

# SZAKDOLGOZAT

Csóka Zsombor

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Élelmiszermérnöki alapképzési szak**

**Joghurt fejlesztése tejfehérje koncentrátum (MPC) adagolással és  
fehérjetápérték vizsgálata emésztésszimulációval**

**Belső konzulensek:**

Nyulasné dr. Zeke Ildikó Csilla

egyetemi adjunktus

Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Tormási Judit

egyetemi adjunktus

Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

**Készítette:**

Csóka Zsombor Tamás

**Budapest**

**2024**

## TITKOSÍTÁSI KÉRELEM

Alulírott Csóka Zsombor (Neptun-kód: D9I14L) *Élelmiszermérnök BSc* szak hallgatója kérelmezem, hogy a *Joghurt fejlesztése tejfehérje koncentrátum (MPC) adagolással és fehérjetápérték vizsgálata emésztésszimulációval* című szakdolgozatom (konzulens neve: Nyulasné dr. Zeke Ildikó Csilla, Tormási Judit) a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Tanulmányi és Vizsgaszabályzat (a továbbiakban: TVSZ) 95. § (5) bek. c) pontja alkalmazásával titkosításra kerüljön. Tudomásul veszem, hogy kérelmem jóváhagyása esetén a dolgozat titkosítása a TVSZ 95. § (5) bek. c) pontja alapján a sikeres védést követő 5 évre szól.

Kelt: Budapest, 2024.10.31



---

a hallgató aláírása

## Tartalomjegyzék

|       |                                                  |    |
|-------|--------------------------------------------------|----|
| 1     | Bevezetés és célkitűzések.....                   | 4  |
| 2     | Szakirodalmi áttekintés.....                     | 5  |
| 2.1   | A tej .....                                      | 5  |
| 2.1.1 | A tej meghatározása .....                        | 5  |
| 2.1.2 | A tej összetétele .....                          | 5  |
| 2.2   | Fermentált tejtermékek.....                      | 10 |
| 2.3   | A joghurt.....                                   | 11 |
| 2.3.1 | A joghurt eredete .....                          | 11 |
| 2.3.2 | A joghurt gyártástechnológiája .....             | 11 |
| 2.3.3 | A joghurt napjainkban .....                      | 16 |
| 2.4   | Fehérje koncentrátumok gyártástechnológiája..... | 16 |
| 2.5   | Emészthetőség vizsgálata .....                   | 18 |
| 2.5.1 | Tejfehérjék felszívódása.....                    | 18 |
| 2.5.2 | INFOGEST emésztésszimuláció.....                 | 19 |
| 2.5.3 | DIAAS érték.....                                 | 22 |
| 2.6   | Joghurt vizsgálati módszerek.....                | 23 |
| 2.6.1 | pH mérés .....                                   | 23 |
| 2.6.2 | Állományvizsgálat .....                          | 23 |
| 2.6.3 | Érzékszervi vizsgálat.....                       | 25 |
| 3     | Anyagok és módszerek .....                       | 26 |
| 3.1   | A termékfejlesztés főbb lépései .....            | 26 |
| 3.2   | Receptúrák és elkészítés.....                    | 30 |
| 3.4   | Alapanyagok .....                                | 28 |
| 3.4.1 | Tej .....                                        | 28 |
| 3.4.2 | Felhasznált tejfehérje porok.....                | 28 |

|       |                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------|----|
| 3.4.3 | Joghurt kultúra .....                             | 28 |
| 3.4.4 | Ízesítők.....                                     | 28 |
| 3.5   | Felhasznált eszközök.....                         | 28 |
| 3.5.1 | Homogenizáló.....                                 | 28 |
| 3.5.2 | Termosztáló szekrény .....                        | 29 |
| 3.5.3 | Minták készítése .....                            | 30 |
| 3.6   | Mérési módszerek .....                            | 32 |
| 3.6.1 | SMS TA.XTplus állománymérő .....                  | 32 |
| 3.6.2 | Anton-Paar Physica MCR 92 rotációs reométer ..... | 32 |
| 3.6.3 | Érzékszervi bírálat.....                          | 32 |
| 3.6.4 | Fehérjetartalom mérése.....                       | 33 |
| 3.6.5 | Emészthetőség vizsgálata .....                    | 33 |
| 4     | Eredmények és értékelésük.....                    | 35 |
| 4.1   | Receptúrák.....                                   | 35 |
| 4.2   | Alvadás .....                                     | 37 |
| 4.3   | Gélszilárdság.....                                | 38 |
| 4.4   | Viszkozitás.....                                  | 39 |
| 4.5   | Érzékszervi bírálat.....                          | 41 |
| 4.6   | Fehérjetartalom.....                              | 42 |
| 4.7   | Emészthetőség .....                               | 42 |
| 5     | Következtetések és javaslatok .....               | 45 |
| 6     | Összefoglalás .....                               | 46 |
| 7     | Köszönetnyilvánítás .....                         | 48 |
| 8     | Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak.....        | 49 |
| 9     | Ábrák és táblázatok jegyzéke.....                 | 52 |
| 9.1   | Ábrajegyzék .....                                 | 52 |

|     |                                                                                                                          |                                        |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 9.2 | Táblázatok jegyzéke .....                                                                                                | 53                                     |
| 10  | Nyilatkozatok (szerzői/hallgatói és könyvtári nyilatkozatok, konzulensi nyilatkozat, titkosítási nyilatkozat stb.) ..... | <b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b> |

CSÓKA ZSOMBOR

## 1 Bevezetés és célkitűzések

A piacon jelenleg elérhető magas fehérjetartalmú tejtermékek létrehozásához az ipar általában MPC (tejből, ultraszűréssel és porlasztva szárítással előállított tejfehérje koncentrátum), MPI (tejfehérje izolátum) vagy WPC (savófehérje koncentrátum) porokat használ. Dolgozatomban joghurt termék fehérjetartalmának és fehérje tápértékének javítását tűztem ki célul, melyet az Ideaal-MPC fehérjepor megfelelő arányú adagolásával hajtottam végre, és egy objektív mutató a DIAAS segítségével vizsgáltam.

A munkám során fejlesztett joghurt termékhez a Sole-Mizo Zrt., a Medifood Hungary Kft. és a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem konzorciuma által fejlesztett MPC alapú, speciális fehérjekeveréket (Ideaal-MPC) használtam fel. A kutatás-fejlesztési projekt célja, egy olyan MPI/MPC alapú speciális fehérjekeverék előállítása volt, amelynek a tápértéke meghaladja az ideálisnak tekintett savófehérje biológiai értékét, így szélesítve az MPC/MPI készítmények felhasználási lehetőségeinek skáláját. Az Ideaal-MPC tehát egy olyan porkeverék, amelyet az MPC80 (tejfehérje koncentrátum; 80%-os fehérjetartalommal) és WPC80 (savófehérje koncentrátum; 80%-os fehérjetartalommal) emészthetőségét fokozó biotechnológiai előkezeléssel vagy válogatott esszenciális aminosavak meghatározott összetételű hozzáadásával állítottak elő. A keverési arány kialakításánál cél a DIAAS mutató maximalizálása volt, az érzékszervi és technofunkciós tulajdonságok romlásának elkerülése mellett ("GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00048 - Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet - MATE," n.d.). A végső termék fehérjetartalmának kialakításában a piacon elérhető hasonló termékek, valamint a vonatkozó előírások is szerepet játszottak. A vonatkozó rendelet alapján az állítás, ami a fogyasztók számára azt jelenti, hogy az adott termék fehérjében gazdag csak akkor alkalmazható, ha az élelmiszer energia értékének legalább 20%-a fehérjéből származik. (Az Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról, 2006). A gyakorlatban ez a követelmény már minimális mennyiségű fehérje hozzáadásával is teljesül. Piackutatást végezve az látható azonban, hogy a hasonló termékek 10% fehérjetartalommal rendelkeznek, így én is ezt vettem elérendő célnak. A termékfejlesztés során továbbá műszeres mérésekkel meghatároztam az elkészülő joghurtok gélzilárdságát (natúr, poharas alvasztásúak esetén) és a viszkozitását (ízesített, habart joghurtok esetén).

## 2 Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 A tej

#### 2.1.1 A tej meghatározása

A Dr. Szakály Sándor által szerkesztett Tejgazdaságtan című könyv így határozza meg a tejet, mint fogalmat: „A tej az emlősállatok tejmirigyei által termelt, az újszülött kizárólagos táplálására szolgáló összetett biológiai folyadék, amely a szükséges táplálóanyag-komponenseket optimális mennyiségben és szerkezetben tartalmazza.” (SZAKÁLY et al., 2001).

Jelen munkámban kizárólag a tehéntej (továbbiakban: tej) felhasználásával készült joghurttal foglalkoztam. A 1308/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet alapján a tej mint fogalom meghatározása: „tej: egy vagy több tehén fejésével nyert termék” („Az Európai Parlament és a Tanács 1308/2013/EU rendelete ( 2013. december 17. ) a mezőgazdasági termékpiacok közös szervezésének létrehozásáról, és a 922/72/EGK, a 234/79/EK, az 1037/2001/EK és az 1234/2007/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről,” n.d.).

#### 2.1.2 A tej összetétele

A tej kémiaiilag a tejcukor és különböző ásványi sók vizes oldata, amiben kolloidálisan oldott állapotban van jelen a tejfehérje, illetve emulgeált állapotban a tejszír. Az összetett felépítésnek és a tejalkotók tulajdonságainak köszönhetően a tej további feldolgozására, az abból készíthető termékekre is számos lehetőség kínálkozik.

##### 2.1.2.1 Víz

A tehéntej mintegy 87%-a víz, melynek legnagyobb része szabad vízként van jelen, azonban 3-4%-a fehérjével asszociálódva hidrátburkokban, illetve kémiaiilag kötött formában található. Télen a víz aránya kevesebb, mint nyáron amikor többnyire zöld takarmányhoz jutnak a tehenek. A tejalkotók közül a víz oldószere a tejcukornak és a vízben oldódó ásványi anyagoknak, vitaminoknak, valamint diszperziós közegként szolgál a fehérjéknek, zsíroknak és a zsírban oldódó vitaminoknak.

Amennyiben a tej víztartalma a normálisnál jóval magasabb, felmerülhet a hamisítás gyanúja, így gazdasági szempontból ez egy fontos paraméter. Ellenőrzése sűrűség méréssel, illetve a fagyáspont megállapításával történik (Csapó, 2014).

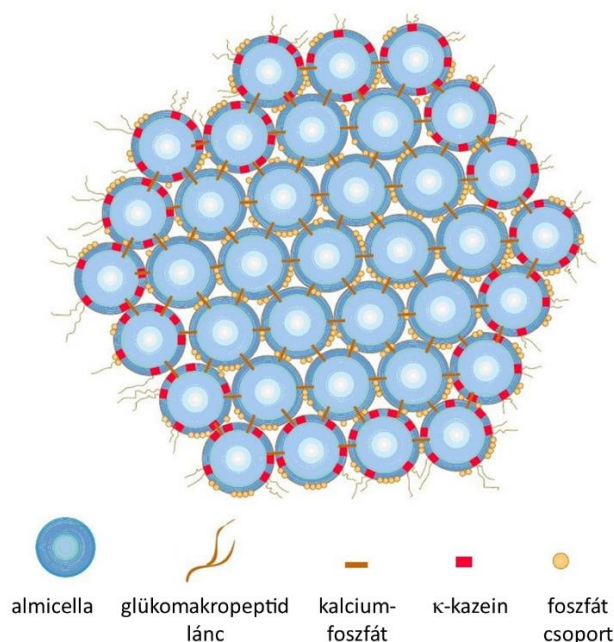
Európai uniós irányelv szerint a tej normál sűrűsége min. 1,028 g/cm<sup>3</sup>, míg fagyáspontja max. -0,52°C. (A Tanács 92/46/EGK irányelve (1992. június 16.) a nyerstej, a hőkezelt tej és a tejalapú termékek előállítására és forgalomba hozatalára vonatkozó egészségügyi előírások megállapításáról, 1992).

#### 2.1.2.2 Fehérjék

A tejben teljes értékű fehérjék találhatóak, azaz tartalmazzák a szervezet számára szükséges összes esszenciális aminosavat, ezért a tej táplálkozás szempontjából igen értékesnek mondható. A tejben található fehérjéket két fő csoportra oszthatjuk, melyek még további összetevőkre oszthatóak.

A kazeinfehérjék ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\kappa$ -kazeinek) adják az összes fehérjetartalom kb 80%-át. Jellemzőjük, hogy a 1. ábra szerinti foszfortartalmú kazein micellákba rendeződve diszpergálódnak a tejben. A micellák sav hatására a tej izoelektromos pontján 4,6 pH-nál, vagy oltó enzim (rennin) hatására denaturálódnak, ezzel pedig a tej alvadását okozzák. Többek között ez a jelenség teszi lehetővé a savanyított tejtermékek, illetve a sajtfélék készítését.

1. ábra: Kazein micella szerkezete



A savófehérjék (vérsérum albumin, laktalbumin,  $\alpha$ - és  $\beta$ -laktoglobulin, immunglobulinok) az oltó enzim vagy sav hatására nem denaturálódnak, a hőre viszont érzékenyek. 60°C-nál már

elkezdenek denaturálódni, de 90°C felett válik jelentősebb mértékűvé a denaturációjuk. Ezen tulajdonságuk teszi lehetővé, hogy a sajtfélék gyártásakor, az alvasztás után visszamaradó savból további felhasználásra (pl.: orda gyártás) kinyerhetők.

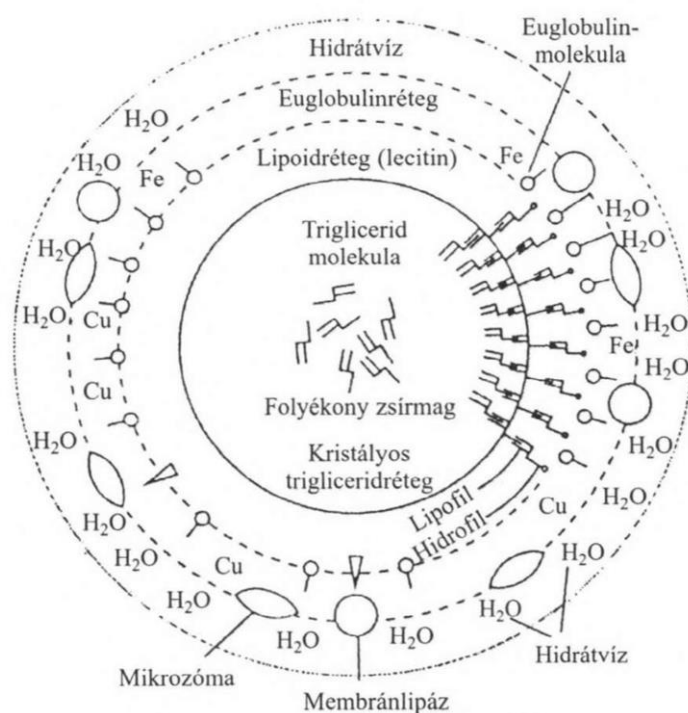
A két fő csoporton kívül kis mértékben (a fehérjék kb 1%-a) egyéb fehérjék, membrán és burokkfehérjék is találhatóak. Ezek globuláris fehérjék, melyek oltó hatására nem, de Ca-ionok jelenlétében 100°C-on és sav hatására (4,6 pH alatt) kicsapódnak. (Csapó, 2014)

A tej fehérjetartalma szintén fontos tényező gazdasági szempontból, hiszen sajtgártásnál mértékétől függ a kihozatal. Normál mennyisége az európai uniós irányelv szerint legalább 28 g/l (összes nitrogéntartalom %  $\times 6,38$ ) (A Tanács 92/46/EGK irányelve (1992. június 16.) a nyerstej, a hőkezelt tej és a tejalapú termékek előállítására és forgalomba hozatalára vonatkozó egészségügyi előírások megállapításáról, 1992).

#### 2.1.2.3 Zsírok

A tejben található zsírok fontos energiaforrásként szolgálnak, emellett pedig táplálkozás-élettani szempontból is számos kedvező hatással bírnak. A tejszír emulgeált formában, ~4 µm méretű zsírgolyócskákat alkotva diszpergálódik a tejben. A tejszír 96-98%-ban trigliceridekből áll, melyek a zsírgolyócskák magjában találhatóak folyékony és kristályos állapotban (2. ábra). A tejszír zsírsavösszetétele és a zsírtartalom a fajtan túl több tényezőtől is függ. Télen például magasabb zsírtartalom és keményebb állományú vaj jellemző, míg nyáron a zöldtakarmány miatt csökken a zsírtartalom és a vaj lágyabb állományú. A triglicerideken kívül kisebb mennyiségben ugyan, de lipoidok is találhatóak a tejszírban (pl.: di- és mono-gliceridek, foszfolipidek, szterinek). Ezek leginkább emulgeátor szerepet töltenek be (Guetouache et al., 2014).

2. ábra: Zsírgolyócska szerkezete (SZAKÁLY et al., 2001)



A zsírgolyócskák kedvezőek az emésztés szempontjából, mert az epe könnyen tudja ebben az aprózódott formában a tejsírt emulgeálni, így könnyen fel tud szívódni. A tehéntejben már több mint 400 féle zsírsavat azonosítottak, melyek közül állandóan jelen vannak az élettani szempontból kiemelt fontosságú esszenciális zsírsavak (linolsav, linolénsav), valamint megtalálható még vajsav, olajsav, palmitinsav és sztearinsav is (Csapó, 2014).

