

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
MÉRNÖKI KAR
ÉLELMISZERMÉRNÖKI INTÉZET

OTDK- DOLGOZAT

***EGYES TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK HATÁSA A
JOGHURT ALVADÉK-TULAJDONSÁGAIRA***

Papp Barbara

IV. évfolyamos élelmiszermérnök

hallgató

Témavezetők:

Dr. Csanádi József

Egyetemi docens

Baráné Dr. Herczegh Otília

Egyetemi docens

SZEGED

2015.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	3
1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
1.1. A termékcsoporthoz és a gyártás rövid története.....	5
1.2. Savanyú tejkészítmények csoportosítása	6
1.3. A termékcsoporthoz gyártása	7
<i>1.3.1. A tej előkezelése.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.2. A tej tisztítása</i>	<i>7</i>
<i>1.3.3. A zsírtartalom beállítása.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.4. Homogénezés.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.5. Az alapanyag hőkezelése.....</i>	<i>10</i>
1.4. A savanyú tejkészítmények gyártásának különleges műveletei	11
<i>1.4.1. Beoltás.....</i>	<i>11</i>
<i>1.4.2. Savanyítás (alvasztás).....</i>	<i>11</i>
<i>1.4.3. Érlelés</i>	<i>12</i>
<i>1.4.4. Habarás.....</i>	<i>12</i>
<i>1.4.5. Utóhőkezelés és melegen töltés</i>	<i>14</i>
<i>1.4.6. Habosítás.....</i>	<i>14</i>
1.5. Joghurt állománytulajdonságaira ható tényezők	15
<i>1.5.1. Alapanyag minősége.....</i>	<i>15</i>
<i>1.5.2. Hőkezelés, a fehérje és a tejszír.....</i>	<i>17</i>
<i>1.5.3. Homogénezési nyomás</i>	<i>20</i>
<i>1.5.4. Alvasztási hőmérséklet.....</i>	<i>20</i>
2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	22
2.1. Vizsgálati anyagok.....	22
2.2. Kísérleti terv	22
<i>2.2.1. A minták előállítása és mérése</i>	<i>22</i>
2.3. Alkalmazott berendezések és módszerek.....	23
<i>2.3.1. Homogénezés.....</i>	<i>23</i>
<i>2.3.2. Savóeresztés meghatározása MPW-350 laboratóriumi centrifuga segítségével</i>	<i>24</i>
<i>2.3.3. Állománymérés</i>	<i>25</i>

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	27
3.1. Az állomány értékelése	27
3.1.1. <i>A zsírtartalom és a homogénezési nyomás hatása a joghurt keménységére.....</i>	<i>27</i>
3.1.2. <i>A zsírtartalom és a homogénezési nyomás hatása a joghurt tapadási munkájára.....</i>	<i>30</i>
3.1.3. <i>A zsírtartalom és a homogénezési nyomás hatása a joghurt kompressziós munkájára .</i>	<i>32</i>
3.2. A savóeresztés értékelése	34
3.2.1. <i>A homogénezési nyomás és a zsírtartalomhatása a savóeresztésre</i>	<i>34</i>
3.3. Adatok statisztikai értékelése	36
3.4. Érzékszervi vizsgálat	39
4. ÖSSZEFOGLALÁS	41

BEVEZETÉS

A fogyasztók által az egyik legfontosabb tulajdonsága a joghurtnak, hogy szinerézis közben ne eressen savót, az állományát tekintve homogén illetve a terméknek megfelelő szilárdságú és kellemesen savanyú ízű legyen. Ez teljes mértékben megvalósítható megfelelő tejösszetétellel, homogénezési paraméterek alkalmazásával és a technológiai lépések helyes betartásával.

A savanyú tejtermékek az általános vélekedés szerint ideálisan illeszthetők az egészséges diétába, mivel fogyasztásuk számos előnnyel jár. A savanyú tejkészítmények emészthetősége jobb, mint a nyers tejé, mivel a tejsavbaktérium által termelt tejsav finom csapadék formájában kicsapja a fehérjét, és ez által az emésztőenzimek a megnövekedett felületnek köszönhetően gyorsabban képesek lebontani. A joghurtban lévő fehérjét az enzimek fele annyi idő alatt tudják lebontani, mint a nyers tejben, ami annak köszönhető, hogy a gyártás során a *L. bulgaricus* fehérjebontó enzimjei hatására nő a joghurt szabadaminosav-tartalma, leginkább a prolintartalma, ugyanakkor a *S. thermophilus* aktivitásának eredményeként (mely az egyéb szervezetek által lebontott szabad aminosavakat használja fel) a joghurt karbamid tartalma a kezdeti érték 10%-ára csökken (Csapó, Csapóné, 2002). Összegezve, a joghurtfélék részben összetételük miatt, részben a bennük található hasznos mikroflóra miatt igen előnyös élettani hatással bírnak.

A joghurtfélék gyártása ma is dinamikusan fejlődő terület. Újabb és újabb termékváltozatok jelennek meg, azonban a kívánt minőség a gyártási paraméterek (és az összetétel) gondos tervezésével érhető el. A tejipari technológia számos vonatkozása napjainkban már igen jól ismert, de a tej összetételének módosítása és az új és újabb termékváltozatok szükségessé teszik a technológiai műveletek részletesebb tanulmányozását, annak érdekében, hogy a fogyasztók által kívánt optimális terméktulajdonságok alakuljanak ki a késztermékben.

Az összetevők közül elsősorban a fehérje- és a zsírtartalom, a technológiai műveletek közül pedig leginkább a hőkezelés és a homogénezés határozza meg a savanyú tejtermékek állománytulajdonságait. A homogénezés elsődleges célja a felfölöződés elkerülése a tárolt termékekben, de az alvasztott tejtermékeknél a zsírgolyócskák szabályozott – fehérjemátrixba való – beépülésén keresztül az állományra is döntően hat. Ezzel összefüggésben, maga a zsírtartalom is hasonlóan erős hatással bír egyes tulajdonságokra. A zsírtartalmat is figyelembe véve, a megfelelő homogénezési nyomás alkalmazásával megszűnik a felfölöződés, a savas alvadék szilárdsága nő, javul a tejszír emészthetősége, csökken az

alvadék savóeresztése és az oxidációs ízhibára való hajlam, a termék íze teltebb lesz, illetve simább, homogénebb állomány érhető el. Ugyanakkor, az optimális tulajdonságok csak akkor érhetők el, ha a paraméterek változtatásainak hatásával tisztában vagyunk.

Dolgozatomban, ezért a zsírtartalom és a homogénezés hatásainak részletesebb tanulmányozását tűztem ki célul. Munkám során különböző zsírtartalmú (0%, 3,5%, 8%, 12%, 20%) tehéntej mintákat homogéneztem eltérő nyomásokon (0 bar, 40 bar, 100 bar, 200 bar), ezáltal kísérletet tettem a zsírtartalom és a homogénezési nyomás által előidézett változások értelmezésére, összefüggésének felderítésére. A paraméterek hatásait, a célterméknek választott joghurt állománytulajdonságait vizsgálva követtem nyomon, mely tulajdonságok a lehetséges számos tulajdonság közül, a savóeresztés, az alvadék keménysége, a tapadási munka és a kompressziós munka volt. Az összes kísérlet és vizsgálat a SZTE Mérnöki Kar laboratóriumaiban került lebonyolításra.

1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A savanyú tej és tejszínekészítmények olyan tejtermékek, amelyeket meghatározott zsírtartalmú tejből, tejszínből homogénezés és hőntartásos pasztörözés után a termékre jellemző ízt, aromát termelő és savanyító mikroorganizmusokkal megalvasztunk. Ezt követően a terméket lehűtjük, majd utóérleljük. Egyes változatoknál alvasztás után habarunk, ízesítünk és alkalmazhatunk utóhőkezelést esetleg habosítást is (Fenyvessy, Csanádi, 2012). A savanyú tej- és tejszínekészítmények között 10% zsírtartalomnál húzódik a határ: az előbbiek 10% alatti, az utóbbiak 10% feletti zsírtartalmúak (Szakály, 2001).

1.1. A termékcsoporthoz és a gyártás rövid története

A frissen fejt tej hajlamos a viszonylag gyors (12-24 óra alatti) „spontán” baktériumos megsavanyodásra, kifejezetten azokban a melegövi országokban, ahol közel 8 ezer évvel ezelőtt megkezdődött a mai tejhasznú állatfajok házasítása. A nyers tejnek ez a tulajdonsága olyannyira biztonságos, hogy napjainkban is még készítenek így különböző tej- és tejszínekészítményeket (pl. tejfölt) a föld különböző részein, kisebb arányban hazánkban és a Kárpát-medencében (Erdély, Felvidék) is. Ehhez a megsavanyodáshoz csupán csak annyi kell, hogy a nyers tejbe tejsavbaktériumok, alkoholerjesztő élesztők jussanak és a szaporodásukhoz szükséges optimális hőmérséklet biztosítva legyen. Az előbbi legelőn tartott állatok és a kézi fejésnek köszönhetően, az utóbbi pedig a hűtés elmaradásával érhető el. Az ún. szobahőmérséklet a meleg égövi országokban rendszerint 35-45°C, a kontinentális éghajlatú Közép- és Észak-Európában pedig 20-24 °C között mozog. Történelmileg ez áll annak hátterében, hogy a Közel-Keleten, a Balkánon kialakult savanyú tej, a török nevű joghurt termofil (magasabb hőmérsékletet kedvelő, optimum 42-45 °C) tejsavbaktériumok, az Európában később kialakult aludttej pedig mezofil (18-30 °C között szaporodó) tejsavbaktériumokkal készült. A házasítás helye miatt az emberiség ősi savanyú teje a balkáni joghurt, a kaukázusi kefir és a mongol sztyeppe kumisz, míg Európa fiatalabb savanyú teje az aludttej.

Az emberiség gyorsan felismerte, hogy a savanyú tej nemcsak egyszerűen fogyasztható, hanem még a tejnél is eltarthatóbb, ízletesebb, üdítőbb és többcélú felhasználása (mártások, saláták, öntetek készítése) is előnyös. A savanyú tejeknek egy nagy előnyüket, a számos pozitív élettani hatást csak a 20. században derítették fel (Szakály, 2001).

A joghurt származása nem igazán ismert, ennek köszönhetően számos legenda született. Az egyik szerint a mongol Dzsingisz kán követte megállt vizet kérni egy kis faluban,

ugyanakkor víz helyett tejet öntöttek a kulacsába azt remélve, hogy így a sivatagban nem fog sokáig létezni. A követ, amikor megkóstolta a számára ismeretlen, félig folyékony állagú italt ízletesnek találta, így született meg a joghurt. Dzsingisz kán lovasai hódításaik során mindenhol magukkal vitték a fehér italt és így az egész világon elterjesztették. Egy másik legenda szerint a 16. században élt I. Ferenc francia király állandó bélproblémákkal küszködött, melyet a török szultán egyik orvosának sikerült megoldania birkatejből készült joghurttal és így a joghurt igen népszerű ital lett (<http://www.cserpesjoghurt.hu/>, 2014).

A joghurt eredetének tudományos megközelítése is van, miszerint a 19. században a párizsi Pasteur Intézetben dolgozó Ilja Iljics Mecsnyikov indította el a joghurt világkörüli útját. Kiinduló tézise az volt, hogy a bélben található baktériumok következtében bomlásnak indult ételmaradékok által termelt anyagok megmérgezik az embert. Elkezdte kutatni, hogy a szülőhazájában élő bolgár hegyi pásztorok miért éltek olyan sokáig, és bebizonyította, hogy a joghurt rendszeres fogyasztása hasznos az emberi szervezet számára, mivel ezek a baktériumok megakadályozzák a „mérgező” anyagokat gyártó baktériumok szaporodását. Kitenyésztette a joghurtból a tej alvadását előidéző baktériumfajt és elnevezte bolgár tejbacilusnak, *Lactobacillus bulgaricus*-nak. Ezért a felfedezéséért 1908-ban Nobel-díjjal tüntették ki. 1919-ben Isaac Carasso, a Danone alapítója Mecsnyikov segítségével elkészítette saját fejlesztésű joghurtját Barcelonában, melyet először patikákban árultak (<http://www.danone.hu/>, 2014).

1.2. Savanyú tejkészítmények csoportosítása

A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/51-1 számú előírása alapján 10%-nál (m/m) kisebb zsírtartalom esetén savanyú tejelekről, legalább 10% (m/m) és azt meghaladó zsírtartalom esetén savanyú tejszínekről beszélünk.

Termofil tejsavbaktériumokkal savanyított tejkészítmények a hagyományos joghurt illetve a pro- és prebiotikus joghurt. Állományát tekintve megkülönböztetünk májas (natúr), habart és folyékony (ivó) állományút. A habart állományú lehet natúr illetve ízesített, ezen belül is ital, krémszerű, habosított és rétegzett joghurtról beszélhetünk.

Mezofil tejsavbaktériumokkal savanyított termékek az aludttej, a viili (nyúlós) és a dúsított aludttej (ymer), melynek van natúr és ízesített változata.

A tejsavbaktériumokkal és élesztők közreműködésével készül a kefir, a kumisz, az acidofilin, az acidofilusz-élesztős tej illetve a lappföldi (nyúlós) aludttej (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

1.3. A termékcsoporthoz gyártása

Dolgozatomban csupán irányelveket közlök, mivel a gyártók a paramétereket szabadon választhatják meg a gyártani kívánt termék típusától függően. A legfontosabb, hogy a fogyasztónak tetszenek az új termék érzékszervi tulajdonságai, illetve a termék gyártása minden szempontból biztonságos legyen.

1.3.1. A tej előkezelése

A joghurt- és kefirfélékre is érvényes, hogy a homogénezés az egyenletes, kiváló minőség elérésének egyik alapvető eszköze és azt ma hazánkban általánosan alkalmazzák is. Ugyancsak hasznos a hőntartásos pasztörözés, mivel ilyen módon növelhető a denaturált savófehérje aránya (optimum: 80-95%), ami csökkenti a savóeresztésre (szinerézisre) hajlamosságot és növeli a termék szilárdságát is.

A joghurtfélékhez kapcsolódóan elmondható, hogy az ízesített változatok készülhetnek gyümölcs, dzsem, szörp vagy aroma hozzáadásával és az ízesítőanyag a végtermék megjelenését, részben funkcióját is meghatározza. A gyümölccsel rétegzett joghurtkészítményekhez a gyümölcs-sűrítményt olyan speciális szerrel kell stabilizálni, ami zselírozó hatás kifejtése nélkül akadályozza a késztermékreteg összekeveredését (Szakály, 2001).

A habart joghurtoknál a habarást követően azonnal 10 °C alá kell hűteni a terméket a megfelelő állomány kialakításának és az eltarthatóság növelésének céljából (Balatoni, Ketting, 1981). Tapasztalatok szerint az utóhőkezelés, a stabilizátor mennyisége, a csírapusztulás határfoka, de különösen a végtermék stabil állománya miatt 4,5-4,3 pH között a legeredményesebb.

1.3.2. A tej tisztítása

A tejüzembe érkezett tejet feldolgozás előtt minden esetben tisztítani kell. A tisztítás célja a tejben lévő fizikai szennyeződések eltávolítása, illetve a tögyeredetű szomatikus sejtek és a baktériumok számának csökkentése. A tej tisztítható szűréssel, tisztítócentrifugálással, baktófogálással.

A tej szűrését az üzemekben a tej előtisztítására használják. Ez a módszer csak a látható, 0,05-0,1 mm-es szennyrészecskéket távolítja el. Minél kisebb pórusméretű a szűrő, annál kisebb szennyeződések tart vissza. Tapasztalatok szerint ugyanakkor minél sűrűbb

szűrőt alkalmaznak annál rosszabb a szűrés bakteriológiai hatásfoka, mivel a kiszűrt szenny a szűrőn szétázik, darabolódik, oldódik ezzel a tejben az oldott szenny és mikrobák száma nő (Merényi, Schneider, 1999).

