Savanyú savó koncentrátum mennyiségének hatása tejfagylaltok reológiai jellemzőire

TDK dolgozat

Pósa Enikő
I. évf. MSc hallgató

Dolgozat készítésének helye:
Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszék
és
Konzervtechnológiai Tanszék

Témavezetők:
Zeke Ildikó
egyetemi tanársegéd
Dr. Juhász Réka
egyetemi adjunktus

Budapest
2014.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 4

2. Irodalmi áttekintés 5

2.1. A tejsavó 5

2.1.1. A tejsavó fogalma 5

2.1.2. A tejsavó összetétele 5

2.1.3. A tejsavó táplálkozás élettani megítélése 6

2.1.4. Környezetre gyakorolt hatás 7

2.1.5. A savó felhasználásának néhány lehetősége 7

2.2. Fagylaltok, jégkrémek 9

2.2.1. Fagylaltok, jégkrémek fogalma 9

2.2.2. Fagylaltok és jégkrémek típusai és összetevői 10

2.2.3. Fontosabb összetevők funkciói 11

2.2.4. Gyártástechnológia 12

2.3. A reológia 14

2.3.1. A reológia meghatározása 14

2.3.2. Deformáció fajtái 14

2.3.3. Reológiai alapmodellek 14

2.2.4. Ideális komplex reológiai testek 15

2.2.5. Reológiai mérési módszerek 16

2.4. Érzékszervi vizsgálat 21

3. Célkitűzés 23

4. Anyagok és módszerek 24
4.1. Kísérlet során felhasznált anyagok 24
4.2. Munkám során felhasznált berendezések 25
4.3. Munkám során felhasznált műszerek 26
4.4. Alkalmazott vizsgálati módszerek 27
4.4.1. Reológiai módszerek 27
4.4.2. Érzékszervi bírálat 29
4.4.3. Statisztikai elemzés 30
5. Eredmények és értékelésük 31
5.1. Szárazanyag-tartalom mérése 31
5.2. Reológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük 31
5.2.1. Nyomaték teszt eredményeinek értékelése 31
5.2.2. Amplitúdó söprés eredményeinek értékelése 32
5.2.3. Frekvencia söprés eredményeinek értékelése 35
5.3. Érzékszervi vizsgálat eredményei és értékelésük 38
5.4. Következtetések, javaslatok 39
6. Összefoglalás 41
7. Irodalmi jegyzék 43
8. Mellékletek 46

1. Bevezetés

Az édes és savanyú tejsavó csaknem 185-190 millió tonnányi mennyiségben termelődik évente sajt-, túró- és kazeingyártás során, hiszen a kiindulási alapanyag 85-90%-ának megfelelő mennyiségben keletkezik ez az értékes „melléktermék" (ROMÁN, 2011). Az alapanyag szárazanyagtartalmának több mint fele a savóban fog megjelenni, melyek között szerepel jelentős mennyiségű fehérje, tejcukor, ásványi anyagok és vitaminok (KOSIKOWSKI, 1979). A savó rendkívül nagy mennyisége és magas szárazanyagtartalma miatt hívta fel magára a figyelmet, hogy újabb eljárásokat kidolgozva emberi fogyasztásra alkalmassá tegyék, hiszen alkotóelemei a szervezetre pozitív hatást gyakorolnak. Így tehát ezeket az értékes anyagokat vétek kiengedni a csatornába, mivel ez a művelet nem csak magas anyagi költségeket von maga után, hanem növelik a szennyvíz mennyiségét, ezáltal nagymértékben terhelik a környezetet is.

Napjainkra elterjedt a savanyú savó használata, hiszen a benne lévő értékes anyagok a korszerű technológiák (szétválasztó műveletek) segítségével kinyerhetőek. Az így nyert anyagok felhasználási lehetőségei széles skálán mozognak. Segítségükkel újabb termékek előállítására van lehetőség, nemcsak az élelmiszeriparban. Különböző gyógyszereket, kozmetikai cikkeket (ROMÁN, 2011) valamint biogázt és etanolt is állítanak elő savó illetve savószármazékok jelenlétében (SISO, 1996). A továbbra is nagy mennyiségben keletkező tejsavó élelmiszeripari hasznosításának lehetőségeire további kutatásokat folytatnak.