#### 2.1.2.4 Tejcukor

A tej szénhidráttartalmát főként a laktóz adja. A laktóz egy diszacharid vegyület, amely egy D-glükózból és egy D-galaktózból áll. Szénhidrátként fontos energiaforrás, így szerepe van a savanyított tejtermékek készítésénél is a fermentációban. Az erjesztett tejtermékekben jellemzően alacsonyabb is a laktóz tartalom, illetve hosszú ideig érlelt kemény sajtokban a nullához közelít. Mennyisége a tejben viszonylag állandó, 4,5-5,2 g/100g (Guétouache et al., 2014).

#### 2.1.2.5 Ásványi anyagok

A tejben első sorban oldottan találhatóak az ásványi anyagok, de kötött formában is jelen vannak. Előnyös Ca:P aránya (1,5:1) miatt pozitívan emelkedik ki az egyéb állati termékek közül. Fontos, hogy az oldható Ca-tartalom csökken a hőkezelés hatására, ami egyrészt a tejkő

keletkezésében is látszik, másrészt mivel a megfelelő mennyiségű oldott Ca alapfeltétele oltós alvasztásnál a jó alvadék kialakulásának, így a feldolgozás során ezt figyelembe kell venni (Csapó, 2014).

#### 2.1.2.6 Vitaminok

Egyaránt megtalálhatóak vízben és zsírban oldódó vitaminok jelentős mennyiségben. B<sub>2</sub> és B<sub>12</sub> vitaminok szempontjából például kifejezetten értékes vitaminforrásnak számít a tej. Vitamin tartalma fontos szerepet játszik a feldolgozás során használt színtenyészetek mikrobáinak megfelelő működésében is (Csapó, 2014).

#### 2.1.2.7 Enzimek

A tejben található enzimek közül megkülönböztethetünk eredeti és másodlagos enzimeket aszerint, hogy mikor kerültek a tejbe. Míg előbbiek már a fejés pillanatában megtalálhatóak, utóbbiak csak később a tejben lévő mikroorganizmusok működésének eredményeképpen keletkeznek és jelenlétük káros lehet. Fontosabb enzimek: lipáz, foszfatáz (gyors pasztőrözés kimutatása), peroxidáz (pillanatpasztőrözés kimutatása), lakto-peroxidáz, kataláz (Csapó, 2014).

#### 2.1.2.8 Sejtes Elemek

A tejben természetes módon előforduló sejtes elemek a vérből, valamint a tőgy szövetrészeiből származnak. Normálistól eltérő, nagyobb mennyiségük utalhat többek között tőgy gyulladásra, nem megfelelő fejési technológiára, de akár a takarmány hirtelen változtatása miatt is előfordulhat eltérés. A vérből bekerülhetnek a tejbe például fagociták, limfociták, míg a tőgyből jellemzően hámsejtek (pl.: mirigyhám, hengeres hám) kerülnek a tejbe. Továbbá tőggyulladás esetén 20-100 µm nagyságú óriássejtek is kerülnek a tejbe, melyeknek egy része szétesik és sejtörmeléket alkot.

Az emberi fogyasztásra szánt, hőkezelt tej, savanyított tej, aludttej, tejszelé vagy ízesített tej és tejszín előállításához felhasznált nyers tehéntejben az európai uniós irányelvek alapján a szomatikus sejtszám határértéke 1ml-ben  $\leq 400.000$  (A Tanács 92/46/EGK irányelve (1992. június 16.) a nyerstej, a hőkezelt tej és a tejalapú termékek előállítására és forgalomba hozatalára vonatkozó egészségügyi előírások megállapításáról, 1992).

## 2.2 Fermentált tejtermékek

A piacon manapság számos fermentált tejtermék kapható. Magyarországon megtalálhatóak a joghurtok, kefirek, sajtok, tejföl és a túró. Nem kell azonban messzire mennünk, hogy további erjesztett tejtermékekkel találkozzunk a boltok polcain, ugyanis már a szomszédos országokban is találunk a hazai boltok kínálatában nem jellemző tejtermékeket (pl.: acidofil tej). A felsorolt erjesztett tejtermékek pedig számos változatban kaphatóak. A joghurt kínálatot vizsgálva például találhatunk élőflórás joghurtokat, ízesített joghurtokat, görög joghurtokat, joghurt italokat, különböző zsírtartalmú joghurtokat és magas fehérjetartalmú joghurtokat. Ebből is jól láthatjuk mennyire sokoldalúan felhasználható a tej, illetve az abból készült elsődleges termékek.

A tej fermentálásával nyerhető ízletes tejtermékek és azok jótékony hatása már civilizációnk kezdetén is ismert volt az emberiség számára. Sokáig csak spontán a levegőben/tejben, alapanyagokban természetes módon előforduló mikrobák által ment végbe a fermentáció, mára azonban már rendelkezésünkre áll a tudás és a technológia, hogy az erjedés folyamatát a kívánt módon szabályozhassuk.

A fermentált tejtermékek fogyasztása számos kedvező hatással bír táplálkozás élettani szempontból, hiszen többek között hozzájárulnak az egészséges bélflóra fenntartásához, enyhítik a laktóz intoleranciát, antikarcinogén hatásúak, stimulálják az immunrendszert, csökkenthetik a koleszterinszintet, enyhítik a székrekedést, valamint vérnyomáscsökkentő hatásúak is lehetnek (Panesar, 2011).

Az utóbbi időben megjelenő, megnövelt fehérjetartalmú tejtermékek és különösen a joghurtok tovább fokozzák a fermentált tejtermékek kedvező és táplálkozás-élettani szempontból igen értékes tulajdonságait.

## 2.3 A joghurt

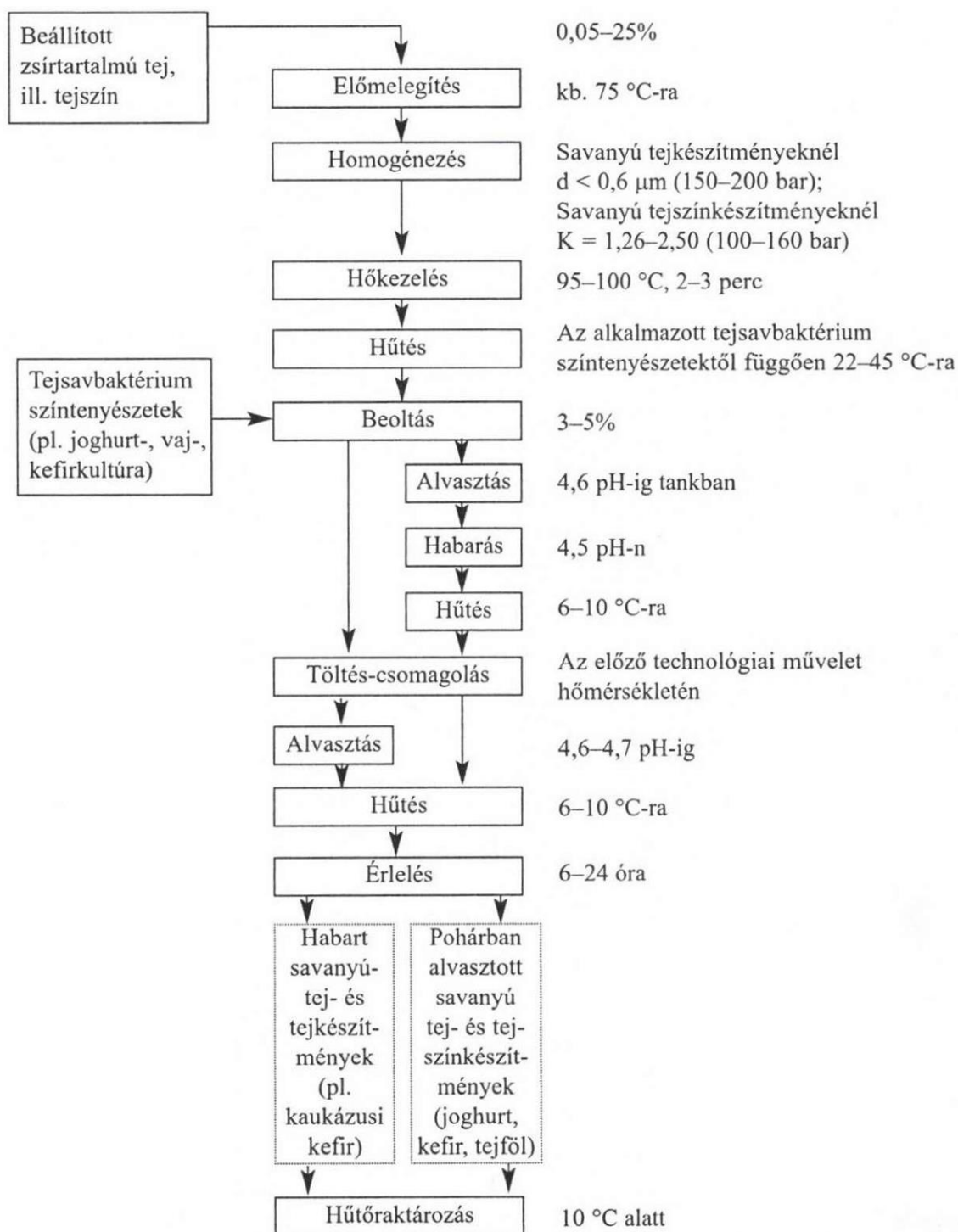
### 2.3.1 A joghurt eredete

A joghurt évezredek óta része az emberi étrendnek. Feltevések szerint, a "joghurt" szó a török "yoğurt" szóból származik, ami azt jelenti, hogy sűrít, koagulál. Míg a joghurt egészségjavító tulajdonságaira való hivatkozások Kr. E. 6000-re nyúlnak vissza az indiai ayurvédikus szkríptekben, Stamen Grigorov, egy bolgár orvostanhallgató csak a XX. században, tulajdonította az előnyöket a tejsavbaktériumoknak. Ma a joghurt erjesztett tej, amelyet életképes és jól meghatározott baktériumokkal (*Lactobacillus bulgaricus* és *Streptococcus thermophilus*) savanyítanak. Míg a joghurtfogyasztási minták országonként nagyon eltérőek, a fogyasztás általában alacsony. Az Egyesült Államokban és Brazíliában például a lakosságnak csak 6%-a fogyaszt joghurtot naponta. A joghurt alacsony fogyasztása elszalasztott lehetőséget jelent az egészséges életmódhoz való hozzájárulásra, mivel a joghurt jó vagy kiváló biológiailag hozzáférhető fehérjeforrást és kiváló kalciumforrást, valamint probiotikumok forrását biztosítja, amelyek számos egészségügyi előnnyel járhatnak (Fisberg and Machado, 2015).

### 2.3.2 A joghurt gyártástechnológiája

Joghurtok (illetve egyéb savanyú tej- és tejszínkészítmények) gyártása esetén két féle technológiát különböztethetünk meg: a poharas alvasztást és a tankban alvasztást. A natúr savanyított tejtermékek általános gyártástechnológiáját szemlélteti a 3. ábra.

3. ábra: Natúr savanyított tejtermékek általános gyártástechnológiája (SZAKÁLY et al., 2001)



Ezen kívül készülnek még különféle ízesítésű joghurtok és joghurt italok is, melyekhez a natúr joghurt gyártás műveletei mellett további ízesítési, stabilizálási, habosítási műveletekre van szükség.

#### 2.3.2.1 Poharas alvasztású joghurtok gyártástechnológiája

Poharas alvasztás esetén az alvadási folyamat, azaz a joghurt gél kialakulása a csomagolásnak szánt pohárba töltve megy végbe. Az alvadás után a gél szerkezetet nem töri meg semmilyen folyamat, így egy jóval szilárdabb, általában több savó kiválásával járó alvadékot kaphatunk. Ízesített joghurtot ezzel a technológiával rétegzés alkalmazásával lehet készíteni.

#### 2.3.2.2 Tankban alvasztott joghurtok gyártástechnológiája

Tankban alvasztott joghurtok esetében az alvadás után történik a joghurt csomagolásba töltése, így a gél szerkezetet muszáj megtörni. Annak érdekében, hogy az alvadat, majd megtört állományú joghurt homogén legyen, illetve ízesítés, stabilizálás esetében megfelelően elkeveredjen a felhasznált ízesítő és stabilizáló anyagokkal habaró elem (4. ábra) alkalmazása szükséges.

4. ábra: Csővezetékbe építhető keverő-habaró elemek ("hdprocess.co.nz," n.d.)



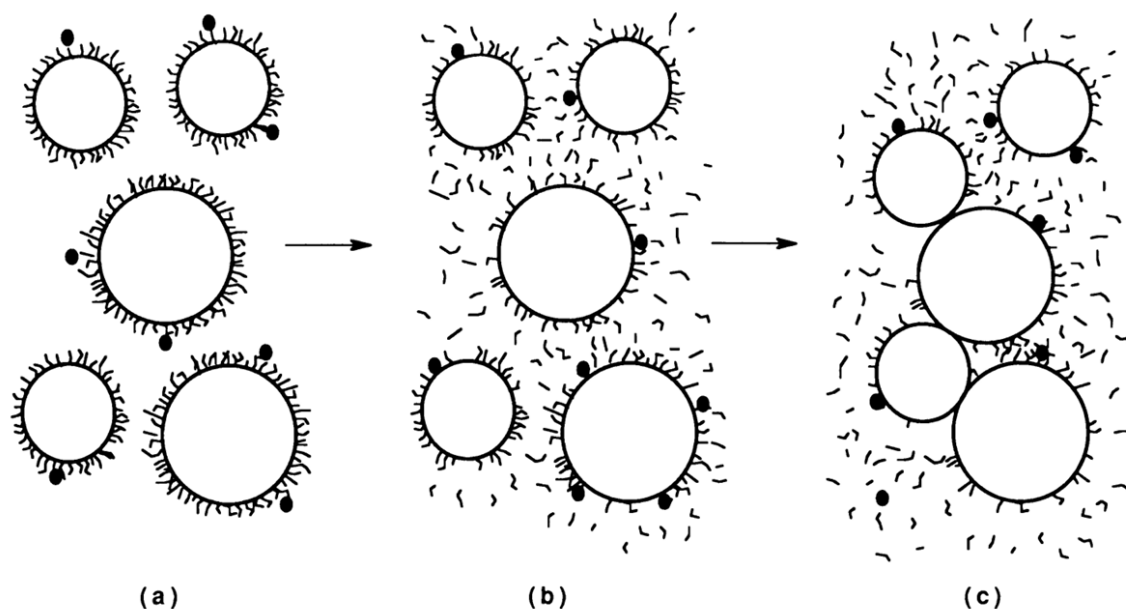
Lehetőség van továbbá habosított termékek előállítására  $N_2$  gáz használatával. További sajátossága a technológiának, hogy a habosított, illetve ivójoghurtok esetében utóhőkezelés alkalmazása is szükséges a töltés előtt.

Munkám során minden mintát pohárban alvasztottam, ám az eper ízű minták ízesítéséhez az elkészített natúr joghurtot habartam is.

### 2.3.2.3 Az alvadás folyamata

A tej alvadás egy szol-gél átalakulás, amely történhet oltó enzim vagy sav hatására. Az oltós alvadás során a rennin enzim hatására micella aggregátumok, majd azokból egy térhálós szerkezet alakul ki. A kazein micellák stabilitásáért a felületükön lévő  $\kappa$ -kazein felelős, ami a negatív töltésű, nitrogénmentes glükó-makropeptid részével lehetővé teszi a micellák közötti taszítóerő kialakulását. A 5. ábra szemlélteti ahogy az enzimatisztas során az enzim először lehasítja a glükó-makropeptid láncot (b). Az így kialakult reakcióképes para- $\kappa$ -kazein molekulákat összekötik a szérumban lévő Ca-ionok, kialakulnak a több micellából álló aggregátumok (c). Az aggregátumok összekapcsolódásával térhálószerű gél szerkezet keletkezik. Az aggregátumok kialakulásában kulcsszerepe van a Ca-ionoknak, így amennyiben a hőkezelés következtében a tejben természetesen előforduló Ca egy része oldhatatlan csapadék (tejkő) formájában kivált, úgy szükséges azt mesterségesen pótolni (Dalglish, 1993).

5. ábra: Glükó-makropeptid láncok lehasítása enzim által az oltós alvasztás során (Dalglish, 1993)



Savas alvadás során a mikroorganizmusok által termelt tejsav vagy a tejhez hozzáadott sav hatására csökken a pH, ezzel együtt pedig megkezdődik a kazeinmicellák töltésvesztése is. A tej kémhatása 6,70 körüli pH-ról 4,60 pH értékre csökken, ez pedig a kazeinmicellák izoelektromos

pontja, ahol a kazein micellák közötti elektrosztatikus taszítás csökken, majd megszűnik, így azok aggregátumokká, majd térhálóvá tudnak összekapcsolódni (6. ábra). Az oltós alvasztással ellentétben a folyamat közben az egyes aminosavak által ionosan kötött  $\text{Ca}^{2+}$  felszabadul, tehát nincsen szükség a Ca-ionok jelenlétére (Lucey and Singh, 2003).