A tisztítócentrifugálás a tejtisztítás hatékony módszere. A centrifugával a látható szennyrészecskéknél kisebb méretű szennyrészecskék, a pelyhes kicsapódások, a sejtes elemek egy része is eltávolítható a tejből. A tisztítócentrifuga működési elve, hogy a centrifugális erő hatására a tejnél nagyobb sűrűségű részecskék a dobiszapba távoznak. A mikroorganizmusok vegetatív formáinak sűrűsége hasonló a tejhez, a spórák és a tej sejtes elemei nagyobb sűrűségűek. A dobiszap a közel azonos sűrűség ellenére is sok vegetatív mikrobát tartalmaz. Ennek indoklása, hogy a baktériumok nagy része adhézióval kötődik a szennyrészecskékhez és így azokkal együtt a dobiszapba kerül. 1 g dobiszap 300-600 millió baktériumot tartalmaz. A tej szomatikus sejtszáma tisztítócentrifugálással 25-35%-kal csökkenhet.

A baktófogálás mikrobiológiai értelemben már inkább csírátlánításnak tekinthető, mint tisztításnak, mivel a művelet elvégző baktófogó a tejből nemcsak a fizikai szennyrészecskét és a hozzájuk tapadt mikrobákat távolítja el, hanem a szennyrészecskékhez nem kötött mikrobák 90%-át és ezen belül a spórák baktériumok 99%-át is. A baktófogálás és a pasztörözés együttes alkalmazásával nagyon jó hatásfokú csírátlánítást érhető el (Szakály, 2001).

1.3.3. A zsírtartalom beállítása

A frissfogyasztású termékek előkezelési műveletei közé tartozik a tej zsírbeállítása, a standardizálás. A zsírtartalom beállításának hazánkban még általánosan alkalmazott, hagyományos módja a szakaszos zsírbeállítás. Ennek alkalmazásakor a beállításra szánt köztes termékeket (főlözött tej, teljes tej illetve tejszín) megfelelő űrtartalmú tankba vezetik, meghatározzák a zsírtartalmakat, majd ennek ismeretében a kívánt zsírtartalomhoz szükséges arányban egy keverőtartályban összemérik és összekeverik az anyagokat. Ennek nagy előnye, hogy egyszerű és olcsó, viszont rengeteg hátránya is van. Elsődlegesen megfelelő kezelő tankokat igényel, amelyekben a hosszabb keverés után sem mindig érhető el a tejzsír egyenletes eloszlása. Pontatlanul mérhetők az összekeverésre szánt folyadékmennyiségek is. Ezek miatt többször kell a zsírtartalmat mérni, ami sok időt igényel és még így is előfordulhatnak nagyobb eltérések (0,05-0,5%), így nem felel meg a nagyüzemi munka- és üzemszervezés követelményeinek. A felsorolt hátrányok miatt többféle folytonos módszer

alakult ki. Ezek megoldási módjaik és színvonaluk szerint lehetnek kézi szabályozású, félautomata, vagy teljesen automatizált eljárások.

A kézi szabályozású berendezés a zsírbeállító szerelvénnel ellátott főlőzőgépből áll. A kívánt összetételű alapanyag beállításához ismerni kell a főlőzött tej és tejszín zsírtartalmát, a keverési arányt ennek alapján számolható ki. A főlőzőgépről lejövő sovány tej mennyisége (és általában zsírtartalma) konstans, amihez a kívánt mennyiségű tejszín gépi úton keverik, melynek áramlási mennyiségét kézi szabályozású fojtószeleppel állítják be. A pontosságot mennyiségmérővel ellenőrizzük.

A félautomata berendezések esetében csak az alapanyagok zsírtartalmát kell ismerni. Ezek értékeit, valamint a kívánt zsírtartalmat a vezérlőasztalon betáplálják. Ezt követően a berendezés automatikusan adagolja az alkotórészek arányát és elvégzi az összekeverésüket.

Az automata berendezéseknél a kívánt zsírtartalmat kell a vezérlőasztalon a készülékbe betáplálni. Az anyagok zsírtartalmát folyamatosan mérve, azaz a zsírtartalmak ingadozásától és áramlási viszonyaitól függetlenül a gép automatikusan végrehajtja a zsírbeállítást és keverést is. A keverési arány szabályozását a berendezés az egyes anyagok és a keverék zsírtartalmának folytonos mérése alapján végzi (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

A termék alapanyagait megfelelő arányban kell összekeverni, úgy hogy a tejzsírtartalma minimum 3,25%, zsírmentes-szárazanyagtartalma pedig 8,25% legyen, mely szabvány által van meghatározva. Ez alól kivételek a zsírtalan, illetve csökkentett zsírtartalmú termékek. Emellett stabilizátorokat (pl. zselatin), vagy édesítőszereket (pl. szacharóz, kukorica szirup) is adhatunk az alapanyaghoz, melyre akár a hőkezelés után is van lehetőség (Hui, 1992).

1.3.4. Homogénezés

A homogénezés az a technológiai művelet, amelynek során a tej, a tejszín „zsír a vízben” emulziójának diszperzitásfokát növeljük. Az optimális homogénezési nyomás alkalmazásával megszűnik a felfölöződés, a termék szilárdsága nő, csökken az alvadék savóeresztése és az oxidációs ízhibára való hajlam, a termék íze teltebb lesz, illetve simább állomány érhető el (Walstra, Wouters, Geurts, 2006). A művelettel a 3-4 μ m átlagos átmérőjű zsírgolyócskákat olyan mértékben aprózzuk fel, hogy átlagos átmérőjük általában 1 μ m körüli vagy az alatti legyen. Az aprózódás következtében a zsírgolyócskák száma ezerszeresére, összfelülete pedig 8-10-szeresére növekszik (Szakály, 2001). Az optimális homogénezési nyomás alkalmazásával megszűnik a felfölöződés, a termék szilárdsága nő, csökken az

alvadék savóeresztése és az oxidációs ízhibára való hajlam, a termék íze teltebb lesz, illetve simább állomány érhető el (Walstra, Wouters, Geurts, 2006). Az új stabilabb emulzió kialakulásának fontos feltétele, hogy a megnövekedett zsírgolyócska felülethez legyen elegendő membránanyag és felületaktív anyag. Mivel a tej nem tartalmazza elegendő mennyiségben a zsírgolyócskák eredeti membránanyagait, ezért a zsírgolyócskák savófehérjéket, illetve kazeint adszorbeálnak, ezzel kialakítva az új, vékonyabb burkot. Ha az aprítás és a zsírtartalom nagyobb egy meghatározott értéknél, előfordulhat, hogy a zsírgolyócskák közelében nincs elegendő membránanyag az önálló burok kialakításához, ilyenkor a zsírgolyócskák közös burkot alakítanak ki, tehát halmazok képződnek. A halmazok nem járulnak hozzá az emulzió stabilizálásához, ezért a homogénezés optimális paramétereit a termék jellegének megfelelően kell kialakítani (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

A homogénezési hőmérséklet általában 60-75 °C között mozog, a nyomás – az elérni kívánt hatástól és a terméktől függően – 40-300 bar között változhat. A homogénezett alapanyagban a homogénezés hatásának két alapvető jellemzője, a zsírgolyócskák átlagos átmérője (d-érték) és a halmazképződés mértéke (K-érték), melyek az MTKI által kidolgozott egyszerű üzemi módszerrel gyorsan megállapíthatók. A K-érték összefüggésben van a termék zsírtartalmával és a homogénezési nyomással, ugyanis bizonyos határ felett már nem egyedi zsírgolyócskák, hanem zsírgolyócska halmazok képződnek (Szakály, 2001).

1.3.5. Az alapanyag hőkezelése

A savanyú tej-és tejszínekészítmények hőkezelése során magasabb hőmérsékletet és hosszabb idejű hűntartás válik szükségessé, mivel a termék zsírtartalma legtöbbször magas, a beoltás előtt megkívánt mikrobiológiai „tisztaságot” biztosítani kell (a hőkezeltég egyszerűen ellenőrizhető peroxidáz próbával), ugyanakkor követelmény a savófehérjék nagyobb mértékű denaturációja is, mert ezzel az alvadék vízmegkötő-képessége megnő, azaz a termékben a savóeresztés mértéke csökken. A joghurt készítéséhez a 85-90 °C-on, 20-30 percig történő hűntartásos hőkezelés az optimális (Vahid, Kóbori, 2003). A hőmérséklet és a hűntartás felső határát úgy kell megválasztani, hogy mindezt barnulás és karamellizálódás nélkül érjük el. A hőkezelést a fenti követelményeknek megfelelően pl. 90-95 °C-on 5-10 perces hűntartással, vagy 105-108 °C-on 20 másodperces hűntartással végezhetjük el (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

1.4. A savanyú tejkészítmények gyártásának különleges műveletei

1.4.1. Beoltás

A beoltás általában *Lactobacillus delbruckii* subs. *bulgaricus*-t és *Streptococcus salivarius* subs. *thermophilus*-t tartalmazó joghurtkultúrákkal történik, amely mennyisége nemcsak termékenként, hanem az alkalmazott technológiától függően is változhat. A kész tömegkultúrában és a termékben is, a *S. thermophilus* és *L. bulgaricus* aránya 1:1-2:3 között mozog. Az arányeltolódás jellegtelen, vagy túl savanyú termékhez vezet, de ezt az oltó mennyiségének, az alvasztási hőmérsékletnek és időtartamának megfelelő változtatásával rendszerint meg lehet szüntetni (Spreer, 1995). A kultúra a termék alapanyagába bejuttatható szakaszosan és folyamatosan. Emellett történhet a beoltás tömegkultúrával is (a beoltani kívánt tej 2-5%-a). A legrégebbi megoldás, hogy tisztítás után a gőzzel csíráltatott kannákba fejtik a tömegkultúrát, majd a beoltani kívánt mennyiségben a tankban lévő alapanyaghoz öntik. Nagyobb termékmenyiség gyártásakor újabban azt a megoldás használatos, hogy csővezetékbe szivattyúval továbbítják a kultúrát a pasztörözött alapanyaghoz. A csővezetékben maradt kultúra a termék alapanyagának egy részével a tankba öblíthető. A magasabb műszaki színvonalú, automatizált üzemek módszere a folytonos kultúraadagolás, amikor a csővezetékben áramló alapanyaghoz valamilyen típusú térfogat-kiszorításos szivattyúval adagolják folyamatosan a kultúrát. Fontos a kultúra egyenletes eloszlása az alapanyagban, amit a tankokban a keverőszerkezet, folytonos adagoláskor pedig a beinjektálás utáni csővezeték szakaszba helyezett bekeverő-elem által előidézett turbulens áramoltatás biztosít. A beoltási hőmérséklet általában 1-2 °C-kal nagyobb a kultúrát alkotó mikrobák szaporodási optimumánál (Szakály, 2001). Napjainkban, a korszerű DVS (Direct Vat System) kultúrák alkalmazása nagyban megkönnyíti a beoltás műveletét, mivel ezek közvetlenül és egyszerűen a tankba fejtett tejbe való szórással is megbízhatóan használhatók.

1.4.2. Savanyítás (alvasztás)

A művelet történhet tankban illetve pohárban az elérni kívánt végtermék állományától függően. Poharas alvasztáskor a gyors (3-4 óra) alvadású termékek készítésének esetében fél óra alatt letölthető mennyiségű alapanyaghoz elegendő kultúra keveréket készítenek, vagyis az egyszerre beoltható alapanyag mennyisége függ az adagolókapacitásától. A poharas alvasztást termosztátokban végzik, amelyek lehetnek fűthetők vagy hűthetők is. Napjainkban már a fém termosztátokat felváltották a termosztát szobák (helyiségek). Ennek oka a nagyobb

termékmennyiségek gyártása, a kisebb fajlagos beruházási költség valamint a könnyebb gépi anyagmozgatás. Használatos még az üzem légterétől leválasztott fóliás érlelő helyiségek is, mivel savanyításkor követelmény az optimális kultúraszaporodási hőmérséklet pontos betartása. A tehéntej alvadása 4,6 pH-nál (kazein izoelektromos pontja), illetve 25-28 °SH-on következik be. Ha az alvadék tovább marad az alvasztási hőmérsékleten túlsavanyodhat és a savó kiválás megindulásához vezethet. Ennek elkerülésének érdekében az alvadékot minél gyorsabban 10 °C alá kell hűteni (Szakály, 2001).

1.4.3. Érlelés

Célja a végtermék jellegzetes állományának, ízének és aromájának elérése. Megalvasztás után a joghurtot 6-24 órán át 10 °C alatt érlelik, melynek hatására az alvadék fokozatos szilárdul és aromaanyagok képződnek (Vahid, Kóbori, 2003). A savanyú tej- és tejszínekészítmények jellemző szagát és ízét a gyártásukhoz felhasznált színtenyészetek által termelt aromaanyagok alakítják ki. Fűthető és hűthető termosztátok alkalmazásakor az alvasztás helyén érlelnek, melynek előnye, hogy nem kell mozgatni a terméket. Csak fűthető termosztátok esetén, a raklapon lévő rekeszeket közvetlenül alvasztás után a hűtőtárolóba szállítják, ami a meleg alvadék mozgatása miatt a végtermék állományának kisebb-nagyobb mértékű romlását (felületi alvadéktörés, savó kiválás) okozhatja. Poharas alvasztással és érleléssel kellően szilárd, májas állományú és fényes törésű, savó kiválásra nem hajlamos, jól szállítható, kellően szénsavas és jellegzetes ízű termékek állíthatók elő. Tankos alvasztással és pohárban érleléssel a zsírtartalomtól és a technológiától függően hígabban, vagy sűrűbben folyó, habart állományú termékeket készítenek. A módszert az ízesített és utóhőkezelt (ismételten pasztörözött), igény szerint a nem utóhőkezelt savanyú tej- és tejszínekészítmények gyártásakor alkalmazzák (Szakály, 2001).

1.4.4. Habarás

Tankos alvasztási módszer alkalmazásakor az alvasztás és érlelés közé a habarás művelete kerül, ami a végtermék állománya szempontjából a legkritikusabb művelet, mivel a habarással szemben támasztott követelmények a következők: az alvadék sima, csomómentes legyen, viszkozitása és szilárdsága a lehető legkisebb mértékben csökkenjen, és ne váljon savóeresztővé, ne savanyodjon túl a termék. E cél elérése érdekében 4,5-4,6 pH érték előtt meg kell kezdeni a habarást és be kell fejezni mielőtt a termék 4,4 pH érték alá csökken, majd az alvadékot minél gyorsabban 10 °C alá kell hűteni (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

A habarást minden esetben, egy tömegben, dupla falú, fűthető és hűthető tankokban végzik. A mai ismert habarási megoldások műszaki szempontból a hőközlés és a nyíróhatás módjában térnek el egymástól. A tankban habarás holland módszer, amelyben a hatékony hőátadás elősegítése céljából megnövelték a fűtő-hűtő felületet és a tankban változtatható fordulatszámú, speciális kiképzésű keverőszerkezet található. A simább, csomómentesebb, de elsősorban a nagyobb viszkozitású és a savóeresztéstől mentes állomány kialakulását az alapanyag stabilizálásával, szárazanyagtartalmának növelésével, a pasztörözés és a homogénezés optimális paramétereinek betartásával, és a beoltott alapanyag 5,5pH-ig való keverésével érhetjük el.

A másik alkalmazott módszer, amikor a berendezés nyíró erejével habarnak. Ez egy svéd eljárás, melynél dupla falú, változtatható fordulatszámú, nagylapátos keverővel ellátott alvasztó tankban csak az alvadék feltörését végzik el olyan mértékben, hogy azt tudják szivattyúzni. Ezután az alvadékok lemezes hőcserélőn gyorsan a kívánt hőmérsékletre hűtik, kiegyenlítő tankokba vezetik, majd szükség szerint folyamatos injektálással ízesítik. A csővezeték ezen részében elhelyezett bekeverő elemmel turbulens áramoltatással keverik és adagolják a terméket. Ez folyamatos üzemi eljárás, mivel az egy-egy alvasztó tankban lévő alvadékmennyiség az adagológép óránkénti teljesítményével szinkronban van.