TDK munkám is egy ilyen lehetőség kidolgozására irányul, mely során savanyú savó ultraszűrt permeátumának hidrolizált, nanoszűrt koncentrátumát (HNF koncentrátum) használtam fel különböző mennyiségekben tejes fagylaltokban a tej helyettesítésére. Azt vizsgáltam, hogy a savókoncentrátum adagolása milyen hatással van a fagylaltok reológiai illetve érzékszervi tulajdonságaira.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A tejsavó

2.1.1. A tejsavó fogalma

A Magyar Élelmiszerkönyv szerint a tejnek azon részét nevezzük savónak, ami a kazeinfehérje eltávolítása (kicsapatása) után visszamarad (MÉ 1-3/51-1).

A tejsavó a sajt-, a túró-, és a kazeingyártás zöldessárga színű, enyhén savanykás ízű, folyadék halmazállapotú melléktermé ke. A tejcukor és a tejsav egymáshoz viszonyított arányától függően megkülönböztetünk savanyú, illetve édes tejsavót. A savanyú savó a tej savas alvasztásakor (túrógyártás), míg az édes savó az oltós, illetve vegyes alvasztáskor (sajtgyártás) keletkezik (HOMONNAY és KONCZ, 2005).

2.1.2. A tejsavó összetétele

A savó összetétele a tej összetételétől, alkotóelemeitől függ, melyek arányát főként az állat fajtája és takarmányozása befolyásol, valamint az is meghatározó tényező, hogy milyen technológiai folyamaton ment keresztül az alapanyag.

A tej átlagos összetételét képezi a nagy mennyiségű víz (87,4%), tejcukor/laktóz (4,7%), zsírgolyócskák (3,8%), kazein micellák (2,7%), savófehérjék (0,6%), valamint ásványi sók és ionok (0,8%) (FENYVESSY, 2010).

Az alvadék leválasztása után a savóban jelenik meg a tejből származó nagy mennyiségű tejcukor, savófehérjék, ásványi anyagok, tejzsír, szerves savak és vitaminok, melyek a tej eredeti szárazanyag-tartalmának csaknem a felét teszik ki. Mivel a tehéntej szárazanyag-tartalma kb. 12,5%, ennek megfelelően a savónál, mint melléktermé knél kb. 6,0-6,5%-ra tehető ez az érték. A következő táblázat az édes és savanyú savó átlagos összetételét mutatja (1. táblázat).

1. táblázat: Édes és savanyú savó átlagos összetétele (BOGDÁN, 1979) nyomán

Alkotórész	Édes savó	Savanyú savó
Víztartalom (%)	93,5	94,5
Szárazanyag-tartalom (%)	6,5	6,0
Zsír (%)	0,4	0,3
Fehérje (%)	0,7	0,7
Tejcukor (%)	4,8	3,5
Sók (%)	0,6	0,7
Tejsav (%)	-	0,8

A táblázatból megállapítható (1. táblázat), hogy a tejcukor, a savó szárazanyag-tartalmán belül a legnagyobb hányadot képviseli (60-70%), mely a tejsavval egyetemben a legnagyobb különbséget mutatja az édes és savanyú savó összehasonlított alkotóelemeinek mennyiségei között.

Azonban nem csak a jelentős mennyiségű szárazanyagtartalma miatt, hanem az emberi szervezetre gyakorolt jótékony hatása miatt is fontos lenne a tejsavót visszaforgatni az emberi táplálkozásba.

2.1.3. A tejsavó táplálkozás élettani megítélése

A ***tejcukor*** vagy más néven laktóz jótékony hatásai közé sorolható, hogy elősegíti a Ca, Mg, P és más ásványi anyagok felszívódását. A belőle képződött tejsav pedig gátolja a nemkívánatos bélbaktériumok szaporodását a vastagbélben.

A ***savófehérje*** a tehéntej fehérjetartalmának 19,7%-át tesz ki a 80,3%-ban jelenlévő kazeinfehérjék mellett. A két legfontosabb képviselője az α-laktalbumin és a β-laktoglobulin. Ezek az összes savófehérjének kb. a 70%-át teszik ki, amelyek emészthetősége kb. 94-100% (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2002). A tejsavó az egyik legnagyobb biológiai értékkel bíró fehérjeforrás, hiszen az esszenciális aminosav összetétele még a tojásfehérjénél is értékesebb (SZAKÁLY, 2001).

A ***tejzsír*** nincs jelen jelentős mennyiségben a savóban, hiszen a tejsavóban jelenlévő zsírt fölözik, mivel a tejzsír nagyon fontos és drága alapanyag. Így a savó sokszor zsírmentesen kerül ki az üzemekből.

A tejsavó ***ásványi anyagai*** közül a legfontosabb a kalcium, ami a magnéziummal és foszforral együtt részt vesz a csontok és fogak felépítésében. Ezen kívül a K:Na aránya is

kedvező (3:1), ami túlsúlyozza a szervezet magas Na arányát (ROMÁN, 2011), csökkenti a magas vérnyomást és elősegíti az izomműködést.

