002, $p < 0,001$), mind az édesítőanyagot (Wilks lambda: 0,009, $p < 0,001$), mind a két faktor kölcsönhatását (Wilks lambda: 0,007, $p < 0,001$). Utóbbi esetben az látszott, hogy a fehérjealapanyag faktorszintje alapján jobban meg lehetett magyarázni a függő változókat, mint az édesítőanyag, vagy a két faktor interakciója alapján. A kevert sodók esetében a Wilks lambda értékei kissé magasabbak voltak, viszont ezek is a hatásokat jelezték. A reológiai paraméterek várható értékei a 18. ábrában láthatók.

A különböző mintacsoportok állományt meghatározó paraméterei eltérőek voltak, viszont ezt az I. mellékletben található érzékszervi vizsgálat a megfigyeléseim alapján (kis névleges különbségek) nem tudta biztonságosan kimutatni. A tejsodók reológiai paramétereinek eredményei és a folyásgörbéinek alakja hasonlóak voltak más szakirodalmi adatokhoz (González-Tomás et al., 2008; Vélez-Ruiz et al., 2005; Vélez-Ruiz et al., 2006). A vérplazmasodók folyásgörbéinek alakja és az azt meghatározó paraméterek is hasonlóak voltak a tejsodó mintákhoz nagyságrendileg és a folyási viselkedést leíró modell szintjén, viszont az elméleti folyáshatár és a konzisztencia index is a tejsodók esetén mért értékek többszöröse voltak. Így kijelenthetjük, hogy – bár a reológiai viselkedést és az érzékszervi tulajdonságokat nem befolyásolta – volt szignifikáns különbség ($p=0,05$) a különböző fehérjealapanyagot tartalmazó mintatípusok között. A vérplazma hődenaturációja során kialakított kötéseinek köszönhetően sokkal nehezebben folyt meg a szerkezete, ami a folyáshatár eredményben tükröződik. Emellett valószínűleg a cukor kolloidrendszerekre gyakorolt stabilizáló hatása miatt, a két különböző fehérjeforrást tartalmazó sodó reológiai paraméterei különböztek a különböző édesítőanyagok mellett is. Érdekes megfigyelés, hogy a cukor édesítőszerre történő cseréje ugyan kis mértékben, de pont az ellentétes irányba befolyásolta a két különböző fehérjeforrást tartalmazó sodó reológiai paramétereit és ezzel folyásgörbéinek görbületét.

5.4.2.2. Színvizsgálat eredményei

A különböző mintacsoportok színkoordinátái az origóhoz képest alapvetően hasonló irányúak, viszont egyértelműen megkülönböztethetőek volt. A különbség szabad szemmel is jól látható volt a színinger-különbségek alapján. A színparaméterek várható értékeit a 19. ábra, a színinger-különbségeket pedig a 19. táblázat tartalmazza. Az általam előállított tejsodók világossági tényezője és vörös-zöld színtényezője hasonló volt más, korábbi vizsgálatok eredményeihez (Salami et al., 2019; Tárrega et al., 2004), viszont a vérplazmasodó minták színüket tekintve eltérőek voltak szakirodalmi adatoktól és a saját tejsodó mintáimtól is: sötétebb, sárgább és kis mértékben, de egyértelműen kevésbé a zöld felé tolódó színűek voltak. A szemmel látható különbség inkább a nagyobb mértékben megváltozott világossági tényezővel függ össze, meg, amely valószínűleg a vérfehérjék vízkötőképességével magyarázható. A fehérjék több vizet kötnek meg és térhálós kötéseket alakítanak ki koagulált állapotban, így több fényt nyelnek el, kevesebbet vernek vissza. Ez reflexiós színmérés esetén mérhető sötétedést mutat a plazmával történő alapanyagcsere hatására.



19. ábra: Különböző sodó mintacsoportok szín paramétereit:

a) L* – világossági tényező [-];

b) a* – vörös-zöld szintényező [-];

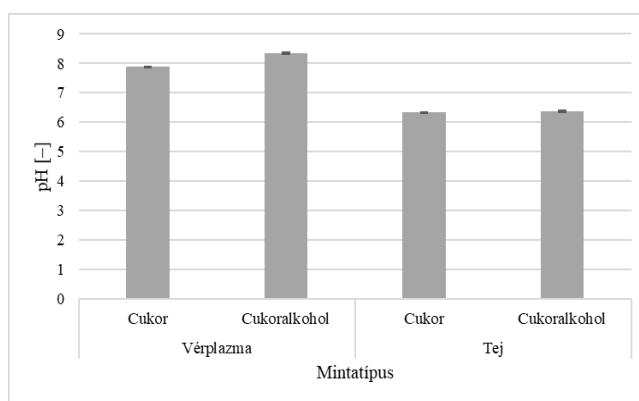
c) b* – sárga-kék szintényező [-]

19. táblázat: Különböző sodó mintacsoportok között kimutatott színingerkülönbség [-] (A sötétebb háttérű cella nagyobb színinger-különbséget jelent a mátrix két tengelyén található mintacsoport között.)

	Tejjel és cukorral készült vaníliásodó	Tejjel és cukoralkohollal készült vaníliásodó	Vérplazmával és cukorral készült vaníliásodó	Vérplazmával és cukoralkohollal készült vaníliásodó
Tejjel és cukorral készült vaníliásodó	0,00	2,06	20,90	35,25
Tejjel és cukoralkohollal készült vaníliásodó	2,06	0,00	19,92	34,64
Vérplazmával és cukorral készült vaníliásodó	20,90	19,92	0,00	15,55
Vérplazmával és cukoralkohollal készült vaníliásodó	35,25	34,64	15,55	0,00

5.4.2.3. Szárazanyag-tartalom, vízkaktivitás és pH eredmények

A pH-érték általában hatással van az élelmiszerek állományára, mivel a fehérjék víztartó képessége és környezetük pH-jának az izoelektromos ponttól való távolsága között szoros összefüggés van. Emiatt a minták pH értékét is figyelembe kell venni a megfelelő konklúziók levonásához. A különböző mintacsoportok mérési eredményei szignifikánsan ($p=0,05$) különböztek egymástól. Ezt a plazmafehérjék és a cukoralkoholok lúgos kémhatása okozta. A tejfehérjék és a cukor közel sem vett részt olyan mértékben a sodók kémhatásának kialakításában, mint a két faktor másik két szintjét jelentő összetevő. A 20. ábrán láthatóak a különböző mintacsoportok pH eredményei. A tejsodók pH eredményei hasonlóak voltak a szakirodalomban fellelhető adatokhoz, tehát a kísérleteim kontroll mintái, azaz viszonyítási alapjai megfelelőek voltak (Bassen et al., 1989; Kebede & Ashenafi, 2010; Park et al., 2017).



20. ábra: Különböző sodó mintacsoportok pH eredményei

5.4.2.4. Érzékszervi minősítés eredményei

Bár statisztikailag nem bizonyítható, a pontozás átlagait tekintve inkább a cukorral édesített tejsodó volt a fogyasztók kedvence. Ezután jött az édesítőszeres tejsodó, majd egymással szinte azonos pontokkal a két plazmasodó. A plazmapor sótartalma által okozott sós mellékíz a natúr sodókban sokkal jobban érvényesült. Bár a szórás igen nagy volt, szinte minden fogyasztó valamennyire rosszabbra értékelte a plazmás mintákat a tejes mintáknál, illetve ugyanezt az átlagok közti különbséget tapasztaltam a különböző édesítőanyaggal készült sodók esetén is: a cukros minták valamennyire jobban szerepeltek a cukoralkoholos mintáknál. A különbségek statisztikailag nem megerősíthetők, viszont erősen trendértékűek: egy irányba mutatnak. A szabad szavas megjegyzéseket vizsgálva szintén az állapítható meg, hogy a plazmás minták sósabbak voltak, és a sodó esetén ez nem egy kívánatos tulajdonság. (Érdekességképpen szeretném

megjegyezni, hogy volt olyan bíráló, akinek ez tetszett, viszont inkább „kiugró pont”-nak nevezném, mint külön klaszternek.)

Az érzékszervi vizsgálat konklúziójaként azt a megállapítást vontam le, hogy a korábbi, más típusú élelmiszermintákon elvégzett kedveltségi vizsgálatokkal ellentétben egyedül a sodók esetén nem alkalmas önmagában az állati vérplazma az itt célzott összetevő, azaz a tejallergén kiváltására. Mindenképpen sóalanított plazmát kell felhasználni sodók és ahhoz hasonló más édes, keményítő texturizáló tulajdonsága által kialakított mátrixok esetén. Itt is érdemes lehet próbálkozni a sós ízt elfedő, vagy azzal élvezhető ízesítéssel. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a fogyasztók preferenciáját ebben az esetben sokkal jobban befolyásolta a plazma sós íze a piskóta-félék esetében tapasztaltaknál.

6. Következtetések és javaslatok

Az élelmiszeripar fenntarthatóságának és húsipar versenyképességének biztosítása érdekében minél nagyobb mennyiségű állati eredetű mellékterméket – azok között különösen az emlősállatok vérét –hasznosítani kell emelt hozzáadott értékkel a jellemzőbb, pazarló ártalmatlanítás és/vagy igen korlátozott állati melléktermékekre jogszabályi előírás szerint végzett más típusú felhasználás helyett. Az élelmiszeripari hasznosítás megoldást jelenthet olyan problémákra is, mint a népesség jelentős részét érintő vashiány okozta vérszegénység, vagy a fehérjehiány. Doktori disszertációmban bemutatott eredményeim egyértelműen mutatják, hogy a vér és megfelelőképpen elkülönített és kezelt frakciói alkalmasak élelmiszer-összetevőként történő alkalmazásra. Így az élelmiszerek táplálkozás-élettani tulajdonságainak fejlesztésére is lehetőséget adnak a megfelelő alkalmazás mellett az értékszervi jellemzők negatív irányba történő változtatása nélkül. A teljes vérből első lépésként a legkisebb ráfordítással két fő frakció különíthető el: a plazma és a sűrűvér frakció. A plazma jó fehérjeforrás, hidegkötő, gélképző, habosító és szilárdító, viszont a vér szeparálásából közvetlenül nyert plazma sótartalma nagy, amellyel számolni kell, mert hatása van a techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságokra is. A sűrűvér kitűnő vas- és jó fehérjeforrás, viszont éppen vastartalma miatt kezeléstől függően erős fekete, vagy vörös színt és fémes, véres ízt ad a termékeknek, ha nem megfelelően alkalmazzák.

A nyersvér feldolgozás-technológiájában doktori disszertációban két javaslatot tettem. Elsőként a véralvadásgátlás folyamatában javasoltam az [ipari gyakorlat alapján teljes tömegre vonatkoztatva 10 g (100 g)⁻¹-ban bevitt 0,24 g (100 g)⁻¹ koncentrációjú] oldat helyett száraz trinátrium-citrátpor alkalmazását. A vér víztartalmát a jobb felhasználás és tartósítás érdekében el kell távolítani. A víz eltávolítása előtt azonban a vérhez élelmiszeripari felhasználásra alkalmas véralvadásgátlót kell adagolni, hogy megőrizzük számunkra előnyös tulajdonságait. Az emlősállatok vérenek és vérfrakcióinak vízelvonását (membránkoncentráció, porlasztva szárítás, liofilezés...) olcsóbbá és gyorsabbá tehetjük, valamint a vízelvonásig történő eljutásának és tárolásának hatékonyságát is növelhetjük, ha nem adunk hozzá még pluszban vizet a véralvadásgátlás során. 0,48 g (100 g)⁻¹ trinátrium-citrátpor már alkalmas volt a vér főtömegében a véralvadás gátlására, viszont az álló anyag tetején egy megalvadt hárttyát figyeltem meg még ebben az esetben. A legkisebb nátrium-citrát-tartalom, amely egy napig képes gátolni a véralvadást, 2,4 g (100 g)⁻¹ kutatási eredményeim szerint.

A második, előkezeléshez és nyersvér feldolgozáshoz köthető javaslatom a membránszeparáció fejlesztése. Bár a centrifugális szétválasztás terjedt el leginkább, lehetséges olyan volumen, ahol a membránszűrés alkalmazása hatékonyabb, illetve vértermékek szempontjából is előnyösebb lehet. Utóbbinak az az oka, hogy sokkal jobban szabályozható a

kutatásaim eredményei alapján javasolt szűrési paraméterekkel a kitermelt vértermékek minősége. Megállapítottam, hogy sertésvér esetén a kitermelt vértermékek minőségét a transzmembrán nyomáskülönbség, a membrán pórusméret és a retentátum térfogatáram is szignifikánsan befolyásolja. Ugyanakkor a szűrés hatékonyságát csak a transzmembrán nyomáskülönbség és a membrán pórusméret befolyásolta szignifikánsan, ami azt jelenti, hogy a retentátum térfogatáramot szabadon változtathatjuk anélkül, hogy befolyásolnánk vele a hatékonyságot. A sertésvér mikroszűrésére szakirodalomból nyert információk és saját kísérleti tervem alapján nyert és elemzett eredményeim birtokában modellt építettem a hatékonyságot leginkább kifejező membránra rakódó gélréteg visszatartásának függvényére. A célfüggvény paramétereit és a hatásméreteket megbecsültem és sikeresen meghatároztam a célfüggvény globális minimumát, azaz a sertésvér mikroszűrésének optimumát. Az optimális hatékonyság a kísérletekben használt legkisebb transzmembrán nyomáskülönbség és a legnagyobb membrán pórusméret mellett volt tapasztalható. A vértermékek minősége szempontjából, ha a legtisztább plazmát és a legkoncentráltabb sűrűvért szeretnénk kinyerni, az optimum a 2×10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbség, 200 l h^{-1} retentátum térfogatáram és $1,2 \text{ }\mu\text{m}$ membrán pórusméret esetén figyelhető meg, viszont közeli faktorszinteken is optimum-közeli állapot tapasztalható. Ugyanezzel a módszertannal más állatfajok, vagy más szűrőrendszer is tesztelhető, optimálható.

Élelmiszerek dúsítása esetén egyértelmű, hogy a különböző típusú és mennyiségű vérkészítmények szignifikáns hatást gyakoroltak a húspépből készült termékek technofunkcionális és műszeresen mért érzékszervi tulajdonságaira. A húspépből alapú készítmények minősége javítható a vér albuminfehérjéinek állományjellemzőkre gyakorolt hatása révén. A plazma, azaz a véralbuminok hozzáadásával a közönséges vörösárúknál keményebb, jobban rágható és könnyebben szeletelhető húskészítményt lehet fejleszteni. Az így kialakított textúra mikroszerkezetén SEM segítségével is megfigyelhetők és bemutatathatók a változások. A termékfejlesztés során fontos azonban figyelembe venni a vérplazmapor sótartalmát, mert a nagy sótartalom nemkívánatos hatást okozhat a táplálkozás-élettani és érzékszervi tulajdonságokban. A hemoglobin segíthet funkcionális húskészítmények kifejlesztésében, amelyeknek szerepe lehet a vashiány okozta vérszegénység megelőzésében és kezelésében és sportolók étrendjének összeállításában. Ezen felül ez a vastartalmú fehérje jó színezőanyag, segít a sötétebb szín kialakításában azoknál a termékeknél, amelyeknél a fogyasztók előnyben részesítik a mélyebb, sötétebb árnyalatot. A különböző típusú és mennyiségű vérkészítményekkel való dúsítás okozta különböző színváltozások fontosak lehetnek a fogyasztók számára mind pozitív, mind negatív preconcepcióik miatt. A legfeljebb 5 g (100 g)^{-1} arányban hozzáadott teljes vérpor és hemoglobinpor nem tette kellemetlenül feketévé a termékeket, inkább mélyebb és fogyasztók

számára kívánatos sötétebb színt alakított ki. Emellett a vérporok hozzáadásával a termékek keményebbek is lettek. A keményebb és sötétebb termék bizonyos fogyasztók esetén jobb minőséget sugall, amelyet az érzékszervi vizsgálat is megerősített. A fenntarthatósági és minőségi szempontok mellett a vér felhasználás a húspépből készült termékeknél a főzési veszteség csökkenése és a víztartó képesség növekedése révén gazdasági előnyt is jelent.

Porított vértermékeket kakaós piskótatészta süteményekhez is adagoltam tojás helyettesítés céljából. A tojással és vérkészítményekkel készült piskóták különbség közötti techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságokban mérhető és érzékelhető. A termék egyes minőségi jellemzői javultak a vérporok hozzáadásának hatására, ezen felül a tojás kiváltása is sok fogyasztó számára előnyt jelent. A javuló tulajdonságokra jó példa, hogy a tojás helyett teljes vérporral és hemoglobinnal készült sütemények állománya keményebb és rághatóbb volt, valamint a színük sötétebb és telítettebb volt, mint a tojással készült piskótáknál. A sötétebb és telítettebb szín miatt a fogyasztókban az az érzet keletkezett, mintha az azok a minták több kakaót tartalmaztak volna. A vérplazmával készült piskóták jobban hasonlítottak a tojással készült közönséges piskótákhoz, köszönhetően a hasonló albumin-tartalomnak és annak, hogy nem tartalmaztak hem-vasat. A szárazanyag-tartalom és a vízaktivitás minden mintacsoportban kívánatos szinten volt. A száradás és a kolloidszerkezet változása miatt a háromnapos normál körülmények közt történt tárolás során valamennyi mintacsoport keményebbé és rághatóbbá vált. Ez a változás azonban olyan kicsi volt, hogy csak műszeres méréssel volt megállapítható, és a termék végső minőségét nem befolyásolta. A tojással és különböző vérporokkal készült piskóták textúrája és érzékszervi tulajdonságai közötti különbségeket a nem képzett paneltagok (fogyasztók) nem, vagy csak alig tudták észre venni. Érdekes megfigyelés volt a különbözőképpen megszínezett, minden más szempontból azonos minták érzékszervi vizsgálata. A képzetlen bírálók a két, azonos összetevőket tartalmazó mintacsoport esetében az eltérő megjelenésen alapuló eltérő előítéletük miatt a színen felül a két minta többi tulajdonságát is másnak, egymástól eltérőnek érzékelték. Az összes tulajdonságot tekintve nem volt legjobb sütemény, hanem csak a célnak jobban megfelelő sütemények. Ha a cél a tojás helyettesítése a legkisebb szín- és állagváltozással, akkor a vizsgálat eredményei alapján a legjobb választás a vérplazma. De a színezési kérdések mellett a tojás helyettesíthető teljes vérporral és hemoglobinnal is, mert a fogyasztók nem érznek különbséget a különböző sütemények között. Ha a cél keményebb, kevésbé törékeny sütemény kifejlesztése, amely több töltelékkel is elvisel, vagy durvább kezelést is kibír, akkor a legjobb választás a hemoglobinnal készült sütemény lenne. A teljes vér és a hemoglobin süteményekben és édességekben a gyermekek által elfogadható, így a vashiány okozta vérszegénység megelőzésének és kezelésének témájában eredményeim fontos információt

szolgáltathatnak. A keményebb, kevésbé törekeny piskóta pedig a gyermekeknek szánt desszertek készítése esetén különleges formázást is bírhat.

Kétségtelen, hogy a fagyalt nagyon népszerű tejkészítmény, amely tökéletes mátrix lehet a különböző, nagy biológiai értékű állati eredetű termékek és melléktermékek hasznosítására és terméktulajdonságokra kifejtett hatásának vizsgálatára. Emellett a gyerekek ezt az élelmiszert előnyben részesítik, így elfogadhatóbb lehet számukra az abban felhasznált állati eredetű melléktermék is, ha annak pozitív tulajdonságait emelik ki. $10 \text{ g (100 g)}^{-1}$ koncentrációban történő dúsítás esetén a teljes vérpor és a hemoglobinpórá jelentősen megnöveli a csokoládéfagyaltok vastartalmát, viszont ebben a koncentrációban a kakaó elfedi a vasízt, és a színét sem befolyásolja a hőokoagulált hemoglobin. Ugyanebben a koncentrációban a vérplazmapórá azonban éppen előnytelen nagy sótartalma miatt alkalmas az érzékszervi tulajdonságok megváltoztatására. Ez bizonyos fogyasztók szerint pozitív irányba befolyásolta az ízt, viszont az érzékszervi minősítés alapján a fogyasztók nagy része nem értékelte pozitívan a plazmapórá hatását. Ennek ellenére levonható az a következtetés, hogy a megfelelően kiválasztott célcsoport számára egy emelt fehérjetartalmú, ízesebb fagyalt készíthető vérplazma hozzáadásával. A vérplazmapórá fagyaltba történő adagolása inkább a keményre fagyaszott állapotban, a jégkrémek esetében lehet jelentős az állományt keményítő hatása miatt.