Az előző két módszertől eltér a szabályozható nyíróerővel működtethető habaró elem. A nyíróerő kétféle módon érhető el. Az egyik a csővezetékbe helyezett megfelelő sűrűségű és számú szitalemezekkel, a másik az üzemi csaptelepbe épített rugós habaró betéttel. Az MTKI (Pécs) munkatársai mindkét megoldásra habaró elemet szerkesztettek. A habaró feltét alkalmazásakor az alvasztó tankban csak az alvadék feltörését végzik el szivattyúzhatóság mértékéig, majd azt a habaró feltéten átnyomják, csöves hőcserélő segítségével hűtik, és végül adagolják. Ezzel a módszerrel kiváló állományú végtermék állítható elő, mivel maradéktalanul kielégíthető a habarással szemben támasztott összes követelmény.

Hígan folyó, sima, folyékony állományú ivó joghurtok gyártása esetében a centrifugál szivattyúval és kisnyomáson elvégzett homogénezéssel (10-40 bar) kell habarni (Szakály, 2001). A joghurt italok a habart állományú joghurtok homogénezett változatai. A homogénezés alatt az alvadék részecskék mérete erősen csökken. Ha a homogénezés után a joghurt italt hőkezeljük, stabilizátort (pl. pektin) kell hozzáadagolni. A termék viszkozitását befolyásolja fehérje koncentráció változtatása vagy a sűrítőanyag hozzáadása (pl. guar gumi). A joghurt ital tulajdonságai függenek az alvadék és a habart joghurt tulajdonságaitól (Zoon, 2002).

1.4.5. Utóhőkezelés és melegen töltés

Mivel a legalapvetőbb élelmiszerek szerepét betöltő tejtermékek biológiai stabilitását tartósítószerrel növelni tilos, ezért általában valamennyi országban a hőkezeléses tartósítás valamelyik módszerét alkalmazzák. Célja a termék eltarthatósági idejének növelése és a gyártmányok biztonságosabb forgalmazása. Külön-külön is, de általában együttesen alkalmazzák.

Az utóhőkezelés a tejből, a tejszínből és a melléktermékből savanyítással előállított termékek hatékony tartósítási módszere, melyet melegen töltéssel együtt alkalmaznak. Az utóhőkezelést általában 68-75 °C közötti hőmérsékleten végzik. 68 °C alatt a csírapusztítás határfoka nem kielégítő, 75 °C felett viszont már érdemlegesen nem nő. Az utóhőkezelés előtt a kolloid rendszer felbomlásának megelőzése céljából 0,2-1% koncentrációban speciális hőállóságot fokozó stabilizálószerrel kell a termékhez adni. A szakszerűen végrehajtott utóhőkezeléssel és melegen töltéssel, majd az azt követő gyors hűtéssel a savanyú friss tejtermékek eltarthatósági ideje 10 °C alatti tárolás mellett 2-6 hétre növelhető, ugyanakkor az ilyen termékek nem élőflórások.

Melegen töltéskor a készterméket 65-70 °C között adagolják. Fontos, hogy a csomagológép kritikus részeinek (töltőfej, adagoló dugattyú) szerkezeti anyagai a nagy hőmérséklet hatására ne szenvedjenek olyan mértékű térfogatváltozást, amely biztonságos működését akadályozná, illetve a csomagolóanyag ne deformálódjon. A termékek fizikai szerkezetének, állományának védelme, az esetleges íz elváltozások megakadályozása és a csírapusztítás határfokának növelése céljából a terméket gyorsan 10 °C alá kell hűteni. Ennek érdekében hűtőalagutakat, vagy jeges esőztetési típusú hűtőket alkalmaznak, amelyek a 65-70 °C-os terméket 5-7 perc alatt 10 °C alá képesek hűteni.

1.4.6. Habosítás

A habosítást általában az ízesített joghurtok élvezeti értékének javítása céljából végzik. Régebben csak nagy zsírtartalmú (30%) tejszínt vertek habbá, de már lehetővé vált az alacsony zsírtartalmú (3-5%) ízesített joghurtokból is tartós habot készíteni a hűtő-habosító gépeknek és a speciális hab stabilizátoroknak köszönhetően.

Kolloidkémiailag szempontból a habosításnál a tejből, tejszínből, olyan diszperziót alakítanak ki, amelyben a legnagyobb részecskék a rendszerbe juttatott gázbuborékok. A gázbuborékok bejuttatása történhet mechanikai munkával (habverés), vagy nagynyomású gáz (levegő vagy N₂) adagolásával. A hab kialakulását és a szilárdságot elősegíti az alacsony

habosítási hőmérséklet, a kissé savanyú pH és a magas szárazanyag- illetve zsírtartalom. Habverésnél fontos, hogy a habképzést majdnem a maximális szilárdságnál kell abbahagyni, mivel a habszilárdság hirtelen csökken, ezzel ellentétben a léeresztés nő és így a hab összeesik. A nagynyomású gázzal történő habosítás biztonságosabb ebből a szempontból, mivel a hab akkor jön létre, amikor a folyadék-gáz keverék elhagyja a nagynyomású, de kisméretű keverőtartályt és hirtelen kilép a kisnyomású légterbe (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

1.5. Joghurt állománytulajdonságaira ható tényezők

Az állomány az élelmiszer összetett minőségi jellemzője, amely különböző fizikai tulajdonságok együttesének eredménye.

1.5.1. Alapanyag minősége

A joghurt állományát nagyban befolyásolja a felhasznált alapanyag összetétele, minősége. A tej legnagyobb része, 87,3%-a víz ezen kívül található benne fehérjék, zsírok és zsírszerű anyagok, tejcukor, ásványi anyagok, vitaminok és enzimek. A tejtermékek mennyiségét és összetételét alakító hatás a nyers tej zsír- és kazein tartalmával van szoros kapcsolatban.

A tejidegen gátlóanyag-tartalom is befolyásolhatja az állomány megfelelő kialakulását. Ezek a gátló anyagok nagyrészt a takarmányon lévő növényvédő- és gyomirtó szerek, a beteg állatok kezelésére használt gyógyszerek (antibiotikumok), a tejnyerés és kezelés során alkalmazott tisztító- és fertőtlenítő szerek illetve ezek maradványai közül kerülnek ki. A tejben jelen lévő gátlóanyagok még megengedett élelmezés-egészségügyi határértéke legfeljebb 0,0003 I.E. penicillin/cm³, ami a kimutathatósági határértéke. Mivel a fertőtlenítőszer nem mikroba specifikusak, ezért a károsak mellett elpusztítják a számunkra hasznos mikroorganizmusokat is. A gátlóanyagok feldolgozással kapcsolatos problémái is ott látványosak, ahol tejipari színtenyészeteket alkalmazunk, vagy az alvasztás valamilyen formájával állítjuk elő a terméket. Az egyes tejipari kultúrákat alkotó törzsek és azok variánsai, sőt fenotípusaik antibiotikum-érzékenysége igen eltérő. A tejbe bekerülhet annyi antibiotikum, hogy az már a tej savanyodását késleltetheti, így az alvadási időt meghosszabbíthatja, ami akadályozza a termelést. Előfordulhat az is, hogy az alvadás nem lesz teljes a gátlóanyag hatására, így a keletkező alvadék lágy, nem megfelelő állományú lesz, illetve hajlamos lesz a szinerézisre, zsír- és fehérjeveszteség következik be, ezáltal a savanyú

tej- és tejszínkészítmények fizikai/állományi tulajdonságai romlanak (Fenyvessy, Csanádi, 2012).

A transzglutamináz enzim is nagymértékben befolyásolja a végtermék érzékszervi-, és állománytulajdonságait. Az említett enzimmel kezelt jak tejből készült habart joghurt szilárd savanyú alvadékat eredményezett, melynek sűrűsége, kohezivitása, viszkozitása magasabb, illetve szájérzete pedig krémesebb volt a kezeletlen termékkel szemben. Másik pozitív tulajdonsága, hogy kevésbé érződött a terméken a jakra jellemző erős, kellemetlen szag (Zhang et al., 2012). Ugyanezzel az enzimmel kezelt kecsketejből készült labneh (közel-keleti, joghurt alapú krém) szintén szilárdabb, tömörebb állományt produkált, mint a kontroll minta (Aloğlu, de Öner 2013).

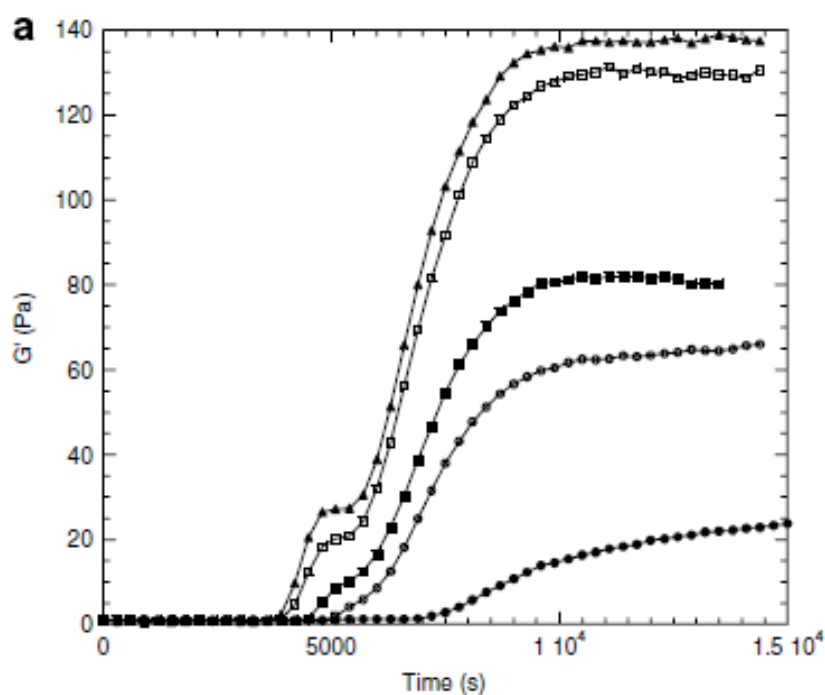
A következő kutatásban fehérjebontó, mikrobiális proteázzal és tisztított plazminnal kezelték a tejet. A mintákat a gyártás után 7 °C-on tárolták és az 1., a 8. és a 15 napokon vizsgálták. A proteáz enzim alkalmazásának következtében a savóeresztés nagyobb mértékű volt, illetve magasabb szilárdságú és viszkozitású terméket eredményezett a kezeletlen joghurttal szemben. Plazmin hatására szignifikánsan alacsonyabb szilárdságú és viszkozitású termék készült, és a 8. nap után alacsonyabb mértékű savóeresztés volt megfigyelhető. Abban az esetben, amikor mindkét proteázt alkalmazták, alacsonyabb lett a vízmegkötő-képessége és a fehérjék hidratációja, illetve a fermentáció gyorsabb volt a kontroll mintával összehasonlítva (Gassem Mustafa, Frank Joseph, 1991).

Az tejelő állatok egyik betegsége a tüdőgyulladás, amely hatással van a tej, illetve az ebből készülő tejtermékek minőségére, mivel növeli a tej szomatikus sejtszámát. Három különböző szomatikus sejtszámú juhtejből készült joghurtok tulajdonságainak vizsgálataiból kiderült, hogy a magas szomatikus sejtszám hatással van a joghurt pH-jára és laktóz tartalmára egyaránt. A joghurtok állománya nem volt megfelelő, illetve az érzékszervi vizsgálatok eredményei is azt mutatták, hogy a fogyasztók egyértelműen nem voltak megelégedve a termékkel (Vivar-Quintana, Beneitez De La Mano, Revilla, 2006). A különböző tehenektől származó, eltérő szomatikus sejtszámú tejből készült joghurtok vizsgálata során, a legmagasabb szomatikus sejtszámú alapanyagból készült termékben csökkent leginkább a teljes fehérje tartalom, illetve nőtt a laktóztartalom. Összegezve tehát a tej szomatikus sejtszáma hatással van a tejtermékek állomány-, és beltartalmi tulajdonságaira egyaránt (Forsbäck et al., 2011).

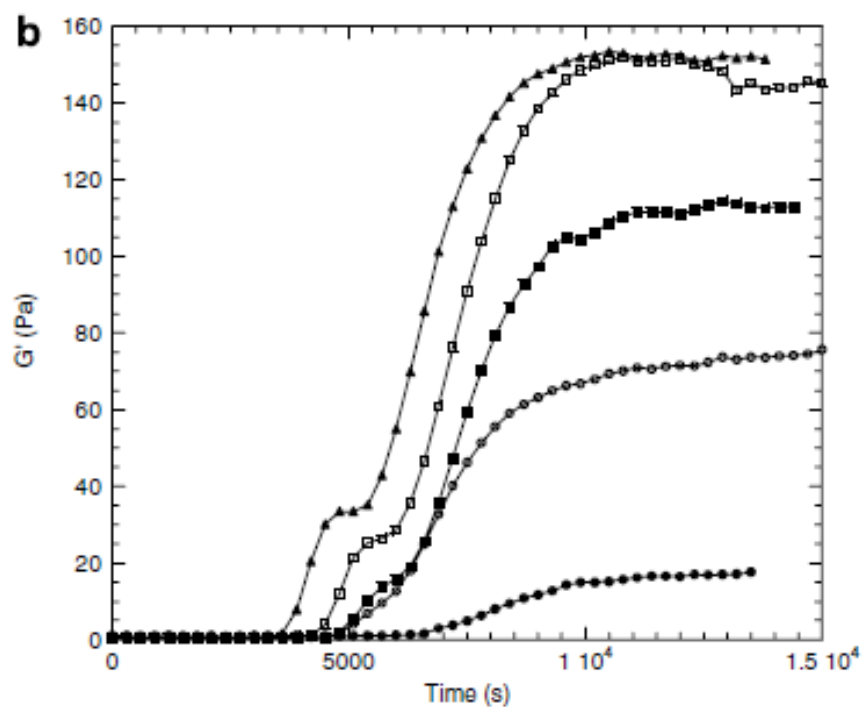
1.5.2. Hőkezelés, a fehérje és a tejsír

A hőkezelés hőmérséklete, hőtartási idejének optimális megválasztása fontos a joghurtok megfelelő szilárdságú állományának kialakítása érdekében. A homogénezés előtti hőkezelés intenzitása befolyással van a gél szerkezet megfelelő kialakulására, az alvadék szilárdságára. A tejsír mennyisége a termékben befolyásolja a termék színét, állományát és módosítja az alkalmazott berendezést, technológiát is (mivel a magasabb zsírtartalomhoz magasabb hőkezelési hőmérséklet párosul).