A savó alacsony zsírtartalma miatt a vízoldható ***vitaminok*** dominálnak, közülük is a B-vitamin. Ezek közül kiemelkedő a riboflavin (B_2 vitamin), amely a tej legfontosabb színezéke. Ez az anyag biztosítja a friss savó jellegzetes zöldessárga színét (FENYVESSY, 2010).

A ***tejsav*** mennyisége a tárolás során folyamatosan változik, hiszen a tejsavóban lévő laktóz erjedése során tejsav keletkezik (SCHREINER, 1987).

2.1.4. Környezetre gyakorolt hatás

Korábban a savó kezelése a magas kezelési és elhelyezési költségek miatt jelentett problémát az iparág számára. A tejüzemek ezért gyakran megkerülve a problémát szántóföldekre, élővizekbe vagy kutakba jutatták a savót. Ez azonban az élővizek szennyezéséhez és bűz keletkezéséhez vezetett a savó magas szárazanyag-tartalma (laktóz- illetve fehérjetartalma) miatt (Internetes hivatkozás 1).

A tejsavó magas biológiai (BOI) és kémiai (KOI) oxigénigényű anyag a beltartalmi jellemzői miatt. Szennyvízhálózatba engedni kezeletlenül nem szabad, hiszen így túlterheltté válnának a szennyvízkezelők. Magas oxigéntartalma miatt a kezelése drága és problémás (ROMÁN, 2011). Nagy mennyisége és összetétele miatt a cégek ezáltal rengeteget költenek arra, hogy a savót csatornákba engedhessék. Felhasználására azonban megoldást jelenthetne az emberi táplálkozásba való visszavezetés. Így a fogyasztók számára is elérhető lehetne ez az értékes anyag.

2.1.5. A savó felhasználásának néhány lehetősége

A tejsavó felhasználásának lehetőségei rendkívül széles skálán mozognak. A savóban lévő értékes szárazanyag-tartalom felhasználásával újabb termékek előállítására, illetve meglévő termékek dúsítására nyílik lehetőség. Így pl. a savóban lévő zsiradékból tejföl állítható elő, a savó tejszín leválasztásával savóvaj köpülhető, valamint a savófehérjék kicsapásával savósajt (pl. orda, ricotta) készíthető. A tejcukor speciális tulajdonságai alapján a gyógyszeripar is felhasználja pl. antibiotikum gyártására (SCHREINER, 1987), valamint a tejsavó permeátum bioetanol gyártás alapanyagaként is hasznosítható (DRAGONE et al., 2011).

A feldolgozatlan folyékony savót a mezőgazdaságban is alkalmazzák, leggyakrabban haszonállatok ivóvizébe keverik (SISO, 1996), vagy műtrágyázáshoz használják (KOSIKOWSKI, 1979), illetve alapanyagul szolgálhat hagyományos termékek pl. a tejsavó alapú italok előállítására. A savó nedvességtartalmának elpárologtatásával savópor állítható elő, amit az előállított termékek tömegnövelése céljából is alkalmaznak (JELEN, 2011). Ezen kívül kellemes ízt kölcsönöz annak a terméknek, melyben felhasználják, így az édes savóporral pl.: fagylaltok, pudingok, péksütemények, kenyérfélék, levesporok, a savanyú savóporral pedig gyümölcsitalok, salátaöntetek és sós kekszek élvezeti értéke egyaránt növelhető (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2002).

2.2. Fagylaltok, jégkrémek

A fagylalt és jégkrém áprilistól-októberig az egyik legvásároltabb fagyasztott készítmény, azonban ez a szezonalitás kezd egész éves rendszeres fogyasztássá válni (KONCZ, 2011). Különleges helyet foglalnak el a fagyasztott élelmiszerek palettáján, hiszen míg a legtöbb terméknél a fagyasztást az eltarthatóságuk növelése érdekében végzik, addig a fagylaltoknál, jégkrémeknél ez a termék-előállítás légyege (BALLA, 2002).

E két termék megítélése nem egységes az egyes országokban. Míg Magyarországon a tejtermékek közé sorolják, addig pl.: Svédországban és Lengyelországban is a gyorsfagyasztott termékek skáláját bővítik.