6. ábra: Savas alvadás következtében kialakuló térháló (Csapó, 2014)



A pH-értéktől függően a denaturált tejsavófehérjék a hőkezelés során a kazeinmicellák felületén lévő  $\kappa$ -kazeinnel is kölcsönhatásba léphetnek (Ozcan et al., 2015), amely fokozott savval indukált gélerősséget eredményez. A tej alkotóelemeinek összetétele (aminosav- és zsírprofil), a hőkezelés módja (hőmérséklet-idő kombináció), a starterkultúra típusa mind befolyásolják a joghurtgélek tulajdonságait (Lucey et al., 1998).

Mindkét alvadási mechanizmus velejárója az alvadék öregedése, azaz a szinerézis jelensége. Az oka, hogy a kialakult térhálós szerkezet molekulái között egyre erősebbé válik a kötőerő, ezért a molekulák egyre közelebb kerülnek egymáshoz. Ennek következménye pedig, hogy a térhálóban rekedt savó kipréselődik (savó kiválás) (Walstra, 1993).

#### 2.3.2.4 DVS kultúrák

Manapság az iparban a megbízhatósága és egyszerű kezelhetősége miatt előszeretettel használnak a fermentációhoz DVS (Direct Vat Set) kultúrát, aminek előnye, hogy nagy mértékben kizárható a fertőződés veszélye, illetve közvetlenül beoltható vele az alapanyagként szolgáló tej. A DVS kultúrához először készítenek egy nagy sejtkoncentrációjú tenyészetet, majd fagyasztva szárítással kezelik, így megfelelően tárolva sokáig eltarthatóak az ilyen módon készített kultúrák (Lu et al., 2022).

### 2.3.3 A joghurt napjainkban

A nagyobb, magyarországi kiskereskedelmi láncok (Auchan, Tesco, Spar, Aldi, Lidl) kínálatát vizsgálva látható, hogy több magas fehérjetartalmú termék is elérhető, melyek között találunk pudingokat, tejbegrízeket, tejberizseket, de a vizsgálat időpontjában csak két üzlethálózatban és összesen három féle ízesített joghurt volt elérhető. Jelen munkám létjogosultsága tehát éppen abból fakad, hogy magas fehérjetartalmú joghurtok kevésbé vannak jelen a boltok polcain, ráadásul Magyarországon készített, ilyen jellegű termékek egyáltalán nem elérhetőek. Mindezek mellett pedig az is a joghurt mellett szól, hogy míg a hasonló alaptermékeket (pudingok, tejberizs, tejbegríz) általában nem fogyasztjuk natúr formában csak valamilyen aromával/sziruppal/lekvárral ízesítve, addig a joghurtot natúr állapotában is előszeretettel fogyasztjuk, tehát nem feltétlenül van szükség cukor, aromák vagy édesítőszeres használatára. A fogyasztó maga is ízesítheti a terméket például friss gyümölcsökkel, amik így tovább növelik az elfogyasztott joghurt jótékony hatásait.

A joghurtok állományának javítására, illetve a magas fehérjetartalmú joghurtok gyártásához MPC vagy WPC porokat használnak.

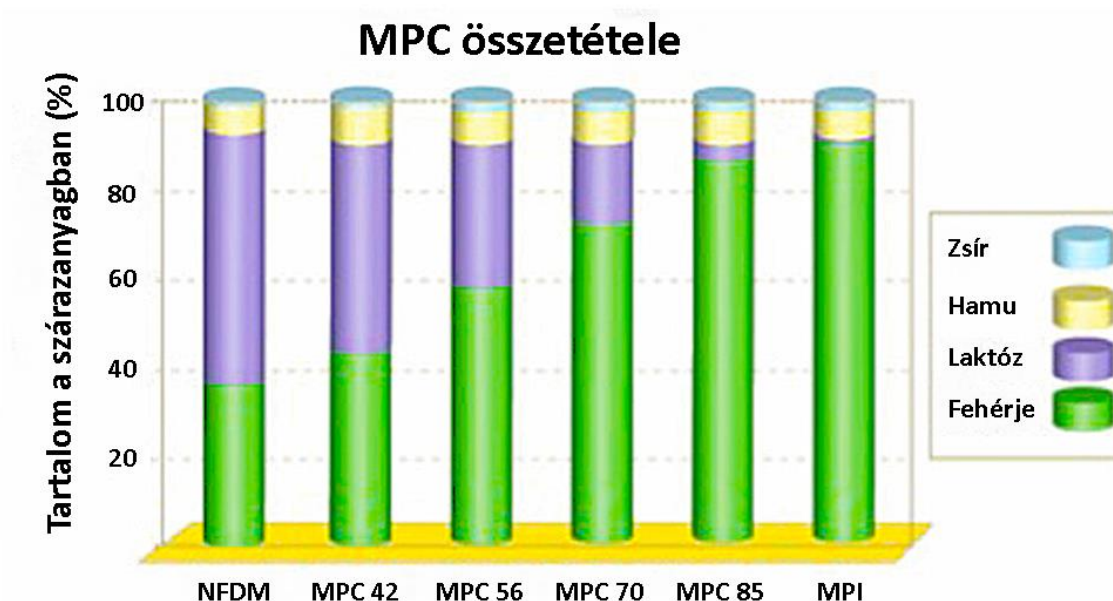
## 2.4 Fehérje koncentrátumok gyártástechnológiája

Az tejfehérje koncentrátumok (Milk Protein Concentrates – MPC) az ipar számára széles körűen használható, kiváló funkcionálitással és tápértékkel rendelkező termékek. A sovány és teljes tejpörrel szemben az MPC poroknak jóval magasabb a fehérjetartalma és alacsonyabb a laktóz tartalma. Az MPC-k kazeint és savófehérjéket egyaránt tartalmaznak, natív állapotukban. Amennyiben az előállítás során a hőmérsékletet alacsonyan tartva kíméletes eljárást alkalmaztak, úgy a savófehérjék és kazein micellák nagyrészt denaturálatlanok. Az előállítás során általában olyan szűrési eljárásokat alkalmaznak, mint a mikro-, ultraszűrés és diafiltráció), amikkel hatékonyan el tudják távolítani a laktóz és az oldható ásványi anyagok többségét, miközben megtartják a tejfehérjét (Rupp et al., 2018).

Az MPC-ket általában 42 és 85 tömegszázalékú fehérjetartalommal gyártják, de leggyakrabban az MPC42, MPC70, MPC80 és MPC85 koncentrációjú porokat használják. A minimum 90% fehérjetartalmú készítményeket már MPI-nek (Milk Protein Isolate), azaz tejfehérje izolátumnak nevezik (Patel and Patel, 2014).

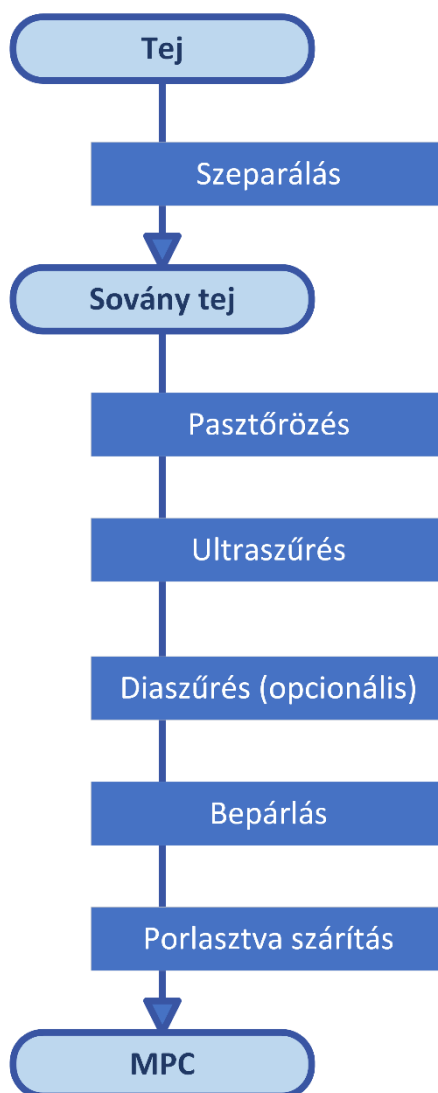
A 7. ábra különböző fehérje koncentrációjú készítmények összehasonlítása látható. Jól látszik, hogy a zsírmentes tejporhoz (NFDM) képest a fehérje koncentráció növekedésével együtt jelentősen csökken a laktóz tartalom. Többek között ez teszi lehetővé, hogy a magas fehérjetartalmú MPC80/MPC82, illetve az MPI alkalmas speciális táplálkozási igények kielégítésére (Patel and Patel, 2014).

7. ábra: Különböző koncentrációjú tejfehérje porok összetétele (Forrás: [www.usdairy.com](http://www.usdairy.com))



Az MPC előállításának általános folyamatát szemlélteti a 8. ábra. Először szeparálással sovány tejet állítanak elő, amit azután pasztörizálással hőkezelnek (pl.: 10-20 s, 70-70°C), hogy inaktiválják a tejben található mikroorganizmusokat és enzimeket. Ezután ultraszűréssel (10-100 nm) koncentrálják a fehérjetartalmat. A magas fehérjetartalmú MPC-k (MPC80, MPC85) esetében az ultraszűrés után maradt retentátumból még diaszűréssel tudnak további laktózt és oldható ásványi anyagokat eltávolítani, így növelve a fehérjetartalmat. Az elérhető legmagasabb fehérjetartalmat a maradékzsír és a micelláris kalcium-foszfát jelenléte limitálja. Miután a kívánt fehérjetartalmat sikerült elérni a retentátumot bepárlással sűrítik, végül pedig porlasztva szárítják (Patel and Patel, 2014).

8. ábra: MPC gyártás folyamata (Forrás: [www.usdairy.com](http://www.usdairy.com))



Az MPC/MPI mellett használatosak még a savóból készült fehérje koncentrátumok/izolátumok, azaz a WPC és WPI. Gyártásuk megegyezik az MPC gyártás folyamatával, azzal a különbséggel, hogy a folyamat kiindulási anyaga nem a tej, hanem a sajtgyártás során a tejből visszamaradt savó (Yee et al., 2007).

## 2.5 Emészthetőség vizsgálata

### 2.5.1 Tejfehérjék felszívódása

A tejfehérjék számos élelmiszerben jelen vannak, és kulcsszerepet játszanak az emberi táplálkozásban. Köztudott, hogy könnyen emészthetőek és kiváló forrásai az esszenciális

aminosavaknak. A tejben található fehérjéket két csoportra lehet osztani: a kazein fehérjékre és a savófehérjékre. A két csoport fehérjei morfológiai tulajdonságaikban eltérnek egymástól. A kazein fehérjék szupramolekuláris szerkezetet, úgynevezett micellákat alkotva vannak jelen, míg a savófehérjék kompakt, jól körül határolható, háromdimenziós szerkezetet alkotnak. Az eltérő struktúrák, eltérően viselkednek a gyomor-bél traktusba való belépéskor. Több kutatásban is azt tapasztalták, hogy a kazeineket az emésztőenzimek gyorsan hidrolizálják, a tejsavófehérjék viszont nagy ellenállást mutatnak a gyomorban lévő pepszin hidrolízisével szemben. A kazeinek azonban koagulálhatnak és hosszabb ideig megmaradhatnak a gyomorban, ezért "lassú fehérjéknek" nevezik őket, míg a tejsavófehérjék oldhatók maradnak és gyorsan átjutnak a vékonybélbe. A feldolgozás módja jelentősen befolyásolhatja a fehérje emésztését és felszívódását. Például a fehérjék közti aggregáció, a denaturáció és a koaguláció révén (Dupont and Tomé, 2020; Inglingstad et al., 2010).

#### 2.5.2 INFOGEST emésztésszimuláció

Az európai tudományos és technológiai együttműködési szövetség (COST) finanszírozása révén 2011 és 2015 között zajló FA1005 - Az élelmiszerek egészségügyi tulajdonságainak javítása az emésztési folyamattal kapcsolatos ismereteink megosztása révén (INFOGEST) projekt keretében elfogadásra került egy *in vitro* emésztésszimulációs vizsgálati szabvány.

A projekt fő célkitűzése az emésztéskor, az emberi egészségre potenciálisan hatást gyakorló, hasznos fehérje-összetevők emésztés közbeni hatásával kapcsolatos jelenlegi alapismeretek terjesztése és fejlesztése, valamint a jelenleg használt emésztési modellek harmonizálásának elősegítése volt. Jelenleg is rengeteg adat áll rendelkezésre az élelmiszerek emésztése és az egészség közötti kapcsolatáról, amik alapján az egyes uniós országokban jelentős erőfeszítéseket tesznek az élelmiszerekkel kapcsolatos betegségek megelőzésének érdekében, valamint ezekre az adatokra támaszkodva az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (EFSA) is jogszabályokat ír elő az élelmiszerek tápanyag-összetételére és az egészségre gyakorolt hatásukra vonatkozó állítások kapcsán. Az INFOGEST projekt feladata egyrészt a témára épülő multidiszciplináris tudományos közösség (élelmiszer tudomány, immunológia, fiziológia, sejtbiológia stb.) és az élelmiszeripari vállalati szektor közötti, jól működő információs hálózat kialakítása volt, másrészt a már használatban lévő emésztési modellek és élelmiszer-emésztéssel kapcsolatos ismeretek összehangolása és a különböző populációs csoportoktól

(csecsemők, idősek, sportolók stb.) származó adatokkal történő validálása volt ("Action FA1005," n.d.)

A különféle élelmiszerek és italok tápanyag profilja és egészségre gyakorolt hatásai az általuk tartalmazott makrotápanyagok (fehérjék, lipidek és keményítők), mikrotápanyagok (ásványi anyagok és vitaminok) és egyéb összetevők (táplálékkiegészítők, élelmi rostok, színezékek, ízesítők, tartósítószer) típusától és mennyiségétől függenek (Galanakis, 2021). A makrotápanyagok az emésztőrendszeren keresztül haladva az emésztési folyamat során különböző alkotóelemekre bomlanak (pl: peptidekre, aminosavakra, zsírsavakra, monoszacharidokra), melyeket ezekben a formájukban a szervezet képes hasznosítani (Magallanes-Cruz et al., 2017; McClements, 2018; Ogawa et al., 2018; Sá et al., 2020). A mikrotápanyagokat és az egyéb komponenseket a bélhám sejtjei fel tudják szívni, azonban a felszívódó mennyiség gyakran a makrotápanyagok emésztésétől függ. Az egészségünk pedig nagyban függ a táplálkozás során bevitt tápanyagok felszívódásának sebességétől és mértékétől.

A közelmúltban az élelmiszeriparban nagy hangsúlyt kaptak a különböző magas fehérjetartalmú termékek (pl.: magas fehérjetartalmú tejtermékek) és az állati eredetű fehérje források alternatívájaként szolgáló növényi fehérje alapú termékek fejlesztése, valamint a jelenlegi élelmiszer előállítási- és feldolgozási technológiák fenntarthatóbbá tételére való törekvések (pl.: tenyésztett húsok). Ezeknek a fejlesztéseknek azonban elsősorban nem az élelmiszerek egészségre gyakorolt hatása áll a középpontjukban, így előfordulhat, hogy ezeket a termékeket fogyasztva a tápanyagok nem szívódnak fel megfelelően, illetve fogyasztásuk előre nem látható negatív egészségügyi következményekkel jár (Hotz and Gibson, 2007; Tso and Forde, 2021).