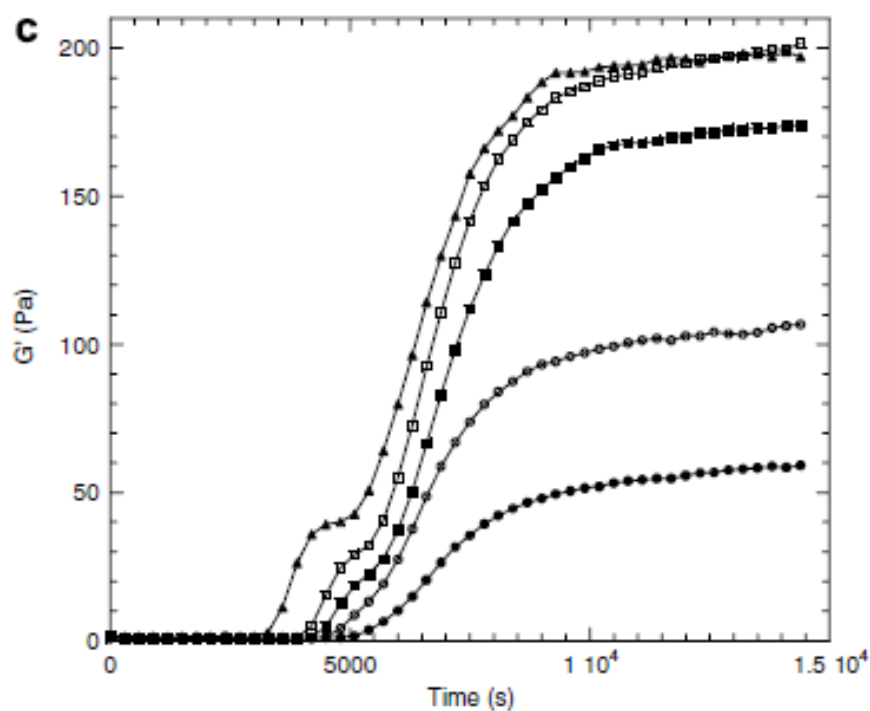
A következő grafikonokon különböző tejsírtartalmú (a: főlözött tej, b: 1,5%, c: 3,5%), különböző hőkezelési hőmérsékleten, egy percig kezelt alvadékok szilárdsága látható az idő függvényében (●: hőkezeletlen tej, ○: 80 °C, ■: 85 °C, □: 90 °C, ▲: 95 °C) (Xu et al., 2008).



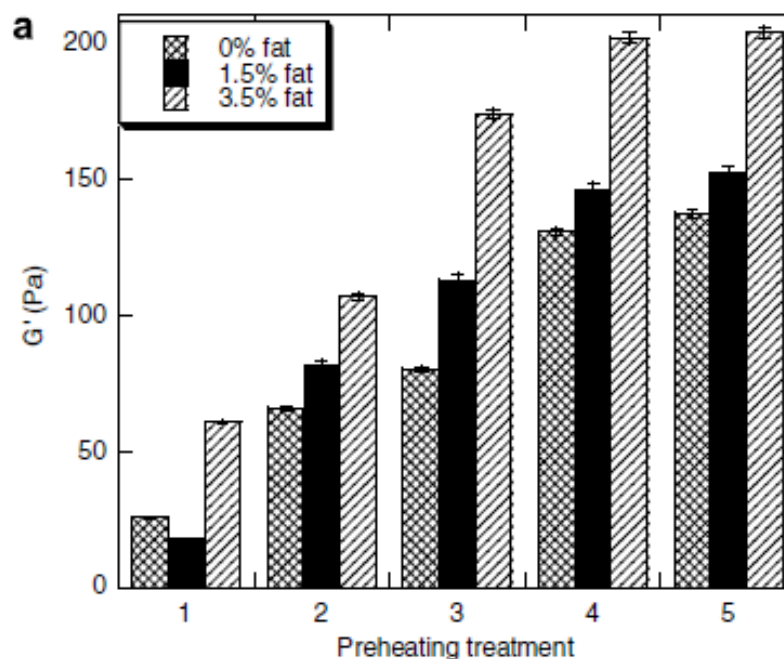
1. ábra Egy percig hőkezelt joghurt szilárdsága az alvadási idő függvényében főlözött tej esetén (●: hőkezeletlen, ○: 80 °C, ■: 85 °C, □: 90 °C, ▲: 95 °C)



2. ábra Egy percig hőkezelt joghurt szilárdsága az alvadási idő függvényében 1,5% zsírtartalmú tej esetén (●: hőkezeletlen, ○: 80 °C, ■: 85 °C, □: 90 °C, ▲: 95 °C)



3. ábra Egy percig hőkezelt joghurt szilárdsága az alvadási idő függvényében 3,5% zsírtartalmú tej esetén (●: hőkezeletlen, ○: 80 °C, ■: 85 °C, □: 90 °C, ▲: 95 °C)



4. ábra Egy percig hőkezelt joghurt szilárdsága a hőkezelési hőmérséklet függvényében (1: hőkezeletlen, 2: 80 °C, 3: 85 °C, 4: 90 °C, 5: 95 °C)

A grafikonok teljes mértékben azt igazolják (ezen intervallumokat figyelembe véve), hogy a zsírtartalommal közel egyenes arányban nő az alvadék szilárdsága is. Ugyanakkor a 0 illetve 1,5% zsírtartalmú, hőkezeletlen tej legmagasabb szilárdsági együtthatójának, több mint a duplája a 3,5% zsírtartalmú, ugyancsak hőkezeletlen tej együtthatója. Ezen kívül érdekes karakterisztikát mutatnak a grafikonok minden hőkezelt mintánál függetlenül a zsírtartalomtól. A görbék kezdeti szakaszán megfigyelhető egy kiugrás, mely egyre erőteljesebb a hőkezelés hőmérsékletének emelkedésével. A joghurt gélesedési folyamata bonyolultabb, mint ahogy gondolták, mivel három lépésben játszódik le. Az első és a harmadik szakaszban a zsírtartalom játszik szerepet, mivel a zsírtartalom növekedésével, nő az alvadék szilárdsága is. A másik fontos megfigyelés, hogy minél alacsonyabb hőfokon van kezelve és minél alacsonyabb a zsírtartalma az alapanyagnak, annál hosszabb alvasztási időre van szüksége a gélesedés kezdetéig. Ugyanakkor a 90 °C-on és a 95 °C-on hőkezelt tejeknek mind a szilárdságát, mind az alvasztási idejét tekintve a különbség már elenyésző. A gélesedési idő fordítottan arányos a zsírtartalommal függetlenül attól, hogy hőkezelve van-e az alapanyag (Xu et al., 2008).

Az alvadék keménysége hozzávetőleg köbösen arányos a kazein koncentrációval. A kazein tartalom változtatása észrevehető hatást eredményez. A tej elpárolgásával, tejpor

hozzáadásával és részleges ultraszűréssel nő az alvadék keménysége (Walstra, Wouters, Geurts, 2006).

Amikor a tejet hőkezeljük 70°C-on vagy magasabb hőmérsékleten a fő savó fehérjék, mint például a β -laktoglobulin denaturálódnak. Ez alatt a β -laktoglobulin kölcsönhatásba lép a κ -kazeinnel a kazein micella felületén (és más oldható κ -kazein molekulával, amely szétválasztódik a micellától magas hőmérsékleten), aminek eredményeképpen nő a joghurt szilárdsága és viszkozitása. Azok a denaturált savófehérjék, amelyek hozzátapadnak a kazein micellák felületéhez kritikus tényezők, felelősek a joghurt alvadék stabilitásáért. A 15 percig 80 °C-os hőkezeléskor szignifikánsan magasabb β -laktoglobulin denaturációja, mint az azonos ideig, 75 °C-on hőkezelt tej esetében. A hőkezelés alatt a savófehérjék denaturációjának mértéke hatással van az alvadék szilárdságára és viszkozitására is (Lee, Lucey, 2010).

1.5.3. Homogénezési nyomás

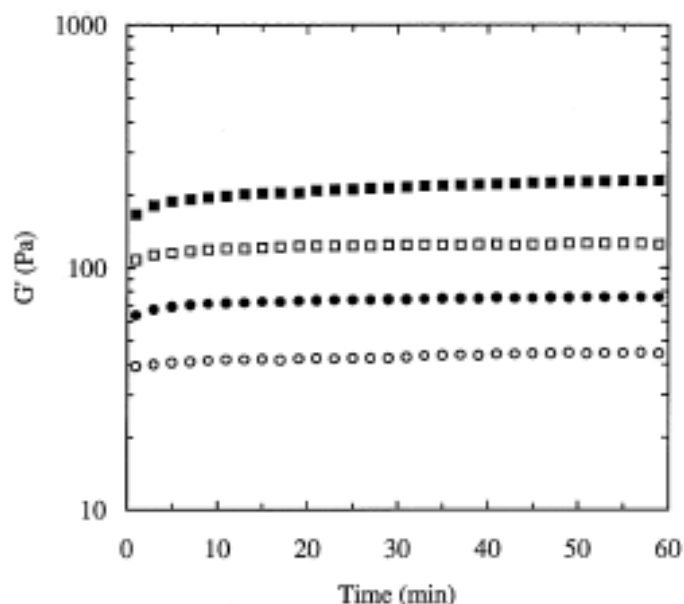
Homogénezés hatására az alvadék állománya szilárdul, simább lesz, a vízmegkötő-képessége javul, ezáltal a savóeresztés csökken. A kazein frakciók mennyiségét hatékonyan növeli. (Fölözött tej esetében nem okoz változást.) (Walstra, Wouters, Geurts, 2006). Nagy homogénezési nyomást alkalmazva a joghurt tulajdonságai nagyban különböznek a hagyományos homogénezéssel szemben fölözött tej és alacsony zsírtartalmú tej esetében. A 150 MPa nyomás alkalmazása károsan hat a zsírtalan joghurt minőségére, mivel növeli a savóeresztést, csökkenti a szilárdságát, kohezivitását és viszkozitását. Másrésről nincs szignifikáns különbség az állománytulajdonságaiban és vízmegkötő-képességében az alacsony (1,5%) zsírtartalmú, hagyományosan, illetve magas nyomáson homogénezett minták között, ugyanakkor egyenletesebb eloszlású, kisebb zsírgolyócskákat eredményezett az előbbi módszer, mint az utóbbi. A két technológiai műveletből származó minták mikroszerkezetét tekintve viszont szignifikáns a különbség, a magas nyomáson homogénezett joghurtban nagyobb gél részecskék láthatóak, több zsírgolyócska kapcsolódik fehérjékhez. Ebből a joghurt tulajdonságait vizsgálva az következik, hogy a homogénezési nyomás alvadéokra gyakorolt hatása függ a zsírtartalomtól is (Ciron et al., 2009).

1.5.4. Alvasztási hőmérséklet

Az alvasztási hőmérséklet a joghurt fizikai tulajdonságait és mikroszerkezetét befolyásolja. Magas inkubációs hőmérséklet hatására csökken az alvadás ideje és G' értéke (szilárdsági együttható) és 4,6 pH-nál nő a savóeresztés az alacsonyabb alvasztási

hőmérséklettel összehasonlítva. Ennek eredményeképpen gyengébb és savóeresztőbb lesz az alvadék. Alacsony alvasztási hőmérséklet hatására kazein részecskék között nő az érintkezési felület, amely hozzájárul az alvadék szilárdságának növekedéséhez. Magasabb viszkozitás figyelhető meg a habart állományú joghurtoknál, amely alvasztása alacsonyabb hőmérsékleten történt (40 °C alatt) összevetve a magasabb inkubációs hőmérsékletű alvadékával (40 °C felett). Az inkubációs hőmérséklet növelésével csökkennek az érzékszervi tulajdonságai a habart joghurtnak, mint például a szájérzete és a simasága.

Napjainkban egy újfajta két lépcsős inkubációs módszert javasolnak, amikor a hőmérsékletet közvetlenül a gélesedés végén megváltoztatják. A fermentáció kezdeti szakaszában magasabb alvasztási hőmérséklet használatát teszi lehetővé, mely elősegíti a kultúra gyors növekedését. Ezután szakaszosan csökkentik az inkubációs hőmérsékletet a lehető legjobb állománytulajdonságok elérésének érdekében (Lee, Lucey, 2010).



5. ábra A joghurt alvadék keménysége az érlelési idő függvényében
(○: 37 °C, ●: 40 °C, □: 43 °C, ■: 46 °C)

Az 5. ábra YC191 joghurtkultúrával beoltott habart joghurt keménység értékeit mutatja különböző alvasztási hőmérsékleteken. A mintákat 4,5 pH-ig alvasztották, majd ezt követően 2 napon keresztül 5 °C-on hűtve tárolták. A minták 25 °C-ra történő lehűléséhez 15-20 percre volt szükség az alvasztási hőmérséklettől függően, 5 °C-os hőmérsékletet pedig 60-70 perc alatt érték el. A grafikonról egyértelműen látszik, hogy a legmagasabb hőmérsékleten (46 °C-on) alvasztott joghurt volt a legkeményebb, és a keménységértékek az alvasztási hőmérséklet csökkenésével együtt csökkentek (Haque, Richardson, Morris, 2001).

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1. Vizsgálati anyagok

A kísérletekhez felhasznált nyers tej és tejszín a Sole – Mizo Zrt. szegedi üzeméből került beszerzésre. A felhasznált anyagokat frissen illetve maximum egy napos hűtőtárolás után használtam fel. Az alvasztáshoz CHR Hansen's F-DVS Yo Fast fagyasztva szárított joghurtkultúrát használtam.

2.2. Kísérleti terv

Első lépésként meghatároztuk a vizsgálni kívánt alapanyag paramétereit, a zsírtartalmát és az alkalmazott homogénezési nyomást. Végül öt zsírtartalmat (0%, 3,5%, 8%, 12% és 20%) határoztunk meg, melyeket 0, 40, 100 és 200 bar nyomáson homogéneztem. Ezután próbaméréseket végeztem a minták, illetve joghurtkultúra mennyiségének meghatározása céljából az elvégzendő vizsgálatok alapján, ami 5 liter alapanyag lett naponta, és literenként 0,1500 g kultúra. Egy nap, egy zsírtartalmú alapanyaggal dolgoztam az összes homogénezési nyomás alkalmazásával. Minden nyomásértékhez 7-szer 100 ml (mintatartó edényekbe, hat az állományvizsgálathoz és egy a pH ellenőrzésre), és 2-szer 75 ml (centrifuga csövekbe a savóeresztés meghatározásához) alapanyagra volt szükségem, a maradék pedig a homogénező áthordásához kellett.

2.2.1. A minták előállítása és mérése

A kapott tejből és tejszínből 5 liter meghatározott zsírtartalmú alapanyagot készítettem. A tejszín és tej zsírtartalma az üzem által meg volt határozva. A következő képlet segítségével számoltam ki az arányokat:

$$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = m_3 \cdot w_3, \text{ ahol}$$

m_1 és m_2 a kiindulási oldatok tömegei

w_1 és w_2 a kiindulási oldatok tömegszázalékai

m_3 a keletkező oldat tömege

w_3 a keletkező oldat tömegszázalékos összetétele.

Ha elkészült az alapanyag a tejet indukciós főzőlapon melegítve hőkezelttem folyamatos kevergetés és hőfokellenőrzés mellett, miközben a homogénező gépet kitisztítottam. Ha ez megtörtént 1 litert (0 bar) kimértem egy edénybe, a többi tejet pedig a homogénező gép betáp tartályába öntöttem, majd elkezdtem a homogénezést 1-1 literenként

40, 100 és 200 bar nyomást alkalmazva. A homogénező áthordása 300 ml, így minden paraméterváltoztatás után ennyi kifolyást kellett biztosítani mintavétel előtt. Ezután kimértem analitikai mérlegen körülbelül 0,1500 g-ot a joghurtkultúrából, majd egy kis főzőpohárba a nem homogénezett (körülbelül ekkorra hűlt le 45 °C-ra) tejből egy kis mennyiséget kivéve feloldottam a kultúrát, majd beoltottam a teljes mennyiséget (0 bar) vele. 7 darab mintatartó edénybe mértem körülbelül 100 ml-t, majd 45 °C-ra előmelegített termosztátba tettem őket. A savóeresztés mértékének meghatározására a maradék beoltott tejből 75-75 ml-t mértem két centrifugacsőbe és ezeket is behelyeztem a termosztátba. A másik három nyomáson kezelt tejet ugyanilyen módon készítettem el 45 perccel elcsúsztatva a beoltás idejét. Mivel kis mennyiségek, gyorsan lehűltek volna, ezért meleg vízfürdőben tartottam a beoltásig, melynek hőmérsékletét a beoltás előtt ellenőriztem. Az alvadás mechanizmusát pH mérővel folyamatosan ellenőriztem, majd amikor elérte a 4,6 pH-t hűtőbe helyeztem a mintákat, a centrifuga csöveket pedig laboratóriumi centrifugába tettem 5 percre 6500-as fordulatszámon. Ha végzett a centrifuga, leöntöttem a savót róla, majd visszamértem a centrifugacsöveket és kiszámoltam a savóeresztés százalékos arányát. Másnap a hűtőben lévő minták állományát mértem QTS állományvizsgáló készülékkel.