Az allergénkiváltás témájával mélyrehatóbban is foglalkoztam. A cél minden esetben az volt, hogy a jelenlegi ismereteink szerint hipoallergén állati vérrel, helyettesítsek egy allergén élelmiszer-összetevőt. Eredményeim alapján az allergén tojáspórá helyettesíthető vérplazmapórával piskótatészta süteményben, viszont az összetevő megváltoztatása hatással van a termék néhány tulajdonságára. Amikor a különböző süteménytípusok műszeresen mért érzékszervi tulajdonságait hasonlítottam össze, a vérplazmapórával készült süteményeket keményebbnek és szilárdabbnak értékelték a tojáspórá piskótáknál. Ezek a tulajdonságok alkalmasabbá tehetik a vérplazmával készült piskótákat olyan speciális területeken, mint például sütéményszobrászat, vagy keményebb sütemények előállítására, amelyek nagyobb töltelékterhelést bírnak el, illetve a kereskedelemben és az ellátási láncban durvább kezelést is kibírnak. A vérplazmapórával készült piskóták színe jelentősen különbözött a hagyományos és ipari technológiával készült, tojáspórá mintacsoportoktól, de ez nominális különbségben nézve nem volt nagy: a minták emberi szemmel nézve viszonylag hasonlóak voltak. A vízáktivitás a kritikus 0,86-os érték közelében maradt, ami a legalacsonyabb vízáaktivitási érték, ahol a humánpatogén mikroorganizmusok (koaguláz pozitív *Staphylococcus aureus*) toxinokat tudnak termelni (Deák et al., 2006). A nedvességtartalom is a kívánatos szinten maradt. Fogyasztói érzékszervi vizsgálata alapján is megfelelőek voltak a tojáspórá nélkül előállított minták. A tojás allergén kiváltását célzó termékfejlesztés sikeres volt.

A tejfehérje, mint allergén összetevő kiváltásának lehetőségeit sodó mátrixban vizsgáltam. Ebben az esetben a vérplazma tej helyett történő alkalmazása szignifikáns változást okozott a műszeresen mért érzékszervi és technofunkciós tulajdonságokban, amelyet az érzékszervi vizsgálat is megerősített. A felhasznált fehérjeforrás, valamint az édesítőszer meghatározta a végtermék színét, pH-ját és állományát. Az okozott színváltozás szabad szemmel is jól látható, az ízváltozás pedig érzékszervileg érezhető volt. Ugyanakkor mivel minden minta majdnem fehér, a tejsodók íze pedig eléggé natúr volt, más ízesítő és/vagy színezőanyag elfedheti ezt a változást. Az eredmények alapján egy fontos javaslatot emelek ki a tejfehérje vérplazmafehérjével történő helyettesítésére: a felhasznált plazmakoncentrátumnak vagy plazmapornak csökkentett sótartalmúnak kell lennie, mivel a vér sótartalma nagy, és a plazmafrakcióban koncentrálnak. Ez jelentős ízváltozást okoz.

7. Új tudományos eredmények

1. Megállapítottam, hogy $2,4 \text{ g (100 g)}^{-1}$ koncentrációban kristályos trinátrium-citrát sertésvérbe történő adagolása a véralvadást megakadályozza. $0,48 \text{ g (100 g)}^{-1}$ koncentráció is véralvadásgátló hatást fejt ki, viszont amellet egy felületi hártya jön létre. Ez a típusú véralvadásgátlás gyorsabb és olcsóbb nyersvérfeldolgozási folyamatot tesz lehetővé.

Publikálva: Csurka, T., Pásztor-Huszár, K., Tóth, A., Pintér, R., Friedrich, L. F. (2020): Investigation of the effect of trisodium-citrate on blood coagulation by viscometric approach. In: *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 16 (S2) 19-26. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2020.20003> [Q3; cit/doc(2019-2020): 0,696]

2. Célfüggvényt határoztam meg a membránszeparálás optimalására, mellyel megbecsültem membránszűrés globális optimumát, amely a 10^5 Pa transzmembrán nyomáskülönbségnél és $1,2 \text{ }\mu\text{m}$ membrán pórusméretnél található bármilyen retentátum térfogatáram mellett. A vértermékek szárazanyag-tartalom különbsége szempontjából az optimum a $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ transzmembrán nyomáskülönbség, $1,2 \text{ }\mu\text{m}$ membrán pórusméret és 200 l h^{-1} retentátum térfogatáram esetén figyelhető meg az alkalmazott faktorszintek között.

Publikálva: Csurka, T., Varga, Á., Ladányi, M., Friedrich, L. F., Pásztor-Huszár K. (2022): Membrane separation of porcine blood for food industrial use of permeate and retentate. In: *Journal of Food and Nutrition Research*, Published online 18 July 2022 (Elérhető: <https://www.vup.sk/en/index.php?mainID=2&navID=34&version=2&volume=0&article=2274>) [Q3; cit/doc(2020-2021): 1,250]

3. Teljes vérpor és vérplazmapor vörösárukhöz történő 5 g (100 g)^{-1} koncentráció feletti hozzáadásával az alkalmazott receptúrával előállított, párhuzamos gyártások alapján átlagosan 14%-kal keményebb, 18%-kal jobban rágható, 15%-kal nagyobb vágási erőt igénylő terméket kapunk. 3 g (100 g)^{-1} és annál kisebb koncentrációban adagolás mellett a vérporok az állományban szignifikáns változást nem okoznak. $10 \text{ g (100 g)}^{-1}$ vérplazmapor hozzáadása átlagosan 92%-kal növeli a keménységet és 123%-kal a ráhatóságot, $15 \text{ g (100 g)}^{-1}$ pedig átlagosan 123%-kal és 177%-kal a növeli azokat a kontroll vörösáruhoz képest. A teljes vérporral és hemoglobinnal történő dúsítás esetén a világossági tényező 1 g (100 g)^{-1} , 3 g (100 g)^{-1} és 5 g (100 g)^{-1} koncentrációban történő dúsítás esetén az átlagosan 35%-kal, 50%-kal és 56%-kal, hiperbolikus trend mentén csökkent.

Publikálva (1): Csurka, T., Pásztor-Huszár, K., Friedrich, L. F. (2022) Comparison of products made of meat batter with different type and quantity of blood products. In: *Journal of Food and Nutrition Research*, megjelenés alatt [Q3; cit/doc(2020-2021): 1,250]

Publikálva (2): Csurka, T., Tóth, A., Friedrich, L. F., Pásztor-Huszár, K. (2022): Comparison of products made of meat batter with different quality and quantity of blood products based on their techno-functional attributes. In: *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 39 160-168. p. (Elérhető: <https://keypublishing.org/jhed/jhed-volumes/jhed-volume-39-fpp-12-tamas-csurka-adrienn-toth-ferenc-laszlo-friedrich-klara-pasztor-huszar-2022-comparison-of-products-made-of-meat-batter-with-different-quality-and-quantity-of-blood/>) [Q4; cit/doc(2020-2021): 0, 438]

4. Vérpor, hemoglobinpor és plazmapor helyettesíti a tojásport kakaós piskóták állományának kialakításában, ha receptúrában szereplő tojáspor (3%) fehérjetartalmával ekvivalens fehérjetartalmú adagolás történik. A teljes vérpor (1,5%) és hemoglobinpor (1,5%) emellett csökkenti a piskóták világossági tényezőjének értékét. A tojás plazmaporral (1,9%) történő kiváltása nem okoz színváltozást.

Publikálva: Csurka, T., Varga-Tóth, A., Kühn, D., Hitka, G., Badak-Kerti, K., Alpár, B., Surányi, J., Friedrich, L. F., Pásztor-Huszár, K. (2022): Comparison of Techno-functional and Sensory Properties of Sponge Cakes Made with Egg Powder and Different Quality of Powdered Blood Products for Substituting Egg Allergen and Developing Functional Food. In: *Frontiers in Nutrition*, 9:979594. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.979594> [Q1; cit/doc(2020-2021): 6,008]

5. A tojáspor piskótatészta süteményekben (13,2%) helyettesíthető a fehérjetartalmával azonos fehérjetartalmú (8,4%) vérplazmaporral. Az így előállított termék keménysége az alkalmazott receptúrával előállított, párhuzamos gyártások alapján átlagosan 222%-kal, az eltöréséhez szükséges nyomófeszültség átlagosan 51%-kal megnő.

Publikálva: Csurka, T., Szücs, F., Csehi, B., Friedrich, L. F., Pásztor-Huszár, K. (2021): Analysis of several techno-functional and sensory attributes upon egg allergen ingredient substitution by blood plasma powder in sponge cake. In: *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 17 (S1, 87-98. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2021.30011>) [Q4; cit/doc(2020-2021): 0,435]

6. Az állománykialakító hatás tekintetében a tejsodóban a tej helyettesíthető azzal azonos fehérjetartalmúra hígított vérplazmaporral. A tejsodó és plazmasodó reológiai viselkedést ugyanaz a reológiai modell írja le, bár reológiai konstansaik szignifikánsan különböznek. Édesítőanyagként cukor és cukoralkohol adagolásának hatására egymással ellentétes módon, szignifikánsan változott a tej- és plazmasodó állománya. A tej- és a plazmasodó színe és pH-ja szignifikáns különbséget mutat.

Publikálva: Csurka, T., Szücs, F., Csehi, B., Friedrich, L. F., Pásztor-Huszár, K. (2021): Substitution of milk allergen ingredient by blood plasma powder in custard with different sweeteners. In: *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 17 (S1) 77-85. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2021.30010> [Q4; cit/doc(2020-2021): 0,435]

Egyéb, doktori disszertáció témához nem kötődő tudományos folyóirat cikk társszerzőség:

- Csurka, T., Pásztor-Huszár, K., Tóth, A., Friedrich, L. F., Németh, Cs. (2021): Animal blood, as a safe and valuable resource. In: *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 35 41-47. p. (Elérhető: <https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2021/08/01.-Full-paper-Tamas-Csurka.pdf>) [Q4; cit/doc(2020-2021): 0,438]
- Csehi, B., Salamon, B., Csurka, T., Szerdahelyi, E., Friedrich, L., Pásztor-Huszár, K. (2021): Physicochemical and microbiological changes of bovine blood due to high hydrostatic pressure treatment. In: *Acta Alimentaria*, 50 (3) 333-340. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2020.00325> [Q3; cit/doc(2020-2021): 1,084]

Egyéb, doktori disszertáció témához nem kötődő tudományos folyóirat cikk társszerzőség:

- Darnay, L., Vitális, F., Szepessy, A., Bencze, D., Csurka, T., Surányi, J., Laczay P., Firtha, F. (2022): Comparison of different visual methods to follow the effect of milk heat treatment and MTGase on appearance of semi-hard buffalo cheese. In: *Food Control*, 139:109049. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109049> [Q1; cit/doc(2020-2021): 6,487]

MTMT oldal: <https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=10068343>

8. Összefoglalás

Az állati vér egy elhanyagolt, de igen értékes erőforrás, a legjobban felszívódó vasforrás: a hemoglobin „lelőhelye”. A fenntarthatóság területén több olyan globális és lokális probléma van, amelyben az állati eredetű melléktermékek minél nagyon mértékű hasznosítása hatalmas lépés lenne. A vér igen nagy arányt képvisel az összes vágóhídi melléktermékből. Ennek ellenére Magyarországon jelenleg nincs olyan üzem, ahol rendelkeznek az emberi fogyasztási célra történő gyűjtést lehetővé tévő technológiával, pedig a vér emelt hozzáadott értékű hasznosítása gazdasági és egészségügyi érdek is. Ugyanakkor nem áll rendelkezésre elegendő információ arról, hogyan hat a vér és vérfrakciókkal történő dúsítás, vagy összetevőcsere az élelmiszerek minőséget meghatározó tulajdonságaira. A fellelhető szakirodalom sokszor nagyon régi és/vagy nem ismerteti a megismételhetőséghez szükséges összes információt.

Doktori kutatásaimban célul tűztem ki, hogy minél több, jó minőségű információt gyűjtsék a vérfeldolgozás technológiájának a szakirodalomban kevésbé jól dokumentált részeiről és a vér és vértermékek élelmiszerekben történő felhasználásának élelmiszerekre gyakorolt hatásáról. Utóbbihoz többféle, kellően letisztult mátrixban végeztem dúsításos és allergénkiváltásos kísérleteket minden esetben teljes faktoriális kísérleti tervet alkalmazva, a szakirodalom alapján megállapított olyan faktorokkal és faktorszintekkel, amelyek az ipar és a fogyasztók számára is relevánsak lehetnek.

Legtöbb esetben a vértermékekkel történő dúsításnak, vagy allergénkiváltásnak szignifikáns hatása volt a különböző élelmiszer-mátrixok bizonyos minőséget meghatározó tulajdonságaira. Meghatároztam a szignifikáns hatású tényezőket és statisztikai módszerekkel számszerűsítettem a hatásukat. Ezek a hatások általában a termékek állományát és színét meghatározó paramétereiben idéztek elő változásokat a kontroll minták tulajdonságaihoz képest. A techno-funkciós tulajdonságok alapján bemutattam a kedvező hatásokat, az ipar vagy fogyasztók számára nem kedvező hatások esetén pedig javaslattal éltem azok kiküszöbölésére. Eredményeimet minden esetben fogyasztói érzékszervi vizsgálattal validáltam. Érdeemes megjegyezni, hogy a sokszor erősen szignifikáns változás is olyan kicsi volt, hogy a fogyasztók nem tudták érzékelni azt. Fontos kiemelni, hogy a vérplazma sós, valamint a teljes vér és sűrűvér vasas ízét, továbbá az utóbbiak által előidézett színváltozást a termék minőségének javítása érdekében kell felhasználni, vagy olyan terméket kell keresni, amelynek egy másik összetevője elfedi az így kialakított ízt és színt.

A kutatásaim eredményeiből nyert információk reményeim szerint segítik az ipart ennek az értékes biológiai anyagnak – erőforrásnak – a hasznosításában és az élelmiszerek táplálkozás-élettani jellemzőinek fejlesztésében.

9. Summary

Animal blood is a neglected but highly valuable resource, which contains the haemoglobin, the most absorbable source of iron. In the field of sustainability, there are several global and local challenges where utilising animal by-products as much as possible would be a very important development. Blood represents a very high amount of all slaughterhouse by-products. Despite this, there is currently no factory in Hungary using the technology to collect blood for human consumption, although the utilizing of blood in a high value adding way is an economic and healthcare interest. However, there is not sufficient information on the effects of blood and blood fraction enrichments or ingredient substitutions on the quality properties of foods. The available literature is often very old and/or does not provide all the information required for reproducibility.

In my doctoral research, my aim was to collect high-quality information on the less well-documented parts of blood processing technology and the effects of blood and blood products on foods in case of use as a food ingredient. Thus, I have carried out enrichment and allergen substitution experiments in a adequately simple matrix, using full factorial experimental design in each case, with factors and factor levels determined based on the literature that may be relevant for industry and consumers.

In most cases, blood product enrichments or allergen substitutions had a significant effect on certain quality properties of different food matrixes. I identified the factors with significant effects and quantified their effects using statistical methods. These effects generally changed the parameters determining the texture and colour of the products from the state of the control samples. I presented the positive effects based on techno-functional properties, and suggested solutions to eliminate effects that are not positive for industry or consumers. In all cases, my results were validated by consumer sensory analysis. It is important to mention that the highly significant changes were often so small that consumers could not detect them. It should be highlighted that the salty taste of blood plasma and the ferrous taste of whole blood and haemoglobin, as well as the colour change caused by the latter, should be used to improve the quality of the product or a product should be selected in which another ingredient masks the taste and colour thus produced.

I hope that the information provided by the results of my research will help industry to utilize this valuable biological material and to improve the nutritional properties of foods.

I. MELLÉKLET: Irodalomjegyzék

1. A Bizottság (EU) 2016/582 rendelete (2016. április 15.) a 333/2007/EK rendeletnek a szervetlen arzén, az ólom és a policiklikus aromás szénhidrogének vizsgálata, valamint a vizsgálat egyes alkalmassági kritériumai tekintetében történő módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg) (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0582>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
2. ÁLVAREZ, C., GARCÍA, V., RENDUELES, M., DÍAZ, M. (2012): Functional properties of isolated porcine blood proteins modified by Maillard's reaction. In: *Food Hydrocolloids*, 28 (2) 267–74. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.01.001>
3. ANESE, M., SOVRANO, S., BORTOLOMEAZZI, R. (2008): Effect of radiofrequency heating on acrylamide formation in bakery products. In: *European Food Research and Technology*, 226 (5) 1197-1203 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0693-x>
4. ATTILA, Y. A., AL-HARTHI, M. A., KORISH, M. A., SHIBOOB, M. H. (2020): Protein and amino acid content in four brands of commercial table eggs in retail markets in relation to human requirements. In: *Animals*, 10 (3) 406. p. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10030406>
5. AYUSO, R. (2011): Update on the diagnosis and treatment of shellfish allergy. In: *Current allergy and asthma reports*, 11 (4) 309-316. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11882-011-0198-3>
6. Az Európai Parlament és a Tanács 1069/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet) (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX:32009R1069>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
7. Az Európai Közösségek Bizottsága 2073/2005/EK rendelete (2005. november 15.) az élelmiszerek mikrobiológiai kritériumairól (EGT vonatkozású szöveg) (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=celex:32005R2073>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
8. Az Európai Parlament és a Tanács 852/2004/EK rendelete (2004. április 29.) az élelmiszer-higiéniáról (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX%3A32004R0852>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
9. Az Európai Parlament és a Tanács 853/2004/EK rendelete (2004. április 29.) az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról (Lekérdezés

helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A02004R0853-20141117>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)

10. Az Európai Parlament és a Tanács 854/2004/EK rendelete (2004. április 29.) az emberi fogyasztásra szánt állati eredetű termékek hatósági ellenőrzésének megszervezésére vonatkozó különleges szabályok megállapításáról (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32004R0854>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
11. Az Európai Parlament és a Tanács 1333/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az élelmiszer-adalékanyagokról (EGT-vonatkozású szöveg) (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32008R1333>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
12. BAH, C. S. F., BEKHIT, A. E. D. A., CARNE, A., MCCONELL, A. (2013): Slaughterhouse blood: an emerging source of bioactive compounds. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (3) 314-331. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12013>
13. BASSEN, M. K., GUPTA, L. K., JOLLY, L., TEWARI, R. P. (1989): Thermal resistance of *Bacillus cereus* spores in custard preparations. In: *MIRCEN Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 5 (4) 511–516. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01741827>
14. BELOVAI, J. (2016): Effect of modified fatty acid composition on the quality of the párizsi (cold-cut). Doctoral (PhD) Thesis, Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Science, Department of Agricultural Product Processing and Qualification, Kaposvár. DOI: <https://doi.org/10.17166/KE2016.008>
15. BEN HASSEN, I., ENNOURI, M., LAFFORGUE, C., SCHMITZ, P., AYADI, A. (2013): Experimental study of membrane fouling during crossflow microfiltration of yeast and bacteria suspensions: Towards an analysis at the microscopic level. In: *Membranes*, 3 (2) 44–68. p. DOI: <https://doi.org/10.3390/membranes3020044>
16. BLANPAIN-AVET, P., MIGDAL, J. F., BÉNÉZECH, T. (2004). The effect of multiple fouling and cleaning cycles on a tubular ceramicmicrofiltration membrane fouled with a whey protein concentrate. Membrane performance and cleaning efficiency. In: *Food and Bioproducts Processing*, 82 (3 C) 231–243. p. DOI: <https://doi.org/10.1205/fbio.82.3.231.44182>
17. BOLAND, M. J., RAE, A. N., VEREIJKEN, J. M., MEUWISSEN, M. P. M., FISCHER, A. R. H., VAN BOEKEL, M. A. J. S., RUTHERFURD, S. M., GRUPPEN,