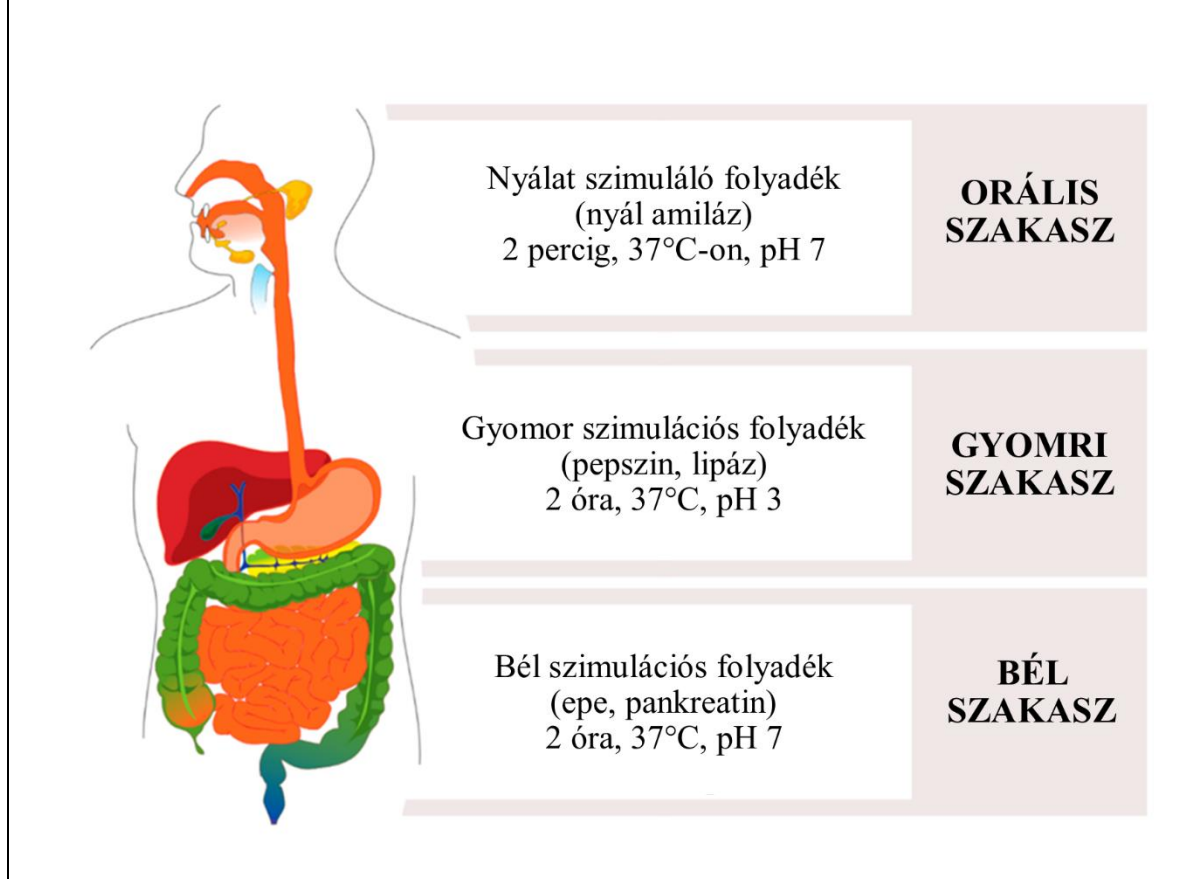
Ezeknek a kockázatoknak a megértésére és felmérésére különféle *in vitro* és *in vivo* emésztési modelleket fejlesztettek ki. Az *in vivo* módszerek keretében gondosan ellenőrzött körülmények között vizsgálják a kísérletben részt vevő állatoknak, vagy embereknek adott élelmiszerek emésztési folyamatát és hatásait. Ezek az eljárások ugyan sokszor a legmegbízhatóbb és legpontosabb eredményeket adják, ám bonyolultak, drágák, felmerülhetnek olyan nehezen befolyásolható zavaró tényezők, mint a nehezen ellenőrizhető háttérétrend és állatjóléti, illetve etikai aggályokat is felvethetnek (Li et al., 2020). Ezen problémák kiküszöbölésére fejlesztettek ki számos *in vitro* emésztési modellt az egy- vagy több részből a statikus,

féldinamikus vagy dinamikus rendszerekig. Ezeknek a modelleknek sokféle igényt kell kielégíteniük. Amellett, hogy viszonylag egyszerűen, gyorsan és olcsón végrehajthatónak, valamint reprodukálhatónak kell lenniük, pontosan szimulálniuk kell az emberi emésztőrendszerben lejátszódó mechanikai és kémiai folyamatokat közben lehetővé téve a kutatóknak, hogy megfigyelhessék az élelmiszer összetevők szerkezetének, összetételének, emésztésének és oldódásának változásait az emésztőrendszer különböző szakaszaiban (szájban, gyomorban, vékonybélben) (Lucas-González et al., 2018).

A dinamikus modellek pontosabban szimulálják a bélrendszer körülményeit, ám nehezen reprodukálhatóak. Ezzel szemben a statikus biokémiai módszerek egyszerű és jól használható, széles körben alkalmazható (pl.: táplálkozástudomány, farmakológia, toxikológia) megközelítést jelentenek a különböző molekulák tanulmányozásához, mindemellett pedig jól szabványosíthatóak is. Ilyen statikus emésztési modellekre dolgoztak ki szabványokat és iránymutatásokat 2014-ben az INFOGEST nemzetközi konzorciumban, lehetővé téve ezzel a tanulmányok, adatok és kutatási eredmények összehasonlítását (Colombo et al., 2021).

Ez a konzorcium kifejlesztett és validált egy emésztési modellt, amely szimulálja az emberi száj, gyomor és vékonybél fázisának körülményeit. Az INFOGEST modellt már számos különböző élelmiszer- és italtermék emésztésének tanulmányozására használták 2014-es első közzététele és 2019-es frissítése óta.

9. ábra: INFOGEST emésztési modell (Matos et al., 2024)



A 9. ábra szemlélteti az INFOGEST emésztési modell felépítését. Ezt a modellt úgy tervezték, hogy szimulálja az emberi emésztőrendszer különböző régióinak körülményeit. Az emésztőrendszer régióinak megfelelően tehát három fázisra osztották a vizsgálatot: az orális fázisra, ami a száji szakaszt hivatott modellezni; a gyomor fázisra, ami a gyomrot szimulálja; a bélrendszeri fázisra, ami a vastag és a vékonybél működését modellezi.

Az egyes fázisokban az emberi emésztőrendszer normál működése során megfigyelt körülményeket kell biztosítani: a tranzitidőket, a hőmérsékletet, a mechanikai erőket, a pH-értékeket, az ásványi összetételt, az enzimaktivitást, a mucin-szintet és az epesó-szintet.

### 2.5.3 DIAAS érték

2011-ben az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete egy szakértői konzultációt hívott össze „Az étrendi fehérje minőségének értékelése az emberi táplálkozásban” címmel (Dietary protein quality evaluation in human nutrition). Az erről készült jelentés szerint az addig használt PDCAAS (Fehérje Emészthetőséggel Korrigált Aminosav Pontszám) mérőszám

helyett javasolják a DIAAS (Emészthető Nélkülözhetetlen Aminosav Pontszám) mérőszám bevezetését. A DIAAS jelentése:

$$\min \left( \frac{\text{mg emészthető nélkülözhetetlen aminosav 1 g étkezési fehérjében}}{\text{mg emészthető nélkülözhetetlen aminosav 1 g referencia fehérjében}} \right) * 100. \text{ (FAO, 2013)}$$

## 2.6 Joghurt vizsgálati módszerek

A gyártás során a termékek elkészültségét és megfelelőségét külön féle vizsgálatokkal határozzák meg.

### 2.6.1 pH mérés

A gyártási folyamat során bármelyik technológiát is alkalmazzák az egyik legfontosabb paraméter a pH. A tej savas alvadásához az izoelektromos pontot, azaz a 4,6 pH értéket szükséges elérni.

### 2.6.2 Állományvizsgálat

Az állományvizsgálatra azért van szükség, mert objektív tájékoztatást ad a joghurt gél keménységéről, illetve viszkozitásáról. Érzékszervi vizsgálatokkal kombinálva meghatározható, a fogyasztók számára ideális állomány.

#### 2.6.2.1 Gélszilárdság mérés

Poharas alvasztású joghurtok esetében gélszilárdság mérést alkalmaznak, ami a megfelelő gél szerkezet kialakulásáról ad tájékoztatást.

A módszer lényege, hogy a modellezni kívánt erőhatást modellezve (pl.: rágás, csurgatás, kenés, vágás) egy mérkar a megfelelő mérőfejjel szerelve erőhatást gyakorol a mintára. A mérőfejre az leereszkedés közben és a kezdeti pozícióba való visszatéréskor ható erőket a műszer folyamatosan rögzíti. A kapott adatokat egy erre szolgáló szoftver grafikusán ábrázolja ("stablemicrosystems.com," n.d.).

A mérésre jól használható műszer az SMS TA.XTplus állomány vizsgáló készülék. A készülék számos, különböző kialakítású mérőfejjel rendelkezik (10. ábra), amelyekkel különféle

termékek különféle paramétereit lehet vizsgálni (pl.: roppanósság, tapadósság, gélszilárdság, érettség, hab szilárdság stb.)

10. ábra: SMS TA.XT készülékekhez használható mérőfejek ("stablemicrosystems.com," n.d.)



#### 2.6.2.2 Viskozitás mérés

A viszkozitás mérés a habart joghurtok esetében ad tájékoztatást a minta állományáról. A rotációs viszkoziméterek a mintába merített, vagy mintával érintkező mérőfejet rotáló mozgással, majd először egyre emelkedő, utána csökkenő fordulatszámon pörgetik, miközben a munkához szükséges nyírófeszültséget mérik. Az eredmények alapján a Herschel-Bulkley modellt (11. ábra) használva megállapíthatók a minta reológiai tulajdonságai.

11. ábra: Herschel Bulkley modell (Figura and Teixeira, 2007)

$$\tau = \tau_0 + K \left( \frac{d\gamma}{dt} \right)^n$$

$\tau$ : nyírófeszültség (Pa)  
 $\tau_0$ : folyáshatár (Pa)  
 $K$ : konzisztencia koefficiens (Pa\*s<sup>n</sup>)  
 $\frac{d\gamma}{dt}$ : nyírási sebesség (1/s)  
 $n$ : folyásindex

A folyásindex értéke alapján, amely tájékoztatást ad arról, hogy egy anyag hogyan viselkedik nyírófeszültség hatására, megkülönböztethetünk:

- $n < 1 \rightarrow$  pszeudoplasztikus (nyírófeszültség hatására lágyuló)

- $n=1 \rightarrow$  newtoni
- $n=1 \rightarrow$  dilatációs (nyírófeszültség hatására sűrűsödő) folyadékokat (Figura and Teixeira, 2007)

A méréshez jól használható műszer az Anton Paar MCR 92 rotációs reométer és a hozzá tartozó Anton Paar RheoCompass<sup>TM</sup> szoftver.

### 2.6.3 Érzékszervi vizsgálat

Az érzékszervi vizsgálatok szerves részét képezik a termékfejlesztés folyamatának, hiszen az érzékszervi minőség az élelmiszerek és italok minőségének azon részét képviselik, amelyet a vásárlók a termék fogyasztásakor érzékelnek, majd a kapott benyomásuk alapján döntenek a termék ismételt vásárlásáról vagy elutasításáról.

Az érzékszervi vizsgálatok során különbséget kell tenni a szakképzett bírálókkal történő vizsgálatok, és a fogyasztók bevonásával végzett vizsgálatok között. Előbbi objektív kérdésfeltevésekre és kiválasztott/szakképzett bírálókra támaszkodva objektív eredményt ad egy termék érzékszervi tulajdonságairól (pl.: minták közti rangsor az illat intenzitása alapján). Utóbbi pedig a megfelelően nagy számú, laikus fogyasztók szubjektív véleményére támaszkodik (pl.: minták rangsorolása az illat kedveltsége alapján).

Számos érzékszervi vizsgálati módszer létezik, melyeket három nagyobb csoportra lehet osztani. Ezek a különbségvizsgálati módszerek, a rangsorolós módszerek és a leíró módszerek. Munkámban a rangsorolós módszerek közül az egyszerű rangsorolást, illetve a leíró módszerek közül a pontozásos módszert alkalmaztam (Kókai, 2019).

### 3 Anyagok és módszerek

#### 3.1 A termékfejlesztés főbb lépései

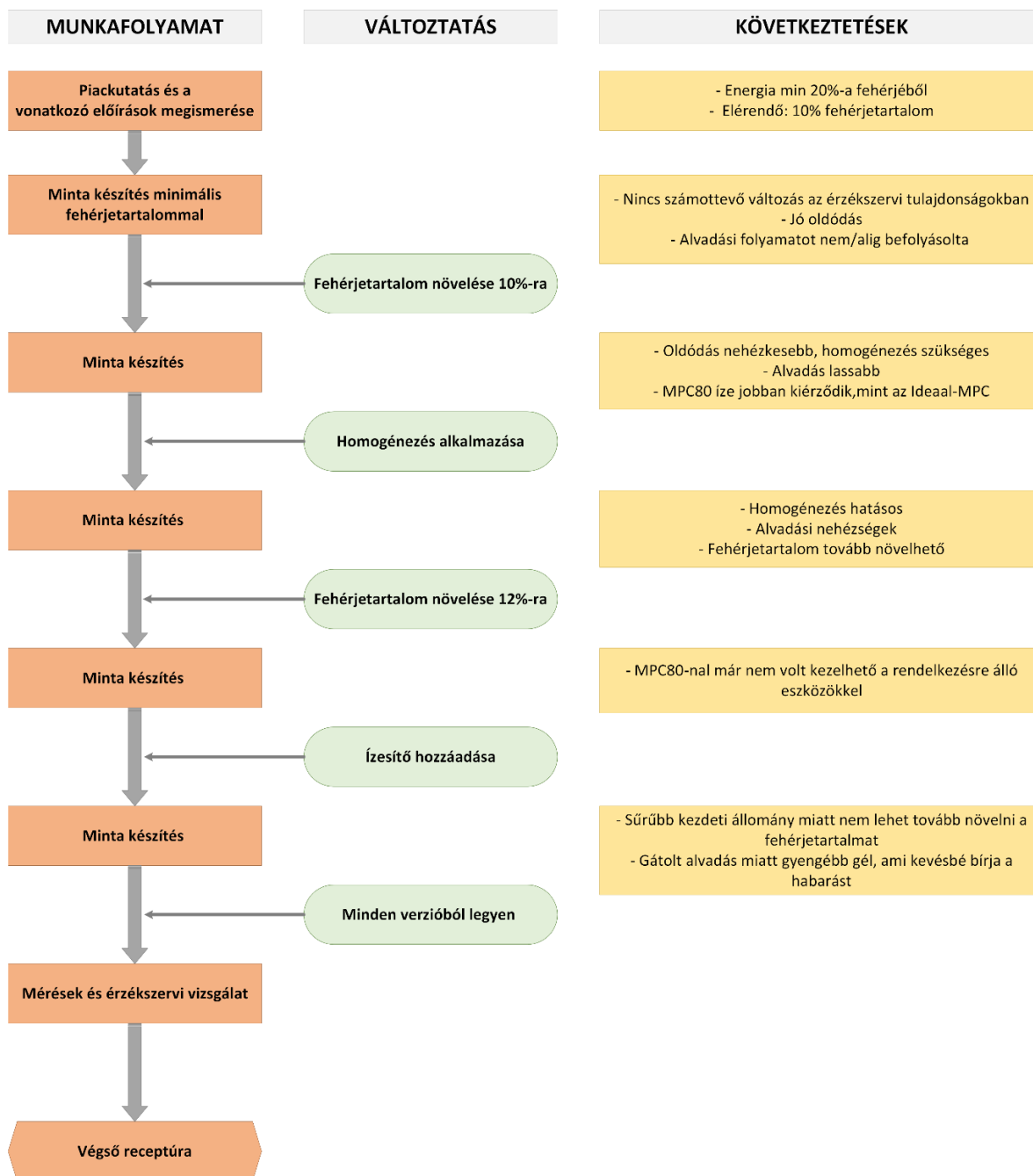
A munkám során először megvizsgáltam a piacon jelenleg elérhető, hasonló termékek fehérje tartalmát. A tapasztaltak alapján a kereskedelembe kapható magas fehérjetartalmú joghurtok 10 g fehérjét tartalmaznak 100 g termékre vonatkoztatva. Ezt a fehérjetartalmat tűztem ki célul, mint minimum elérendő fehérjetartalom.

Tekintve, hogy az Ideaal-MPC fehérjepornak nem ismertem a tulajdonságait, kiindulási pontnak a fehérjében gazdag termékekre vonatkozó európai uniós szabályozásban előírt minimum fehérjetartalmat vettem. E szabályozás szerint akkor nevezhető egy élelmiszer fehérjében gazdagnak, ha az élelmiszer energiaértékének legalább 20%-át fehérje biztosítja. *(Az Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról, 2006)* A gyakorlatban ez egy átlagos 3,4% fehérjetartalmú joghurthoz, további 1,02 g hozzáadott fehérjét és ezzel összesen 4,42 g/100g fehérjetartalmat jelentett.

Az 4,42g/100g fehérje tartalom gyakorlatilag semmilyen érzékelhető változást nem okozott a joghurt érzékszervi tulajdonságaiban a kontroll mintához képest, így a következő mintánál már a 10g/100g végső fehérjetartalom volt a cél. Ehhez a 3% fehérjetartalmú tejet felhasználva 8,75 g fehérjekészítmény (80%-os fehérjetartalmú) hozzáadására volt szükség. Az elkészült minták alapján azonban indokoltnak láttam tovább emelni a fehérjetartalmat.

A 12. ábra összefoglalja az általam végzett termékfejlesztés folyamatát, az egyes lépések után levont következtetésekkel és az ezek alapján történt változtatásokkal.

12. ábra: A termékfejlesztés folyamata (saját munka)



### 3.3 Alapanyagok

#### 3.3.1 Tej

Munkámhoz 2,8% zsírtartalmú Mizo ESL, 3,5% zsírtartalmú Mizo UHT és végül 2,8% zsírtartalmú, magas hőmérsékleten hőkezelt tejet használtam fel a joghurtok alapanyagaként.

#### 3.3.2 Felhasznált tejfehérje porok

A joghurt készítés során 2 féle tejfehérje port adagoltam:

- MPC: 80 % fehérjetartalmú, porított tejfehérje koncentrátum
- Ideaal-MPC

Az Ideaal-MPC egy porkeverék, amely MPC-80 (általános gyártástechnikával tejből, ultraszűréssel és porlasztva szárítással előállított 80%-os fehérjetartalommal rendelkező tejfehérje koncentrátum), WPC-80 (savófehérje koncentrátum; 80%-os fehérjetartalommal) és válogatott esszenciális aminosavak meghatározott összetételű keveréke. A keverési arány kialakításánál cél a DIAAS érték maximalizálása volt, az érzékszervi és technofunkciós tulajdonságok romlásának elkerülése mellett ("GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00048 - Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet - MATE," n.d.).