2.3. Alkalmazott berendezések és módszerek

2.3.1. Homogénezés

Mintáimat Gaulin Lab 60 típusú nyomás-homogenizátorral homogéneztem. Ez a berendezés egy két dugattyús és kétszelepes szivattyú, amelybe a homogénezendő folyadékot egy 5 literes betáp tartályból két váltva működő dugattyú a szűk nyílású nyomószelepeken át közös kivezető csőbe nyomja, miközben megtörténik a zsírgolyócskák felaprítása. A meleg folyadék illetve a nagy súrlódási erő miatt a dugattyúrudakat a hideg csapvíz ráfolytatásával hűtöttük. A homogénezési nyomást a szabályozócsavar segítségével állítottam be a különböző nyomásértékekre (40, 100, 200 bar).



6. ábra Gaulin Lab 60 nyomás-homogenizátor

2.3.2. Savóeresztés meghatározása MPW-350 laboratóriumi centrifuga segítségével

Az MPW-350 egy lengyel gyártmányú, univerzális asztali laboratóriumi centrifuga. Alkalmazható elegyek szétválasztására, szuszpenziók és testnedvek különböző sűrűségű elemeire bontására a centrifugális erő hatására. A számomra legoptimálisabb 11272 számú szögrotort használtam a berendezésben, melynek kapacitása 4x100 ml, maximum fordulatszáma 6800 1/min. Az általam használt paraméterek a következők: centrifugálás ideje: 5 perc; fordulatszáma: 6500 1/min.



7. ábra MPW-350 laboratóriumi centrifuga

2.3.3. Állománymérés

A minták állománytulajdonságait Stevens QTS25 állományvizsgáló készülékkel határoztam meg, mely a mért adatokat állomány profilanalizáló (TexturePro) szoftverrel értékeli ki. A műszeres állományvizsgálat egyszerűbb kivitelezésére olyan többcélú készülékeket fejlesztettek ki, melyekkel empirikus és imitációs vizsgálatokat egyaránt el lehet végezni. A nyomó vizsgálat azt az erőt méri, ami a mérőfejnek a mintába adott mélységre történő benyomásához szükséges. A nyomó vizsgálat jellemezhető a mérőfej alakjával valamint az állandó értéken tartott penetráció mélységével. A relatív alakváltozás sebessége állandó, ha a mérőfej az élelmiszerbe állandó sebességgel mozog (Bourne, 1982). Az állományvizsgáló a minták állományának összehasonlítására szolgál különböző tulajdonságokat mérve.



8. ábra Stevens QTS 25 Állományvizsgáló készülék

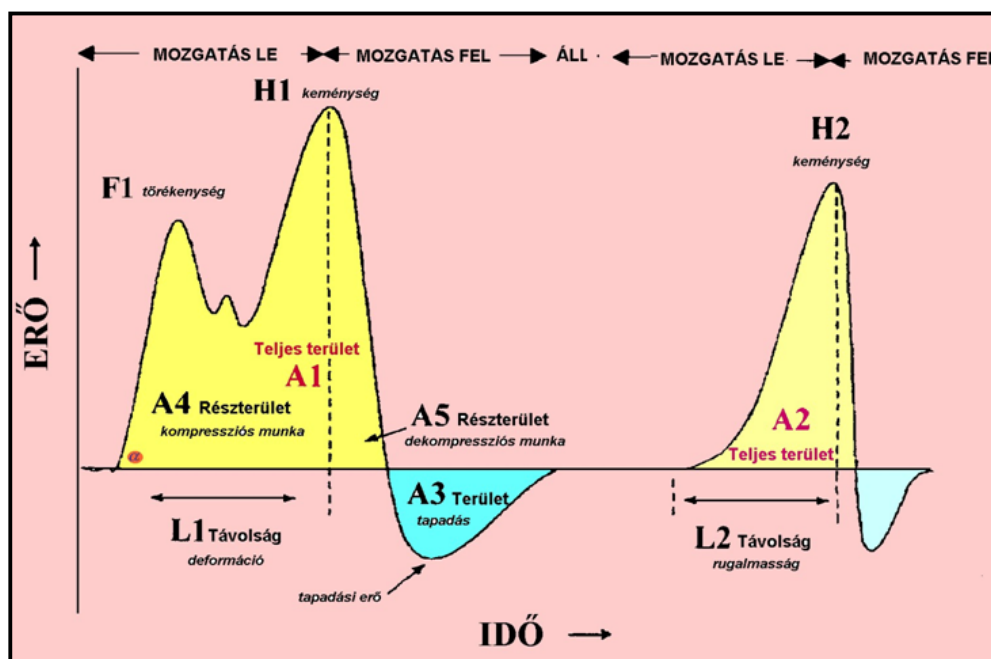
Vizsgálati körülmények

A kísérleti körülmények kiválasztásánál a mintának elégségesnek kell lennie, ahhoz hogy jól reprezentálja a terméket, ugyanakkor rendellenességeket nem tartalmazhat (Peleg, 1977). A vizsgálatokhoz saját készítésű joghurtokat használtam.

Alkalmazott paraméterek

Első lépés a megfelelő alumínium rúd és az ahhoz rögzíthető mérőfej kiválasztása. Próbatest: 12 mm átmérőjű műanyag henger; vizsgálat típusa: állomány profil analízis (TPA); a próbatest mozgásának sebessége: 30 mm/perc, behatolási mélysége: 4 mm; vizsgálat hőmérséklete: 8-10 °C. Mintánként az analízist kétszer végeztem el a mintafelület különböző részein.

A 6 mért állomány paraméterből 3 jellemzőt választottunk ki, melyek az alábbiak: keménység, tapadósság és kompressziós munka.



9. ábra Állománygörbe és paraméterei

Paraméterek értelmezése

Hardness (Keménység=H1): Maximális terhelhetőség az 1. ciklusban. Az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a terméket egy adott mértékig deformáljunk, tehát az az erő, amellyel a rágófogak kötött összenyomjuk, átharapjuk a metszőfoggal, összenyomjuk a nyelv és a szájpadrás között. (Más megközelítésben a kanál alvadékba nyomásához szükséges erő.). Mértékegysége: g

Apparent modulus (modulus): A törékenységhöz tartozó függvénygörbe szakasz meredeksége (20% és 80% között). Ha $F1=0$, akkor a keménység (H1) függvénygörbe meredeksége (szintén 20% és 80% közötti tartományban). Mértékegysége: g/s

Adhesiveness (tapadási munka=A3): A teljes negatív terület az 1. ciklusban. Érzékszervi megfelelő: Tapadósság. Az az erő, amely ahhoz szükséges, hogy a specifikus felületre (pl. szájszélre, szájpadrásra, fogakra) feltapadt anyagot eltávolítsuk. (Más megközelítésben a kanál teljes kihúzásához szükséges munka.). Egysége: gs

Adhesive force (adhéziós erő): Az a maximum negatív erő, amelyet a próbatest visszatérése okoz. (A minta rágása után a fogak szétválasztásához szükséges maximum erő.) Mértékegysége: g

Area cycle 1 (A1 terület): Az 1. ciklus teljes pozitív területe, munka jellegű mennyiség. Mértékegysége: gs

Hardness 1 work done (kompressziós munka): A mérőfej mintába való behatolásakor, a minta összenyomásához szükséges munka. Az a pozitív részterület, ami a keménységig tart a tipikus állománygörbén. Mértékegysége: gs

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELESLŐK

3.1. Az állomány értékelése

A Stevens QTS 25 állományvizsgálóval a termékben a próbatest penetrációja során bekövetkező változásokat mértem a mérőfej mozgása közben. A mérőfej mintába való behatolása során a mintából származó ellenállás következtében a mérőfejben feszültség indukálódik, ugyanakkor a mérőfej eredeti állapotba történő visszatérésekor fellépő erőhatásokból a termék tapadási tulajdonságaira következtethetünk.

A vizsgált és értékelte paraméterek kiválasztása

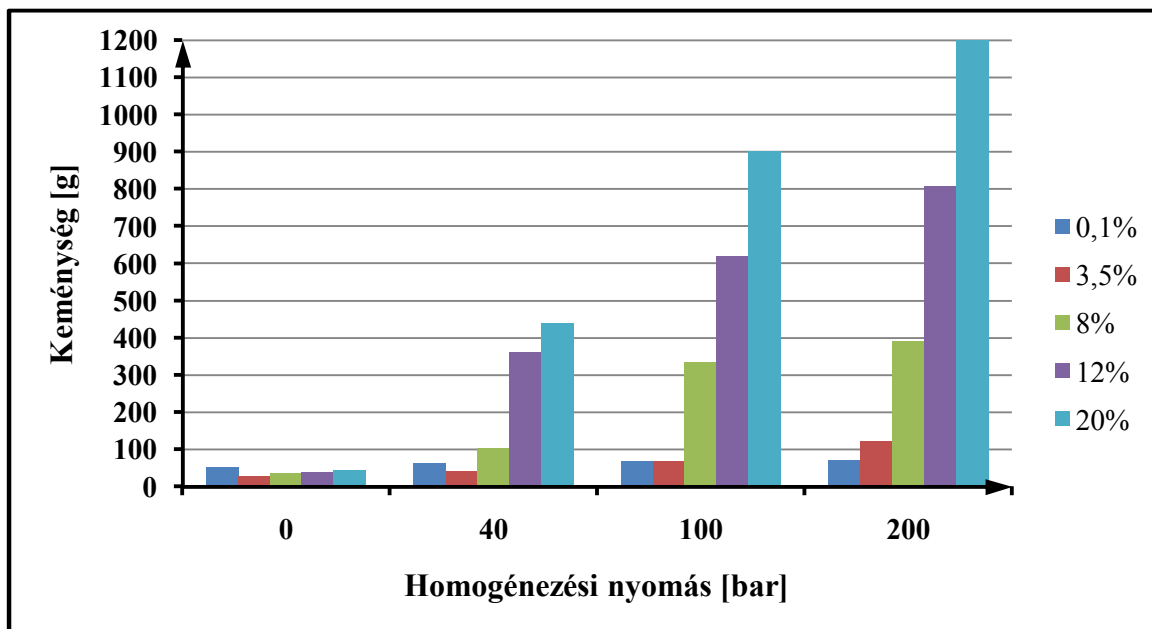
A mintáknál eredetileg 6 paramétert határoztunk meg, melyek a következők: keménység, modulus, tapadási munka, adhéziós erő, A1 terület és kompressziós munka. A kiválasztott három értékelhető paraméter átlagértékét, szórását és variációs koefficiensét kiszámoltam, mely a keménység, a tapadósság és a kompressziós munka volt.

3.1.1. A zsírtartalom és a homogénezési nyomás hatása a joghurt keménységére

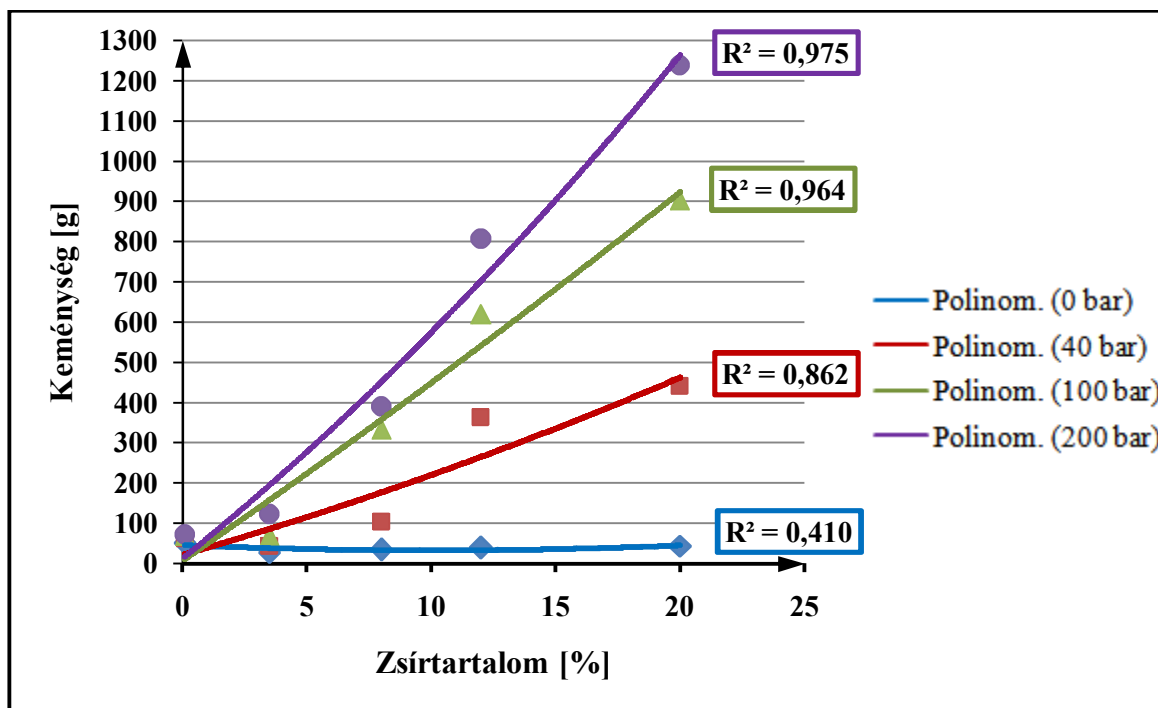
A várakozásnak megfelelően, a zsírtartalom és a homogénezési nyomás eltérései, lényeges hatást gyakoroltak a minták állománytulajdonságaira, így keménységére is. A legalacsonyabb keménységértéket a homogénezetlen minták mutatták, illetve a kisebb zsírtartalom is alacsonyabb keménységgel járt.

1. táblázat A mért keménység [g] átlagértékei a nyomás és a zsírtartalom alapján

Zsírtartalom [%]	Homogénezési nyomás [bar]			
	0	40	100	200
0,1	51,25	62,08	68,08	71,83
3,5	27,50	42,50	67,50	122,50
8	34,33	103,00	332,42	389,17
12	38,92	362,50	618,92	806,25
20	42,92	440,25	902,42	1238,17

**10. ábra** Keménység adatok a homogénezési nyomás függvényében

Az 10. és 11. ábra jól érzékelteti, hogy a különböző zsírtartalmú minták keménység értékei minden nyomásértéknél növekedő tendenciát mutatnak. A 0% zsírtartalmú minták keménység értékei ezen az arányosságon kívül esnek. A homogénezés hatását értékelve főlözött tej esetében csak kismértékben nő a keménysége a homogénezési nyomás növelésével.



11. ábra Keménység adatok a zsírtartalom függvényében

Ez az emelkedés a zsírtartalom növekedésével egyre inkább nő. 3,5% zsírtartalom esetében, a nem homogénezett minta keménységi értéke majdnem 5-szöröse a 200 bar nyomáson homogénezett minták keménység értékeinek. Ugyanezt a két nyomást tekintve, 8% zsírtartalomnál már több mint 10-szeres, 12% zsírtartalom esetében több mint 20-szoros, 20%-nál pedig már majdnem 30-szoros a keménység növekedése, mely egyértelműen látható az 1. táblázat adatai alapján. A zsírtartalom emelkedésével hasonlóan növekedő tendencia mutatkozik az eltérő nyomásokon bár kisebb mértékű. A főlözött tejből készült minták keménység értékei ezeken az arányosságokon kívül esnek, ugyanis a 0, 40 és 100 bar nyomáson homogénezett joghurtok keményebbnek bizonyultak a 3,5% zsírtartalmú, ugyanezek a nyomásokon kezelt mintáknál. Ez az eltérés valószínűleg a kiindulási alapanyag összetételéből eredhet.