2.2.1. Fagylaltok, jégkrémek fogalma

Állományuk alapján két csoportba sorolhatjuk a fagylaltokat. Így megkülönböztetünk lágy (fagylalt) és kemény fagylaltokat (jégkrém). A lágy fagylaltokat fagyasztás után közvetlenül fogyasztásra csomagolják, ami egy krémes állományú termék, a kemény fagylaltokat azonban fagyasztás után adagonként csomagolják, keményítik, így egy szilárd állományú termékről beszélhetünk. A Magyar Élelmiszerkönyv szerint: „a jégkrémek hőkezeléssel, rendszerint homogénezéssel, szükség szerint érleléssel és hűtött állapotban végzett habosítással, ezt követő fagyasztással készülnek. Szilárd vagy pépes szerkezetű, csomagolt termék, amelyet fagyasztott állapotban tárolnak, szállítanak, árusítanak és fogyasztanak” (MÉ 2-5210). Azonban e két termék (fagylalt és jégkrém) közötti különbséget lényegében csak a szó adja, mely a magyar nyelv sokszínűségéből fakad, hiszen mind összetételben, mind pedig gyártástechnológiában megegyezik e két termék. Az eltérést az állományuk, a habosítás mértéke és fogyasztási hőmérséklet, illetve az ebből adódó jéggé fagyott víz mennyisége és a minőség megőrzési idő adja (FENYVESSY, 2010). A 2. táblázatban a két termék közötti különbségeket láthatjuk.

2. táblázat: Lágy és kemény fagylalt főbb jellemzői (KONCZ, 2011) nyomán

Jellemzők	Lágy fagylalt (fagylalt)	Kemény fagylalt (jégkrém)
Állomány	krémszerű	szilárd
Habosítás mértéke (v/v%)	Max. 50	>70
Fogyasztási hőmérséklet (°C)	-8…-10	-8…-12
Tárolási hőmérséklet (°C)	-18	-30
Jéggé fagyott víz mennyisége (m/m%)	30-50	kb. 90
Minőség megőrzési idő	21 nap	6 hónap

2.2.2. Fagylaltok és jégkrémek típusai és összetevői

Összetétel, illetve felhasznált anyagok alapján a következő fagylalt és jégkrém típusok különíthetőek el, melyek összefoglalását a 3. és 4. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Fagylalt összetételi követelményei (FÖLDES és RAVASZ, 1998) nyomán

Fagylalttípus	Szárazanyag-tartalom legalább (%)	Zsírtartalom legalább (%)
Tejfagylalt	30	4,5
Tejesfagylalt	30	4,5
Tejes gyümölcsfagylalt	30	-
Gyümölcsfagylalt	30	-
Citrom- és narancsfagyalt	27	-
Zöldségfagylalt	30	-

4. táblázat: Jégkrémek fajtái és összetételi követelményeik (FÖLDES és RAVASZ, 1998) nyomán

Jégkrémtípus	Szárazanyag-tartalom legalább (%)	Összes zsírtartalom legalább (%)
Tejjégkrém	35	4,5
Tejes jégkrém	35	10,0
Tejes gyümölcsjégkrém	35	-
Gyümölcsjégkrém	32	-

A szárazanyag- és a zsírtartalmak előírásai bevonóanyag (mártóanyag) és díszítés nélküli jégkrémanyagra vonatkoznak (FÖLDES és RAVASZ, 1998).

2.2.3. Fontosabb összetevők funkciói

A ***tej*** zsír- és fehérjetartalma hozzájárul a fagylalt krémességéhez, testességéhez, stabilitásához, illetve magas tápértékéhez. Felhasználhatunk a fagylalt elkészítéséhez pl. teljes vagy fölözött tejet, tejport, vagy akár sűrített tejet is.

A ***zsiradék*** javítja a fagylalt állományát, krémes szerkezetet eredményez, valamint sima érzet kialakításában vesz részt (tejzsír esetén a fehérjekomponens járul hozzá). Sok folyadékot képes magába zárni, miközben a termék szilárdságát megőrzi. A legkedvezőbb mennyisége kb. 7%. Állati eredetű zsiradék pl.: a tej, tejszín, míg növényi eredetű zsiradék lehet pl.: a kókuszzsír (KEMÉNY, 2009).

A gyümölcsfagylaltok kb. 45-55%-át ***víz*** alkotja (FÖLDES és RAVASZ, 1998). Fagyasztáskor ez a víz mennyiség kifagy, amely nagyban befolyásolja a termék jellegét, hiszen ha a jégkristályok nagyméretűek (>50μm), akkor durva, vagy jeges szerkezetet okoznak, melyek a szájban is érezhetőek (SZAKÁLY, 2001). Csak ivóvíz minőségű vizet használhatunk.