- H., MOUGHAN, P. J., HENDRIKS, W. H. (2013): The future supply of animal-derived protein for human consumption. In: *Trends in Food Science & Technology*, 29 (1) 62-73. p DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.07.002>
18. BOLBOACA, S. D., JÄNTSCHI, L. (2006): Pearson versus Spearman, Kendall's tau correlation analysis on structure-activity relationships of biologic active compounds. In: *Leonardo Journal of Sciences*, 5 (9) 179-200. p. DOI: <https://doi.org/10.1.1.645.465>
19. BOX G. E. P. (1949): A general distribution theory for a class of likelihood criteria. In: *Biometrika*, 36 (3/4) 317-346. p. DOI: <https://doi.org/10.2307/2332671>
20. CALDIRONI, H. A., OCKERMAN, H. W. (1982): Bone and plasma protein extracts in sausages. In: *Journal of Food Science*, 47 (5) 1622-1625. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb04997.x>
21. CAROCHO, M., MORALES, P., FERREIRA, I. C. (2015): Natural food additives: Quo vadis?. In: *Trends in Food Science & Technology*, 45 (2) 284-295. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>
22. CEBALLOS, L. S., MORALES, E. R., DE LA TORRE ADARVE, G., CASTRO, J. D., MARTÍNEZ, L. P., SAMPELAYO, M. R. S. (2009): Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. In: *Journal of food Composition and Analysis*, 22 (4) 322-329. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>
23. CHEN, Y. W., VENAULT, A., JHONG, J. F., HO, H. T., LIU, C. C., LEE, R. H., HSIUE, G. H, CHANG, Y. (2017): Developing blood leukocytes depletion membranes from the design of bio-inert PEGylated hydrogel interfaces with surface charge control. In: *Journal of Membrane Science*, 537 209-219. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.05.031>
24. COFRADES, S., GUERRA, M. A., CARBALLO, J., FERNÁNDEZ-MARTÍN, F., COLMENERO, F. J. (2000): Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. In: *Journal of Food Science*, 65 (2) 281-287. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15994.x>
25. COHN, E. J., STRONG, L. E., HUGHES, W., MULFORD, D. J., ASHWORTH, J. N., MELIN, M. E., TAYLOR, H. L. (1946): Preparation and Properties of Serum and Plasma Proteins. IV. A System for the Separation into Fractions of the Protein and Lipoprotein Components of Biological Tissues and Fluids^{1a, b, c, d}. In: *Journal of the American Chemical Society*, 68 (3) 459-475. p. DOI: <https://doi.org/10.1021/ja01207a034>

26. Commission Directive 98/15/EC of 27 February 1998 amending Council Directive 91/271/EEC with respect to certain requirements established in Annex I thereof (Magyar fordítás nem készült.) (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31998L0015>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
27. COULTER, C. B. (1921): The isoelectric point of red blood cells and its relation to agglutination. In: *The Journal of general physiology*, 3 (3) 309-323. p. DOI: <https://doi.org/10.1085/jgp.3.3.309>
28. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment (Magyar fordítás nem készült.) (Lekérdezés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31991L0271>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
29. CSEHI, B., SALAMON, B., CSURKA, T., SZERDAHELYI, E., FRIEDRICH, L., PÁSZTOR-HUSZÁR, K. (2021): Physicochemical and microbiological changes of bovine blood due to high hydrostatic pressure treatment. In: *Acta Alimentaria*, 50 (3) 333-340. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2020.00325>
30. CSURKA, T., PÁSZTOR-HUSZÁR, K., TÓTH, A., FRIEDRICH, L. F., NÉMETH, CS. (2021): Animal blood, as a safe and valuable resource. In: *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 35 41-47. p. (Lekérdezés helye: <https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2021/08/01.-Full-paper-Tamas-Csurka.pdf>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
31. CSURKA, T., PÁSZTOR-HUSZÁR, K., TÓTH, A., PINTÉR, R., FRIEDRICH, L. F. (2020): Investigation of the effect of trisodium-citrate on blood coagulation by viscometric approach. In: *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 16 (S2) 19-26. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2020.20003>
32. DAI, Y., LU, Y., WU, W., LU, X. M., HAN, Z. P., LIU, Y., LI, X. M., DAI, R. T. (2014): Changes in oxidation, color and texture deteriorations during refrigerated storage of ohmically and water bath-cooked pork meat. In: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26 341-346. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.06.009>
33. DAILLOUX, S., DJELVEH, G., PEYRON, A., OULION, C. (2002): Rheological behaviour of blood plasmas concentrated by ultrafiltration and by evaporation in relation to liquid–gel transition temperature. In: *Journal of Food Engineering*, 55 (1) 35-39. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00239-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00239-4)
34. DAVILA, E., PARÉS, D., CUVELIER, G., RELKIN, P. (2007): Heat-induced gelation of porcine blood plasma proteins as affected by pH. In: *Meat Science*, 76 (2) 216-225. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.11.002>

35. DAWSON, P. L., ACTON, J. C. (2018): Impact of proteins on food color. In: *Proteins in Food Processing*, 599-638. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00023-1>
36. D'AGOSTINO R. B. (1970): Transformation to normality of the null distribution of g1. In: *Biometrika*, 57 (3) 679-681 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/2334794>
37. DE COCK, P., BECHERT, C. L. (2002). Erythritol. Functionality in noncaloric functional beverages. In: *Pure and applied chemistry*, 74 (7) 1281-1289. p. DOI: <https://doi.org/10.1351/pac200274071281>
38. DE HUIDOBRO, F. R., MIGUEL, E., BLÁZQUEZ, B., ONEGA, E. (2005): A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. In: *Meat science*, 69 (3) 527-536. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.09.008>
39. DE WIJK, R. A., VAN GEMERT, L. J., TERPSTRA, M. E., WILKINSON, C. L. (2003): Texture of semi-solids; sensory and instrumental measurements on vanilla custard desserts. In: *Food quality and preference*, 14 (4) 305-317. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00107-6](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00107-6)
40. DEÁK, T., KISKÓ, G., MARÁZ, A., MOHÁCSINÉ, F. C. (2006): Élelmiszer-mikrobiológia. Budapest, Magyarország: Mezőgazda. ISBN: 978-963-286-634-5
41. DEL HOYO, P., MOURE, F., RENDUELES, M., DÍAZ, M. (2007): Demineralization of animal blood plasma by ion exchange and ultrafiltration. In: *Meat Science*, 76 (3) 402–410. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.06.014>
42. DENIZLI, A. (2011): Plasma fractionation: conventional and chromatographic methods for albumin purification. In: *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 39 (4) 315-341. p. (Lekérdezés helye: <https://dergipark.org.tr/en/pub/hjbc/issue/61879/925980>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
43. DOS SANTOS, C. D., SCHERER, R. K., CASSINI, A. S., MARCZAK, L. D. F., TESSARO, I. C. (2016): Clarification of red beet stalks extract by microfiltration combined with ultrafiltration. In: *Journal of Food Engineering*, 185 35-41. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.03.031>
44. DOYON, M., LABRECQUE, J. (2008): Functional foods: a conceptual definition. In: *British Food Journal*. 110 (11) 1133-1149. p. DOI: <https://doi.org/10.1108/00070700810918036>
45. DUARTE, R. T., CARVALHO SIMÕES, M. C., SGARBIERI, V. C. (1999): Bovine blood components: fractionation, composition, and nutritive value. In: *Journal of*

- Agricultural and Food Chemistry*, 47 (1) 231-236. p. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf9806255>
46. EUROSTAT. (2022): (All data / Agriculture, forestry and fisheries / Agriculture / Agricultural production / Animal production / Livestock and meat / Meat production) (Lekérdezés helye: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
47. ÉDER T. (2022a): Mi jöhet még? avagy A húsipar elmúlt egy éve és az előttünk álló bizonytalanságokkal teli időszak. In: *Hússzövetség, Húsvéti sajtótájékoztató 2022 (2022. április 7.)*. (Lekérdezés helye: http://www.husszovetseg.hu/WEBSET_DOWNLOADS/379/sajttaj%202022%20ÉT.p df; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
48. ÉDER T. (2022b): Kihívásdömping, avagy valós és vélt igények az élelmiszeripar tevékenységével kapcsolatban. In: *Bonafarm Csoport, előadás (2022. szeptember 8.)* (Lekérdezés helye: <https://docplayer.hu/105594080-Kihivasdopping-avagy-valos-es-velt-igenyek-az-elelmiszeripar-tevekenysegevel-kapcsolatban-eder-tamas-szeptember-8.html>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
49. FLOROS, J. D., NEWSOME, R., FISHER, W., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., CHEN, H., DUNNE, C. P., GERMAN, J. B., HALL, R. L., HELDMAN, D. R., KARW, M V., KNABE, S. J., LABUZA, T. P., LUND, D. B., NEWELL-MCGLOUGHLIN, M., ROBINSON, J. L., SEBRANEK, J. G., SHEWFELT, R. L., TRACY, W. F., WEAVER, C. M., ZIEGLER, G. R. (2010): Feeding the world today and tomorrow: the importance of food science and technology. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (5) 572–599. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00127.x>
50. FOEGEDING, E. A. (1988). Gelation in meat batters. In *41st reciprocal meat conference proceedings, American Meat Science Association, Wyoming, USA*, 41 44-47. p. ISSN : 0198-8999 (Lekérdezés helye: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://earthwormexpress.com/wp-content/uploads/2020/12/gelation-in-meat-batters-2.pdf>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
51. FoodData Central search results. (2018): In: *U.S. Department of Agriculture – Agricultural Research Service [online]. Washington, D.C. : U.S. Department of Agriculture*, (Lekérdezés helye: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/>; Lekérdezés ideje: 2018.05.25)
52. FORGÁCS A, BÓNA E, CSÍKOS T. (2017): Az ízpreferenciák, ízaverziók és ételfóbiák pszichológiai vonatkozásai. In: *Magyar Belorvosi Archívum*, 70 300–10. p. (Lekérdezés

- helye: <http://real-j.mtak.hu/11358/6/MBA%202017%206.pdf>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
53. FÖLDVÁRY M. (2015): Színkommunikáció: Élelmiszer és színe. 1.4.3. (Lekérdezés helye: http://www.szinkommunikacio.hu/14_07.htm; Lekérdezés ideje: 2022.07.25.).
 54. FRØST M. B., HEYMAN H., BREDIE W. L., DIJKSTERHUIS G. B., MARTENS, M. (2005): Sensory measurement of dynamic flavour intensity in ice cream with different fat levels and flavourings. In: *Food Quality and Preference*, 16 (4) 305-314. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.05.009>
 55. GANHÃO, R., MORCUENDE, D., ESTÉVEZ, M. (2010): Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. In: *Meat science*, 85 (3) 402-409. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.008>
 56. GÁRGYÁN, Z. (1991): Húsipari technológia I. Budapest, Magyarország: Dinasztia. ISBN: 963-232-38-6
 57. GÁSPÁR, I., KORIS, A., BERTALAN, Z., VATAI, G. (2011): Comparison of ceramic capillary membrane and ceramic tubular membrane with inserted static mixer. In: *Chemical Papers*, 65 (5) 596–602. p. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11696-011-0045-y>
 58. GERBER, P. J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J., FALCUCCI, A., TEMPIO, G. (2013): Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Róma, Olaszország: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN : 9789251079201
 59. GRAU, R., HAMM. R. (1953): Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung in Muskel. In: *Die Naturwissenschaften*, 40 (1) 277-259. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00595734>
 60. GODFRAY, H. C. J., BEDDINGTON, J. R., CRUTE, I. R., HADDAD, L., LAWRENCE, D., MUIR, J. F., PRETTY, J., ROBINSON, S., THOMAS, S. M., TOULMIN, C. (2010): Food security: the challenge of feeding 9 billion people. In: *Science*, 327 (5967) 812-818. p. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
 61. GOLDMAN, A. S., ANDERSON, D. W., SELLERS, W. A., SAPERSTEIN, S., KNIKER, W. T., HALPERN, S. R. (1963): Milk allergy: I. Oral challenge with milk and isolated milk proteins in allergic children. In: *Pediatrics*, 32 (3) 425-443. p. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.32.3.425>
 62. GONZÁLEZ-MONTOYA, M., HERNÁNDEZ-LEDESMA, B., MORA-ESCOBEDO, R., MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C. (2018): Bioactive peptides from germinated

- soybean with anti-diabetic potential by inhibition of dipeptidyl peptidase-IV, α -amylase, and α -glucosidase enzymes. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (10) 2883. p. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19102883>
63. GONZÁLEZ-TOMÁS, L., BAYARRI, S., TAYLOR, A. J., COSTELL, E. (2008): Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts. In: *International Dairy Journal*, 18 (8) 858–866. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.09.010>
64. GORBATOV, V. M. (1988): Collection and utilization of blood and blood proteins for edible purposes in the USSR. In: *Advances in meat research (USA)*. ISSN : 0885-2405
65. GUADARRAMA-LEZAMA, A. Y., CARRILLO-NAVAS, H., PÉREZ-ALONSO, C., VERNON-CARTER, E. J., ALVAREZ-RAMIREZ, J. (2016): Thermal and rheological properties of sponge cake batters and texture and microstructural characteristics of sponge cake made with native corn starch in partial or total replacement of wheat flour. In: *LWT*. 70 46–54. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.031>
66. GUPTA, M., BAWA, A. S., SEMWAL, A. D. (2009): Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake. In: *International Journal of Food Properties*, 12 (1) 243–51. p. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942910802312082>
67. HALDER, T., MEHTA, P., ACHARYA, N. (2021): Trends in the Functional Food Market and Nutraceutical Product Development. In: *Nutraceuticals for Aging and Anti-Aging*. 1-26. p. CRC Press. ISBN: 9781003110866
68. HALLIDAY, D. A. (1973). Blood-source of proteins. In: *Process Biochemistry*, 8 (12) 15-17. p.
69. HARTEL, R. W., MUSE, M. R., SOFJAN, R. (2003). Effects of structural attributes on hardness and meltingrate of ice cream. In: *Ice cream II. Proceedings of the Second IDF International Symposium on Ice Cream, International Dairy Federation, Thessaloniki, Greece*, 124–139. p. ISBN: 9290980389
70. HARWATT, H., SABATÉ, J., ESHEL, G., SORET, S., RIPPLE, W. (2017): Substituting beans for beef as a contribution toward US climate change targets. In: *Climatic Change*, 143 (1) 261–270. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1969-1>
71. HAY M. (2019): How Russia Fell in Love with Candy Bars Made of Blood. In: *Vice*. (Lekérdezés helye: <https://www.vice.com/en/article/bjqz5/how-russia-fell-in-love-with-candy-bars-made-of-blood>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
72. HEGEDŰS, M., SCHMIDT, J., RAFAI, P. (1998): Állati eredetű melléktermékek hasznosítása, Budapest, Magyarország: Mezőgazda Kiadó, ISBN: 2399986210946

73. HERMANSSON, A. M. (1982): Gel characteristics—structure as related to texture and waterbinding of blood plasma gels. In: *Journal of Food Science*, 47 (6) 1965-1972. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb12924.x>
74. HERRERO, A. M., CAMBERO, M. I., ORDÓÑEZ, J. A., DE LA HOZ, L., CARMONA, P. (2009): Plasma powder as cold-set binding agent for meat system: Rheological and Raman spectroscopy study. In: *Food Chemistry*, 113 (2) 493-499. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.084>
75. HIDAS, K. I., NÉMETH, C., VISY, A., REPKA, P., NASZÁDI, B., NYULAS-ZEKE, I. C. (2021): Effect of cryogenic freezing and addition of liquid egg products on milk and water-based ice cream. In: *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 35 106-114. p. UDC 663.674.065.5.045.5
76. HIGUCHI, A., YANG, S. T., LI, P. T., RUAAN, R. C., CHEN, W. Y., CHANG, Y., TSAI, E. M., CHEN, Y. H., WANG, H. C., HSU, S. T., LING, Q. D. (2009): Permeation of blood cells from umbilical cord blood through surface-modified polyurethane foaming membranes. In: *Journal of Membrane Science*, 339 (1-2) 184-188. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.04.048>
77. HOSSEINI H, BOLOURIAN S, SHAHIDI F. (2019): Extending the shelf-life of sponge cake by an optimized level of jujube fruit flour determined using custom mixture design. In: *British Food Journal*, 121 (12) 3208-3232. p. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2019-0489>
78. HOWELL, N. K., LAWRIE, R. A. (1983): Functional aspects of blood plasma proteins. I. Separation and characterization. In: *International Journal of Food Science & Technology*, 18 (6) 747-762. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb00313.x>
79. HSIEH, Y. H. P., OFORI, J. A. (2011): Blood-derived products for human consumption. In: *Revelation and Science*, 1 (01). ISSN: 2229-9947 (Lekérdezés helye: <https://journals.iium.edu.my/revival/index.php/revival/article/view/15>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
80. HUBERTY, C. J., OLEJNIK, S. (2006): Applied MANOVA and discriminant analysis. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons. ISBN-13: 978-0-471-46815-8 (Lekérdezés helye: https://books.google.hu/books?id=Cy_IoTEKkngC&lpg=PR7&ots=jwr0i7vQPs&dq=Applied%20MANOVA%20and%20discriminant%20analysis%20&lr&hl=hu&pg=PR7#v=onepage&q=Applied%20MANOVA%20and%20discriminant%20analysis&f=false; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)

81. HUIS, V. A. (2010). Opinion: Bugs can solve food crisis. *The Scientist - Magazine of the LifeSciences* (Lekérdezés helye: <https://www.the-scientist.com/daily-news/opinion-bugs-can-solve-food-crisis-43066>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
82. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
83. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0. Armonk, NY: IBM Corp.
84. IMESON, A. P., WATSON, P. R., MITCHELL, J. R., LEDWARD, D. A. (1978): Protein recovery from blood-plasma by precipitation with polyuronates. In: *International Journal of Food Science & Technology*, 13 (4) 329–338. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb00810.x>
85. INGHAM, K. C. (1990): [23] Precipitation of proteins with polyethylene glycol. In: *Methods in enzymology*, 182 301-306. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)82025-W](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)82025-W)
86. INSTITUTE OF MEDICINE OF THE USA. (2000): Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. USA: Washington: The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/9810>
87. JANSUITTIVECHAKUL, O., MAHONEY, A. W., CORNFORTH, D. P., HENDRICKS, D. G., KANGSADALAMPAI, K. (1985): Effect of heat treatment on bioavailability of meat and hemoglobin iron fed to anemic rats. In: *Journal of food Science*, 50 (2) 407-409. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13413.x>
88. JARMOLUK, A. (1997): Influence of blood plasma and its structured forms as beef substitutes on quality of comminuted scalded sausages. In: *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wroclawiu, Technologia Z_ ywnosci XI nr*, 319 135–154. p. ISSN : 0209-0503
89. JARMOLUK, A., PIETRASIK, Z. (2003): Response surface methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and κ -carrageenan on pork batter gel properties. In: *Journal of Food Engineering*, 60 (3) 327-334. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00055-4)
90. JEPPSON, R. W. (1976): Analysis of flow in pipe networks. R. (Lekérdezés helye: <https://www.osti.gov/biblio/6274557>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
91. JOHNSON, L. A., HAVEL, E. F., HOSENEY, R. C. (1979): Bovine plasma as a replacement for egg in cakes. In: *Cereal Chemistry*, 56 (4) 339-342. p. (Lekérdezés helye: <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL8010171699>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)