#### 3.3.3 Joghurt kultúra

A joghurtok készítéséhez CHR Hansen YC-X11 márkájú DVS joghurt kultúrát használtam, melyben *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* *Streptococcus thermophilus* baktériumok végezték a fermentációt.

#### 3.3.4 Ízesítők

Az ízesítéshez gyümölcsvelőt és eper ízű MIZO IMMUN+ joghurt ízesítő lekvárt használtam fel.

### 3.4 Felhasznált eszközök

#### 3.4.1 Homogenizáló

Az alapanyagok előkészítéséhez IKA Magic LAB® típusú berendezést (13. ábra) használtam, amely egy rotációs homogenizáló berendezés. Az eszközt keverésre, diszpergálásra, nedves őrlésre és porok folyadékba történő bedolgozására tervezték. A működési elve, hogy a rotort magas fordulatszámon pörgetve, a benne lévő anyag a rotor köpenyén lévő lyukakon a centrifugális erő hatására keresztül préselődik, ezáltal a betáplált anyag részecskéi aprózódnak,

a felület így növekszik, ez pedig elősegíti az oldódást. A további aprózódást, ezáltal pedig a felületnövelést a forgó rotor körül elhelyezkedő perem miatt kialakuló rés is elősegíti ("ikaprocess.com," n.d.).

A homogenizálást 12.000-es fordulatszámon 5 percen keresztül végeztem

*13. ábra: IKA Magic LAB® homogenizáló berendezés ("ikaprocess.com," n.d.)*



### 3.4.2 Termosztáló szekrény

A fermentáció megfelelő körülményeinek biztosításához termosztáló szekrényt alkalmaztam. A felhasznált kultúra gyártói ajánlása szerint kb. 6 óra szükséges a teljes alvadást végbemeneteléséhez.

A mintákat a 14. ábra látható módon, termosztáló szekrényben 45°C-on termosztáltam körülbelül 6 órán keresztül (mért pH értéktől függően), közben pedig óránként mérve nyomon követtem a pH változását.

14. ábra: Joghurt minták alvasztása a termosztáló szekrényben (saját munka)



## 3.5 Receptúrák és elkészítés

### 3.5.1 Receptúrák

A 1. táblázat tartalmazza a vizsgált minták receptúráit.

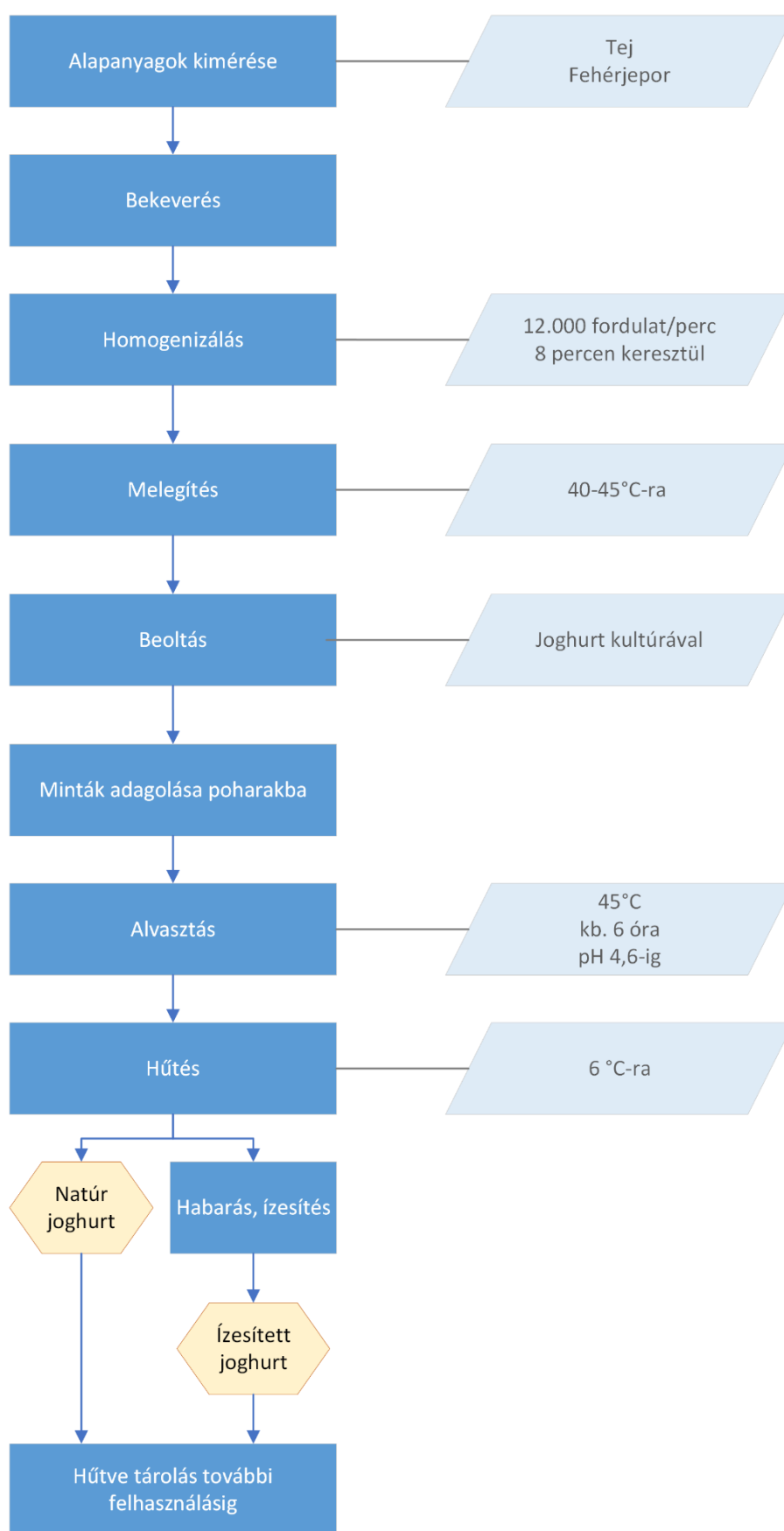
1. táblázat: A termékfejlesztés során vizsgált minták receptúrája g/100 g-ban megadva (saját munka)

| Ízesítés | Fehérje |        |       | Tej   | Kultúra | Eperzselé | Céklapor |
|----------|---------|--------|-------|-------|---------|-----------|----------|
| natúr    | 3%      | -      | -     | 100   | 0,04    | -         | -        |
| epres    | 3%      | -      | -     | 85    | 0,03    | 15        | -        |
| natúr    | 5%      | MPC80  | 2,38  | 97,63 | 0,04    | -         | -        |
| epres    | 5%      | MPC80  | 2,41  | 82,61 | 0,03    | 15        | 0,02     |
| natúr    | 5%      | Ideaal | 2,38  | 97,63 | 0,04    | -         | -        |
| epres    | 5%      | Ideaal | 2,41  | 82,61 | 0,03    | 15        | 0,02     |
| natúr    | 10%     | MPC80  | 8,63  | 91,38 | 0,04    | -         | -        |
| epres    | 10%     | MPC80  | 8,69  | 76,36 | 0,03    | 15        | 0,02     |
| natúr    | 12%     | Ideaal | 11,25 | 88,75 | 0,05    | -         | -        |
| epres    | 12%     | Ideaal | 11,31 | 73,75 | 0,05    | 15        | 0,02     |

### 3.5.2 Minták készítése

A 15. ábra szemlélteti az általam készített minták gyártási folyamatát. Látható, hogy míg a natúr mintákon alvasztás után nem végeztem semmilyen műveletet (tehát ezek poharas alvasztásúak maradtak), addig az ízesített mintákat az ízesítő hozzákeverése miatt habartam (ezek tehát habart joghurtnak tekinthetőek).

15. ábra: Joghurt minták készítési folyamata (saját munka)



## 3.6 Mérési módszerek

### 3.6.1 SMS TA.XTplus állománymérő

A poharas alvasztású joghurtok állományát a Stable Micro Systems TA.XTplus állománymérő készülékkel mértem, minden minta esetében 3 párhuzamos mérést végezve. A mérés paraméterei az alábbiak voltak:

- 35 mm átmérőjű mérőhengert használtam
- 2 cm penetrációt végrehajtva

Az összenyomáshoz szükséges erőhatásra [N] kapott értékek alapján, a mintákat egymással összehasonlítottam és az eredményt Excel szoftver segítségével grafikusán ábrázoltam.

### 3.6.2 Anton-Paar Physica MCR 92 rotációs reométer

A habart joghurt minták viszkozitását Anton-Paar MCR 92 rotációs viszkoziméter segítségével mértem, minden minta esetében 3 párhuzamos mérést végezve.

- nyírási sebesség:
  - gyorsuló szakaszban 10-1000 (1/s)
  - lassuló szakaszban 1000-10 (1/s)
- hőmérséklet: 5°C

A mért értékeket a Herschel-Bulkley modell segítségével értékeltem Excel szoftver használatával, majd az adatokat grafikusán is ábrázoltam.

### 3.6.3 Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálathoz a rangsorolós módszerek közül az egyszerű rangsorolást, illetve a leíró módszerek közül a pontozásos módszert alkalmaztam. A bírálóknak 1-9 skálán kellett pontozniuk a natúr mintákat, illetve külön körben az ízesített (epres) mintákat. Ezen kívül egyes tulajdonságokat (pl.: mellékíz) lehetőségük volt egy-két szóban megfogalmazva leírni, valamint a kérdőív végén, az összenyomásuk alapján rangsorolhatták a mintákat. A mintákat véletlenszerűen kitalált három jegyű számokkal jelöltem. A bírálatot összesen 7 fő bírálóval végeztem el két körben, külön az epres és külön a natúr joghurtokkal.

### 3.6.4 Fehérjetartalom mérése

A fehérjetartalmat Kjeldahl módszerrel mértem. A módszer lényege, hogy a minta roncsolása után, a felszabadult N mennyiségét határozzuk meg, majd ebből következtetünk a fehérjetartalomra.

A kimért mintákat először kénsavval, valamint forralással roncsoltam, majd a kifejezetten Kjeldahl módszerrel való méréshez készült Gerhardts Vapodest 45s desztilláló készülékbe helyeztem azokat. A roncsolás során a minta N tartalma ammóniává alakul és a kénsavval ammónium-szulfátot képez. A Gerhardts Vapodest 45s készülék NaOH hozzáadásával előbb felszabadítja az ammóniát, majd ismert mennyiségű gyenge savban elnyeli azt. Az így kapott minták feleslegben maradt savtartalmát titrálással határoztam meg és mivel ismert volt a felfogó edényben lévő gyenge sav mennyisége, így ki tudtam számolni, hogy a felszabadult ammónia mennyit semlegesített belőle, tehát mennyi ammónia szabadult fel. A keletkezett ammónia anyagmennyiségéből meghatároztam a minta N tartalmát, majd ez alapján a fehérjék átlagos N tartalma (16%) szerint meghatározott átszámítási faktorral - ez 6,25 - kiszámoltam a minta fehérjetartalmát.

### 3.6.5 Emészthetőség vizsgálata

Az emészthetőség vizsgálatát az INFOGEST *in vitro* emésztésszimulációs protokoll alapján végeztük. Az emészthetőség összehasonlításához meghatároztuk a DIAAS értéket.

Az elkészített minták közül csak a natúr, ízesítés nélküli joghurtok kerültek emésztésszimulációs vizsgálatra, mivel a konkrét íz fejlesztése és az ízesítő emészthetőségre gyakorolt hatásának vizsgálata nem volt célja a szakdolgozatomnak.

A minták kimérését normalizált fehérjemennyiség (40 mg) norma szerint végeztem, így mindegyik mintából ugyanannyi fehérje került a rendszerbe mindkét párhuzamos esetén. Az emésztésszimulációt termékenként három párhuzamos méréssel végeztem. Továbbá az enzimek háttér aminosav tartalmának korrekciójához egy vak mintát is készítettem, mely fehérjementes kekszet tartalmazott (1 g).

Az emésztésszimulációt Sousa et al., 2023-ban megjelent cikke alapján végeztem, mely alapján a szimulációt a gyomri szakasznál kezdtem, mert a szájüregi szakaszban történő rágás és a keményítő bontására szolgáló amiláz enzim a joghurtra nincsen számottevő hatással. A gyomri és a bél szakasz modellezéséhez a mintákhoz epét, pepszint és pankreatint adagoltam, majd

egy a bélmozgást szimuláló keverő, forgató berendezésbe helyeztem azokat, amely közben 37°C-on tartotta a mintákat. Az így emésztett minták fehérjetartalmának izolációja (80% metanol arány kialakítása) után az aminosav profil HPLC eljárással került meghatározásra.

A DIAAS megállapításához a szükséges aminosavak mennyisége a referencia értékekkel kerültek összehasonlításra. Az így kapott arányszámok közül a limitáló aminosavra vonatkozó a DIAAS mutató. A FAO által meghatározott, ideálisnak tekintett aminosav összetételt mutatja be az 2. táblázat. A korcsoportok közül munkámban csak a 3 évnél idősebb gyermekekre, kamaszokra és felnőttekre vonatkozó adatokat vettem figyelembe, hiszen az általam fejlesztett termék célközönsége ebben a korcsoportban található.

*2. táblázat: DIAAS szerint meghatározott aminosavak mennyisége (mg/g fehérjében), különböző korcsoportokra vonatkozóan (FAO, 2013)*

| AA              | Korcsoport           |                     |                                 |
|-----------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
|                 | Csecsemő (0-6 hónap) | Gyerek (6-36 hónap) | Gyerek (3+ év), kamasz, felnőtt |
| His             | 21                   | 20                  | 16                              |
| Ile             | 55                   | 32                  | 30                              |
| Leu             | 96                   | 66                  | 61                              |
| Lys             | 69                   | 57                  | 48                              |
| SAA (Met + Cys) | 33                   | 27                  | 23                              |
| AAA (Tyr + Phe) | 94                   | 52                  | 41                              |
| Thr             | 44                   | 31                  | 25                              |
| Trp             | 17                   | 8,5                 | 6,6                             |
| Val             | 55                   | 43                  | 40                              |
| SZUM            | 484                  | 336,5               | 290,6                           |

A táblázatban látható aminosavak (röviden: AA) rövidítései a következők: His: Hisztidin; Ile: Izoleucin; Leu: Leucin; Lys: Lizin; SAA (Met + Cys): kéntartalmú aminosavak (Metionin + Cisztein); AAA (Tyr + Phe): aromás aminosavak (Tirozin + Fenilalanin); Thr: Threonin; Trp: Triptofán; Val: Valin.

A DIAAS pontszám mellett meghatározásra került még az *in vitro* fehérje emészthetőség (IVPD%) is, amely arról ad tájékoztatást, hogy az emésztett minta aminosav tartalma hogyan arányul a kiindulási minta Kjeldahl-módszerrel meghatározott fehérjetartalmához képest.

## 4 Eredmények és értékelésük

### 4.1 Receptúrák

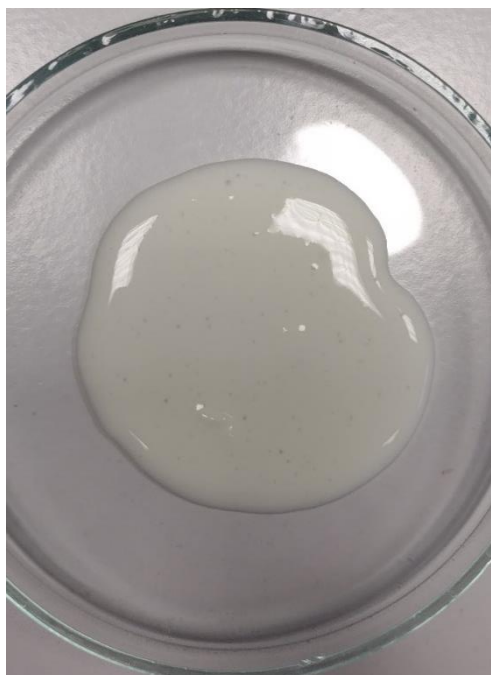
Munkám során először 4,42% fehérjetartalommal készítettem mintákat, ezzel eleget téve a *fehérjében gazdag* vagy ezzel egyenértékű megnevezésű termékekre vonatkozó előírásnak. (Az *Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról*, 2006) Tekintve, hogy ehhez csak minimális mennyiségű hozzáadott fehérjére volt szükség, ami az érzékszervi tulajdonságokban csak alig észrevehető változást okozott, következő lépcsőfoknak a piacon elérhető hasonló termékek fehérjetartalmát vettem alapul, ez 10 % volt. A 3. táblázat szemlélteti, hogy milyen fehérjetartalommal mennyi mintát készítettem.