A ***cukor*** mennyisége befolyásolja a fagyasztás idejét (csökkenti a víz fagyáspontját) és a késztermék érzékszervi tulajdonságait (édes íz kialakítása). Túl sok cukorral készült terméket ugyanis tovább tart megfagyasztani és túlzottan olvadékony lesz. Ha azonban kevés cukrot használunk fel, a fagylalt állománya hószerű lesz (FÖLDES és RAVASZ, 1998). A fagylaltokban felhasznált optimális cukor mennyisége 6-8%, amely leggyakrabban a répacukor (szacharóz) por vagy kristály formája (FENYVESSY, 2010).

A ***gyümölcs*** A és C vitaminokkal, ásványi sókkal és szerves savakkal dúsítja a terméket. A gyümölcspektin a fagylalt stabilitásában játszik fontos szerepet.

A ***tojás*** emulgeáló képességgel rendelkezik. A sárgája lecitint, míg a fehérje proteintartalmú stabilizáló elemeket tartalmaz.

A ***levegő*** felvétele az érlelés, illetve a fagyasztva habosítás fázisában történik, melytől a termék krémes állagát nyeri el, hiszen lassítja a kristályosodást. A termékbe jutó levegő mennyisége nem haladhatja meg a szárazanyag-tartalom 2,5-szeresét (KEMÉNY, 2009).

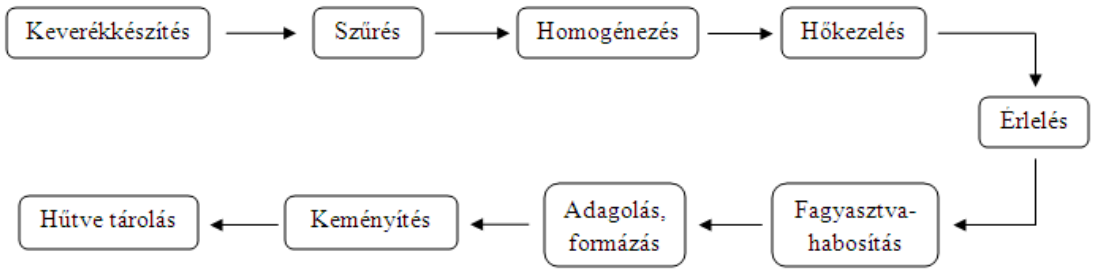
Az ***emulgeálószereket***, mint pl.: mono-digliceridet, lecitint 0,2-0,6%-ban alkalmazzák, amelyek elősegítik a zsír és víz fázis összekapcsolódását, illetve segítik a kisebb légbuborékok kialakulását, így kialakítva egy habos, szilárd, sima állományú terméket.

A ***stabilizálószerek***, mint pl.: a szentjánoskenyér-mag liszt és keményítő, jelentősen javítják a termék állományát, megkötik a szabad vizet, továbbá csökkenti annak olvadékonyságát (SZAKÁLY 2001).

Az ***ízesítő anyagok, aromák*** hozzák létre a termék jellegzetes ízét, melyeket két csoportba sorolhatjuk. Megkülönböztetünk természetes ízesítőket, melyek a paszták és zamatosító anyagok (pl.: a gyümölcskészítmények, kakaó), valamint mesterséges ízesítőket, amelyek képviselői pl.: a vanília és a citromsav.

A ***színezőanyagok*** az íz felismerésében segédkeznek, amelyek pl.: kékszőlő kivonat és karamell is lehetnek.

2.2.4. Gyártástechnológia



1. ábra: Jégkrémek gyártásának folyamata

Keverékkészítés: Ahogy azt az 1. ábra mutatja a receptúra szerint összeállított jégkrémkeveréknél (mely az eltarthatóság meghosszabbítása érdekében cukron és ízesítőanyagokon kívül stabilizáló- és emulgeálószereket is tartalmaz) figyelnünk kell a szárazanyag-víz arányára. Ha túl sok víz kerül a keverékbe, nagy jégkristályok keletkeznek, így a termék jeges ízű lesz, azonban, ha a szárazanyag-tartalom meghaladja az optimális értéket, akkor homokos állományúvá válhat. Emellett a zsír-cukor arányának is kiegyenlítettnek kell lennie, hiszen ez teszi az állományt simává, valamint növeli a szárazanyag-tartalmat, amely nem állhat csak cukorból. Ezt kétirányú „kiegyensúlyozás”-nak nevezzük, amely a fagylaltkeverék összeállításának lényeges szempontja (SCHREINER, 1987; SZAKÁLY, 2001).

Szűrés, homogenizálás: Az elkészült keveréket először leszűrjük, hogy az esetlegesen bekerült idegen anyagokat, szennyeződéseket eltávolítsuk, majd homogenizáljuk, ezzel

megakadályozva a zsírkiválást, valamint biztosítva a keverék stabil zsír a vízben emulzió kialakulását (SCHREINER, 1987).