92. JOLIVET, P., BOULARD, C., CHARDOT, T., ANTON, M. (2008): New insights into the structure of apolipoprotein B from low-density lipoproteins and identification of a novel YGP-like protein in hen egg yolk. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (14) 5871–5879. p. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf800321m>
93. JULBE, A., FARRUSSENG, D., GUIZARD, C. (2001): Porous ceramic membranes for catalytic reactors—overview and new ideas. In: *Journal of Membrane Science*, 181 (1) 3-20. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)00375-6](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)00375-6)
94. KANG, Z. L., LI, B., MA, H. J., CHEN, F. S. (2016): Effect of different processing methods and salt content on the physicochemical and rheological properties of meat batters. In: *International Journal of Food Properties*, 19 (7) 1604-1615. p. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1105819>
95. KEBEDE, G., ASHENAFI, M. (2010): Microbiological quality and safety of custard cakes from Addis Ababa. (Short Communication) In: *Ethiopian Journal of Biological Sciences*, 9 (2) 173-181. p. ISSN: 1819-8678 (Lekérdezés helye: <https://www.researchgate.net/publication/283714180>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
96. KNIPE, C. L. (1988): Production and use of animal blood and blood proteins for human food. In: *Advances in meat research (USA)*. ISSN: 0885-2405
97. KOWALSKI, Z., MAKARA, A., & BANACH, M. (2011). Blood plasma and hemoglobin production process. In: *Chemik*, 65 (5) 466-475. p. (Lekérdezés helye: https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPP2-0011-0109/c/5_11_Kowalski_GB.PDF; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
98. LAMANCA, J. J. (1989). Effects of iron supplementation on aerobic power, endurance performance, blood lactate, and body iron stores in women. Doctoral dissertation, The Florida State University, USA. (Lekérdezés helye: <https://www.proquest.com/openview/91307082415f1913fa3bd8592410b535/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
99. LAWRENCE, D. S. L. (1997): Macroscale surface roughness and frictional resistance in overland flow. In: *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group*, 22 (4) 365-382. p. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199704\)22:4<365::AID-ESP693>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199704)22:4<365::AID-ESP693>3.0.CO;2-6)
100. LEE, Y.-Z., AISHIMA, T., NAKAI, S., SIM, J. S. (1987): Optimization for selective fractionation of bovine blood plasma proteins using poly (ethylene glycol). In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35 (6) 958–962. p. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00078a024>

101. LEE, C. C., JOHNSON, L. A., LOVE, J. A., JOHNSON, S. (1991): As an Egg White Substitute in Cakes'. In: *Cereal Chemistry*, 68 (1) 100-104. p. (Lekérdezés helye: https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1991/documents/68_100.pdf; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
102. LENTH, R. V. (2009): Response-surface methods in R, using rsm. In: *Journal of Statistical Software*, 32 (7) 1-17. p. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v032.i07>
103. LEVENE, H. (1960): Contributions to probability and statistics. In: *Essays in honor of Harold Hotelling*, Stanford, USA: Stanford University Press, 278-292. p.
104. LI, K. (2007). Ceramic membranes for separation and reaction. Chichester, UK: John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-470-01440-0 (Lekérdezés helye: https://books.google.hu/books?id=wi_nr034yYkC&lpg=PR5&ots=LESvK6pL7x&dq=Ceramic%20membranes%20for%20separation%20and%20reaction&lr&hl=hu&pg=PP1#v=onepage&q=Ceramic%20membranes%20for%20separation%20and%20reaction&f=false; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
105. LIBERAL, Â., PINELA, J., VÍVAR-QUINTANA, A. M., FERREIRA, I. C., BARROS, L. (2020): Fighting iron-deficiency anemia: innovations in food fortificants and biofortification strategies. In: *Foods*, 9 (12) 1871. p. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9121871>
106. LIN, L., GUTHRIE, J. T. (2000): Preparation and characterisation of novel, blood-plasma-separation membranes for use in biosensors. In: *Journal of Membrane Science*, 173 (1) 73-85. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)00350-1](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)00350-1)
107. LIU, J., TAN, Y., ZHOU, H., MUNDO, J. L. M., MCCLEMENTS, D. J. (2019): Protection of anthocyanin-rich extract from pH-induced color changes using water-in-oil-in-water emulsions. In: *Journal of Food Engineering*, 254, 1-9. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.021>
108. LIU, P., WANG, S., ZHANG, H., WANG, H., KONG, B. (2019): Influence of glycated nitrosohaemoglobin prepared from porcine blood cell on physicochemical properties, microbial growth and flavour formation of Harbin dry sausages. In: *Meat Science*, 148, 96-104. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.008>
109. LIU, X. Q., YONEKURA, M., TSUTSUMI, M., SANO, Y. (1996): Physicochemical properties of aggregates of globin hydrolysates. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (10) 2957-2961. p. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf9505786>
110. LU, G. H., CHEN, T. C. (1999): Application of egg white and plasma powders as muscle food binding agents. In: *Journal of Food Engineering*, 42 (3) 147-151. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00112-0)

111. LYNCH, S. A., MULLEN, A. M., O'NEILL, E., DRUMMOND, L., ÁLVAREZ, C. (2018): Opportunities and perspectives for utilisation of co-products in the meat industry. In: *Meat Science*, 144 62-73. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.019>
112. LYNCH, S. A., MULLEN, A. M., O'NEILL, E. E., GARCÍA, C. Á. (2017): Harnessing the potential of blood proteins as functional ingredients: A review of the state of the art in blood processing. In: *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16 (2) 330-344. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12254>
113. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV BIZOTTSÁG. (2013): 2-109 számú irányelv, Kézműves/kézműves élelmiszerek általános jellemzői. In: *MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV - Codex Alimentarius Hungaricus*. (Lekérdezés helye: https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/a/3b/a2000/2-109_2016-12-21.pdf; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
114. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV BIZOTTSÁG. (2013): 2-401 számú irányelv, Jégkrémek. In: *MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV - Codex Alimentarius Hungaricus*. (Lekérdezés helye: <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/a/74/b1000/2-401.pdf>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
115. MAKARA, A., KOWALSKI, Z., FELA, K., GENEROWICZ, A. (2016): Utilization of animal blood plasma as example of using cleaner technologies methodology. Technical transaction. In: *Environment engineering*. 1-Š/2016 (11) 87-96. p. DOI: <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.16.197.5946>
116. MARCHETTI, L., ARGEL, N., ANDRÉS, S. C., CALIFANO, A. N. (2015): Sodium-reduced lean sausages with fish oil optimized by a mixture design approach. In: *Meat Science*, 104 67-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.02.005>
117. MCGINN, S. M., BEAUCHEMIN, K. A., COATES, T., MCGEOUGH, E. J. (2014): Cattle methane emission and pasture carbon dioxide balance of a grazed grassland. In: *Journal of environmental quality*, 43 (3) 820-828. p. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2013.09.0371>
118. MCGUIRE, S. (2015): FAO, IFAD, and WFP. The state of food insecurity in the world 2015: meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Róma, Olaszország: FAO. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.115.009936>
119. MEENA, K., TAYAL, D. K., GUPTA, V., FATIMA, A. (2019): Using classification techniques for statistical analysis of Anemia. In: *Artificial Intelligence in Medicine*, 94 138-152. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2019.02.005>

120. MEKONNEN, M. M., HOEKSTRA, A. Y. (2010): The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Volume 2: Appendices. (Lekérdezés helye: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=wffdocs>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
121. U.S. Patent No. 4,008,285. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. [MELAJA, A. J., HAMALAINEN, L. (1977)]
122. MEZGER, T. G. (2006): The rheology handbook: for users of rotational and oscillatory rheometers. 3rd Revised Edition. Hannover, Németország: Vincentz Network. ISBN: 978-3-86630-890-9 (Lekérdezés helye: <https://books.google.hu/books?id=Xxv5DwAAQBAJ&lpg=PA16&ots=hAYWL0LwV0&dq=The%20rheology%20handbook%3A%20for%20users%20of%20rotational%20and%20oscillatory%20rheometers&lr&hl=hu&pg=PA16#v=onepage&q=The%20rheology%20handbook:%20for%20users%20of%20rotational%20and%20oscillatory%20rheometers&f=false>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
123. MIELNIK, J. A. N., SLINDE, E. (1983): Sausage color measured by integrating sphere reflectance spectrophotometry when whole blood or blood cured by nitrite is added to sausages. In: *Journal of Food Science*, 48 (6) 1723-1725. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb05069.x>
124. MILLER, J. L. (2013): Iron deficiency anemia: a common and curable disease. In: *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 3 (7) a011866. p. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a011866>
125. MOODY, L. F. (1944), Friction factors for pipe flow, In: *Transactions of the ASME*, 66 (8) 671–684 p. (Lekérdezés helye: <http://www.ipt.ntnu.no/~asheim/TPG4135/Moody.pdf>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
126. MOURE, F., RENDUELES, M., DIAZ, M. (2003): Coupling process for plasma protein fractionation using ethanol precipitation and ion exchange chromatography. In: *Meat Science*, 64 (4) 391-398. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00205-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00205-X)
127. MOURE, F., RENDUELES, M., DÍAZ, M. (2004): Bovine plasma protein fractionation by ion exchange chromatography. In: *Bioprocess and biosystems engineering*, 27 (1) 17-24. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00449-004-0372-2>
128. NABER, E. C. (1979): The effect of nutrition on the composition of eggs. In: *Poultry Science*, 58 (3) 518-528. p. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0580518>
129. NISHINARI K, FANG Y, ROSENTHAL A. (2019): Human oral processing and texture profile analysis parameters: Bridging the gap between the sensory evaluation and the

- instrumental measurements. In: *Journal of Texture Studies*, 50 (5) 369-380 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12404>
130. OCKERMAN, H. W., HANSEN, C. L. (1988): Animal by-product processing. Weinheim, Németország: VCH; Chichester, UK: Horwood. ISBN: 0-89573-406-0 (Lekérdezés helye: <https://kb.osu.edu/handle/1811/25205>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
131. OCKERMAN, H. W., HANSEN, C. L. (2000). Animal byproduct processing and utilization, Boca Raton, USA: CRC Press. ISBN: 9781566767774; DOI: <https://doi.org/10.1201/9781482293920>
132. OELLINGRATH, I. M., SLINDE, E. (1985): Color, pigment and iron content of meat loaves with blood, blood emulsion, or mechanically deboned meat added. In: *Journal of Food Science*, 50 (6) 1551-1555 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb10531.x>
133. OFORI, J. A., HSIEH, Y. H. P. (2012): The use of blood and derived products as food additives. In: *Food additive*. Rijeka, Horvátország: IntechOpen. ISBN: 978-953-51-0067-6 (Lekérdezés helye: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48004216/Food_Additive-livro_com_capitulo_xilitol-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663336046&Signature=Q4C3nAoh7FYlgQKxHTn3WTMy~JhIcBQUGt7aogXE8w~2dich4lS5PqoiE9V4tGXSf-MuI27d4~lynoYjr0v8shUKFWLq19F-Bevi8X02pw2SvmuRUXS0~yX4-Gy83q9Bzj4K3X8KtkwrLIRKp41QHDkdk3KCYSdkZDXxnqXqQUFB1a3rXEO0i61qnpTklsyvJfPk4ePumJIgZJLORkBzViIDzrBk5q~AHBRo4Xfxytlzz07b0lr9iUYLMbPgpIYGDUtL1rTOdKe7XuXO9HVCroC8w6u5n0PTEmsVfLuFvQW81MFt63s6fJU9LJclAwrpK454M8FBKdfIPfBWck9w &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
134. OLIVERA, D. F., BAMBICHA, R., LAPORTE, G., CÁRDENAS, F. C., MESTORINO, N. (2013): Kinetics of colour and texture changes of beef during storage. In: *Journal of food science and technology*, 50 (4) 821-825. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0885-7>
135. PARASKEVOPOULOU, A., KIOSSEOGLU, V. (1997): Texture profile analysis of heat-formed gels and cakes prepared with low cholesterol egg yolk concentrates. In: *Journal of Food Science* 62 (1) 208-211 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04401.x>

136. PARK, M., MOOS, M., YOUNG, I., MACDONALD, C., MELDRUM, R. (2017): Microbiological quality of Portuguese custard tarts in Toronto—a pilot study. In: *Environmental Health Review*, 60 (3) 73–76. p. DOI: <https://doi.org/10.5864/d2017-019>
137. PARÉS, D., SAGUER, E., SAURINA, J., SUÑOL, J. J., CARRETERO, C. (1998): Functional properties of heat induced gels from liquid and spray-dried porcine blood plasma as influenced by pH. In: *Journal of Food Science*, 63 (6) 958-961. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15832.x>
138. PARÉS, D., TOLDRÀ, M., SAGUER, E., CARRETERO, C. (2014): Scale-up of the process to obtain functional ingredients based in plasma protein concentrates from porcine blood. In: *Meat science*, 96 (1) 304-310. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.022>
139. PATAKI, A. (2001): A többváltozós Shapiro-Wilk tesztek vizsgálata. PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest. (Lekérdezés helye: http://phd.lib.uni-corvinus.hu/686/1/pataki_attila.pdf; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
140. PATHERA, A. K., RIAR, C. S., YADAV, S., SINGH, P. K. (2018): Effect of egg albumen, vegetable oil, corn bran, and cooking methods on quality characteristics of chicken nuggets using response surface methodology. In: *Korean journal for food science of animal resources*, 38 (5) 901. p. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e23>
141. PEREIRA, A. D., GOMIDE, L. A. M., CECON, P. R., FONTES, E. A. F., FONTES, P. R., RAMOS, E. M., VIDIGAL, J. G. (2014): Evaluation of mortadella formulated with carbon monoxide-treated porcine blood. In: *Meat Science*, 97 (2) 164-173. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.017>
142. PIETRASIK, Z., JARMOLUK, A., SHAND, P. J. (2007): Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. In: *LWT*, 40 (5) 915-920. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.003>
143. PIMENTEL, D., DRITSCHILO, W., KRUMMEL, J., KUTZMAN, J. (1975): Energy and land constraints in food protein production. In: *Science*, 190 (4216) 754-761. p. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.190.4216.754>
144. PINTÉR, R., MOLNAR, E., HUSSEIN, K. N., TOTH, A., FRIEDRICH, L., PASZTOR-HUSZAR, K. (2021): Effect of refrigerated storage on the technological characteristics of meat stick made of insect and pork • Alternative burger meat. In: *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 16 (S2) 117-125. p. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2020.20014>

145. POEHLER, E., HERZOG, C., LOTTER, C., PFEIFFER, S. A., AIGNER, D., MAYR, T., NAGL, S. (2015): Label-free microfluidic free-flow isoelectric focusing, pH gradient sensing and near real-time isoelectric point determination of biomolecules and blood plasma fractions. In: *Analyst*, 140 (22) 7496-7502. p. DOI: <https://doi.org/10.1039/C5AN01345C>
146. POHJANHEIMO, T. A., HAKALA, M. A., TAHVONEN, R. L., SALMINEN S. J., KALLIO, H. P. (2006): Flaxseed in breadmaking: Effects on sensory quality, aging, and composition of bakery products. In: *Journal of food science*, 71 (4) S343-S348. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.023>
147. PRZYBYLSKI, R., BAZINET, L., FIRDAOUS, L., KOUACH, M., GOOSSENS, J. F., DHULSTER, P., NEDJAR, N. (2020): Harnessing slaughterhouse by-products: From wastes to high-added value natural food preservative. In: *Food Chemistry*, 304 125448. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125448>
148. PUTNAM, F. W. (1977): *The Plasma Proteins: Structure, Function, and Genetic Control*. New York, USA; San Francisco, USA; London, UK: Academic Press. ISBN: 0-12-568403-7 (Lekérdezés helye: <https://books.google.hu/books?id=IuGnxKFPp9MC&lpg=PP1&ots=-vWpyl5fAk&dq=The%20Plasma%20Proteins%20V3%3A%20Structure%2C%20Function%2C%20and%20Genetic%20Control&lr&hl=hu&pg=PR4#v=onepage&q=The%20Plasma%20Proteins%20V3:%20Structure,%20Function,%20and%20Genetic%20Control&f=false>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
149. R Core Team. (2018): R-3.5.1, R Foundation for Statistical Computing, Bécs, Ausztria.
150. RAEKER, M. Ö., JOHNSON, L. A. (1995): Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins. In: *Journal of Food Science*, 60 (4) 685-690. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb06206.x>
151. RAMOS-CLAMONT, G., FERNÁNDEZ-MICHEL, S., CARRILLO-VARGAS, L., MARTINEZ-CALDERÓN, E., VÁZQUEZ-MORENO, L. (2003): Functional properties of protein fractions isolated from porcine blood. In: *Journal of Food Science*, 68 (4) 1196-1200. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09624.x>
152. RATNAYAKE, W. S., GEERA, B., RYBAK, D. A. (2012): Effects of egg and egg replacers on yellow cake product quality. In: *Journal of Food Processing and Preservation*, 36 (1) 21-29. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00547.x>
153. REGENSTEIN, J. M., CHAUDRY, M. M., REGENSTEIN, C. E. (2003): The kosher and halal food laws. In: *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2 (3) 111-127. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00018.x>

154. RESEARCH AND MARKETS. (2022): Health & Wellness Food Market Research Report by Product, Nature, Fat Content, Category, Free From Category, Distribution Channel, Region - Global Forecast to 2027 - Cumulative Impact of COVID-19. Report. October 2022, ID: 5336621 (Lekérdezés helye: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5336621/health-and-wellness-food-market-research-report#product--description>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
155. RODRÍGUEZ-GARCÍA, J., PUIG, A., SALVADOR, A., HERNANDO, I. (2012): Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. In: *Journal of Food Science*, 77 (2) C189–C197. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02546.x>
156. SAHI, S. S., ALAVA, J. M. (2003): Functionality of emulsifiers in sponge cake production. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83 (14) 1419–1429. p. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1557>
157. SALAMI, K. O., OLORUNLAMBE, A. A., ADESINA, B. O., AKINWANDE, F. F., AHMED EL-IMAM, A. M., OYEYINKA, S. A. (2019): Physicochemical and sensory properties of corn starch custard soured with tamarind, soursop and lime. In: *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 14 (3–4) 91–97. p. DOI: <https://doi.org/10.31895/hcptbn.14.3-4.4>
158. SALEHI, F., KASHANINEJAD, M. (2018): Modeling of moisture loss kinetics and color changes in the surface of lemon slice during the combined infrared-vacuum drying. In: *Information Processing in Agriculture*, 5 (4) 516–523. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.05.006>
159. SALVADOR, P., TOLDRÀ, M., PARÉS, D., CARRETERO, C., SAGUER, E. (2009): Color stabilization of porcine hemoglobin during spray-drying and powder storage by combining chelating and reducing agents. In: *Meat Science*, 83 (2) 328–333. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.001>
160. SATTERLEE, L. D. (1975): Improving utilization of animal by-products for human foods – A review. In: *Journal of Animal Science*, 41 (2) 687–697. p. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1975.412687x>
161. SCHMAIER, A. H., LAZARUS, H. M. (2011): Concise guide to hematology. Chichester, UK :John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-4051-9666-6 (Lekérdezés helye: [https://books.google.hu/books?id=wO2nrZ4bv6IC&lpg=PR11&ots=CU0VTs0m69&dq=134.%09SCHMAIER%2C%20A.%20H.%2C%20LAZARUS%2C%20H.%20M.%20\(2011\)%3A%20Concise%20guide%20to%20hematology&lr&hl=hu&pg=PR8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hu/books?id=wO2nrZ4bv6IC&lpg=PR11&ots=CU0VTs0m69&dq=134.%09SCHMAIER%2C%20A.%20H.%2C%20LAZARUS%2C%20H.%20M.%20(2011)%3A%20Concise%20guide%20to%20hematology&lr&hl=hu&pg=PR8#v=onepage&q&f=false); Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)