3. táblázat: Elkészített termékek száma

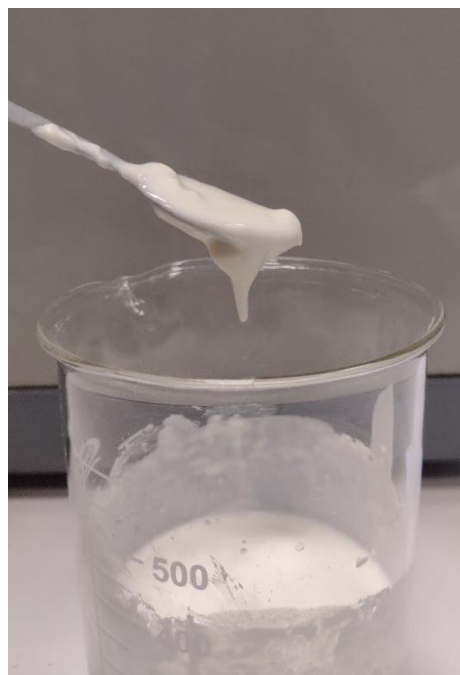
|                           | Fehérjetartalom |          |           |           | Végösszeg |
|---------------------------|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|
|                           | 3%              | 5%       | 10%       | 12%       |           |
| Hozzáadott fehérje nélkül | 6               | -        | -         | -         | 6         |
| MPC-80                    | -               | 2        | 11        | 1         | 14        |
| SMPC-5                    | -               | 2        | 5         | 11        | 18        |
| <b>Végösszeg</b>          | <b>6</b>        | <b>4</b> | <b>16</b> | <b>12</b> | <b>38</b> |

A vizsgálatok során elért legmagasabb fehérjetartalom 12% volt. Ennél magasabb fehérjetartalom ugyan az érzékszervi vizsgálatok alapján még megengedhető lenne, azonban ekkor már sűrű, puding állagúvá (16. ábra és 17. ábra) válik a bekevert tej és fehérjepor. Az ilyen nagy viszkozitású masszát pedig a homogenizáló berendezés már nem tudta kezelni. A rendelkezésre álló technológiával tehát 12%-os fehérjetartalmat tudtam elérni.

16. ábra: 13%-os fehérjetartalmú keverék viszkozitásának vizsgálata területi képesség megfigyelésével (saját munka)



17. ábra: 13%-os fehérjetartalmú keverék viszkozitásának szemléltetése (saját munka)



Az általam meghatározott termék receptúrákat tartalmazza a 4. táblázat. Munkám során nem volt feladatom az ízesítések kitalálásával foglalkozni, így a rendelkezésre álló eper zselét használtam fel ízesítőként. A tetszetősebb megjelenéshez pedig indokoltnak láttam még némi céklaport is felhasználni színezékként. A további termékfejlesztések egyik fontos célja lehet még az ízesítések meghatározása is.

4. táblázat: Fejlesztett termékek végső receptúrája

| Minta megnevezése | Tej (g) | Ideaal-MPC (g) | YC-X11 (g) | Eperzselé (g) | Cékla por (g) |
|-------------------|---------|----------------|------------|---------------|---------------|
| Natúr             | 88,75   | 11,25          | 0,05       | -             | -             |
| Epres             | 73,75   | 11,25          | 0,05       | 15            | 0,1           |

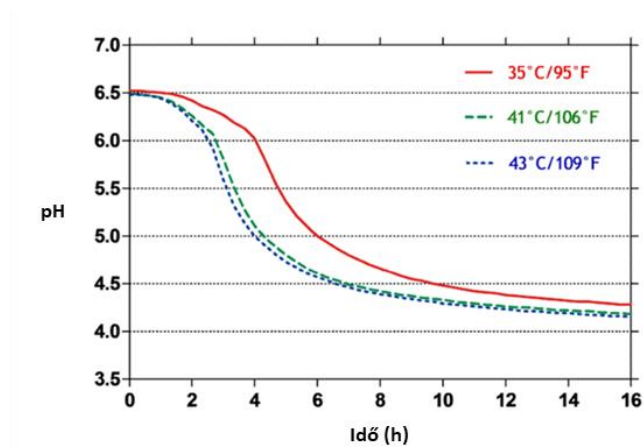
## 4.2 Alvadás

A 18. ábra az YC-X11 kultúrához a gyártó által megadott savanyodási görbét mutatja, míg a 19. ábra szemlélteti az általam készített 12%-os fehérjetartalmú minták pH változását az alvadás során. A két ábrát összehasonlítva az látszik, hogy az általam készített minták valamivel lassabban érték el a 4,6 körüli pH értéket, mint a gyártó által megadott körül belül 6 óra.

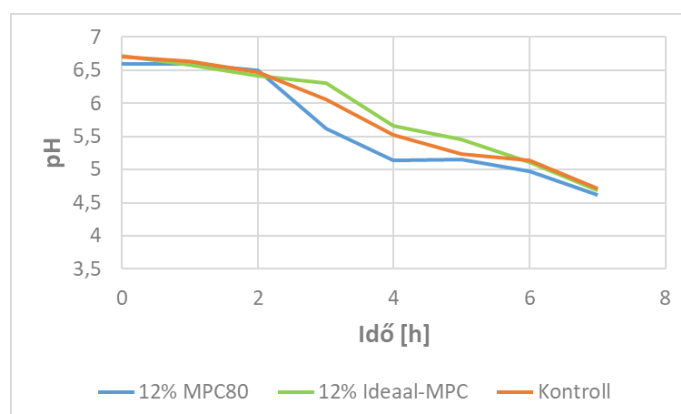
Feltételezéseim szerint ennek az lehet az oka, hogy a termosztáló kamra hőmérséklete nagy mértékben ingadozott.

A 3. táblázatban látható, hogy a magasabb fehérjetartalmú mintákból jóval többet készítettem, mint az 5% fehérjetartalmú mintákból. Ennek oka az volt, hogy ezek a minták nem a várakozásoknak megfelelően alvadtak. Feltételezéseim szerint a magas fehérjetartalom eléréséhez szükséges hozzáadott fehérje készítmény nagyban gátolta az alvadást. A felhasznált fehérjepor öregedésével pedig tapasztalataim szerint fokozódott ez a hatás.

18. ábra: A gyártó által az YC-X11 kultúrához megadott savanyodási görbe (CHR Hansen YC-X11 termékismertető)



19. ábra: pH változása az alvadás közben (saját munka)

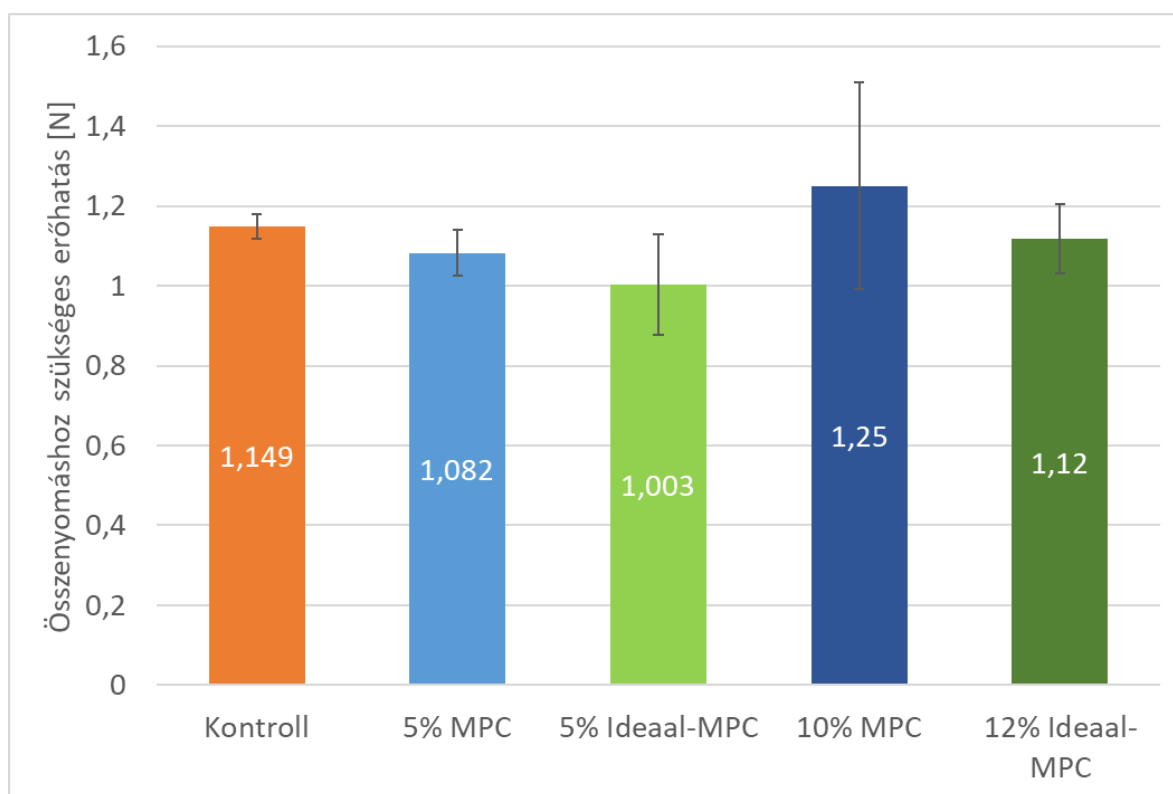


### 4.3 Gélszilárdság

A natúr, poharas alvasztású (habarás nélküli) mintákon végzett gélszilárdság mérés eredményeit szemlélteti a 20. ábra. Az eredmények alapján a készített termékek keménysége között nem volt szignifikáns különbség ( $p > 0,05$ ).

A készítés során azonban rendszeresen tapasztalt jelenség volt, hogy a magas fehérjetartalom (10% és 12%) mellett nem volt megfelelő az alvadás. Ezeknek a mintáknak a pH-ja nehezen csökkent és nem alakult ki megfelelő gél szerkezet, a tej folyós állagú maradt. Az eredmények között feltételezésem szerint azért nincsen ennek ellenére szignifikáns különbség, mert a 10-12%-os mintáknál az előbbi mellett az is rendszeresen tapasztalt jelenség volt, hogy az alapos homogenizálás ellenére az alvasztás során a fehérjepor egy része felüledett és egy keményebb réteget képzett a minta tetején. A mérő műszer a gélszilárdság mérése során pedig ezt a keményebb réteget megnyomva hasonló értékeket mérhetett, mint a megfelelően megolvadt joghurtok esetében.

20. ábra: Poharas alvasztású, natúr joghurtminták gélszilárdsága (saját munka)

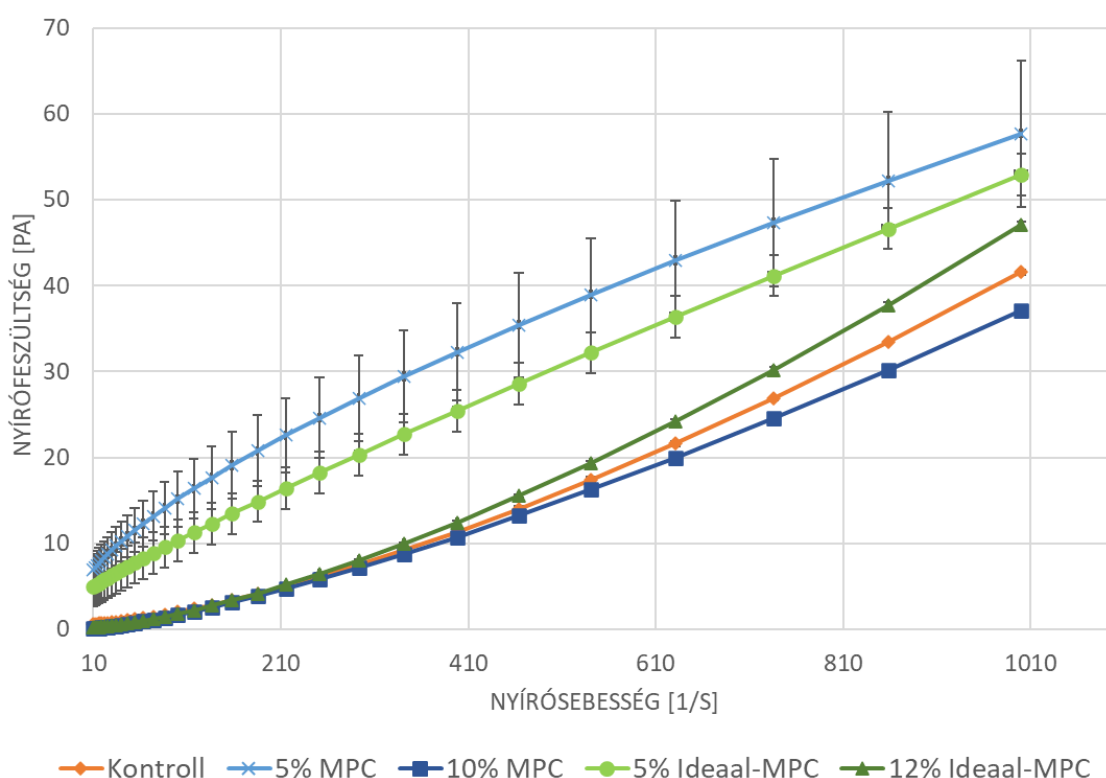


#### 4.4 Viszkozitás

Az eper ízesítésű habart joghurtokon az összetört gél szerkezet miatt a gél szilárdság mérés alkalmazását nem láttam célszerűnek, ezért ezeken a mintákon viszkozitás mérést végeztem.

A viszkozitási görbék (21. ábra) alapján elmondható, hogy az 5% fehérjetartalommal rendelkező mintáknál nagyobb nyírófeszültségi értékeket mértem, mint a kontroll vagy a 10% illetve 12%-os fehérjetartalmú minták esetében. Ennek oka az lehet, hogy az 5% fehérjetartalom eléréséhez szükséges hozzáadott fehérje még nem gátolta az alvadást, sőt emellett még sűrítőanyagként is funkcionált. A 10 és 12%-os mintáknál már nagyban érvényesült a hozzáadott fehérje alvadást gátló hatása, ezért a minták nem tudtak megfelelően megalvadni, híg, folyós állagúak maradtak. Ezesetben a fehérjepor sűrítő hatása ellenére is habarás után hígabbnak bizonyultak a minták.

21. ábra: Habart joghurt minták viszkozitási görbéi (saját munka)



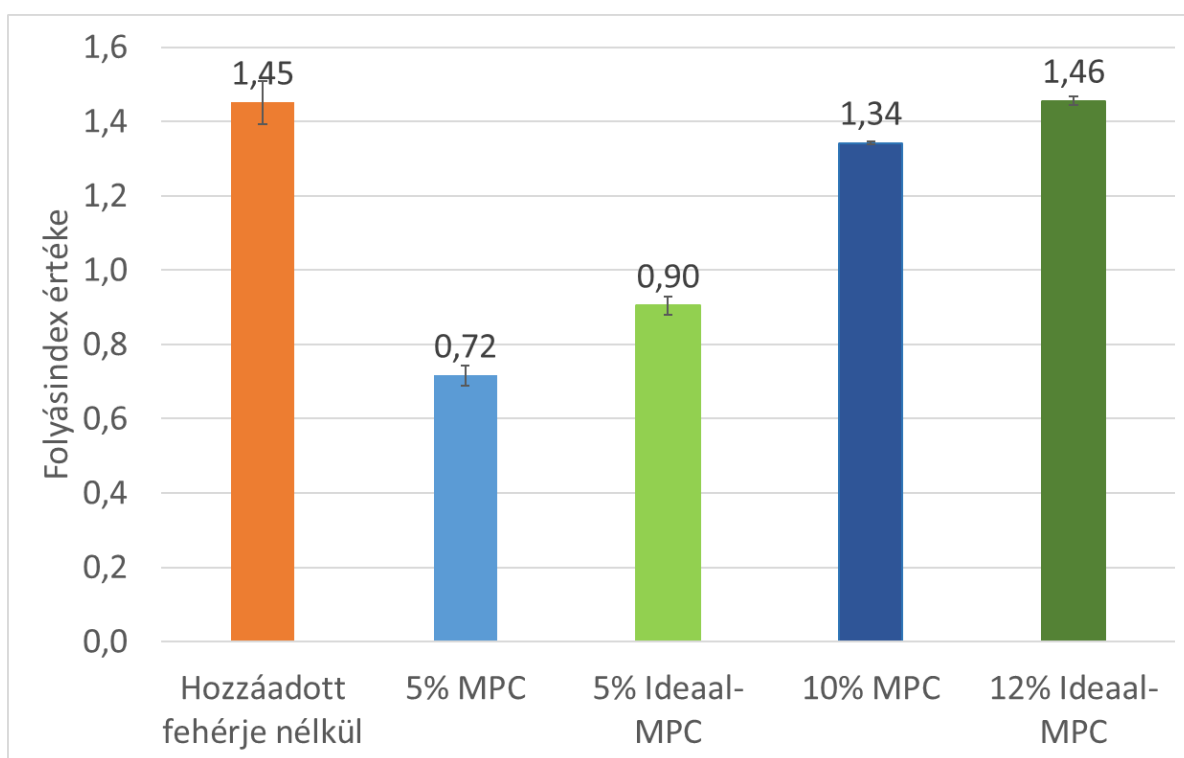
A mért viszkozitási értékeket a Herschel-Bulkley modell  $(\tau = \tau_0 + K \left(\frac{dy}{dt}\right)^n)$  alapján értékelve meghatározható  $n$  folyásindex (flow behavior index), amely az anyag reológiai tulajdonságairól

ad tájékoztatást. Amennyiben  $n < 1$  a minta pseudoplasztikus,  $n = 1$  estén newtoni, míg  $n > 1$  esetén dilatációs. (Figura and Teixeira, 2007)

Az eredményeket a 22. ábra szemlélteti. A viszkozitási görbéken látható különbség az 5% fehérjetartalmú minták és a magasabb fehérjetartalmú, illetve kontroll minták között magyarázható még a folyásindexek alapján megállapított reológiai tulajdonságokkal is. Az 5%-os minták esetében ugyanis  $n < 1$  értékeket mértem, ami azt jelenti, hogy az anyag pseudoplasztikus tulajdonságokkal rendelkezett, azaz a nyírófeszültség hatására csökkent a viszkozitása.