Hőkezelés, érlelés: A keveréket pasztörizáljuk 78-80°C-on 15-40s-ig általában lemezes hőcserélőben, hogy elérjék a megfelelő mikrobiológiai tisztaságot, majd lehűtjük kb. 4-5°C-ra, amit rövid ideig tartó (kb. 6-24 óra) érlelés követ. Ez azért nagyon fontos lépés, mivel ekkor történik a zsírok dermesztése és a fehérjék megduzzadása, mellyel vizet kötnek meg (SZAKÁLY, 2001).

Fagyasztva- habosítás: -5°C-on vagy ennél valamivel alacsonyabb hőfokon történik. Az egyenletes és finom állomány eléréséhez keverést alkalmazunk kettős falú, hűthető, henger alakú, kaparókéssel ellátott berendezésben. Ekkor alakul ki a termék sűrű, krémszerű állománya és laza, levegős szerkezete. Ezt követi az áru keményítése -25, -30°C-on (BALLA, 2002).

Adagolás, formázás, csomagolás: A fagyasztás során a keverék víztartalmának csak egy része fagy meg, így a fagyasztógépből kikerülő anyag sűrűn folyó lesz. Ebben az állapotban történik a fagylaltok külső formájának kialakítása és a csomagolás, hiszen ekkor könnyen formázható a fagylalt (SCHREINER, 1987). A csomagolási egység tömegétől, térfogatától, az árusítás és a fogyasztás körülményeitől függően megkülönböztetünk adagonként csomagolt (impulzus), családi (ún. take home) illetve vendéglátó-ipari (ún. catering) jégkrémeket (MÉ 2-5210). Ezután valamennyi terméket ezen felül nagyobb (több darabos) egységekbe, gyűjtőcsomagolásba csomagolják, a könnyebb szállíthatóság érdekében.

Keményítés: A jégkrémek készítésekor a termékeket egy fagyasztó alagúton vezetik át, míg fagylaltok esetén általában háztartási fagyasztószekrénybe helyezik néhány órára. A fagyasztás és keményítés közötti időintervallumot minimalizálni kell (max. 1 óra), elkerülve a felmelegedés okozta részleges felolvadást és átkristályosodást (SCHREINER, 1987).

Hűtve tárolás: A fagylaltot -15°C alatti hőmérsékleten tároljuk, amiből egyenesen következik a rövidebb eltarthatósági idő. Ezzel szemben a jégkrémet -26°C alatt tároljuk, amely érték miatt hónapokig is lehetséges a termék tárolása anélkül, hogy minőségromlás történne.

2.3. A reológia

2.3.1. A reológia meghatározása

A reológia a fizikatudomány része, mely szoros kapcsolatban áll a mechanikával. Szűkebb értelemben a reológiai testek és az anyagok folyásával, tágabb értelemben pedig a különböző erők hatására végbemenő alakváltozással foglalkozó tudomány. Tehát a reológia a folyás és deformáció tudományaként definiálható (LÁSZTITY, 1987).

2.3.2. Deformáció fajtái

Külső erők hatására a testek háromféleképpen deformálódnak. Ha a deformáló erő megszűnésekor az alakváltozás eltűnik, akkor rugalmas deformációról beszélünk. Folyásról akkor, ha a deformáció a külső erő megszűnése után is megmarad, illetve plasztikus deformációról, ha egy meghatározott külső erőig a deformáció rugalmas, majd folyás következik be.

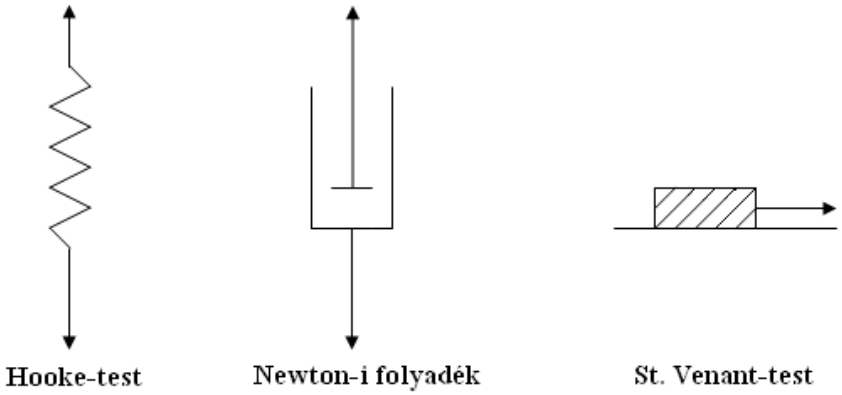
Ez a három deformáció a testek reológiai jellemzője. Ha egy test e három alaptulajdonságból csak eggyel rendelkezik, akkor ideális reológiai testnek tekintjük (a valóságban ilyet nem találunk). A gyakorlatban azonban reális testekkel találkozunk, amelyek az alaptulajdonságok összességével különböző mértékben rendelkeznek (GASZTONYI & BOGDÁN, 1985).