162. SEIDEMAN, S. C., SMITH, G. C., CARPENTER, Z. L., DILL, C. W. (1979): Plasma protein isolate and textured soy protein in ground beef formulations. In: *Journal of Food Science*, 44 (4) 1032-1035. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb03439.x>
163. SELVAKUMAR, P., LING, T. C., WALKER, S., LYDDIATT, A. (2012): Partitioning of haemoglobin and bovine serum albumin from whole bovine blood using aqueous two-phase systems. In: *Separation and purification technology*, 90 182-188. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.02.032>
164. SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. (1965): An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples); In: *Biometrika*, 52 (3/4) 591-611. p. DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>
165. SHIN, D. J., LEE, H. J., LEE, D., JO, C., CHOE, J. (2020): Fat replacement in chicken sausages manufactured with broiler and old laying hens by different vegetable oils. In: *Poultry Science*, 99 (5) 2811-2818. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.008>
166. SILVA, V. D. M., SILVESTRE, M. P. C. (2003): Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. In: *LWT - Food Science and Technology*, 36 (7) 709-718. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00092-6](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00092-6)
167. SILVA, F. A. P., AMARAL, D. S., GUERRA, I. C. D., DALMÁS, P. S., ARCANJO, N. M. O., BEZERRA, T. K. A., BELTRÃO FILHO, R. T., MADRUGA, M. S. (2013): The chemical and sensory qualities of smoked blood sausage made with the edible by-products of goat slaughter. In: *Meat Science*, 94 (1) 34-38. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.004>
168. SLINDE, E., MARTENS, M. (1982): Changes in sensory properties of sausages when small amounts of blood replace meat. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33 (8) 760-762. p. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740330812>
169. SORAPUKDEE, S., NARUNATSOPANON, S. (2017): Comparative study on compositions and functional properties of porcine, chicken and duck blood. In: *Korean journal for food science of animal resources*, 37 (2) 228. p. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.228>
170. SOUKOULIS, C., YONEKURA, L., GAN, H. H., BEHBOUDI-JOBBEHDAR, S., PARMENTER, C., FISK, I. (2014): Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. In: *Food Hydrocolloids*, 39 p. 231-242 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00005.x>

171. SPENCE C. (2015): On the psychological impact of food colour. In: *Flavour*, 4 (1) 1-16. p. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13411-015-0031-3>
172. SPENCE, C., LEVITAN, C. A., SHANKAR, M. U., ZAMPINI, M. (2010). Does food color influence taste and flavor perception in humans?. In: *Chemosensory Perception*, 3 (1) 68-84. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12078-010-9067-z>
173. SPREER, E., MIXA, A. (1998): Milk and dairy product technology. New York, USA: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203747162>
174. STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T. D., CASTEL, V., ROSALES, M., ROSALES, M., DE HAAN, C. (2006): Livestock's long shadow: environmental issues and options. Róma, Oldaszország: FAO. (Lekérdezés helye: https://books.google.hu/books?id=1B9LQQkm_qMC&lpg=PR16&ots=LP_bT6OrH&dq=Livestock's%20long%20shadow%3A%20environmental%20issues%20and%20options&lr&hl=hu&pg=PR2#v=snippet&q=steinfeld&f=false; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
175. SUTER, D. A., SUSTEK, E., DILL, C. W., MARSHALL, W. H., CARPENTER, Z. L. (1976): A method for measurement of the effect of blood protein concentrates on the binding forces in cooked ground beef patties. In: *Journal of Food Science*, 41 (6) 1428-1432. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1976.tb01188.x>
176. TÁRREGA, A., IZQUIERDO, L., COSTELL, E. (2004): Scaling ranked data for correlating sensory and instrumental measures. Application to dairy desserts colour evaluation. 6th Pangborn Sensory Science Symposium, Yorkshire, UK. (Lekérdezés helye: <https://core.ac.uk/download/pdf/36015248.pdf>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
177. TOLDRÁ, F., ARISTOY, M. C., MORA, L., REIG, M. (2012): Innovations in value-addition of edible meat by-products. In: *Meat Science*, 92 (3) 290-296. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.004>
178. TOMASEVIC, I., TOMOVIC, V., IKONIC, P., RODRIGUEZ, J. M. L., BARBA, F. J., DJEKIC, I., NASTASIJEVIC, I., STAJIC, S., ZIVKOVIC D. (2019): Evaluation of poultry meat colour using computer vision system and colourimeter: Is there a difference?. In: *British Food Journal*, 121 (5) 1078-1087. p. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2018-0376>
179. TRUMBO, P., SCHLICKER, S., YATES, A. A., POOS M. (2002): Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. In: *Journal of the American Dietetic Association*, 102 (11) 1621-1630. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9)

180. TYBOR, P. T., DILL, C. W., LANDMANN, W. A. (1973): Effect of decolorization and lactose incorporation on the emulsification capacity of spray-dried blood protein concentrates. In: *Journal of Food Science*, 38 (1) 4–6. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1973.tb02761.x>
181. USDA, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. (2018). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 29. (Lekérdezés helye: <https://fdc.nal.usda.gov/>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
182. VARGA, Á., LADÁNYI, M., MÁRKI, E. (2020): Modeling of beer membrane filtration. In: *Desalination and Water Treatment*, 192 382-391. p. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25460>
183. VÉLEZ-RUIZ, J. F., GONZÁLEZ-TOMÁS, L., COSTELL, E. (2005): Rheology of dairy custard model systems: influence of milk-fat and hydrocolloid type. In: *European Food Research and Technology*, 221 (3) 342–347. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-005-1174-8>
184. VÉLEZ-RUIZ, J., HERNANDO, I., GONZÁLEZ-TOMÁS, L., PÉREZ-MUNUERA, I., QUILES, A., TÁRREGA, A., LLUCH, M.A., COSTELL, E. (2006): Rheology and microstructure of custard model systems with cross-linked waxy maize starch. In: *Flavour and Fragrance Journal*, 21 (1) 30–36. p. DOI: <https://doi.org/10.1002/ffj.1698>
185. WANG, L., FLORES, R. A., JOHNSON, L. A. (1997): Processing feed ingredients from blends of soybean meal, whole blood, and red blood cells. In: *Transactions of the ASAE*, 40 (3) 691-697. p. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.21288>
186. WEINTRAUB, L. R., WEINSTEIN, M. B., HUSER, H. J., RAFAL, S. (1968): Absorption of hemoglobin iron: the role of a heme-splitting substance in the intestinal mucosa. In: *The Journal of clinical investigation*, 47 (3) 531-539. p. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI105749>
187. WISMER-PEDERSEN, J. (1979). Utilization of animal blood in meat products. In: *Food Technology*, 33, 76–80. p. (Lekérdezés helye: <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL8010151001>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
188. World Health Organization, & United Nations University. (2007): Protein and amino acid requirements in human nutrition (Vol. 935). Genf, Svájc: World Health Organization. ISBN: 92 4 120935 6 (Lekérdezés helye: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO?sequence=1>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)

189. World Health Organization. (2004): Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Genf, Svájc: World Health Organization. ISBN: 9241546123 (Lekérdezés helye: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42716>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
190. World Health Organization. (2020): WHO guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations. Genf, Svájc: World Health Organization. ISBN: 978-92-4-000012-4 (Lekérdezés helye: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240000124>; Lekérdezés időpontja: 2022.09.01.)
191. Worldometer. (2022): Current World Population. (Lekérdezés helye: <https://www.worldometers.info/world-population/>; Lekérdezés időpontja: 2022.11.17.)
192. WU, Z., WANG, B., LI, K. (2010): A novel dual-layer ceramic hollow fibre membrane reactor for methane conversion. In: *Journal of Membrane Science*, 352 (1-2) 63-70. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.01.062>
193. XIE, F., CHEN, W., WANG, J., LIU, J. (2016): CFD and experimental studies on the hydrodynamic performance of submerged flat-sheet membrane bioreactor equipped with micro-channel turbulence promoters. In: *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 99, 72–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.10.012>
194. SUN, Y., QIN, Z., ZHAO, L., CHEN, Q., HOU, Q., LIN, H., JIANG, L., LIU, J., DU, Z. (2018): Membrane fouling mechanisms and permeate flux decline model in soy sauce microfiltration, In: *Journal of Food Process Engineering*, 41 (1) e12599. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12599>
195. YADA, R. Y., JACKMAN, R., SMITH, J. L. (1994): Protein structure-function relationships in foods. New York, USA: Springer Science+Business Media. ISBN: 978-1-4613-6147-3 DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2670-4> (Lekérdezés helye: <https://books.google.hu/books?id=rbPeBwAAQBAJ&lpg=PA1&ots=7Os74antyD&dq=Protein%20structure-function%20relationships%20in%20foods&lr&hl=hu&pg=PR4#v=onepage&q=Protein%20structure-function%20relationships%20in%20foods&f=false>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)
196. YOUSSEF, M. K., BARBUT, S. (2009): Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. In: *Meat Science*, 82 (2) 228-233. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.015>
197. ZHENG, H. B., HAN, M. Y., YANG, H. J., TANG, C. B., XU, X. L., & ZHOU, G. H. (2017). Application of high pressure to chicken meat batters during heating modifies

- physicochemical properties, enabling salt reduction for high-quality products. In: *LWT*, 84, 693-700. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.006>
198. ZHOU, K., ZHANG, J., XIE, Y., WANG, Z., WU, X., LI, C., ... & XU, B. (2021). Hemin from porcine blood effectively stabilized color appearance and odor of prepared pork chops upon repeated freeze-thaw cycles. In: *Meat Science*, 175, 108432 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108432>
199. 45/2012. (V. 8.) VM rendelet a nem emberi fogyasztásra szánt állati eredetű melléktermékekre vonatkozó állategészségügyi szabályok megállapításáról (Lekérdezés helye: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200045.vm>; Lekérdezés ideje: 2022.09.01.)

II. MELLÉKLET: Statisztikai próbák feltételeinek vizsgálata és az eredmények statisztikai értékeléséhez szükséges egyéb információk leírása

II.1. Száraz trinátrium-citrát véralvadás-gátlásra gyakorolt hatásának vizsgálata rotációs viszkozimetriás eljárással

II.1./1. táblázat: A reológiai paraméterek (elméleti folyáshatár, konzisztencia index, folyási index) és a trinátrium-citrát vérhez adott tömegarányának korrelációjának elemzése előtt a három függő változó standardizálatlan reziduumainak normalitásának ellenőrzése Shapiro-Wilk teszttel (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
τ_0	W(50)=0,968, p=0,19
C	W(50)=0,867, p<0,001
p (folyási index)	W(50)=0,858, p<0,001

II.1./2. táblázat: A reológiai paraméterek (elméleti folyáshatár, konzisztencia index, folyási index) és a trinátrium-citrát vérhez adott tömegarányának korrelációjának elemzése előtt a három függő változó szóráshomogenitásának ellenőrzése Levene teszttel (Levene, 1960)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
τ_0	F(4,45)=6,845, p<0,001
C	F(4,45)=29,446, p<0,001
p (folyási index)	F(4,45)=0,512, p=0,727

Az eredmények alapján csak a folyási index esetén nem sérült a szóráshomogenitás, viszont úgy döntöttem, hogy a statisztikai próbát ennek ellenére elvégzem, mivel a Box M-teszt (Box, 1949) ($N n^{-1} < 1,5$; $SL > 0,001$) szerint elfogadható a homoszkedaszticitás. Fontos megemlíteni, hogy emiatt az eredmények irányadó jellegűek, más mérési eredményekkel csak a mintaszám növelése mellett összehasonlíthatók. Mivel az Anyag és módszer fejezetben említett limittáló tényező, a minden kémcsőbe különböző sertésből vett vér gyakorlatilag egy randomizált független változó, amelynek a szintjét nem tudom beazonosítani az egyes mintáknál, a hatását el kellett hanyagolnom. Viszont mivel a Herschel-Bulkley egyenletében a folyáshatárnál legalább két nagyságrenddel kisebb a konzisztenciaindexek nominális értéke, amelyet a folyási index az elsőközeli hatványra emel, igazából a folyáshatár lesz a meghatározó tényező az eredmények értékelésekor. Amint az az Eredmények és értékelésük című fejezetben látszik is, inkább a folyáshatár esetében értelmezhető a független változóval való összefüggés is. (A reológiai paraméterek véralvadásgátló száraz trinátrium-citrát tömegszázalékos arányával való együttváltozását Pearson-féle korreláció analízissel vizsgáltam.)

II.2. Sertésvér membránszeparációjának vizsgálata a permeátum és retentátum élelmiszeripari felhasználása céljából

II.2./1. táblázat: A transzmembrán nyomáskülönbség, a retentátum térfogatáram és a membrán pórusméret a vértermékek minőségét meghatározó tényezőire (vörös-zöld szintényezőre, szintelítettségre és szárazanyagtartalomra) gyakorolt hatásának MANOVA-val való értékelése előtt a hibák normalitásának ellenőrzése Shapiro-Wilk teszttel (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
a*(vérplazma)	W(36)=0,963, p=0,261
C*(vérplazma)	W(36)=0,965, p=0,306
DMC(vérplazma)	W(36)=0,851, p<0,001
a*(sűrűvér)	W(36)=0,969, p=0,4
C*(sűrűvér)	W(36)=0,938, p=0,045
DMC(sűrűvér)	W(36)=0,803, p<0,001

Mivel a Shapiro-Wilk teszt alapján sérült a hibák normalitása, ezután még D'Agostino κ -négyzet teszttel (D'Agostino, 1970) is ($p>0,04$) ellenőriztem azt és elfogadtam.

II.2./2. táblázat: A transzmembrán nyomáskülönbség, a retentátum térfogatáram és a membrán pórusméret a vértermékek minőségét meghatározó tényezőire (vörös-zöld szintényezőre, szintelítettségre és szárazanyagtartalomra) gyakorolt hatásának MANOVA-val való értékelése előtt a függő változók szóráshomogenitásának tesztelése ellenőrzése Levene teszttel (Levene, 1960)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
a*(vérplazma)	F(11,24)=1,408, p=0,232
C*(vérplazma)	F(11,24)=1,502, p=0,195
DMC(vérplazma)	F(11,24)=2,738, p=0,004
a*(sűrűvér)	F(11,24)=3,68, p=0,004
C*(sűrűvér)	F(11,24)=2,516, p=0,028
DMC(sűrűvér)	F(11,24)=2,523, p=0,028

A teszt eredményei alapján a szóráshomogenitás enyhén sérült.

A két vértermék – a plazma és a sűrűvér – vizsgálata során nyert eredményekre két, különböző MANOVA-t futtattam le. Azokban az esetekben, ahol a MANOVA szignifikáns eredményt adott és a megmagyarázatlan variancia-arány (Wilk's lambda) megfelelő értéket mutatott, függő változónként egyenként egy-egy utánkövető ANOVA-t futtattam le Bonferroni

korrekcióval. A mintacsoportokon belül az egymástól szignifikánsan elkülöníthető homogén csoportokat Games-Howell-féle post hoc teszttel különítettem el, amely képes kezelni a szórások inhomogenitását.

A hidrodinamikai paraméterek modellezésére egy korábbiaktól eltérő módszert alkalmaztam. A kutatás egy $2 \times 2 \times 3$ teljes faktoriális kísérleti terven alapult. Ennek a kísérleti tervnek az alkalmazásának a céljai a függő és független változók közötti kapcsolatot leíró célfüggvény, valamint a szignifikánsan befolyásoló paraméterek és azok hatásnagyságainak meghatározása voltak. A válasz (angolul: *response*, jele: Y) ebben a kísérleti tervben a következő egyenlet segítségével írható le:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i \times x_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1, i \neq j}^3 b_{ij} \times x_i \times x_j + b_{123} \times x_1 \times x_2 \times x_3 \quad (\text{Sun et al., 2018})$$

ahol „ b_0 ” a konstans, „ b_i ” ($i = 1, 2, 3$) a főfaktorhatások regressziós együtthatói, „ b_{ij} ” ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; i \neq j$) és „ b_{123} ” a faktorok interakcióinak regressziós együtthatói. A faktorokat „ x_i ” ($i = 1, 2, 3$) jelöli. A legfontosabb hidrodinamikai paraméter az egyensúlyi vér fluxus, mivel a szűrési idő nagy részében ez a fluxus befolyásolja a szűrés hatékonyságát. Azonban a membrán felületén történő gélréteg képződés karakterisztikáját még pontosabban meghatározza az egyensúlyi állapotban membránra rakódó gélréteg visszatartása (Varga et al., 2020). Emiatt az alkalmazott kísérleti terv válaszában az egyensúlyi állapotban membránra rakódó gélréteg visszatartását tekintettem.

A kísérletek eredményeit különböző lépésekkel az R studio szoftverben (R Core Team, R-3.5.1, R Foundation for Statistical Computing, Bécs, Ausztria) az „rsm” csomag (Lenth, 2010) segítségével elemeztem. A modellezési módszerek kritériumait ellenőriztem: az alapsokaság reziduumainak normalitása a Shapiro-Wilk teszt (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965) eredményei [$W(72)=0,87$, $p=0,074$] alapján elfogadható. A célfüggvény paramétereitnek becslését elvégeztem, majd az illesztett modell pontosságát és determinációt együtthatóját értékeltem a célfüggvény validációja érdekében. A nem szignifikánsan befolyásoló paramétert elimináltam a modellből: A végleges modellt a membrán pórusmérettel és a transzmembrán nyomáskülönbséggel, a retentátum térfogatáram nélkül építettem fel. Ezután kiszámítottam a szignifikáns paraméterek hatásnagyságát, valamint értékeltem a modell pontosságát és a determinációs koefficienseket.

II.3. Élelmiszerek táplálkozás-élettani tulajdonságainak javítását célzó, vérrel és főbb vértermékekkel történő dúsításának hatása különböző élelmiszerek techno-funkciós és érzékszervi tulajdonságaira

II.3.1. Különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított vörösáruk összehasonlítása

II.3.1./1. táblázat: A vértermékek minőségének, mennyiségének és a tárolási időnek állomány tulajdonságokra és egyéb techno-funkciós tulajdonságokra gyakorolt hatásainak két különböző MANOVA segítségével történő elemzése előtt a függő változók szóráshomogenitásának ellenőrzése Levene teszttel (Levene, 1960)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
keményység	F(41,59)=5,315, p<0,01
kohezivitás	F(41,59)=3,672, p<0,01
rugalmasság	F(41,59)=1,844, p=0,015
rághatóság	F(41,59)=3,039, p<0,01
átvágáshoz szükséges erő	F(41,59)=2,731, p<0,01
L*	F(41,99)=1,627, p=0,026
a*	F(41,99)=37,946, p<0,01
b*	F(41,99)=7,149, p<0,01
C*	F(41,59)=12,976, p<0,01
DMC(sűrűvér)	F(11,24)=2,523, p=0,028

Látszólag a homoszkedaszticitás semelyik attribútum esetén nem felelt meg, viszont mivel a Box M-teszt (Box, 1949) ($N n^{-1} < 1,5$; $SL > 0,001$) szerint elfogadható volt, és mivel erre a MANOVA eléggé robusztus, az elemzést elvégeztem.

II.3.1./2. táblázat: A vértermékek minőségének, mennyiségének és a tárolási időnek állomány tulajdonságokra és egyéb techno-funkciós tulajdonságokra gyakorolt hatásainak két különböző MANOVA segítségével történő elemzése előtt a függő változók standardizálatlan reziduuumainak normál eloszlásának ellenőrzése Kolmogorov-Smirnov teszttel szín attribútumok esetén és Shapiro-Wilk teszttel állomány attribútumok esetén (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
keményység	W(101)=0,975, p=0,05
kohezivitás	W(101)=0,945, p<0,001
rugalmasság	W(101)=0,572, p<0,001
rághatóság	W(101)=0,898, p<0,001
átvágáshoz szükséges erő	W(101)=0,968, p=0,015
L*	D(141)=0,066, p=0,009
a*	D(141)=0,241, p<0,001
b*	D(141)=0,142, p=0,001
C*	D(141)=0,180, p<0,001

A szárazanyag tartalom, vízakaktivitás és pH esetében a hibák normál eloszlása és a lineáris korreláció nem volt szignifikánsan igazolható. Más, komplexebb összefüggések feltételezhetők, ezért ezeknek az attribútumoknak az eredményei is bemutatásra kerültek, viszont trendértékűnek tekinthetők.