Ezzel szemben a 10 és 12%-os mintáknál, valamint a kontroll mintánál  $n > 1$  értékeket mértem, tehát ezek dilatációs tulajdonsággal rendelkeztek, azaz a nyírófeszültség hatására a vizsgált tartományban keményedtek.

22. ábra: Herschel-Bulkley modell alapján meghatározott folyásindexek (saját munka)

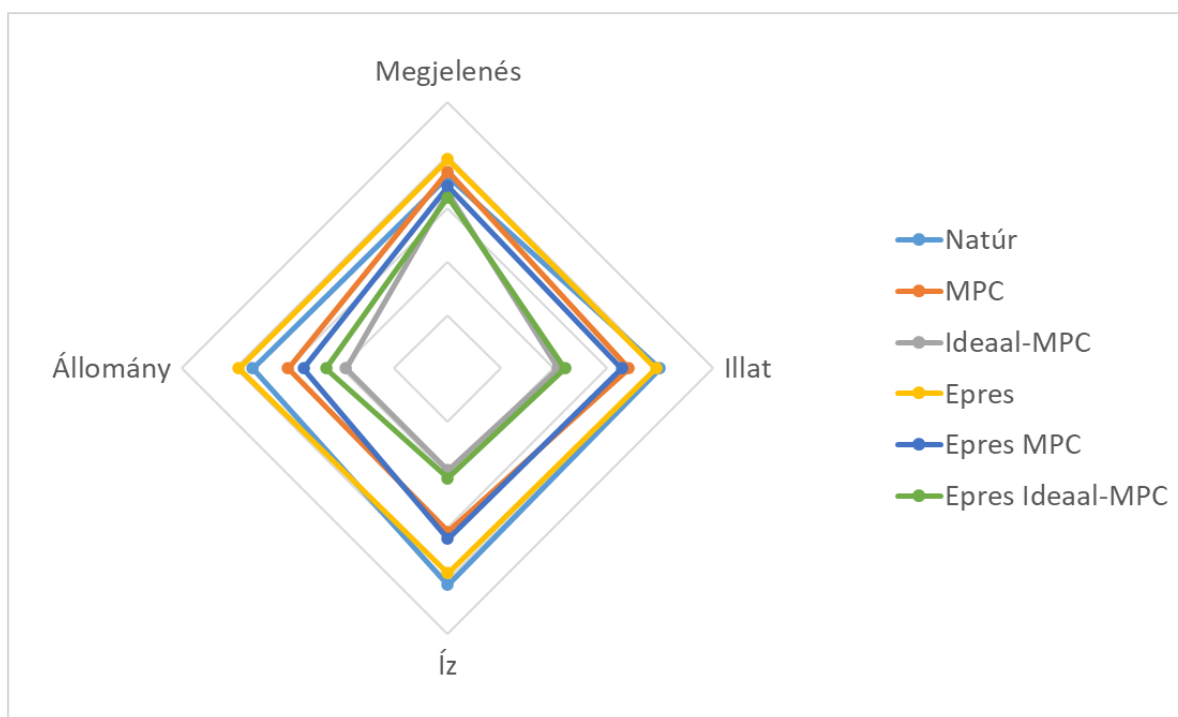


Az eredményeket tekintve az Ideaal-MPC-vel készült 12% fehérjetartalmú minták viszkozitása a kontroll mintáéhoz hasonló volt, ez pedig fogyasztói szempontból kedvező lehet.

## 4.5 Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat eredményei a várakozásaimmal ellentétben kevésbé voltak kedvezőek. A megjelenés tekintetében többnyire egységesen értékelték a mintákat a bírálók. Az illat, az íz és az állomány tekintetében a hozzáadott fehérje nélküli minták kapták a legmagasabb pontszámokat, ezt követték az MPC-80-nal készült minták. Legkevésbé az Ideaal-MPC-vel készült minták tetszettek a bírálóknak. Az eredményeket a 23. ábra pókháló diagrammon szemléltettem.

23. ábra: Érzékszervi tulajdonságok értékelése 1-9 skálán (saját munka)



A készítés során többször is az volt a tapasztalatom, hogy míg az MPC-80-nal készült minták esetében erős mellékíz volt érezhető, addig az Ideaal-MPC-vel készült mintáknál csak alig, vagy egyáltalán nem tapasztaltam ezeket.

Fontos megjegyezni ezért, hogy több hibát is elkövettem a bírálat során, amik az Ideaal-MPC-vel készült minták szempontjából negatívan befolyásolhatták az eredményt.

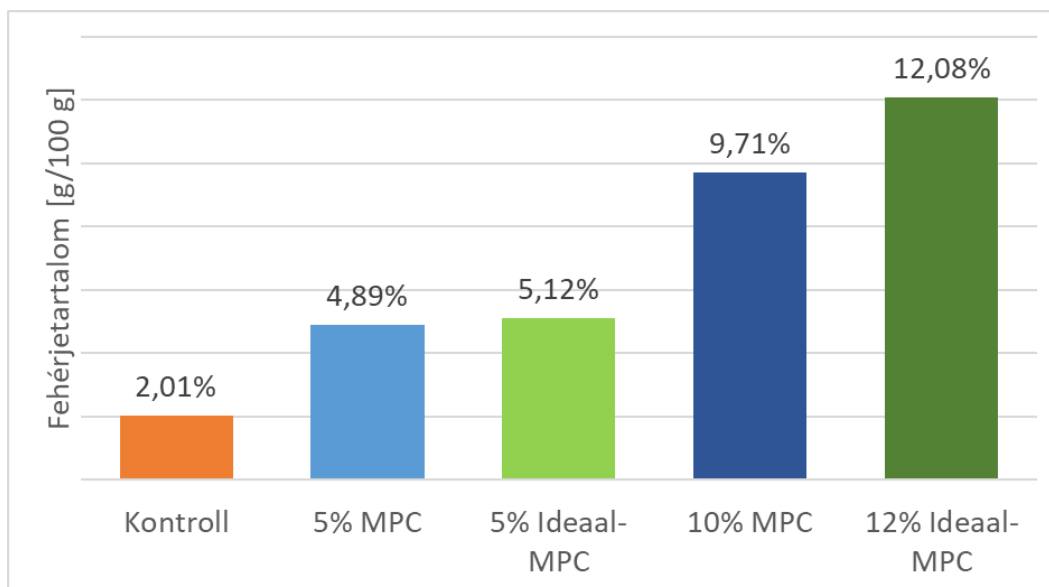
- A mintákat egyszerre vizsgálták a bírálók, így a natúr joghurtokat és a magas fehérjetartalmú joghurtokat egymással hasonlították össze. Szerencsésebb lett volna ehelyett csak az MPC80-nal és az Ideaal-MPC-vel készült minták összehasonlítása.

- A bírálaton mindössze 7 bírálóval volt lehetőségem elvégezni a vizsgálatot, ám érdemes lenne ennél nagyobb számú bírálóval is tesztelést végezni.
- A mintákat 3 jegyű, véletlenszerűen kiosztott számokkal jelöltem, de a bíráló helység kialakításából adódóan a bíráló személyek láthatták, illetve egymással is megbeszélhették a minták tulajdonságait, ez pedig befolyásolhatta őket.

## 4.6 Fehérjetartalom

A 24. ábra alapján a Kjeldahl-módszerrel mért fehérjetartalom eredmények igazolják, hogy a receptek szerinti fehérjetartalom számítások helyesnek, illetve közel helyesnek bizonyultak.

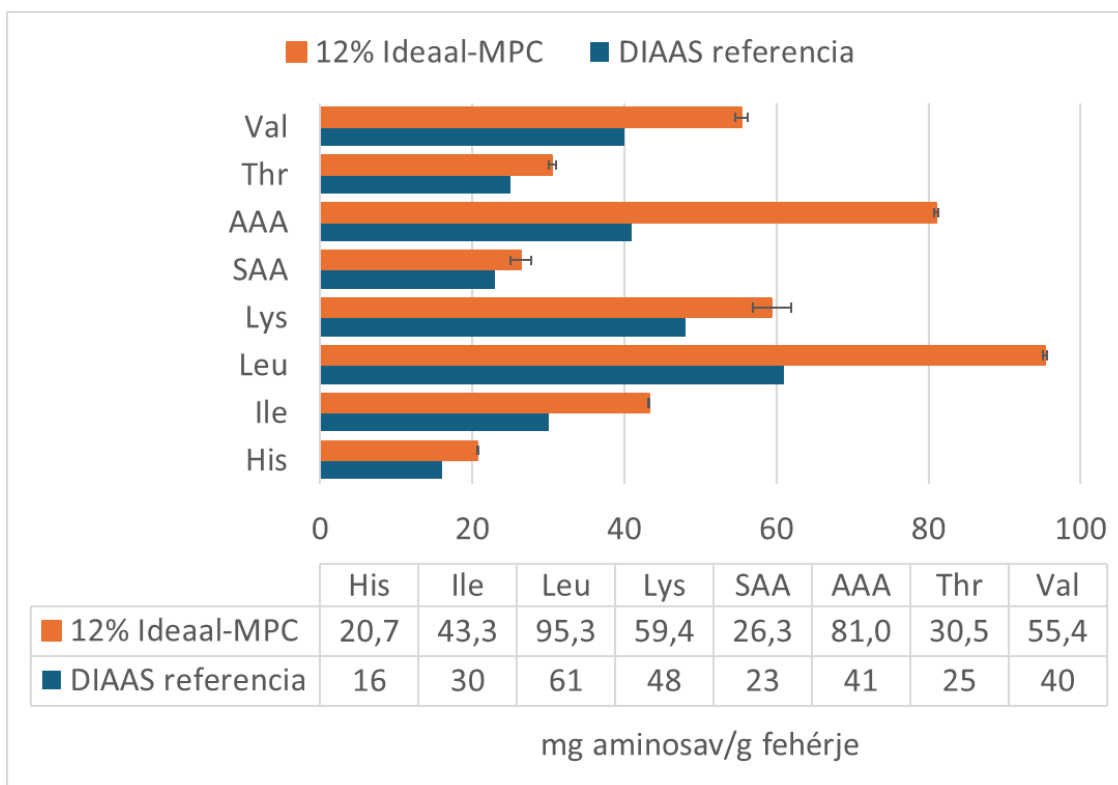
24. ábra: Kjeldahl-módszerrel mért fehérjetartalom (saját munka)



## 4.7 Emészthetőség

A 25. ábra szemlélteti a DIAAS szerinti, felnőtt és kamasz korcsoportra meghatározott, ideálisnak tekintett aminosav referenciaértékeket és ezekhez képest az Ideaal-MPC-vel készült minta emésztés után mért aminosav profilját.

25. ábra: DIAAS felnőtt, kamasz és 3 évnél idősebb gyermek korcsoportra vonatkozó referencia szerinti aminosav összetétel (saját munka FAO, 2013 adatai alapján)



Az előbbi ábra 12% Ideaal-MPC értékeit a DIAAS referencia értékekkel összevetve megkapjuk a DIAAR (Digestible Indispensable Amino Acid Ratio) értékeket. Ezek az arányszámok azt fejezik ki, hogy az 1 gramm fehérjében ideálisnak tekintett egyes aminosavak mértékéhez képest ugyanezek az aminosavak a vizsgált minta 1 gramm fehérjében milyen arányban vannak jelen. A DIAAR eredményeket a 5. táblázat foglalja össze. Ezek közül a legkisebbet véve és a  $\frac{\text{mg aminosav}}{\text{g fehérje}}$  mennyiségről  $\frac{\text{mg aminosav}}{100 \text{ g fehérje}}$  mennyiségre átszámolva megkapjuk a DIAAS pontszámot.

5. táblázat: 12% fehérjetartalmú, Ideaal-MPC hozzáadásával készített mintára kapott DIAAR értékek (saját munka)

| His  | Ile  | Leu  | Lys  | SAA (Met+Cys) | AAA (Tyr+Phe) | Thr  | Val  |
|------|------|------|------|---------------|---------------|------|------|
| 1,30 | 1,44 | 1,56 | 1,24 | 1,14          | 1,98          | 1,22 | 1,39 |

A 6. táblázat összefoglalja az INFOGEST emésztésszimulációs vizsgálat eredményeit. Az értékek alapján megállapítható, hogy a normál joghurthoz képest romlik a fehérjék emészthetősége a további hozzáadagolt fehérjeporok hatására. Az eredményekből az látható, hogy a normál

MPC-80 porhoz képest az Ideaal-MPC alkalmazásával nagyban javult az emészthetőség. A kontroll minta 158 DIAAS pontszámához képest MPC-80 hozzáadásával ez az érték 74-re romlott, ez 53%-os csökkenést jelent. Ezzel szemben az Ideaal-MPC-vel készített minta pontszáma 114 lett, ami csak 28%-os csökkenést jelent. A kontroll mintától való további eltérés, hogy míg a normál joghurt esetében a Treonin alapján került megállapításra a DIAAS, addig az MPC-80-nal és Ideaal-MPC-vel készített joghurtoknál a kén tartalmú aminosavak (Metionin és Cisztein) alapján lett meghatározva a pontszám.

*6. táblázat: INFOGEST emésztésszimulációs vizsgálat eredményei (saját munka)*

| <b>Termék - Joghurt</b> | <b>IVPD%</b> | <b>DIAAS</b> |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Kontroll                | 100%         | 158 (Thr)    |
| 10% MPC                 | 66,7%        | 74 (SAA)     |
| 12% Ideaal-MPC          | 80,8%        | 114 (SAA)    |

Az IVPD% (*in vitro* fehérje emészthetőség) arról ad tájékoztatást, hogy az emésztett minta aminosav tartalma hogyan arányul a még emésztetlen minta Kjeldahl módszerrel meghatározott fehérjetartalmához. Ennek értékei szintén alátámasztják a DIAAS pontszám esetében is megfigyelhető különbségeket. A kontroll minta 100%-os hatékonysággal emészthető volt. Az MPC-80-nal készült minta fehérjetartalmának csupán 66,7% volt emészthető *in vitro* körülmények között, míg az Ideaal-MPC-vel készült minta 80,8%-ban emészthető volt.

## 5 Következtetések és javaslatok

A tapasztalatok alapján úgy gondolom érdemes lehet folytatni a termékfejlesztést (pl: különféle ízesítések, gyártástechnológia finomítása stb). A hasonló helyettesítő termékekkel szemben, ennek a terméknek előnye, hogy hazai előállítású lehetne, illetve a magas, hatékonyabban felszívódó fehérjetartalom mellett még a joghurtok jótékony tulajdonságaival is rendelkezik.

A DIAAS pontszámok alapján a fehérjetartalom növelése ugyan rontja az emészthetőséget, ám a fehérjetartalom ekkora mértékű növelésével jóval több fehérje tud megemésztődni. Ugyanennyi fehérje felszívódásához több adag joghurt elfogyasztására lenne szükség. Az iparban jelenleg általánosan használt MPC-80 fehérje porral szemben pedig az Ideaal-MPC a szervezet számára jobban hasznosítható. Az Ideaal-MPC megalkotásának egyik célkitűzése volt a DIAAS pontszám növelése a normál MPC-80 pontszámaival szemben, vizsgálataim alapján pedig a pontszám növelése a joghurthoz felhasználva is beigazolódott, így ebben a tekintetben sikeresnek mondható a projekt.

Gyártástechnológiai szempontból fontos lenne további vizsgálatokat végezni az Ideaal-MPC alvadásra gyakorolt gátló hatásával szemben. Érdemes lenne ezen tulajdonságát a normál MPC-80 porokkal összehasonlítani, illetve kísérleteket végezni, hogy hogyan lehet csökkenteni a gátló hatást (esetleg a kultúraösszetétel megváltoztatásával, vagy valamilyen gyártástechnológiai megoldással).

Érzékszervi tulajdonságait tekintve az Ideaal-MPC tapasztalataim szerint kedvezőbb, ám ezzel szemben az elvégzett érzékszervi bírálat szerint kevésbé kedvelt tulajdonságokkal rendelkezik. Fontos azonban megjegyezni, hogy a bírálatot mindössze 7 bíráló személy végezte, ezért az esetleges későbbi termékfejlesztések során mindenképpen javasolt lenne további érzékszervi vizsgálatok elvégzése több bírálóval.

## 6 Összefoglalás

Munkám célja volt, hogy a GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00048 projekt keretében, a Sole-Mizo Zrt., a Medifood Hungary Kft. és a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem konzorciuma által fejlesztett MPC alapú, speciális fehérjekeverék, az Ideaal-MPC felhasználási lehetőségét vizsgáljam egy magas fehérjetartalmú joghurt termékfejlesztése során. Az Ideaal-MPC megalkotásakor cél volt, hogy a DIAAS pontszám, ami a fehérje emészthetőségéről ad tájékoztatást minél magasabb legyen.