2.3.3. Reológiai alapmodellek

Ezek a modellek mechanikai, esetleg elektromos rendszerek (nem reológiai testek laboratóriumi kicsinyített másai). Viselkedésük ugyanolyan matematikai törvényszerűségekkel leírható, mint a nekik megfelelő reológiai testeké. A három reológiai alaptulajdonságot képviselik (elasztikus, plasztikus, viszkózus). A három elem a következő:

- ***Hooke-test*** modellje egy rugó, amely terhelés hatására megnyúlik vagy összenyomódik (az erő arányos a megnyúlással). Ha a terhelés megszűnik, akkor a test is visszanyeri eredeti alakját.
- ***Newton-i (viszkózus) folyadék*** modellje egy hengerben lévő dugattyú. A hengert folyadék vagy gáz tölti meg. Terhelés hatására kezdeti gyorsulás majd egyenletes sebességű mozgás figyelhető meg.

- ***St. Venant-test (plasztikus test)*** modellje sík, vízszintes felületen nyugvó test, mely külső erő hatására a súrlódó erő legyőzése után gyorsuló mozgásba jön (GASZTONYI & BOGDÁN, 1985).



2. ábra: Ideális reológiai testek mechanikai modelljei

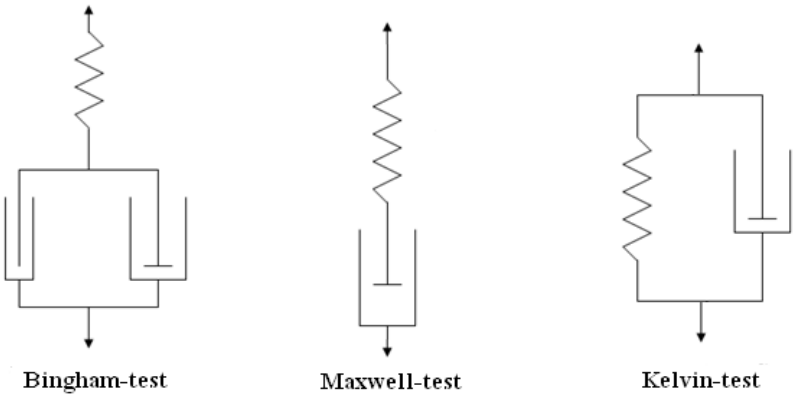
2.2.4. Ideális komplex reológiai testek

Az ideális komplex reológiai testek a fentebb említett három alaptest kombinációjából állíthatók elő. Ezek közül gyakorlati szempontból csak néhánynak van jelentősége.

A ***Bingham-test*** egy bizonyos nyírófeszültség-értékig rugalmas testként viselkedik, majd ezt az értéket túllépve folyás lép fel (viszkózus folyás), amely dinamikai egyensúlyra vezet. Két reológiai állandóval jellemezhető a test: a határfeszültséggel és a viszkozitással. Viszkoplasztikus testként is emlegetik, mely független a nyírófeszültségtől.

A ***Maxwell-testnél*** egyszerre tapasztalhatunk viszkózus és elasztikus tulajdonságokat. E két alapelem sorba kapcsolásával (rugó és csillapító elem) jutunk el a kívánt modellhez. Reológia egyenlete a Hook-test (elasztikus) és a newtoni folyadék (viszkózus) egyenletének kombinációja.

Az ***Kelvin-testnél*** ugyancsak viszkózus és elasztikus tulajdonságokat tapasztalhatunk, ám ezek már párhuzamosan vannak kapcsolva (rugó és csillapító elem). A rugó korlátot szab a deformációnak (megnyúlása azonos a dugattyúéval) így folyás nem léphet fel, ezért a modell szilárd testként viselkedik (LÁSZTITY, 1987; LÁSZLÓ, 2003).



3. ábra: Ideális komplex reológiai testek modelljei

A Maxwell és a Kelvin modellek részletes vizsgálata azt bizonyítja, hogy a viszkoelasztikus alakváltozást egyik modell sem írja le pontosan. Már az is javíthatja a modellek pontosságát, ha nem két, hanem három elemből tevődnek össze. Ilyen modell a 3. ábrán is látható Bingham-test, amely az élelmiszeripari alkalmazás szempontjából is fontos (LÁSZLÓ, 2003).