II.3.2. Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sűtemények összehasonlítása

II.3.2./1. táblázat: A különböző típusú vértermékekkel történő, tojásalapanyagot helyettesítő dúsítás az állomány és a szín attribútumokra gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő elemzése előtt a függő változók standardizálatlan reziduumainak normalitásának vizsgálata Shapiro-Wilk teszttel (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
keménység	W(160)=0,993, p=0,65
rugalmasság	W(160)=0,967, p=0,05
kohezivitás	W(160)=0,977, p=0,08
rághatóság	W(160)=0,994, p=0,734
töréshez szükséges erő	W(160)=0,986, p=0,102
a*	W(60)=0,98, p=0,442
b*	W(60)=0,984, p=0,644
L*	W(60)=0,989, p=0,878
C*	W(60)=0,968, p=0,121
h _{ab}	W(60)=0,978, p=0,367

Az érzékszervi vizsgálat eredményeiket esetén D'Agostino κ -négyzet teszttel (D'Agostino, 1970) ellenőriztem, mivel a Shapiro-Wilk teszt nem bizonyult elég robusztusnak az érzékszervi eredményekre. Azonban az érzékszervi jellemzők esetében a hibák normalitása így sem volt teljes mértékben igazolható a MANOVA elvégzéséhez, viszont az eredmények értékelésének teljessége érdekében mindhárom attribútumcsoport (állomány, szín, érzékszervi) esetében elvégeztem a MANOVA-t. Ennek tükrében bizonyos érzékszervi attribútumok eredményei csak iránymutatóak.

II.3.2./2. táblázat: A különböző típusú vértermékekkel történő, tojásalapanyagot helyettesítő dúsítás az állomány és a szín attribútumokra gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő elemzése előtt a függő változók szóráshomogenitásának vizsgálata Levene teszttel (Levene, 1960)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
keményesség	F(15,144)=2.137, p=0.011
rághatóság	F(15,144)=1.272, p=0.227
töréshez szükséges erő	F(15,144)=1.904, p=0.027
a*	F(19,40)=2,172, p=0,222
b*	F(19,40)=1,809, p=0,057
L*	F(19,40)=1,370, p=0,197
C*	F(19,40)=2,982, p=0,002
h _{ab}	F(19,40)=1,916, p=0,042

A MANOVA eléggé robusztus a kovariancia mátrix inhomogenitására, ezért azoknak az attribútumoknak az esetében, amelyeknél a Levene teszt (Levene, 1960) eredményei alapján nem volt megfelelő a homoszkedaszticitás, a Box M-tesztet (Box, 1949) végeztem el, mint egy megengedőbb, másodlagos ellenőrzést. Az egy MANOVA-ban elemzett minden egyes mért attribútum esetében a szabadsági fok azonos volt [állomány attribútumok (rugalmasság, kohezivitás): n=10, N=160; érzékszervi attribútumok (objektív rugalmasság, objektív morzsálódás, objektív ragadósság, objektív szárazság, objektív kakaó illat intenzitás, objektív kakaóíz intenzitás, illat kedveltség, szín kedveltség, íz kedveltség, állomány kedveltség, szubjektív összbenyomás): n=33, N=165], és az összehasonlított mintacsoportok maximális és minimális standard deviációjának (szórásának) négyzetének értéke kisebb volt, mint kettő. Tehát a homoszkedaszticitás nem sérült olyan mértékben, hogy ne lett volna megfelelő a MANOVA elvégzéséhez minden egyes állomány, szín és érzékszervi attribútum esetében.

A különböző típusú vértermékkel dúsított piskótatészta sütemények vizsgálata után az eredmények értékeléséhez több, különböző MANOVA-t is elvégeztem az egymással feltételezhetően korreláló, viszont nem túl magas szinten korreláló függő változók eredményeire. Az első MANOVA-t a fehérje alapanyag és a tárolási idő műszeresen mért állomány paraméterekre, a másodikat a szín paraméterekre, a harmadikat pedig az érzékszervi vizsgálattal mért paraméterekre gyakorolt hatásának vizsgálatára. A szárazanyag-tartalom és a vízkivétel mérése trend-értékű eredményeket szolgáltatott. Ennek a két attribútumnak az eredményei semelyik két különböző mintacsoport között sem nyújtott statisztikailag szignifikáns különbséget.

II.3.3. Különböző típusú vértermékekkel dúsított fagyaltok és jégkrémek összehasonlítása

II.3.3./1. táblázat: A különböző minőségű vértermékekkel történő dúsítás jégkrémek fagyott állományának keménységére, valamint fagyalt mixek pH-jára és reológiai tulajdonságaira (elméleti folyáshatár, konzisztencia index, folyási index) gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő vizsgálata előtt a függő változók homoszkedaszticitásának ellenőrzése

Levene teszttel (Levene, 1960)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
τ_0	F(3,8)=7,512, p=0,01
C	F(3,8)=7,134, p=0,012
p (folyási index)	F(3,8)=6,147, p=0,018
pH	F(3,32)=1,761, p=0,174
DMC	F(3,32)=1,689, p=0,189
keménység	F(3,32)=0,393, p=0,759
a*	F(3,32)=14,431, p<0,001
b*	F(3,32)=13,541, p<0,001
L*	F(3,32)=6,157, p=0,002
C*	F(3,32)=0,365, p=0,005
szín kedveltség	F(6,57)=2,785, p=0,019
íz kedveltség	F(6,57)=6,706, p<0,001
csokoládéíz intenzitása	F(6,57)=4,037, p<0,001
csokoládéillat intenzitása	F(6,57)=6,584, p<0,001
édes íz intenzitása	F(6,57)=1,666, p=0,146
sós íz intenzitása	F(6,57)=5,154, p<0,01

II.3.3./2. táblázat: A különböző minőségű vértermékekkel történő dúsítás jégrések fagyott állományának keménységére, valamint fagylalt mixek pH-jára és reológiai tulajdonságaira (elméleti folyáshatár, konzisztencia index, folyási index) gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő vizsgálata előtt a függő változók hibáinak normál eloszlásának ellenőrzése Kolmogorov-Smirnov teszttel a reológiai attribútumok esetén és Shapiro-Wilk teszttel a többi attribútum esetén (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
τ_0	D(12)=0,412, p<0,001
C	D(12)=0,222, p=0,107
p (folyási index)	D(12)=0,227, p=0,089
pH	W(36)=0,962, p=0,249
DMC	W(36)=0,95, p=0,107
keménység	W(36)=0,834, p<0,001
a*	W(36)=0,829, p<0,001
b*	W(36)=0,933, p=0,03
L*	W(36)=0,954, p=0,144
C*	W(36)=0,919, p=0,012
szín kedveltség	W(64)=0,777, p<0,001
íz kedveltség	W(64)=0,962, p=0,249
csokoládéíz intenzitása	W(64)=0,954, p=0,018
csokoládéillat intenzitása	W(64)=0,968, p=0,09
édes íz intenzitása	W(64)=0,967, p=0,089
sós íz intenzitása	W(64)=0,801, p<0,001

A normalitás nem volt elfogadható az elméleti folyáshatár és több színtényező hibái esetén, viszont ezeknek a változónak az eredményeit is felhasználtam a MANOVA elvégzése során a teljesség kedvéért, mivel a Box M-teszt (Box, 1949) ($N n^{-1} < 1,5$; $SL > 0,001$) eredményei alapján az analízishez megfelelőnek tekintettem azokat.

II.4. Allergénkiváltás lehetőségeinek vizsgálata süítő- és édesipari termékekben

II.4.1. Tojás allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata piskótatészta süteményben

Az alkalmazott technológia (és azzal együtt fehérjeösszetevő), valamint a tárolási idő késztermék minőségét meghatározó tulajdonságaira gyakorolt hatásának vizsgálata céljából négy MANOVA-t végeztem el külön-külön a négy függő változó csoportra, amelyek várhatóan lineáris-közeli, de nem túl erős kapcsolatban állnak egymással: 1.) a törési erőre, 2.) a héj keménységre, 3.) a nedvesség tartalom és 4.) a három színjellemzőre (vörös-zöld színtényező, sárga-kék színtényező és világossági tényező).

II.4.1./1. táblázat: Az alkalmazott technológia (és azzal együtt fehérjeösszetevő), valamint a tárolási idő késztermék minőségét meghatározó tulajdonságaira gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő vizsgálata előtt a függő változók homoszkedaszticitásának ellenőrzése Levene teszttel (Levene, 1960) a négy különböző MANOVA inputjául szolgáló adatokon külön-külön

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
törési erő	F(15,76)=2,963, p=0,001
héj keménység	F(15,95)=3,827, p<0,001
nedvesség tartalom	F(15,48)=2,615, p=0,006
a*	F(11,36)=3,6, p=0,002
b*	F(11,36)=1,03, p=0,442
L*	F(11,36)=5,341, p<0,001

Az elvégzett Levene teszt elvégzése után meg kellett vizsgálnom az alapsokaság paramétereit a Box M-teszttel is (Box, 1949) ($N n^{-1} < 1,5$; $SL > 0,001$), amely alapján már megfelelőnek ítéltam a homoszkedaszticitást,

II.4.1./2. táblázat: Az alkalmazott technológia (és azzal együtt fehérjeösszetevő), valamint a tárolási idő késztermék minőségét meghatározó tulajdonságaira gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő vizsgálata előtt a függő változók standardizálatlan reziduuumainak normalitásának vizsgálata Shapiro-Wilk teszttel (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965) a négy különböző MANOVA inputjául szolgáló adatokon külön-külön

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
törési erő	W(92)=0,956, p=0,003
héj keménység	W(111)=0,765, p<0,001
nedvesség tartalom	W(64)=0,977, p=0,2
a*	W(48)=0,965, p=0,158
b*	W(48)=0,991, p=0,967
L*	W(48)=0,954, p=0,057

A Shapiro-Wilk teszt alapján szinte minden függő változó hibáinak eredmények esetében igazolni tudtam a MANOVA feltételeit. Abban az esetben, ahol a szóráshomogenitás sérült, Box M-teszt (Box, 1949) segítségével vizsgáltam meg a különböző függő változókhoz tartozó alapsokaságok eloszlására illesztett függvény adatait (csúcosság, görbeség), és úgy ítéltam meg, hogy a Levene teszt ellenére elfogadható normál eloszlás. A vízaktivitás mérés eredményei esetén nem teljesültek a MANOVA feltételei, viszont mivel jó alapot szolgáltathatnak későbbi vizsgálatok számára,

illetve egymással való összehasonlítás során trend-értékű összefüggések felfedezhetők, az Eredmények és értékelések című fejezetben feltüntettem azokat is.

II.4.2. Tej allergén vérplazmaporral történő kiváltásának vizsgálata sodóban

II.4.2./1. táblázat: A különböző fehérje összetevők különböző édesítőanyagok mellett sodó mintában mutatott, állományára és színére gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő vizsgálata előtt a függő változók standardizálatlan reziduuumainak normalitásának ellenőrzése Shapiro-Wilk teszttel (Pataki, 2001; Shapiro & Wilk, 1965)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
τ_0	W(12)=0,985, p=0,977
C	W(12)=0,926, p=0,338
p (folyási index)	W(12)=0,976, p=0,961
L*	W(40)=0,971, p=0,375
a*	W(40)=0,976, p=0,557
b*	W(40)=0,949, p=0,071

II.4.2./2. táblázat: A különböző fehérje összetevők különböző édesítőanyagok mellett sodó mintában mutatott, állományára és színére gyakorolt hatásának MANOVA segítségével történő vizsgálata előtt a függő változók szóráshomogenitásának ellenőrzése Levene teszttel (Levene, 1960)

Függő változó	Statisztikai próba eredménye
τ_0	F(3,8)=1,385, p=0,316
C	F(3,8)=1,875, p=0,212
p (folyási index)	F(3,8)=0,915, p=0,476
L*	F(1,38)=16,006, p<0,001
a*	F(1,38)=8,231, p=0,007
b*	F(1,38)=10,182, p=0,003

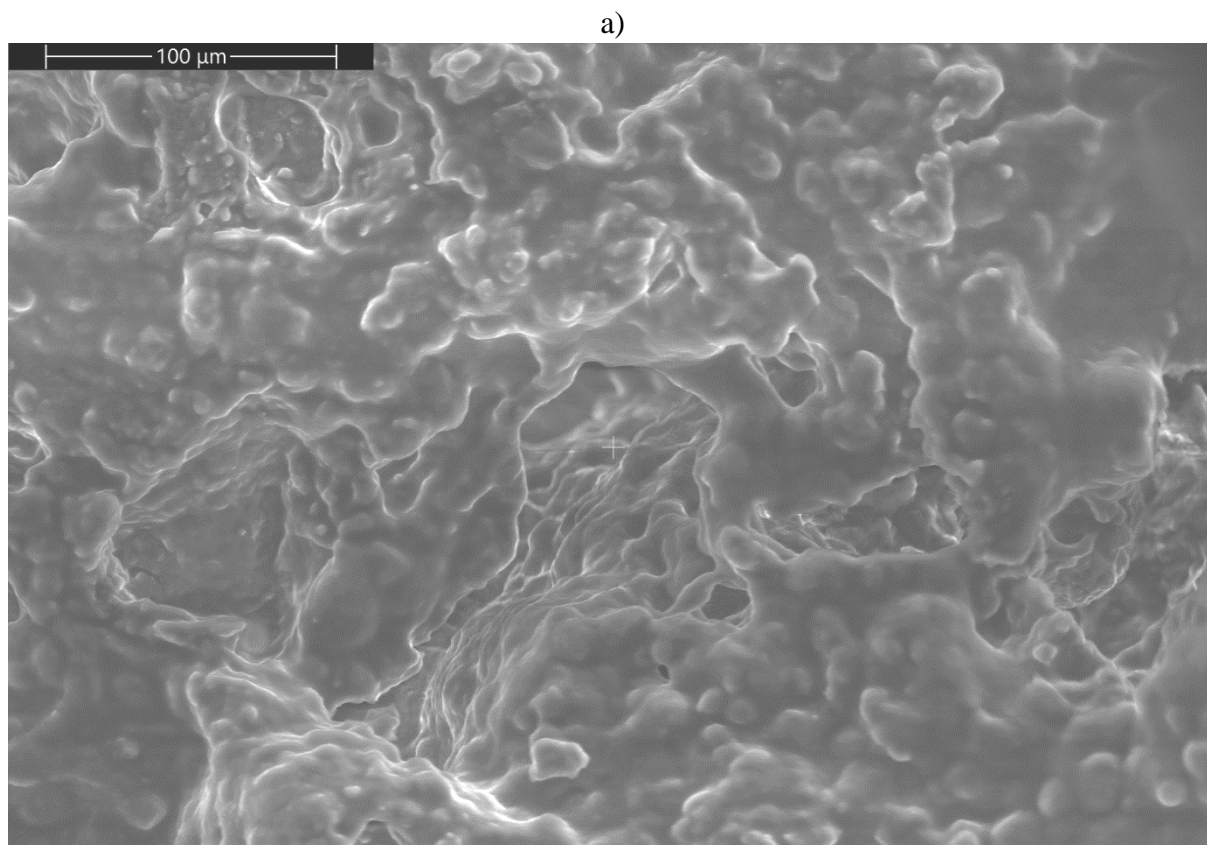
III. MELLÉKLET: Nomenklatúra

Jelölés	Név	A disszertációban használt mértékegység
A	Membrán belső átmérő	m ²
a*	Vörös-zöld szintényező	-
A _m	Membrán aktív felület	m ²
b*	Sárga-kék szintényező	-
C	Konzisztencia index	Pa·s ^p
C*	Szintelítettség	-
D	Kör keresztmetszetű cső átmérője	m
D _e	Egyenérték átmérő	m
E _{ss}	Specifikus energiafogyasztás az egyensúlyi állapotban	kW·h·m ⁻³
FR	Fluxus visszanyerés	%
J _{b, ss}	Vér fluxus az egyensúlyi állapotban	m·s ⁻¹
J _{ww}	Víz fluxus a membrán tisztítása után	m·s ⁻¹
L*	Világossági szintényező	-
p	p-érték, vagy szignifikancia érték	-
p (folyási index)	Folyási index - Minden esetben úgy szerepel, hogy zárójelben kiírtam a teljes nevét, hogy egyértelműen megkülönböztethető legyen a statisztikai próbák p-értékétől.	-
P _{ss}	Hidraulikus teljesítményvesztés az egyensúlyi állapotban	W
Q _{ss}	Retentátum térfogatáram az egyensúlyi állapotban	m ³ ·s ⁻¹
r	A cső sugara (csőmembrán belső sugara)	m
r(Pearson)	Pearson-féle korrelációs együttható - Minden esetben úgy szerepel, hogy zárójelben kiírtam a teljes nevét, hogy egyértelműen megkülönböztethető legyen a membránszűrés képleteiben használt cső keresztmetszet sugarától..	-

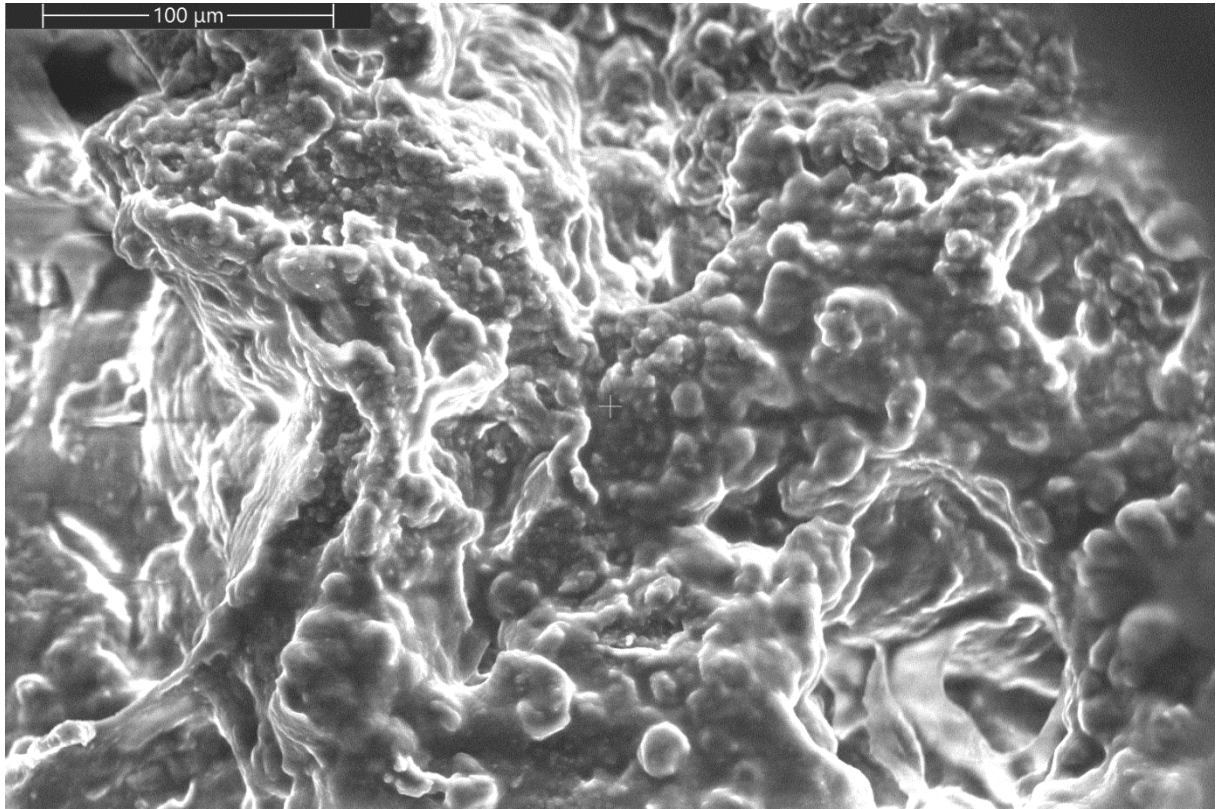
Jelölés	Név	A disszertációban használt mértékegység
Re	Reynolds szám	-
$R_{f, ss}$	Membránra rakódó gélréteg visszatartása az egyensúlyi állapotban	m^{-1}
R_m	A tiszta membrán saját visszatartása	m^{-1}
R_n	A membrán saját visszatartása közvetlenül a mosás és kondicionálás után	m^{-1}
$R_{t, ss}$	Teljes visszatartás az egyensúlyi állapotban	m^{-1}
t_i	Időintervallum	s
TMP	Transzmembrán nyomáskülönbség	Pa
v	Retentátum áramlási sebesség	$m \cdot s^{-1}$
V_i	Időegység alatt átfolyt permeátum térfogat	L
W	Tömegarány	$g \cdot kg^{-1}$, vagy $g (100 g)^{-1}$
γ	Forgási sebesség	s^{-1}
Δp	Membránon mért nyomáscsökkenés	Pa
μ_b	Vér viszkozitása	mPa s
μ_w	Víz viszkozitása	mPa s
ρ_b	Vér sűrűsége	$kg \cdot m^{-3}$
τ	Nyírófeszültség	Pa · s
τ_0	Folyáshatár	Pa · s