A termékfejlesztés alapjául a vonatkozó előírások (Az *Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról*, 2006) mellett a piacon elérhető hasonló, helyettesítő termékek szolgáltak. Ilyenek a különböző magas fehérjetartalmú pudingok, kásák, egyéb poharas desszert készítmények. A piacon elérhető ilyen jellegű termékeket megvizsgálva általánosságban 10% fehérjetartalom a jellemző, így munkám során én is ezt tűztem ki célnak. Ezzel szemben az Ideaal-MPC adagolásával még 12% fehérjetartalom mellett is jó érzékszervi tulajdonságokkal rendelkeztek az elkészített minták, valamint a rendelkezésre álló eszközökkel is legyárthatónak bizonyultak, így a végső receptúrában is ezt a magasabb fehérjetartalmat javasoltam.

A tervek szerint az Ideaal-MPC por használatának hatását egy kontroll mintához és egy normál MPC-80 hozzáadásával készült mintához hasonlítottam: gélzilárdság (poharas alvasztás esetén), viszkozitás (habart joghurtok esetén), emészthetőség és az érzékszervi tulajdonságok szempontjából. A tapasztalatok alapján az Ideaal-MPC a technofunkciós tulajdonságok (sűrítés, oldódás, alvadás gátló hatás, ülepedés) tekintetében hasonló hatással bír, mint a normál MPC-80. Oldódás szempontjából kedvezőbb, jobban oldódik. Az alvadásra gyakorolt gátló hatás szempontjából tapasztalataim szerint hátrányosabbnak bizonyult, ám ennek tényszerű megállapításához további, célirányos vizsgálatokra lenne szükség.

Az emészthetőséget vizsgálva megállapítható, hogy a fehérjetartalom növelése a kontroll mintához képest rontja az emészthetőséget, ám míg az MPC-80 fehérje készítmény 53%-kal rontotta, addig az Ideaal-MPC csak 28%-kal ért el kevesebb DIAAS pontszámot a kontroll mintához viszonyítva. Mindez azt jelenti, hogy két azonos fehérjetartalmú termék közül, amikből az egyik MPC-80 adagolásával készült, a másik pedig Ideaal-MPC adagolásával az

utóbbiból nagyobb arányban tudnak felszívódni és hasznosulni a fehérjék. A projekt tehát ebből a szempontból sikeresnek mondható.

Összegezve tehát a fentebb leírt vizsgálatok elvégzése mellett javaslom a további termékfejlesztéseket, mert a jelenleg elterjedt magas fehérjetartalmú termékek közül egy Ideaal-MPC-vel készült joghurt több tekintetben is kitűnhetne.

## 7 Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Nyulasné dr. Zeke Ildikó Csillának a konzulensi segítséget és a mérésekben, minta készítésben nyújtott segítséget!

Köszönöm Tormási Juditnak a konzulensi segítséget és az emészthetőségi vizsgálatokban nyújtott segítséget!

Köszönöm a GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00048 projekt szereplőinek, hogy a szakdolgozatom elkészítéséhez szükséges MPC-80 és Ideaal-MPC port biztosították!

## 8 Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak

- 1) A Tanács 92/46/EGK irányelve (1992. június 16.) a nyerstej, a hőkezelt tej és a tejalapú termékek előállítására és forgalomba hozatalára vonatkozó egészségügyi előírások megállapításáról, 1992. , OJ L.
- 2) Action FA1005 [WWW Document], n.d. . COST. URL <https://www.cost.eu/actions/FA1005> (accessed 9.15.24).
- 3) Az Európai Parlament és a Tanács 1308/2013/EU rendelete ( 2013. december 17. ) a mezőgazdasági termékpiacok közös szervezésének létrehozásáról, és a 922/72/EGK, a 234/79/EK, az 1037/2001/EK és az 1234/2007/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről, n.d.
- 4) Az Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete ( 2006. december 20. ) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról, 2006. , OJ L.
- 5) Colombo, R., Ferron, L., Frosi, I., Papetti, A., 2021. Advances in static in vitro digestion models after the COST action Infogest consensus protocol. Food Funct. 12, 7619–7636. <https://doi.org/10.1039/D1FO01089A>
- 6) Csapó, J., 2014. Tejipari technológia Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Sapientia Alapítvány – Kutatási Programok Intézete, 400112 Kolozsvár, Mátyás király (Matei Corvin) u. 4.
- 7) Dalgleish, D.G., 1993. The Enzymatic Coagulation of Milk, in: Fox, P.F. (Ed.), Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 1 General Aspects. Springer US, Boston, MA, pp. 69–100. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2650-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2650-6_3)
- 8) Dupont, D., Tomé, D., 2020. Chapter 20 - Milk proteins: Digestion and absorption in the gastrointestinal tract, in: Boland, M., Singh, H. (Eds.), Milk Proteins (Third Edition). Academic Press, pp. 701–714. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00020-7>
- 9) FAO (Ed.), 2013. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: report of an FAO expert consultation, 31 March-2 April, 2011, Auckland, New Zealand, FAO food and nutrition paper. Presented at the FAO Expert Consultation on Protein Quality Evaluation in Human Nutrition, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 10) Figura, L., Teixeira, A.A., 2007. Food Physics: Physical Properties - Measurement and Applications. Springer Science & Business Media.
- 11) Fisberg, M., Machado, R., 2015. History of yogurt and current patterns of consumption. Nutr. Rev. 73, 4–7. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv020>
- 12) Galanakis, C.M., 2021. Functionality of Food Components and Emerging Technologies. Foods 10, 128. <https://doi.org/10.3390/foods10010128>
- 13) GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00048 - Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet - MATE [WWW Document], n.d. . Élelmiszertudományi És Technológiai Intéz. URL [https://elelmiszertudomany.uni-mate.hu/ginop\\_plusz-2.1.1-21-2022-00048](https://elelmiszertudomany.uni-mate.hu/ginop_plusz-2.1.1-21-2022-00048) (accessed 11.3.24).
- 14) Guetouache, Mourad, Guessas, Bettache, Medjekal, Samir, 2014. Composition and nutritional value of raw milk. Issues Biol. Sci. Pharm. Res. 2.
- 15) hdprocess.co.nz [WWW Document], n.d. URL <https://hdprocess.co.nz/products/inline-static-mixers-helical-elements/> (accessed 10.17.24).
- 16) Hotz, C., Gibson, R.S., 2007. Traditional Food-Processing and Preparation Practices to Enhance the Bioavailability of Micronutrients in Plant-Based Diets1. J. Nutr. 137, 1097–1100. <https://doi.org/10.1093/jn/137.4.1097>

- 17) ikaprocess.com [WWW Document], n.d. . IKA. URL <https://www.ikaprocess.com/en/Products/Pilot-plants-cph-40/magic-LAB-csb-MLAB/> (accessed 10.19.24).
- 18) Inglingstad, R.A., Devold, T.G., Eriksen, E.K., Holm, H., Jacobsen, M., Liland, K.H., Rukke, E.O., Vegarud, G.E., 2010. Comparison of the digestion of caseins and whey proteins in equine, bovine, caprine and human milks by human gastrointestinal enzymes. *Dairy Sci. Technol.* 90, 549–563. <https://doi.org/10.1051/dst/2010018>
- 19) Kókai, Z., 2019. ÉRZÉKSZERV MINŐSÍTÉS JEGYZET a Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Kar ÉLELMISZERMÉRNÖK BSc szak hallgatói számára.
- 20) Li, C., Yu, W., Wu, P., Chen, X.D., 2020. Current in vitro digestion systems for understanding food digestion in human upper gastrointestinal tract. *Trends Food Sci. Technol.* 96, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.015>
- 21) Lu, Y., Xing, S., He, L., Li, C., Wang, X., Zeng, X., Dai, Y., 2022. Characterization, High-Density Fermentation, and the Production of a Directed Vat Set Starter of Lactobacilli Used in the Food Industry: A Review. *Foods* 11, 3063. <https://doi.org/10.3390/foods11193063>
- 22) Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Pérez-Alvarez, J.A., Fernández-López, J., 2018. In vitro digestion models suitable for foods: Opportunities for new fields of application and challenges. *Food Res. Int.* 107, 423–436. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.055>
- 23) Lucey, J.A., Munro, P.A., Singh, H., 1998. Rheological properties and microstructure of acid milk gels as affected by fat content and heat treatment. *J. Food Sci.* 63, 660–664. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15807.x>
- 24) Lucey, J.A., Singh, H., 2003. Acid Coagulation of Milk, in: Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins: Part A / Part B*. Springer US, Boston, MA, pp. 1001–1025. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_28)
- 25) Magallanes-Cruz, P.A., Flores-Silva, P.C., Bello-Perez, L.A., 2017. Starch Structure Influences Its Digestibility: A Review. *J. Food Sci.* 82, 2016–2023. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13809>
- 26) Matos, F.M. de, Boscariol Rasesa, G., Castro, R.J.S. de, 2024. Insects as a sustainable source of emerging proteins and their processing to obtain bioactive compounds: an updated review. *Sustain. Food Technol.* 2, 19–31. <https://doi.org/10.1039/D3FB00097D>
- 27) McClements, D.J., 2018. The biophysics of digestion: lipids. *Curr. Opin. Food Sci., Sensory Science and Consumer Perception \* Food Physics & Materials Science* 21, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.009>
- 28) Ogawa, Y., Donlao, N., Thuengtung, S., Tian, J., Cai, Y., Reginio, F.C., Ketnawa, S., Yamamoto, N., Tamura, M., 2018. Impact of food structure and cell matrix on digestibility of plant-based food. *Curr. Opin. Food Sci., Food Chemistry and Biochemistry \* Food Bioprocessing* 19, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.003>
- 29) Ozcan, T., Horne, D.S., Lucey, J.A., 2015. Yogurt made from milk heated at different pH values. *J. Dairy Sci.* 98, 6749–6758. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9643>
- 30) Panesar, P.S., 2011. Fermented Dairy Products: Starter Cultures and Potential Nutritional Benefits. *Food Nutr. Sci.* 2, 47–51. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.21006>
- 31) Patel, H., Patel, S., 2014. *Milk Protein Concentrates: Manufacturing and Applications*.
- 32) Rupp, L.S., Molitor, M.S., Lucey, J.A., 2018. Effect of processing methods and protein content of the concentrate on the properties of milk protein concentrate with 80% protein. *J. Dairy Sci.* 101, 7702–7713. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14383>

- 33) Sá, A.G.A., Moreno, Y.M.F., Carciofi, B.A.M., 2020. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 60, 3367–3386. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249>
- 34) Sousa, R., Recio, I., Heimo, D., Dubois, S., Moughan, P.J., Hodgkinson, S.M., Portmann, R., Egger, L., 2023. *In vitro* digestibility of dietary proteins and *in vitro* DIAAS analytical workflow based on the INFOGEST static protocol and its validation with *in vivo* data. *Food Chem.* 404, 134720. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134720>
- 35) stablemicrosystems.com [WWW Document], n.d. URL <https://www.stablemicrosystems.com/TextureAnalysis.html> (accessed 10.19.24).
- 36) SZAKÁLY, S., CSAPÓ János, CSÁSZÁR Gábor, FENYVESSY József, IVÁNCICS János, JÁVOR András, KIS Lajos, KUKOVICS Sándor, NOVÁK Árpád, ÓBERT Gábor, SCHÄFFER Béla, SZAKÁLY Zoltán, SZÉLES Gyula, ÚJHELYI Sándor, UNGER András, ZSINKÓ Magdolna, 2001. *Tejgazdaságtan. Dinasztia Kiadó, Budapest.*
- 37) Tso, R., Forde, C.G., 2021. Unintended Consequences: Nutritional Impact and Potential Pitfalls of Switching from Animal- to Plant-Based Foods. *Nutrients* 13, 2527. <https://doi.org/10.3390/nu13082527>
- 38) Walstra, P., 1993. The Syneresis of Curd, in: Fox, P.F. (Ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 1 General Aspects.* Springer US, Boston, MA, pp. 141–191. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2650-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2650-6_5)
- 39) Yee, K.W.K., Wiley, D.E., Bao, J., 2007. Whey protein concentrate production by continuous ultrafiltration: Operability under constant operating conditions. *J. Membr. Sci.* 290, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.12.026>

## 9 Ábrák és táblázatok jegyzéke

### 9.1 Ábrajegyzék

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra: Kazein micella szerkezete .....                                                                                     | 6  |
| 2. ábra: Zsírgolyócska szerkezete(SZAKÁLY et al., 2001).....                                                                 | 8  |
| 3. ábra: Natúr savanyított tejtermékek általános gyártástechnológiája (SZAKÁLY et al., 2001)<br>.....                        | 12 |
| 4. ábra: Csővezetékbe építhető keverő-habaró elemek (“hdprocess.co.nz,” n.d.) .....                                          | 13 |
| 5. ábra: Glüko-makropeptid láncok lehasítása enzim által az oltós alvasztás során (Dalglish, 1993).....                      | 14 |
| 6. ábra: Savas alvadás következtében kialakuló térháló (Csapó, 2014) .....                                                   | 15 |
| 7. ábra: Különböző koncentrációjú tejfehérje porok összetétele (Forrás: www.usdairy.com) ..                                  | 17 |
| 8. ábra: MPC gyártás folyamata (Forrás: www.usdairy.com) .....                                                               | 18 |
| 9. ábra: INFOGEST emésztési modell (Matos et al., 2024).....                                                                 | 22 |
| 10. ábra: SMS TA.XT készülékekhez használható mérőfejek (“stablemicrosystems.com,” n.d.)<br>.....                            | 24 |
| 11. ábra: Herschell Bulkley modell (Figura and Teixeira, 2007) .....                                                         | 24 |
| 12. ábra: A termékfejlesztés folyamata (saját munka) .....                                                                   | 27 |
| 13. ábra: IKA Magic LAB® homogenizáló berendezés (“ikaprocess.com,” n.d.).....                                               | 29 |
| 14. ábra: Joghurt minták alvasztása a termosztáló szekrényben (saját munka) .....                                            | 30 |
| 15. ábra: Joghurt minták készítési folyamata (saját munka) .....                                                             | 31 |
| 16. ábra: 13%-os fehérjetartalmú keverék viszkozitásának vizsgálata területi képesség<br>megfigyelésével (saját munka) ..... | 36 |
| 17. ábra: 13%-os fehérjetartalmú keverék viszkozitásának szemléltetése (saját munka) .....                                   | 36 |
| 18. ábra: A gyártó által az YC-X11 kultúrához megadott savanyodási görbe (CHR Hansen YC-X11<br>termékismertető) .....        | 37 |
| 19. ábra: pH változása az alvadás közben (saját munka).....                                                                  | 37 |
| 20. ábra: Poharas alvasztású, natúr joghurtminták gélzilárdsága (saját munka).....                                           | 38 |
| 21. ábra: Habart joghurt minták viszkozitási görbéi (saját munka).....                                                       | 39 |
| 22. ábra: Herschel-Bulkley modell alapján meghatározott folyásindexek (saját munka) .....                                    | 40 |
| 23. ábra: Érzékszervi tulajdonságok értékelése 1-9 skálán (saját munka) .....                                                | 41 |
| 24. ábra: Kjeldahl-módszerrel mért fehérjetartalom (saját munka) .....                                                       | 42 |

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 25. ábra: DIAAS felnőtt, kamasz és 3 évnél idősebb gyermek korcsoportra vonatkozó referencia szerinti aminosav összetétel (saját munka FAO, 2013 adatai alapján) ..... | 43 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## 9.2 Táblázatok jegyzéke

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat: A termékfejlesztés során vizsgált minták receptúrája g/100 g-ban megadva (saját munka).....                                 | 30 |
| 2. táblázat: DIAAS szerint meghatározott aminosavak mennyisége (mg/g fehérjében), különböző korcsoportokra vonatkozóan (FAO, 2013) ..... | 34 |
| 3. táblázat: Elkészített termékek száma.....                                                                                             | 35 |
| 4. táblázat: Fejlesztett termékek végső receptúrája.....                                                                                 | 36 |
| 5. táblázat: 12% fehérjetartalmú, Ideaal-MPC hozzáadásával készített mintára kapott DIAAR értékek (saját munka).....                     | 43 |
| 6. táblázat: INFOGEST emésztésszimulációs vizsgálat eredményei (saját munka).....                                                        | 44 |

## NYILATKOZAT

Csóka Zsombor Tamás (hallgató Neptun azonosítója: D9I14L) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Budapest, 2024. október 31.



belső konzulensek

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

|                                 |                                                                                                                    |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A hallgató neve:                | Csóka Zsombor Tamás                                                                                                |
| A Hallgató Neptun kódja:        | D9I14L                                                                                                             |
| A dolgozat címe:                | Joghurt fejlesztése tejfehérje koncentrátum (MPC) adagolással és fehérjetápérték vizsgálata emésztésszimulációval. |
| A megjelenés éve:               | 2024                                                                                                               |
| A konzulens intézetének neve:   | Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet                                                                        |
| A konzulens tanszékének a neve: | Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék<br>Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék                   |

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>4</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2024. november 4.



---

Hallgató aláírása