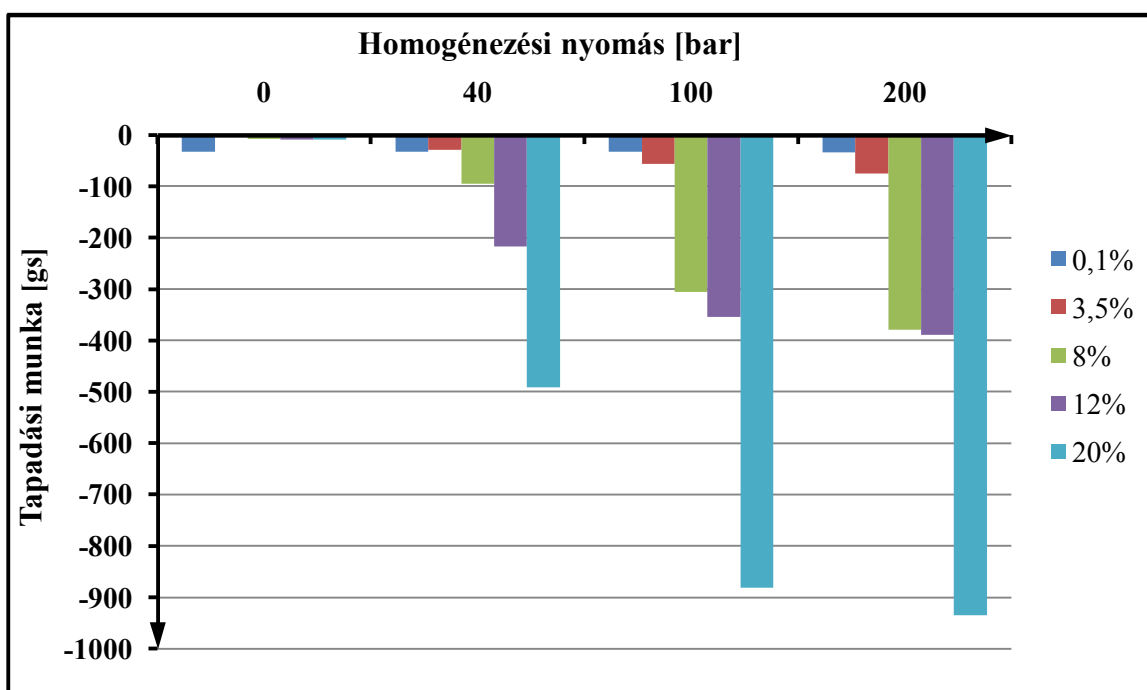
Az általam használt homogénezési nyomás intervallum legmagasabb értéke (200 bar) a még éppen nem túl magas homogénezési nyomásnak tekinthető, mivel a szakirodalmi közlések szerint a legoptimálisabb a zsírkiválás és a felfölzödés megszüntetésére, illetve a megfelelő állományi paraméterek eléréséhez a 180-200 bar (mely függ a homogénezendő alapanyag zsírtartalmától) savanyú tejkészítmények esetén. Ezen állítást mérési eredményeim csak részben támasztják alá, amit az is indokolhat, hogy a homogénezést csupán az egyik szelep használatával végeztük. Valószínű, hogy más kísérleti körülmények beállításával teljes mértékben igazolni lehetne ezt a megállapítást. A keménység értékeire illesztett trendvonal R^2

értéke másodfokú polinomiális trendvonal esetében mutatkozott a legnagyobb, azaz másodfokú egyenlettel, nagy biztonsággal lehet leírni az eltérő zsírtartalom és homogénezési nyomás által kiváltott keménységváltozást.

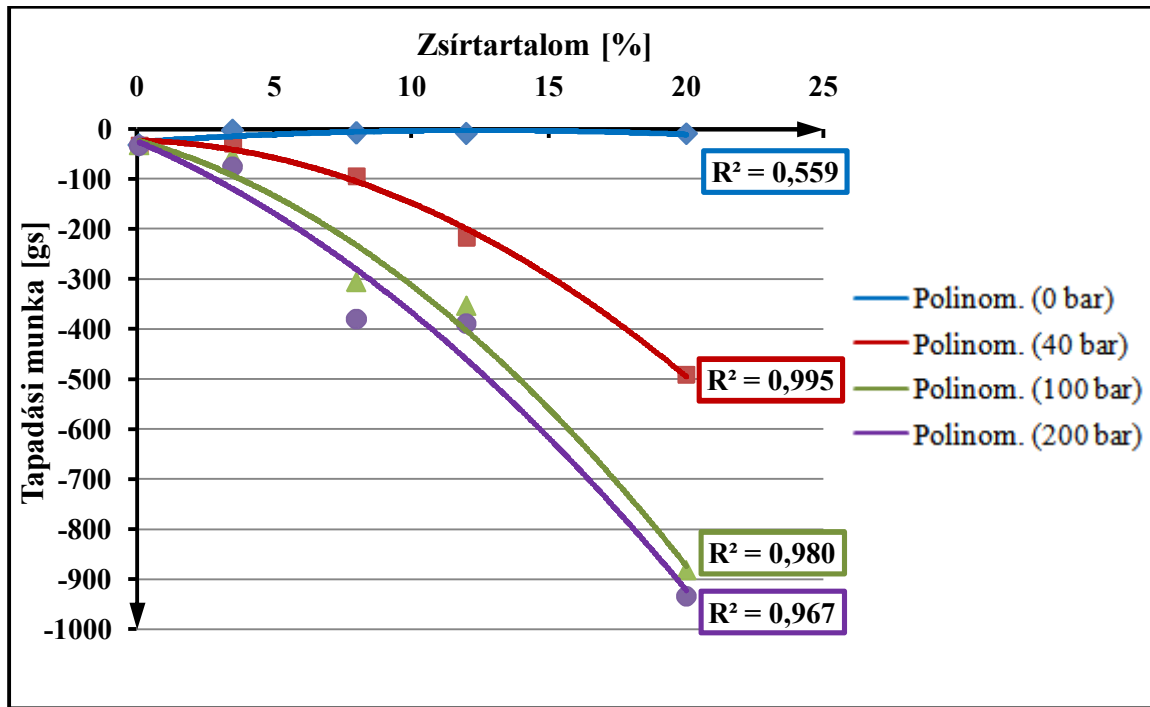
3.1.2. A zsírtartalom és a homogénezési nyomás hatása a joghurt tapadási munkájára

2. táblázat A mért tapadási munka [gs] átlagértékei a nyomás és a zsírtartalom alapján

Zsírtartalom [%]	Homogénezési nyomás [bar]			
	0	40	100	200
0,1	-31,91	-32,11	-32,66	-33,13
3,5	-2,53	-28,88	-55,82	-75,18
8	-7,52	-94,42	-306,03	-379,61
12	-8,73	-217,53	-353,64	-389,34
20	-9,34	-491,72	-881,54	-934,54



12. ábra Tapadási munka adatok a homogénezési nyomás függvényében



13. ábra Tapadási munka adatok a zsírtartalom függvényében

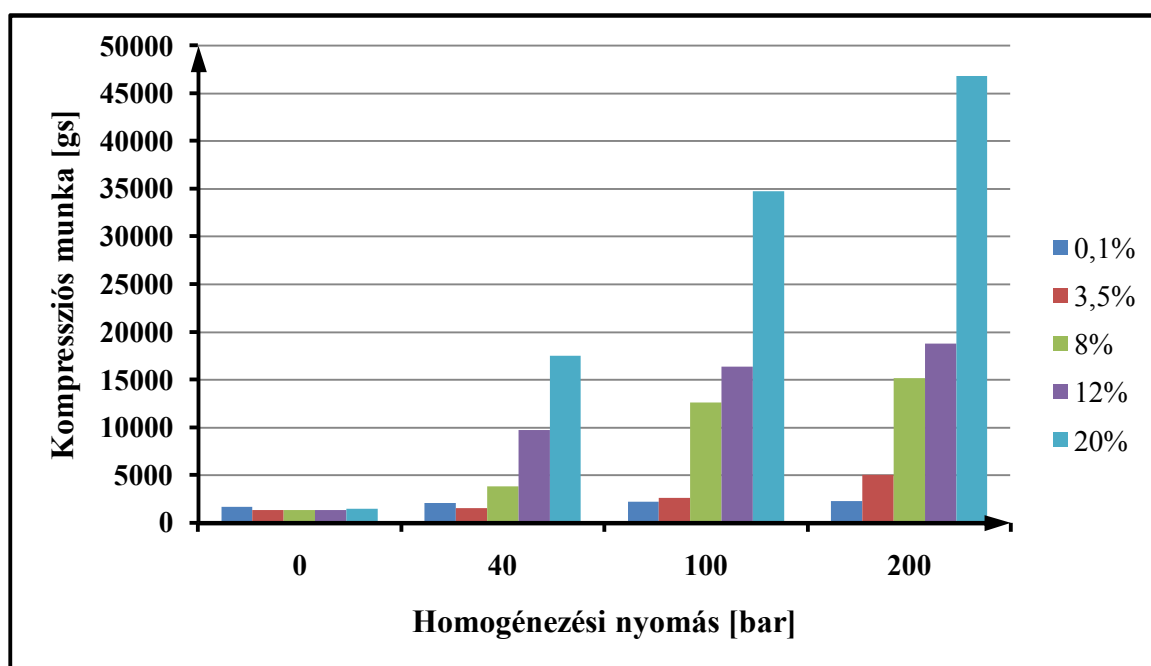
Az adatokból illetve a grafikonokról jól látszik, hogy a zsírtartalom és a homogénezési nyomás növelésével a tapadási munka csökken. A 2. táblázat adataiból jól látható, hogy a zsírtartalom növelésével, a nem homogénezett minták esetében csak kis mértékben csökken a tapadási munka, illetve a 0% zsírtartalmú joghurtok tapadássága között is elenyésző a különbség a homogénezési nyomás emelkedésével, ugyanakkor a többi zsírtartalomnál és nyomásnál jelentős a csökkenés. A főlözött tejből készült mintasorozat értékei abszolút nem mutatják a többi zsírtartalomhoz viszonyított csökkenő tendenciát a különböző homogénezési nyomásokon belül (hasonlóan a keménységhez). A 12. ábrán jól látszik, hogy a 0% és 3,5% illetve a 8% és 12% zsírtartalom tapadási munkája között a nyomás emelkedésével csökken a különbség, ugyanakkor a 20% zsírtartalmú minták minden nyomás értéknél kiemelkedően csökkenő tendenciát mutatnak a többi zsírtartalomhoz képest, azaz a zsírtartalom nagymértékben befolyásolja a tapadási munkát, amely egy bizonyos határ (10-12% közötti érték) felett már csak kismértékben változik. A 13. ábra jól mutatja, hogy a 100 illetve a 200 bar nyomáson homogénezett minták tapadássága között már csak kismértékű változás következett be a 40 bar nyomáson, illetve a nem homogénezett mintákhoz képest, tehát méréseim azt igazolják, hogy 100 bar és 200 bar között húzódik az a határ, amikor a homogénezési nyomás már nem eredményez jelentős csökkenést a tapadási munkát tekintve. A zsírtartalom és homogénezési nyomás korábban említett pontosabb határértékének

meghatározásához kisebb léptékű paraméterek alkalmazása válik szükségessé. A tapadási munka értékekre állított trendvonal R^2 értéke másodfokú polinomiális trendvonal esetében mutatkozott itt is a legnagyobb, ekkor volt a legpontosabb.

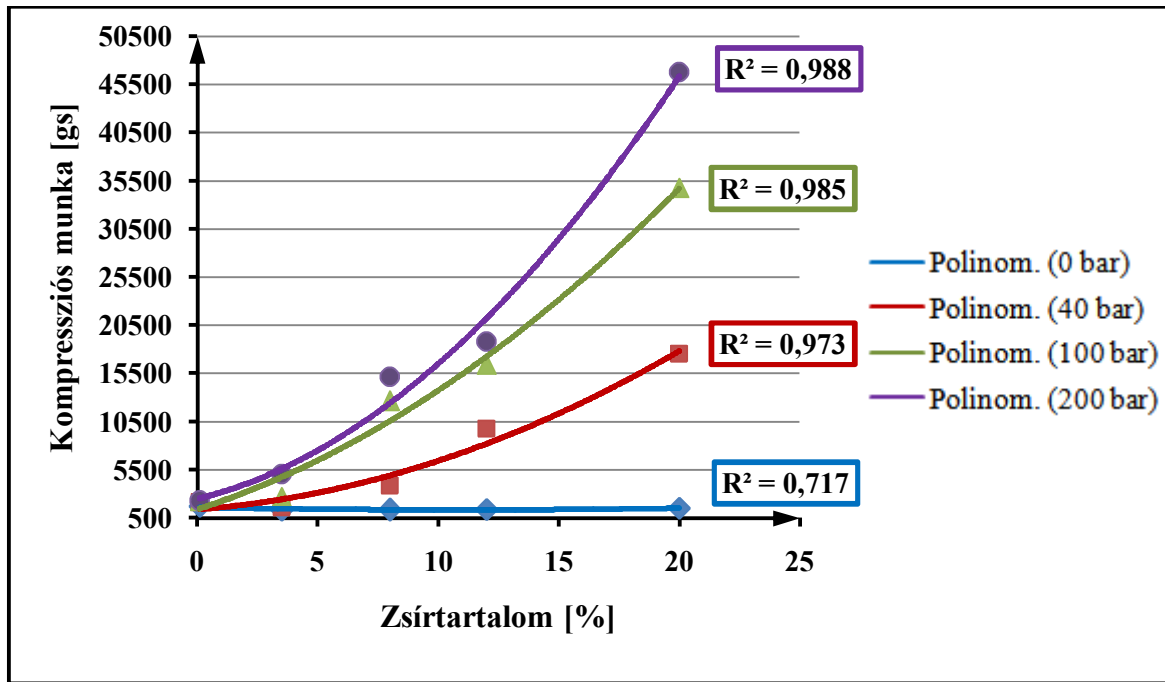
3.1.3. A zsírtartalom és a homogénezési nyomás hatása a joghurt kompressziós munkájára

3. táblázat A mért kompressziós munka [gs] átlagértékei a nyomás és a zsírtartalom alapján

Zsírtartalom [%]	Homogénezési nyomás [bar]			
	0	40	100	200
0,1	1690,28	2071,67	2240,11	2264,64
3,5	1320,72	1553,79	2622,07	5018,43
8	1339,64	3836,64	12628,49	15142,78
12	1369,35	9728,35	16362,41	18772,15
20	1500,42	17483,69	34733,21	46765,00



14. ábra Kompressziós munka adatok a homogénezési nyomás függvényében



15. ábra Kömpressziós munka adatok a zsírtartalom függvényében

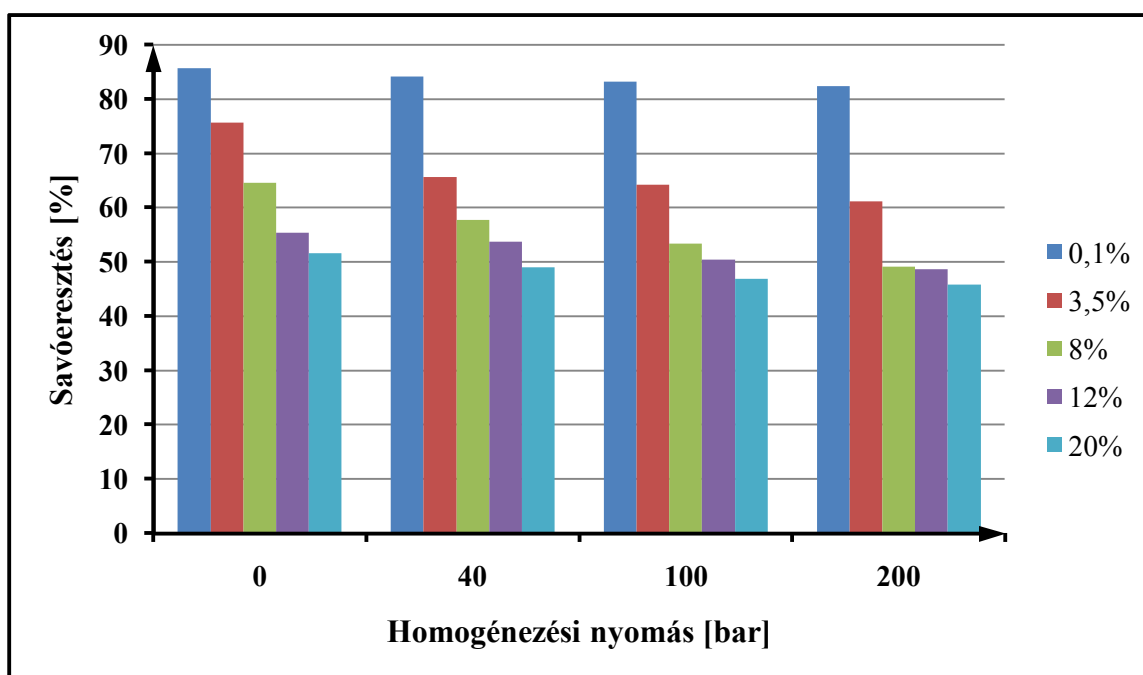
A kömpressziós munka hasonló arányosságot mutat, mint amit tapadási munkánál tapasztalunk. A 14. ábrán jól látható a zsírtartalom hatása ezen értékekre. A nem homogénezett joghurt minták esetében itt is csak kismértékű emelkedést eredményezett a zsírtartalom növelése. 40 bar homogénezési nyomásnál már jobban érezhető a zsírtartalom hatása, 100 bar illetve 200 bar nyomáson homogénezett 0% és 3,5% illetve 8% és 12% zsírtartalmú minták kömpressziós munka értékei között csak kisebb mértékű emelkedés figyelhető meg. A nagyobb változás a 20% zsírtartalmú minta esetében mutatkozott, ahol már körülbelül duplája a kömpressziós munka a 12% zsírtartalmú mintához képest a homogénezett minták esetében, tehát a zsírtartalom a fő felelős a kömpressziós munkanöveléséért, melyet a 14. ábra szemléltet a legjobban. A kömpressziós munka értékekre állított trendvonal R^2 értéke másodfokú polinomiális trendvonal esetében mutatkozott itt is a legnagyobb.