IV. MELLÉKLET: Pásztázó elektronmikroszkóppal készült képek a különböző típusú és mennyiségű vértermékkel dúsított, hőkezelt húspépből készült mintákról

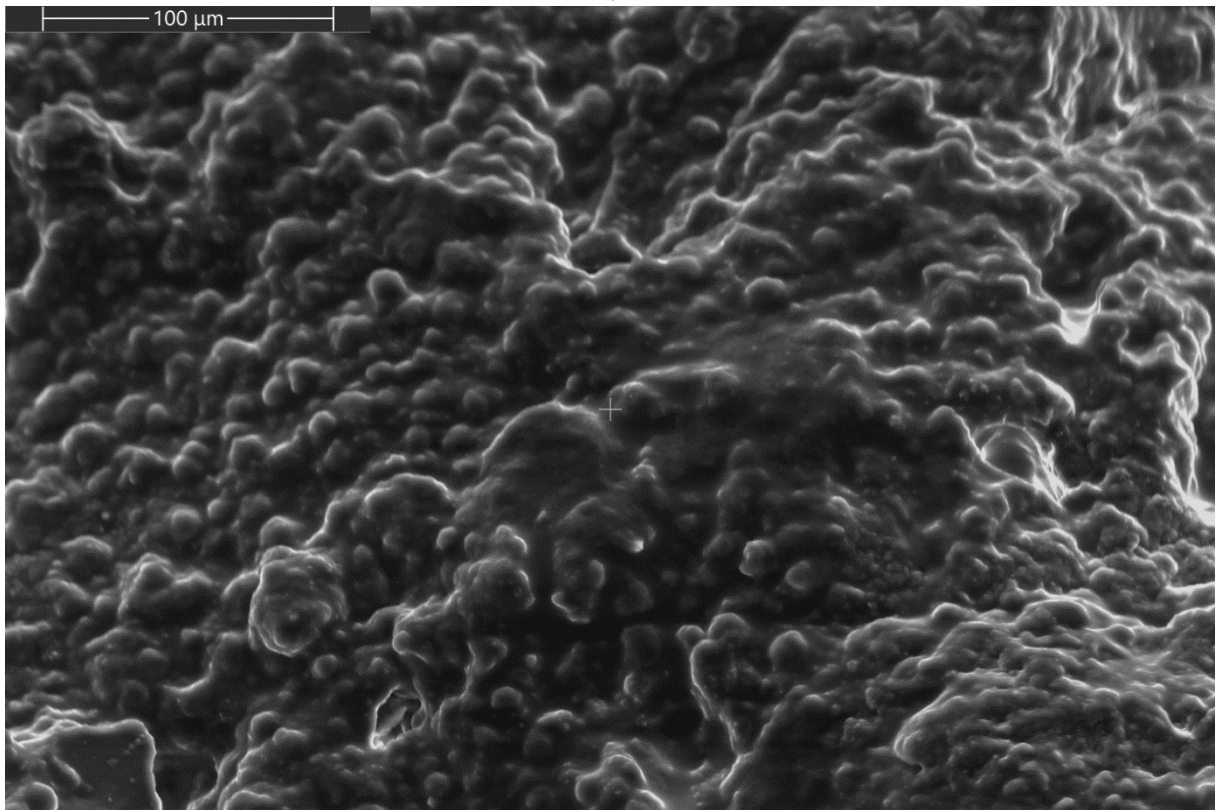
- a) – kontroll hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- b) – $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ hemoglobinporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- c) – $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ hemoglobinporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- d) – $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ hemoglobinporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- e) – $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ teljes vérporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- f) – $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ teljes vérporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- g) – $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ teljes vérporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- h) – $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ vérplazmaporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- i) – $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ vérplazmaporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- j) – $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ vérplazmaporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- k) – $100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ vérplazmaporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta;
- l) – $150 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ vérplazmaporral dúsított hőkezelt, előkészített húspép alapú termékminta



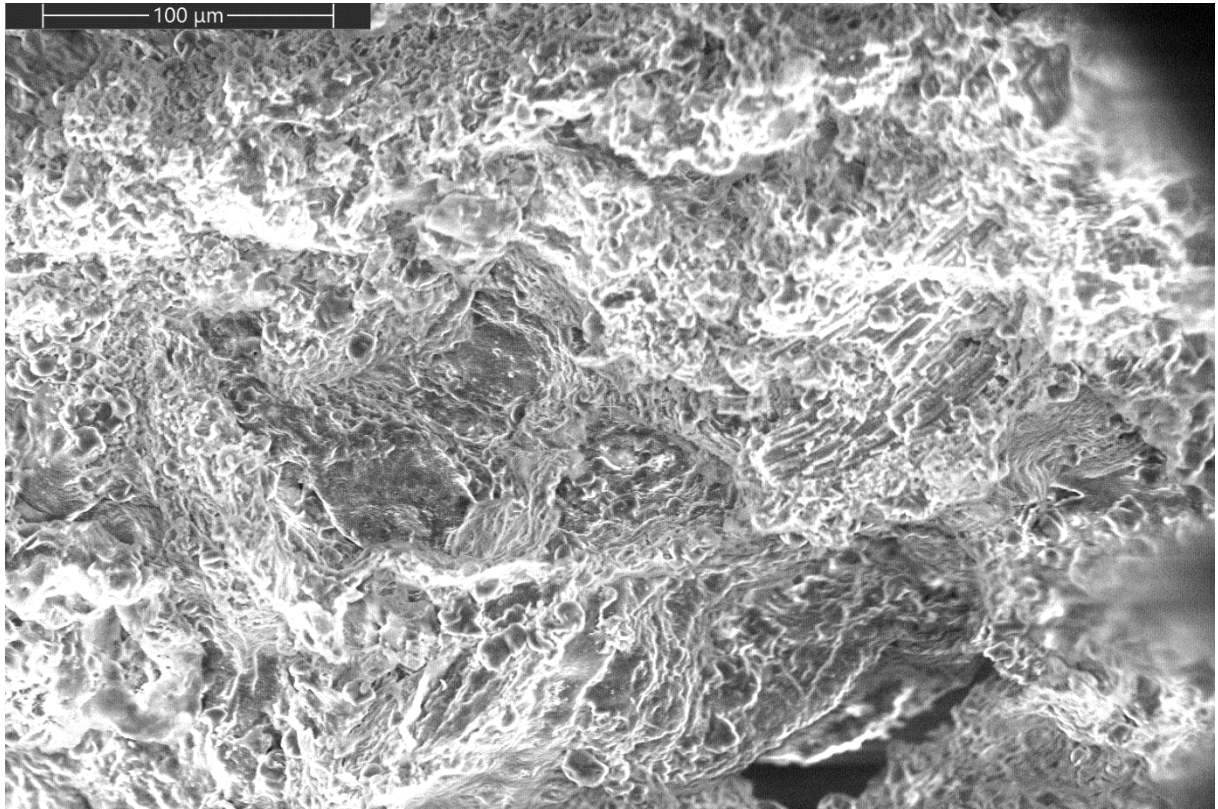
b)



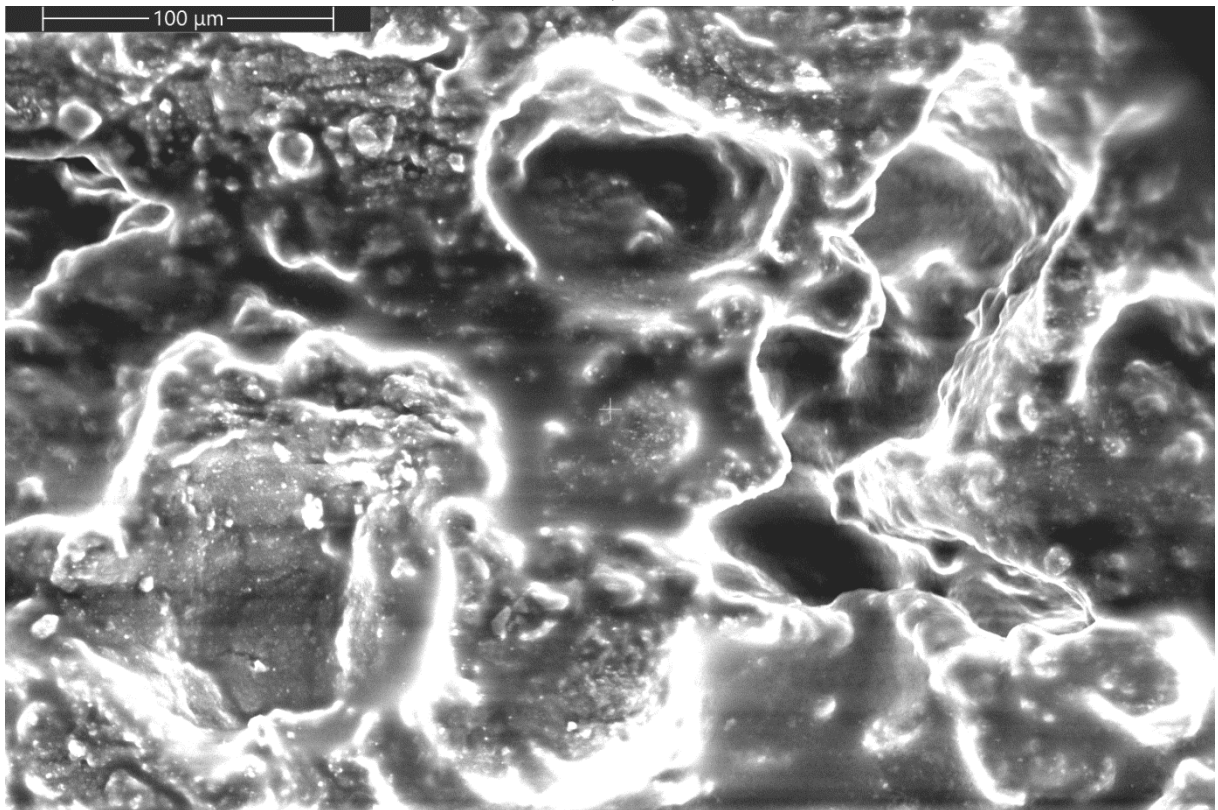
c)



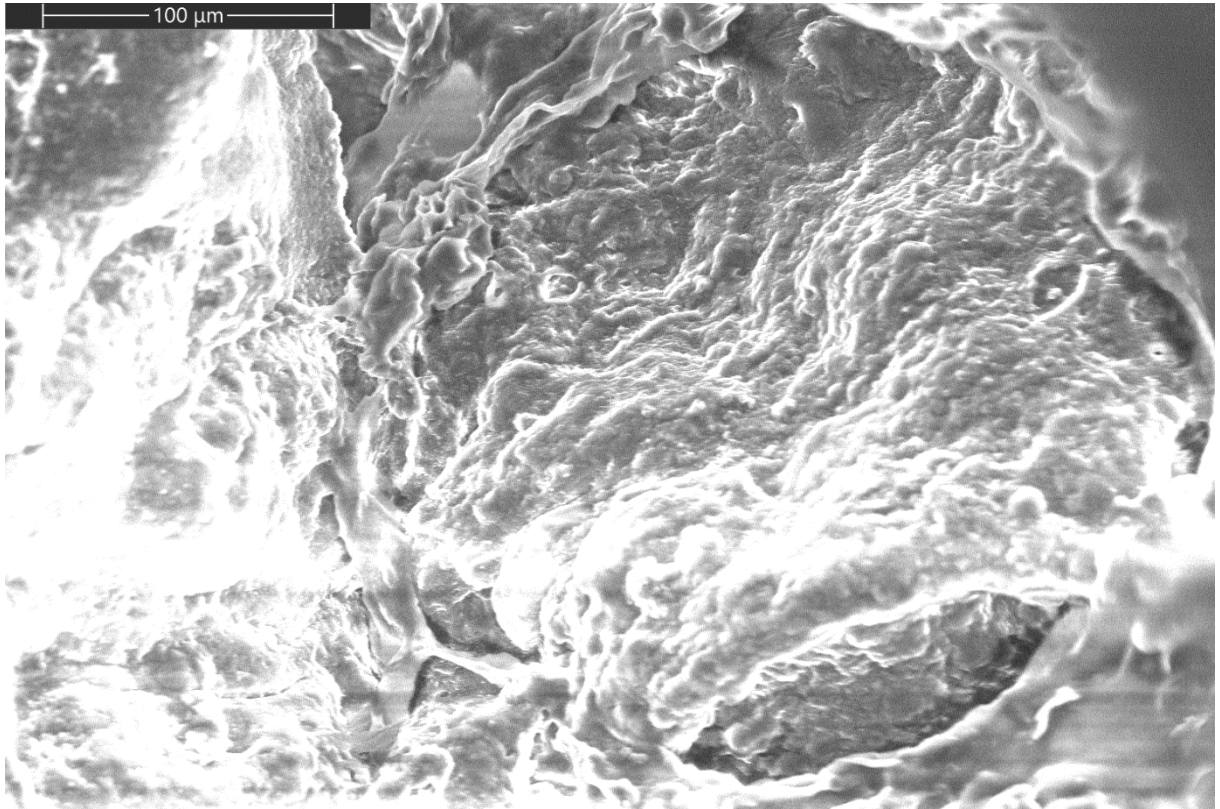
d)



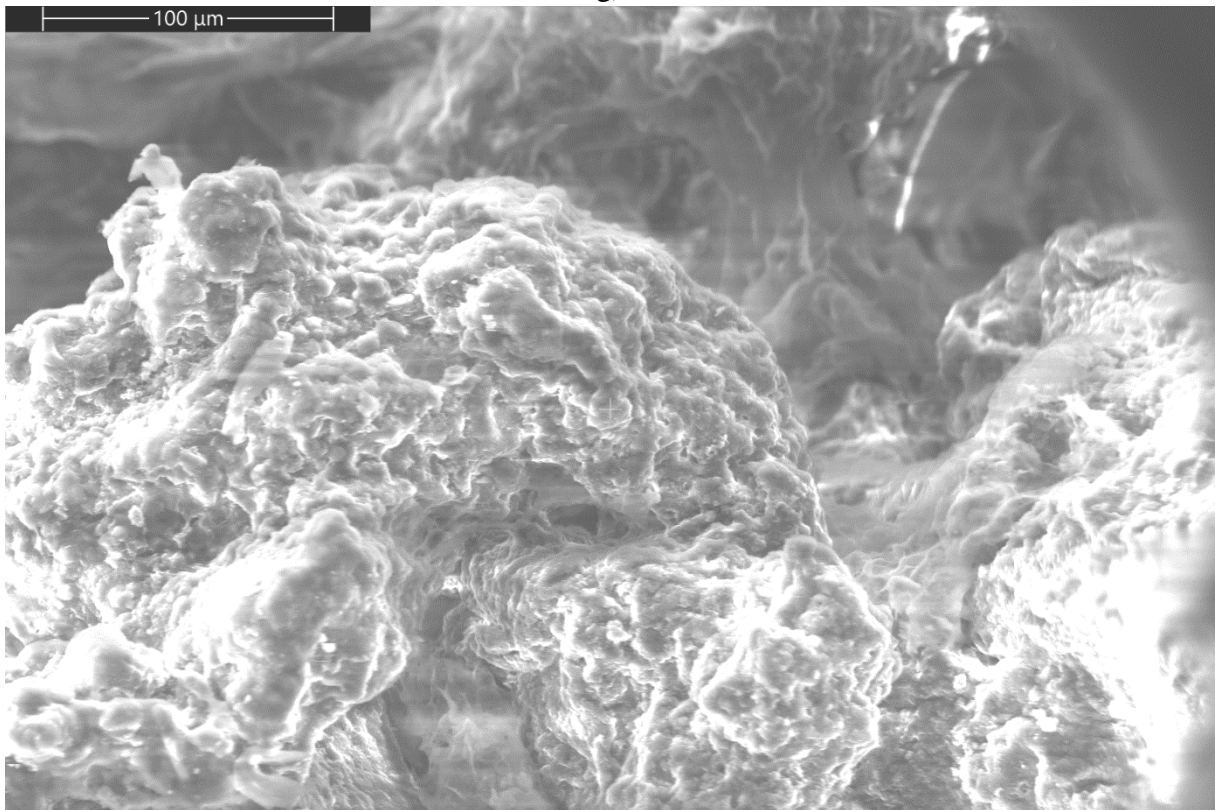
e)



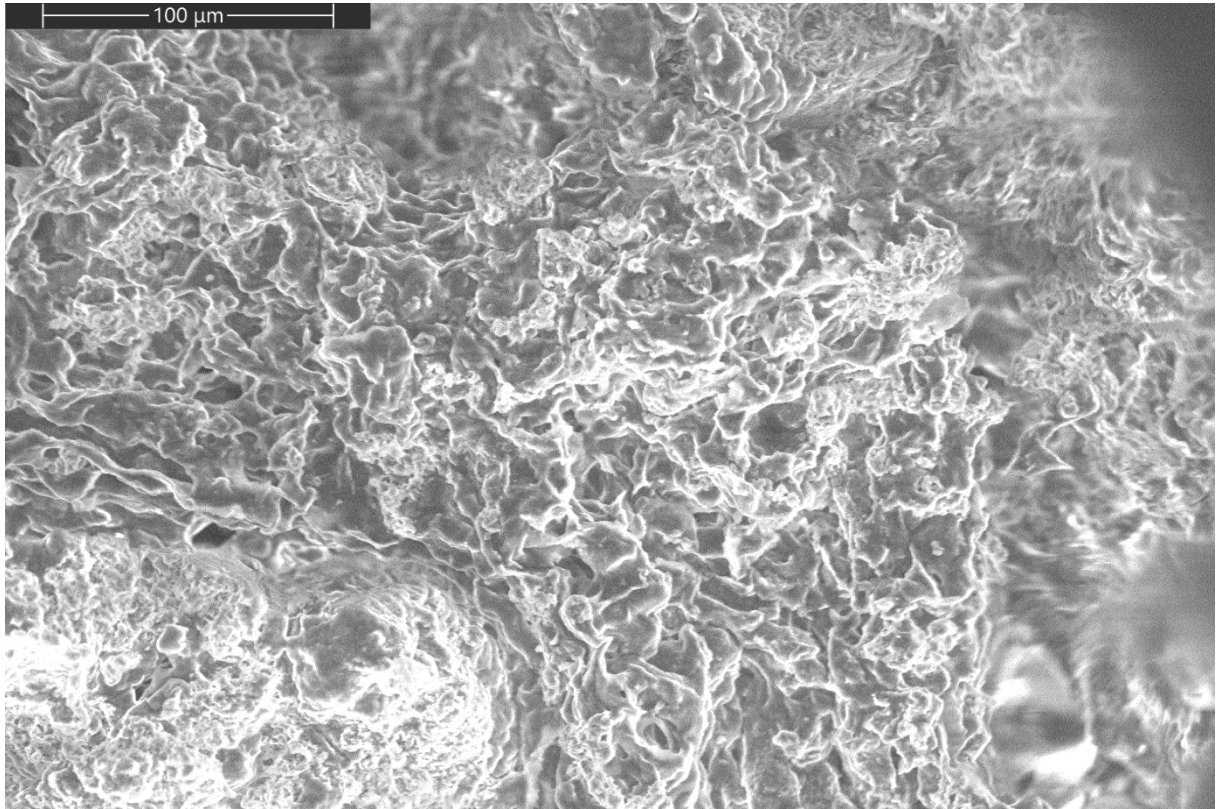
f)



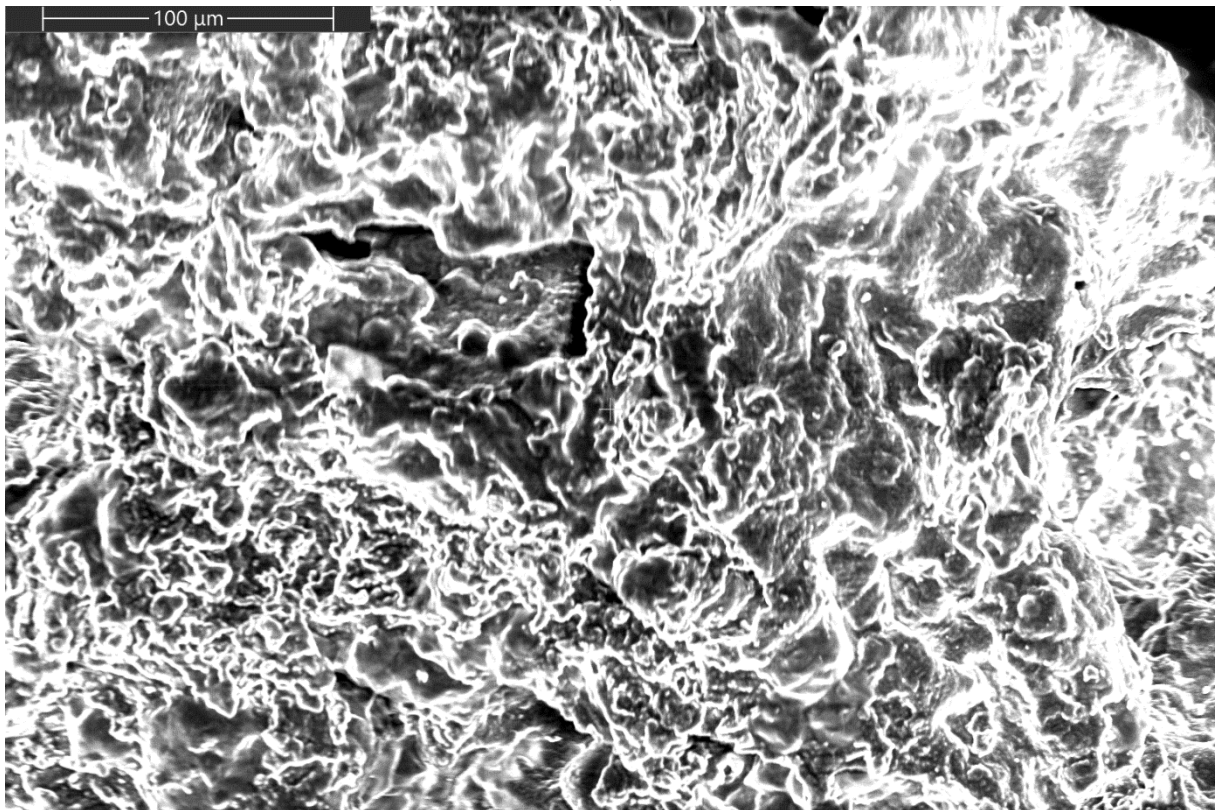
g)



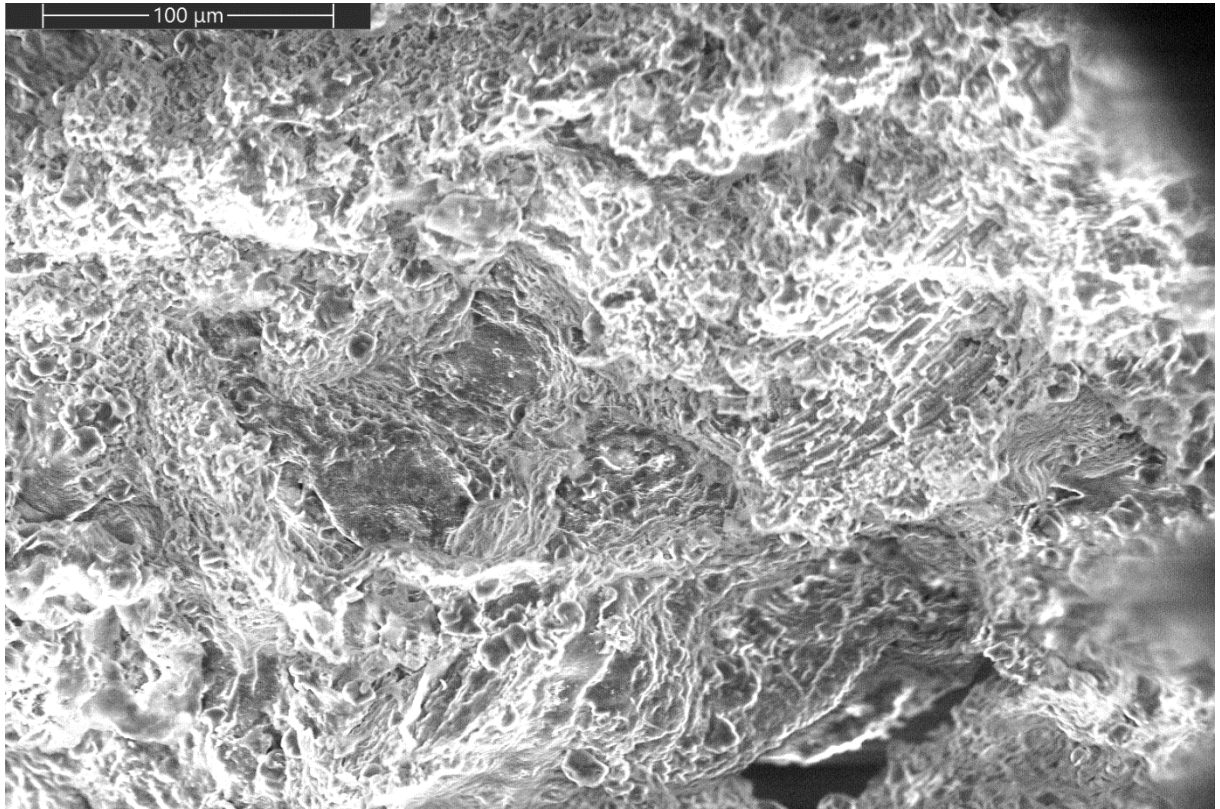
h)



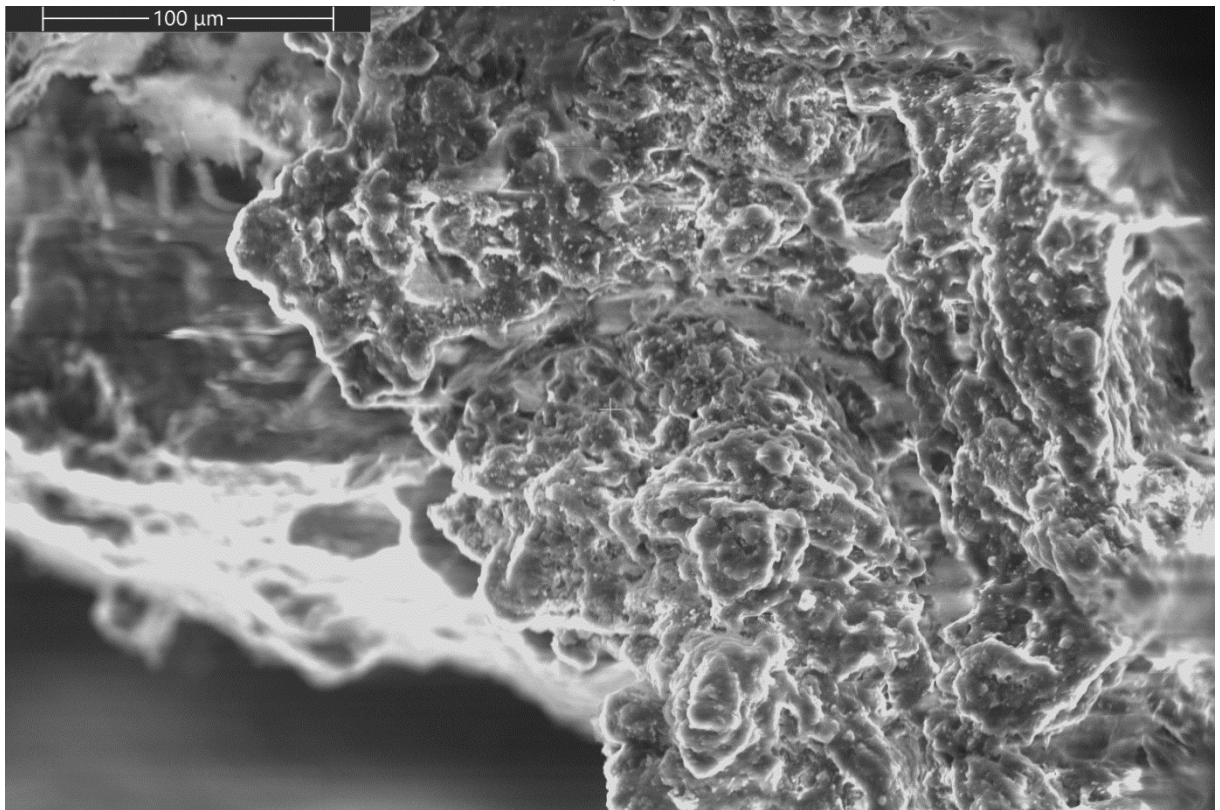
i)



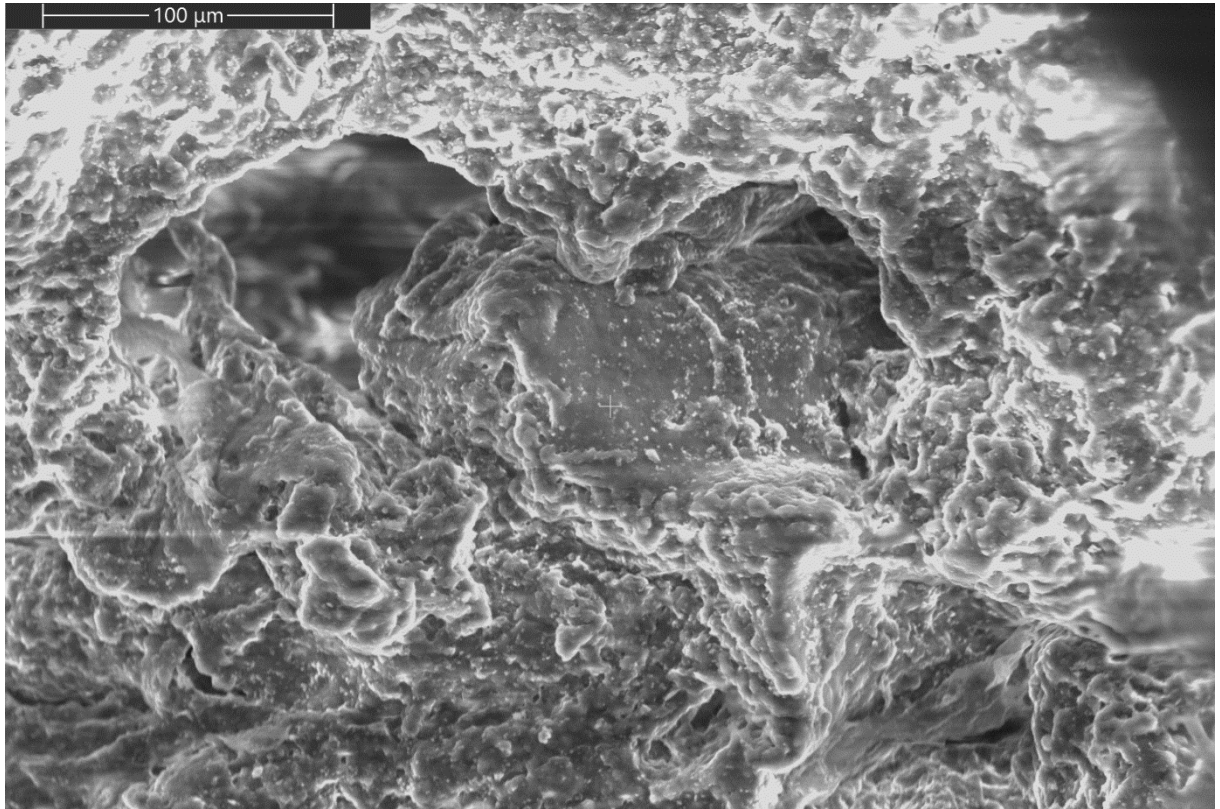
j)



k)



1)



V. MELLÉKLET: Különböző típusú vértermékekkel dúsított piskótatészta sűtemények érzékszervi minősítésének eredményei

Bírált jellemző	Mintatípus	Átlag	Szórás	N	Szignifikánsan homogén csoportok
Rugalmasság - objektív	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,67	1,19	33	b
	Tojásporral készült mintacsoport	3,24	1,06	33	a,b
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,73	0,91	33	b
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	2,88	1,24	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	3,09	0,84	33	a,b
	Összes mintacsoport	3,32	1,10	165	
Morzsálódás - objektív	Vérplazma-porral készült mintacsoport	2,52	1,00	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	3,03	1,05	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	2,61	1,06	33	a
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	3,18	1,10	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	3,24	1,23	33	a
	Összes mintacsoport	2,92	1,12	165	
Tapadósság - objektív	Vérplazma-porral készült mintacsoport	2,58	0,94	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	2,67	0,99	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	2,64	0,96	33	a
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	2,52	0,94	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	2,85	0,91	33	a
	Összes mintacsoport	2,65	0,94	165	
Szárasság - objektív	Vérplazma-porral készült mintacsoport	2,21	0,99	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	2,52	1,03	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	1,97	1,05	33	a
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	2,12	0,99	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	2,03	0,99	33	a
	Összes mintacsoport	2,17	1,01	165	

Kakaó illat intenzitás - objektív	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,00	0,87	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	2,97	0,98	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,30	1,26	33	a
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	3,27	1,01	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	2,97	1,21	33	a
	Összes mintacsoport	3,10	1,07	165	
Kakaó íz intenzitás - objektív	Vérplazma-porral készült mintacsoport	2,94	1,17	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	3,09	0,98	33	a,b
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,73	0,94	33	b
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	3,36	1,19	33	a,b
	Teljes vérporral készült mintacsoport	3,03	1,24	33	a,b
	Összes mintacsoport	3,23	1,13	165	
Illat - kedveltség	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,09	1,13	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	3,24	0,87	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,58	1,12	33	a
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	3,33	1,05	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	3,12	1,08	33	a
	Összes mintacsoport	3,27	1,06	165	
Szín - kedveltség	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,42	1,17	33	a,b
	Tojásporral készült mintacsoport	3,06	1,06	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	4,09	0,84	33	b,c
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	4,03	0,95	33	b,c
	Teljes vérporral készült mintacsoport	4,12	1,02	33	c
	Összes mintacsoport	3,75	1,09	165	
Íz - kedveltség	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,12	1,11	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	3,33	1,05	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,55	1,09	33	a

	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	3,36	1,06	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	2,82	1,18	33	a
	Összes mintacsoport	3,24	1,11	165	
Állomány - kedveltség	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,24	1,17	33	a,b
	Tojásporral készült mintacsoport	3,18	0,85	33	a,b
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,73	1,07	33	b
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	2,97	1,19	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	3,03	0,92	33	a,b
	Összes mintacsoport	3,23	1,07	165	
Összbenyomás - kedveltség	Vérplazma-porral készült mintacsoport	3,42	1,20	33	a
	Tojásporral készült mintacsoport	3,33	0,92	33	a
	Feketeszínű tojásporral készült mintacsoport	3,82	1,01	33	a
	Hemoglobin-porral készült mintacsoport	3,45	1,06	33	a
	Teljes vérporral készült mintacsoport	3,24	1,06	33	a
	Összes mintacsoport	3,45	1,06	165	

VI. MELLÉKLET: Különböző típusú vértermékekkel dúsított jégkrémek érzékszervi minősítésének eredményei

Érzékszervi paraméter	Dúsítás típusa	Dúsítás mértéke [g (100g) ⁻¹]	Átlag	Szórás	N
Szín kedveltség	Kontroll	0	9,19	1,05	16
	Vérplazmapor	10	9,13	1,13	8
		15	8,13	3,09	8
	Teljtes vérpor	10	9,50	0,76	8
		15	9,25	0,89	8
	Hemoglobinpor	10	9,38	0,74	8
15		9,25	1,16	8	
Íz kedveltség	Kontroll	0	8,63	1,02	16
	Vérplazmapor	10	8,75	1,67	8
		15	1,63	1,06	8
	Teljtes vérpor	10	6,38	2,83	8
		15	3,25	3,62	8
	Hemoglobinpor	10	7,38	1,69	8
15		3,50	3,25	8	
Csokoládé íz intenzitása	Kontroll	0	8,25	1,39	16
	Vérplazmapor	10	8,50	1,77	8
		15	1,88	1,13	8
	Teljtes vérpor	10	7,38	2,07	8
		15	4,13	3,36	8
	Hemoglobinpor	10	7,25	1,67	8
15		4,63	3,58	8	
Csokoládé illat intenzitása	Kontroll	0	8,31	1,20	16
	Vérplazmapor	10	8,75	1,49	8
		15	4,38	3,07	8
	Teljtes vérpor	10	7,13	2,10	8
		15	3,75	2,76	8
	Hemoglobinpor	10	7,50	1,41	8
15		4,75	3,45	8	
Édes íz intenzitása	Kontroll	0	7,50	1,55	16
	Vérplazmapor	10	6,75	1,98	8
		15	2,50	2,20	8
	Teljtes vérpor	10	5,75	1,58	8
		15	3,38	2,56	8
	Hemoglobinpor	10	6,25	1,67	8
15		3,63	2,67	8	

Sós íz intenzitása	Kontroll	0	1,69	1,35	16
	Vérplazmapor	10	1,50	0,76	8
		15	4,25	3,77	8
	Teljtes vérpor	10	1,50	0,76	8
		15	1,88	1,13	8
	Hemoglobinpor	10	1,50	0,76	8
		15	2,00	1,41	8

VII. MELLÉKLET: Köszönetnyilvánítás

*Ezúton is szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, **Pásztorné dr. Huszár Klárának**, akinek segítségére és mindig célba találó tanácsaira, biztató szavaira doktori munkám során támaszkodhattam, és **Dr. Friedrich Lászlónak**, aki intézetigazgatóként visszahívott kutatni az Egyetemre, és lehetővé tette kutatásaim megvalósítását.*

*Köszönöm **minden rövidebb és hosszabb ideig velem együtt dolgozó munkatársamnak és hallgatótársamnak** az Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszékről, a Campusról, az Egyetemről és minden Egyetemen kívüli projektből, hogy táplálkozhattam tapasztalataikból és vidámabbá, könnyebbé, vagy éppen izgalmasabbá tették a doktori tanulmányaimmal eltöltött időt.*

*Köszönöm a **barátaimnak** és köztük **családtagjaimnak** – különösen a **feleségemnek, Amandának** és **édesapámnak** – a támogatását. Csak velük együtt tudtam eljutni idáig.*

Köszönöm.

Deo gratias.