3.2. A savóeresztés értékelése

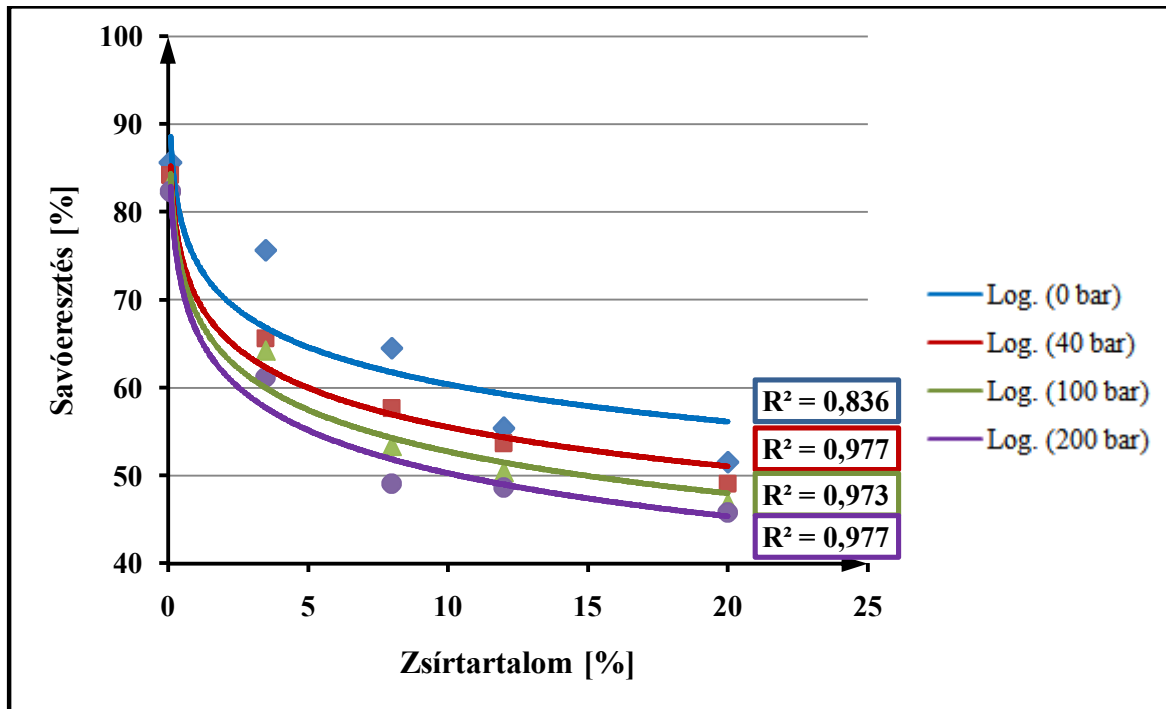
3.2.1. A homogénezési nyomás és a zsírtartalomhatása a savóeresztésre

4. táblázat A savóeresztés [%] átlagértékei a nyomás és a zsírtartalom alapján

Zsírtartalom [%]	Homogénezési nyomás [bar]			
	0	40	100	200
0,1	85,59	84,13	83,16	82,30
3,5	75,65	65,55	64,19	61,12
8	64,51	57,63	53,31	49,02
12	55,35	53,62	50,39	48,60
20	51,54	48,99	46,79	45,78



16. ábra Savóeresztés adatok a homogénezési nyomás függvényében

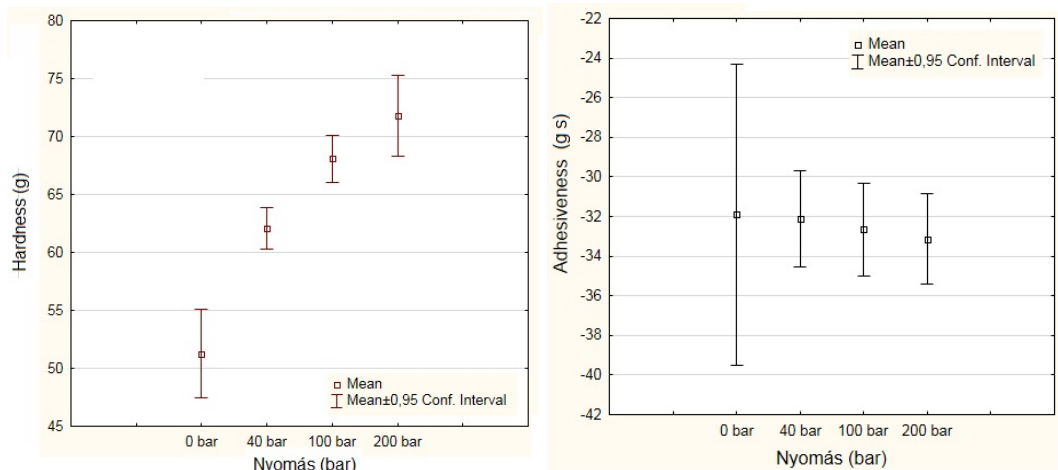


17. ábra Savóeresztés adatok a zsírtartalom függvényében

A savóeresztés mértéke főzőtt tej esetében közel azonos a különböző homogénezési nyomásokon, beleértve a nem homogénezett mintát is, mivel savóeresztés csökkenése a nyomás emelkedésével egészen minimális, ez a 16. ábrán illetve a táblázat adataiból látható leginkább. Itt keménységhez viszonyítva fordított arány tapasztalható, ugyanis főzőtt tej esetében volt kiemelkedően a legnagyobb a savóeresztés mértéke minden homogénezési nyomáson. Az irodalmi közléseket szintén alátámasztva, a 200 bar nyomáson homogénezett 20% zsírtartalmú minta savóeresztése volt a legkisebb, ugyanakkor feltehetően, ha növeltem volna még a homogénezési nyomást, a savóeresztés mértéke növekedő tendenciát mutatna, mivel körülbelül ez az a kritikus nyomásérték, amikor a zsírgolyócskák megnövekedett összfelületéhez még van elegendő membrán- illetve felületaktív anyag az új burok kialakításához, a zsírgolyócskák még nem képeznek nagyobb halmazokat, a savóeresztésre még előnyösen hat a homogénezés. A savóeresztés értékekre állított trendvonal R^2 értéke logaritmikus trendvonal esetében mutatkozott a legnagyobb, azaz a trendvonal becsült értékei ebben az esetben ezek a legközelebb a tényleges adatokhoz.

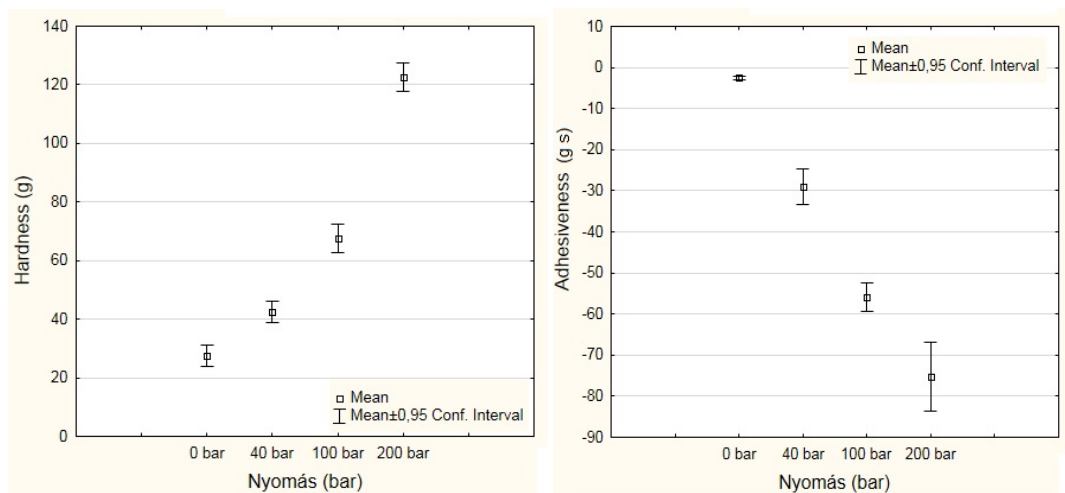
3.3. Adatok statisztikai értékelése

A különböző minták közötti különbségek, egyezőségek személtetésére a Statisztika for MS ver. 12 szoftverrel készített ábrákat mutatom be. Néhány esetben, a konfidencia intervallumok alapján nem egyértelmű az értékelés, ezekhez a grafikonokhoz kiegészítésként a szignifikancia-vizsgálat táblázatait is bemutatom.

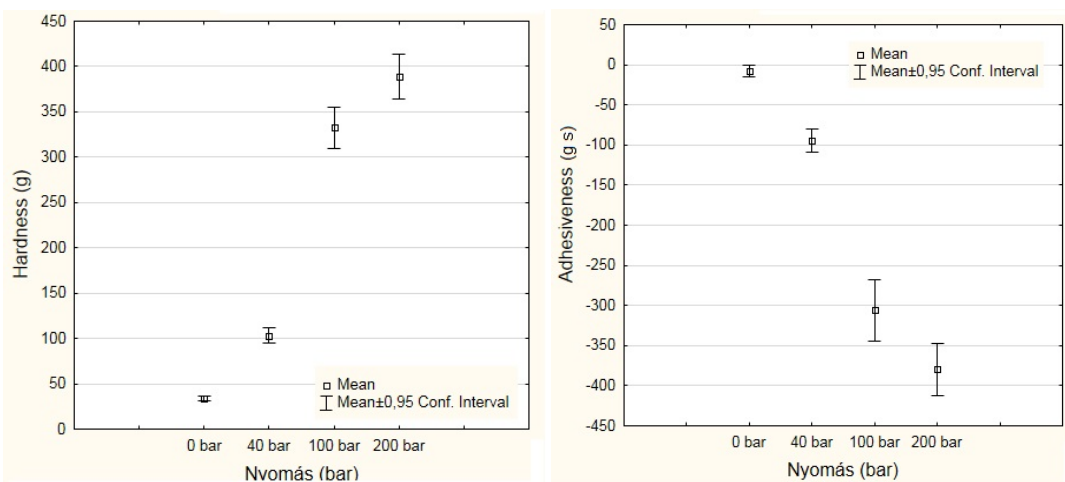


18. ábra 0% zsírtartalmú alvadék keménységének/tapadási munkájának nyomás szerinti statisztikája

Ennél a mintánál meglepő volt számomra, hogy tapadási munka értékei nem különböztek egymástól, azaz a homogénezési nyomás erre a tulajdonságra nem fejt ki számottevő hatást. Ez azt is jelzi, hogy ebben a tulajdonságban a zsírtartalomnak meghatározó szerepe lehet (van). Ugyanakkor azt is bizonyítottam, hogy a homogénezés a fehérjékre, ebből következően az alvadásra, az alvadéokra is hatást gyakorol. Ez tehát egy olyan technológiai művelet, amelynek konkrét hatásai komplex módon jelentkeznek, ami alátámasztja az ilyen vizsgálatok szükségességét.



19. ábra 3,5% zsírtartalmú alvadék keménységének/tapadási munkájának nyomás szerinti statisztikája



20. ábra 8% zsírtartalmú alvadék keménységének/tapadási munkájának nyomás szerinti statisztikája

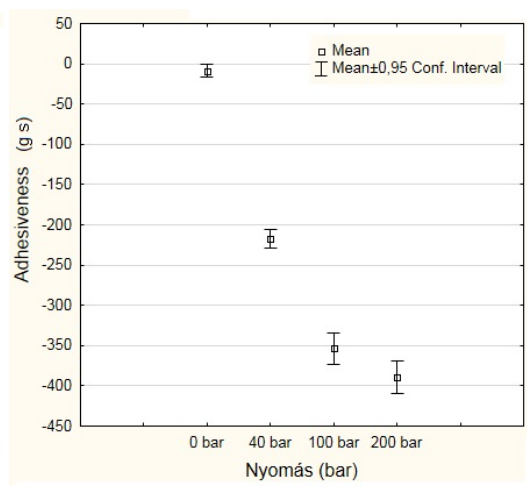
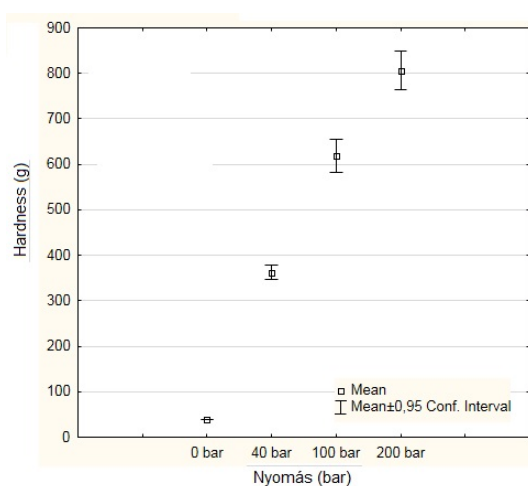
A 18. ábrán egyértelműen látszik, hogy a 0% zsírtartalmú savanyú alvadék tapadási munkáját a homogénezési nyomás nem befolyásolta szignifikánsan, azaz nem függ a homogénezési nyomástól. A keménységet tekintve ez már nem mondható el, mivel szignifikáns különbség van a 0, 40 és 100 bar nyomás között, ugyanakkor a 100 illetve 200 bar nyomáson homogénezett minták között már nincs szignifikáns különbség.

5. táblázat A 8% zsírtartalmú, 100 illetve 200 bar nyomáson homogénezett minták keménység értékei közötti szignifikancia-vizsgálat

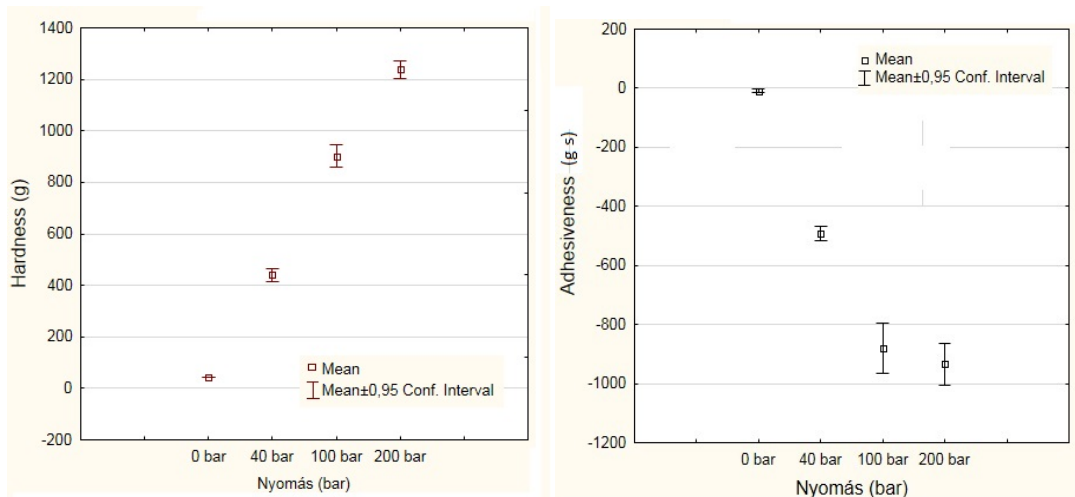
Variable	Keménység, 8 % zsírtartalom									
	p <0,05000									
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%
100 bar	332,4167	35,7350								
200 bar	389,1667	39,2215	12	-56,750	58,4420	-3,3638	11	0,00632	19,6177	93,8823

6. táblázat A 8% zsírtartalmú, 100 illetve 200 bar nyomáson homogénezett minták tapadási munka értékei közötti szignifikancia-vizsgálat

Variable	Tapadósság, 8 % zsírtartalom									
	p <0,05000									
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%
100 bar	-306,025	60,4909								
200 bar	-379,606	50,8447	12	73,581	91,09551	2,7981	11	0,017334	-131,461	-15,702



21. ábra 12% zsírtartalmú alvadék keménységének/tapadási munkájának nyomás szerinti statisztikája



22. ábra 20% zsírtartalmú alvadék keménységének/tapadási munkájának nyomás szerinti statisztikája

A többi zsírtartalomnál szignifikáns a különbsége a keménységnek a választott nyomásnövekedések esetében. A különböző zsírtartalmak tapadási munkája között a homogénezési nyomás növelésével egyre inkább csökken a különbség, azaz a 8% zsírtartalmú, 100 és 200 bar nyomású alvadék tapadási munkája már majdnem nem mutat különbséget. 12% zsírtartalomnál ugyanezeket a nyomásértékeket elemezve már nem is különbözik szignifikánsan. Következésképpen van egy olyan zsírtartalom érték, ami már nem okoz változást a homogénezési nyomást 100 bar fölé emelve a tapadási munkában. Az én adataim alapján ez a zsírtartalom 10-12% közé tehető.

A műszeres állománymérés adatait párhuzamba állítva a savóeresztés eredményeivel, lehet optimalni a termék állományát a kívánt állománytulajdonságok elérésének céljából.

3.4. Érzékszervi vizsgálat

Bármilyen tudományos alapon, vagy módszerrel közelítjük meg az élelmiszerek készítését, az élelmiszerek minőségének meghatározó része, sőt döntő jelentőségű szempontja az élvezeti érték, amelyet az egyes érzékszervi tulajdonságok és azok harmóniája biztosít (Molnár, 1981). Ezért én is elvégeztem egy előzetes értékelést.

Az érzékszervi minősítés alapjául a boltokban kapható natúr joghurt szolgált. Az értékelt szempontok a külső, az állomány, a szag illetve az íz volt. A minták az érlelés után közvetlenül lettek értékelve pár, nem hivatalos bíráló által. A külsőt tekintve a zsírtalan joghurt kivételével, mindegyik minta a termék jellegének megfelelő színűnek bizonyult. A különbség abból adódott, hogy a zsírtalan joghurt tetején vékony savóréteg mutatkozott, ami

egy fogyasztónak hátrányt jelenthet a termékkel kapcsolatban (igaz, ezt a technológia optimalásával meg lehet szüntetni). A savóeresztés valószínűleg a zsírtartalom és az alkalmazott homogénezési nyomások optimális viszonyának hiányában alakulhatott ki. Az állomány tekintetében a 8% zsírtartalmú, 200 bar nyomáson homogénezett joghurt minták feleltek meg leginkább a joghurttal szemben támasztott fogyasztói követelményeknek, de több kóstoló szerint a 100 bar nyomáson homogénezett minta is szinte azonos minőségű volt. Ezek a minták megfelelően szilárdak voltak, szerkezetük egységes, alvadékrög-, csomómentes volt, és sima állományukkal érdemelték ki a kiváló minősítést. A 8%-nál magasabb zsírtartalmú homogénezett minták már inkább a tejföl állományához hasonlítottak, az általam készített 20% zsírtartalmú joghurtok már szilárdabbnak tündek a bolti tejfölnél is, kissé túl kemények voltak. Az összes termék szagát és ízét tekintve az alkalmazott joghurtkultúrának köszönhetően kellemesen savanykás, a termék jellegének megfelelő volt. Minden szempontot összevetve a 8% zsírtartalmú, 200 bar nyomáson homogénezett minta bizonyult a legkedveltebbnek.

A jövőben, szélesebb körben célszerű elvégezni az érzékszervi vizsgálatot, annak érdekében, hogy a fogyasztók által a termékben jónak talált zsírtartalomra, homogénezési nyomásra legyen bővebb információ, illetve hogy lehessen tudni, hogy milyen állománytulajdonságok felelnek meg a fogyasztónak egy natúr joghurt esetében. Az részletesebb érzékszervi vizsgálat eredményeit párhuzamba állítva a joghurt mért állománytulajdonságaira felállított trendekkel, optimalni lehet a jövőben termék állományát a fogyasztói igényeknek megfelelően.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban a homogénezési nyomás illetve a zsírtartalom befolyásoló hatását vizsgáltam a joghurt érzékszervi-, elsősorban állomány tulajdonságaira, nevezetesen a keménységére, tapadosságára valamint a savóeresztésére. Munkám során különböző homogénezési nyomáson (0 bar, 40 bar; 100 bar, 200 bar), eltérő zsírtartalmú (0%, 3,5%, 8%, 12%, 20%) alapanyagokból készítettem joghurtot CHR Hansen's F-DVS Yo Fast fagyasztva szárított joghurtkultúrát alkalmazva. A minták elkészítéséhez használt kulcsfontosságú berendezés egy Gaulin Lab 60 típusú nyomás-homogenizátor volt, míg az állományvizsgálat során MPW-350 laboratóriumi centrifugát és Stevens QTS 25 állományvizsgáló készüléket használtam.

A QTS 25 állományvizsgáló készülékkel végzett állományvizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy szignifikáns és számszerűen is jelentős különbség van a különböző nyomáson homogénezett, eltérő zsírtartalomra beállított minták keménységét tekintve. A magasabb zsírtartalmú alvadék sokkal keményebb állományt produkált, a homogénezési nyomás szerinti vizsgálatok pedig kimutatták, hogy a magasabb nyomáson homogénezett joghurt minták állomány szempontjából keményebbnek bizonyultak az alacsonyabb nyomáson illetve a nem homogénezett mintáknál. A keménységben megmutatkozó különbségek befolyásolják a fogyasztók elégedettségét. A tapadási munkát tekintve a nyomás és zsírtartalom növekedésével egyre inkább csökken a különbség, azaz a 8% zsírtartalmú, 100 és 200 bar nyomású alvadék tapadási munkája között már csak egészen elenyésző. Ugyanezek a nyomás értékeken 12% zsírtartalomnál már nem is különböznek szignifikánsan. Következésképpen van egy olyan zsírtartalom érték, amikor a homogénezési nyomást 100 bar fölé emelve a tapadási munkában már nem okoz változást. Eredményeim alapján ez a zsírtartalom 10-12% közé tehető. A keménység, a tapadosság és a kompressziós munka értékeire illesztett trendvonal R^2 értéke másodfokú polinomiális trendvonal esetében mutatkozott a legnagyobb, azaz másodfokú egyenlettel lehet legpontosabb leírni az eltérő zsírtartalom és homogénezési nyomás által kiváltott változást.

A savóeresztés mértéke főlözött tejből készült joghurt esetében csak kismértékű csökkenést okozott a nyomás növelésének következtében. A többi, különböző zsírtartalmú, homogénezett minták esetében már nagyobb fokú csökkenést eredményezett a homogénezési nyomás illetve a zsírtartalom növelése a savóeresztés tekintetében. A savóeresztés értékekre illesztett trendvonal R^2 értéke logaritmikus trendvonal esetében mutatkozott a legnagyobb, azaz a változás valószínűleg egy logaritmikus egyenlettel írható le.

Az előzetes érzékszervi bírálat alapján, amelyben csupán a mintákkal találkozó néhány személy véleménye ölt testet, a vizsgált minták közül a 8% zsírtartalmú 100 illetve 200 bar nyomáson homogénezett minták feleltek meg leginkább a joghurttal szemben támasztott követelményeknek, vagy másként fogalmazva, a fogyasztói elvárásoknak. Természetesen a továbbiakban részletesebb, nagyszámú bírálatot kell elvégezni a korrekt követelmények megfogalmazásához. Az előzetes érzékszervi tulajdonságokban megmutatkozó különbségek alapján javasolható a fenti két nyomásérték közötti további finomítás vizsgálata, valamint az említett zsírtartalom használatának további értékelése. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a tejzsír jelentősen javítja a tejtermékek ízét (és mint bizonyítottam, szerkezetét) de a 8% zsírtartalom magasnak tekinthető, különösen a napjainkban érvényes táplálkozási ajánlásokban.

Összességében megállapítható, hogy a natúr joghurt gyártásakor alkalmazott technológiai paraméterek (homogénezési nyomás és zsírtartalom) változtatása nagyban befolyásolja a joghurt érzékszervi-, és állománytulajdonságait, illetve a savóeresztés mértékét is. Eredményeimet a jövőben célszerű még több kísérlettel finomítani illetve még minimum egy nagyobb homogénezési nyomásérték beállítását javaslom a szakirodalmi közlések maradéktalan alátámasztásának érdekében. Ugyancsak meg kell vizsgálni, hogy a kétfokozatú homogénezésnek pontosan milyen hatásai vannak. A munka fontos eredménye, hogy a változások trendje nagy pontossággal volt megállapítható, ami a későbbiekben a gyártmányfejlesztésben felhasználható. Így tehát a műszeres állománymérés eredményeit összefésülve a savóeresztés eredményeivel, optimálni lehet a termék állományát a kívánt állománytulajdonságok elérésének céljából.

IRODALOMJEGYZÉK

- Aloğlu H. Ş., de Öner Z. (2013): The effect of treating goat's milk with transglutaminase on chemical, structural, and sensory properties of labneh, *Small Ruminant Research* 109, Science Direct, 31-37.
- Balatoni M., Ketting F. (1981): *Tejipari kézikönyv*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 334-336.
- Bourne M. C. (1982): *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*, Academic Press, London, 50-61.
- Ciron C. I. E., Gee V. L., Kelly A. I., Auty M. A. E. (2009): Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts, *International Dairy Journal* 20, Science Direct, 314-320.
- Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2002): *Tej és tejtermékek a táplálkozásban*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 377-380.
- Fenyvessy J., Csanádi J. (2012): *Tejipari technológia*, Universitas Szeged Kiadó, Szeged, 100-101., 126-127., 172-177.
- Forsbäck L., Lindmark-Månsson H., Svennersten-Sjaunja K., Bach Larsen L., Andrén A. (2011): Effect of storage and separation of milk at udder quarter level on milk composition, proteolysis, and coagulation properties in relation to somatic cell count, *Journal of Dairy Science* 94, Science Direct, 5341-5349.
- Gassem Mustafa A., Frank Joseph F. (1991): Physical Properties of Yogurt Made from Milk Treated with Proteolytic Enzymes, *Journal of Dairy Science* 74, Science Direct, 1503-1511.
- Haque A., Richardson R. K., Morris E. R. (2001): Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt, *Food Hydrocolloids* 15, Science Direct, 593-602.
- Hui Y. H., (1992): *Dairy Science and Technology Handbook, Applications Science, Technology, and Engineering*, Wiley-VCH, Inc., Eureka, 25-27.
- Lee W. J. and Lucey J. A. (2010): Formation and Physical Properties of Yogurt, *Asian-Australian Journal of Animal Science* 23 (9), 1127-1136.
- Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/51-1 számú előírása a tejtermékekről
- Merényi I., Schneider F. (1999): *A tej és termelése*, Gazda Kistermelői Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest, 172-176.

- Molnár P. (1981): Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata és minősége I., *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 27.
- Peleg M. (1977): The role of the specimen dimensions in uniaxial compression of food materials, *J. Food Science* 42., 649-650.
- Spreer E. (1995): *Milk and Dairy Product Technology, Food Science and Technology, A Series of Monographs, Textbooks, and Reference Book*, Marcel Dekker, INC., Dresden, 341-359.
- Szakály S. (2001): *Tejgazdaságtan*, Dinasztia Kiadó, Budapest 148-149., 207-214.
- Vahid Y., Kóbori J. (2003): *Korszerű tejtermelés és-feldolgozás, A takarmányozástól a tejtermékekig*, Szaktudás Kiadó Ház Rt., Budapest, 139-140.
- Vivar-Quintana A. M., Beneitez De La Mano E., Revilla I. (2006): Relationship between somatic cell counts and the properties of yoghurt made from ewes' milk, *International Dairy Journal* 16, Science Direct, 262-267.
- Walstra P., Wouters Jan T. M., Geurts Tom J. (2006): *Dairy Science and Technology, Second Edition*, CRC Press, Boca Raton, 279-281., 553-567.
- Xu Z.-M., Emmanoulideu D. G., Raphaleides D. N., Antoniou K. D. (2008): Effects of heating temperature and fat content on the structure development of set yogurt, *Journal of Food Engineering* 85, Science Direct, 590-597.
- Zhang L., Yi H., Du M., Ma C., Han X., Feng Z., Jiao Y., Zhang Y. (2012): Enzymatic characterization of transglutaminase from *Streptomyces mobaraensis* DSM 40587 in high salt and effect of enzymatic cross-linking of yak milk proteins on functional properties of stirred yogurt, *Journal of Dairy Science* 95, Science Direct, 3559–3568.
- Zoon P. (2002): *Fermented Milk, Viscosity, smoothness and stability of yogurt as affected by structure and EPS functionality*, International Dairy Federation National Committees, Kolding, 280-289.

Internetes hivatkozások

- <http://www.cserpesjoghurt.hu/hu/joghurt-tortenete.php> (2014. 10. 30.)
- <http://www.danone.hu/termekeink/a-joghurt-tortenete> (2014. 10. 30.)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani elsősorban dr. Csanádi József egyetemi docensnek, témavezetőmnek a dolgozat elkészítésében nyújtott áldozatos segítségéért, tanácsaival, szakirodalmakkal nagyban segítette munkámat.

Köszönetemet fejezem ki Bara Tamásné dr. Herczegh Ottilia egyetemi docensnek az állománymérésekhez szükséges teljes körű tájékoztatásért, valamint segítőkész hozzáállásáért.

Köszönöm a Folyamatmérnöki Intézet valamint az Élelmiszermérnöki Intézetmunkatársainak, hogy a méréseimhez szükséges feltételeket, berendezéseket minden alkalommal biztosították számomra.

Köszönettel tartozom a Sole–Mizo Zrt. szegedi üzemének, hogy a joghurt mintáim elkészítéséhez szükséges alapanyagokat rendelkezésemre bocsátották.

Végezetül, de nem utolsó sorban köszönetemet és hálámat fejezem ki családomnak, hogy erkölcsileg, emberileg és anyagilag támogattak, az ő segítségükkel juthattam el idáig.