2.2.5. Reológiai mérési módszerek

A reológiai mérések célja a vizsgált anyag reológiai viselkedésének megismerése és jellemzése reológiai állandókkal. Ehhez olyan mérőműszerekre és eszközökre van szükség, melyek abszolút egységekkel való jellemzésre használhatók. Sok esetben e helyett olyan mérőmódszereket alkalmaznak, amelyek viszonylagos empirikus mérőszámokkal fejezik ki a reológiai viselkedést. Ez utóbbi bonyolult reológiai viselkedésű anyagoknál, valamint gyors összehasonlító vizsgálatoknál alkalmas, mely egy konkrét technológiai lépést vagy nyersanyag ellenőrzést céloz meg. Nemzetközi összehasonlításra, átszámításra csak az abszolút értékek alkalmasak.

Viszkozimetria

A reológia elsősorban folyadékokkal és szilárd testekkel foglalkozik, amelyek jellemzésében a viszkozitás a legfontosabb tulajdonság. A gyakorlatban viszont emellett megjelennek a plasztikus tulajdonságok is. Ilyenkor határfeszültség és plasztikus viszkozitás mérése szükséges, melyeket úgynevezett plasztométerekkel mérünk. A viszkozitás mérésének négy fő módszere a kapilláris, esőgolyós, rotációs és oszcillációs mérési módszerek.

1. Kapilláris viszkoziméterek

Alapja, hogy a meghatározott térfogatú vizsgálandó folyadékot adott méretű és keresztmetszetű kapillárison áramoltassuk. Adott idő alatt átáramlott folyadék mennyiségéből és az áramlás törvényei segítségével (pl.: Hagen-Poiseuille összefüggés) számolható a viszkozitás.

2. Esőgolyós viszkoziméterek

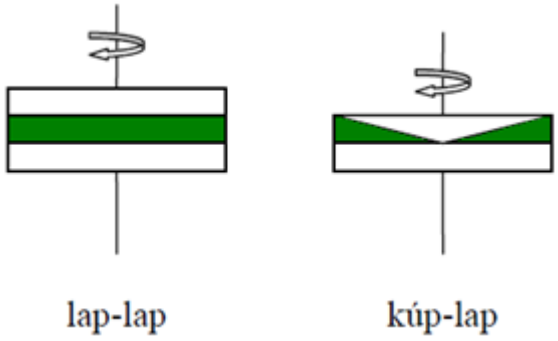
Az esőgolyós viszkoziméterrel ismert sugarú és sűrűségű golyó alakú test folyadékban történő süllyedési sebessége mérhető, majd Stokes-törvény segítségével számolható a viszkozitás. Minél nagyobb a folyadék viszkozitása, annál lassabb lesz a gömb esési sebessége. (FETTER, 2004; LÁSZTITY, 1987)

3. Rotációs viszkoziméterek

A rotációs viszkoziméterek elméleti szempontból a legfontosabbak, hiszen valamennyi reológiai test vizsgálatára alkalmasak. Ez az egyetlen műszer, ami közvetlen összefüggéseket ad a nyírófeszültség és a nyírósebesség között. Abszolút viszkozitások mérésére alkalmas műszer, melyet nem kell ismert viszkozitású folyadékkal kalibrálni. Mérés során a vizsgálni kívánt folyadékba forgó testet helyeznek, mely ez által méri az anyag fékezőnyomatékát a szögsebesség függvényében.

4. Oszcillációs viszkoziméterek

Mérőtest kialakítása szempontjából megegyezik a rotációs viszkoziméterrel, bár ezekkel ellentétben a mozgatása nem egyenletes sebességgel és nem egy irányba történik. A vizsgálandó mintát két különböző sebességgel mozgó mérőelem közé helyezik, amelyből rendszerint az egyik nem végez mozgást, míg a másik elem meghatározott sebességgel mozog, így idézve elő deformációt az anyagban. A mérőtest tengelye adott amplitúdóval és periódusidővel oszcillációt végez, tehát forgatása adott frekvenciával, sinusfüggvény szerint oszcillálva történik. Általában lap-lap vagy kúp-lap mérőfejjel végzik a mérést (4. ábra), amely során fellépő nyírófeszültségből határozza meg a rugalmassági és veszteségi modulust (JUHÁSZ et al., 2011). Az oszcillációs méréseket dinamikus mechanikai méréseknek is nevezik.



4. ábra: Mérőtest-kombinációk

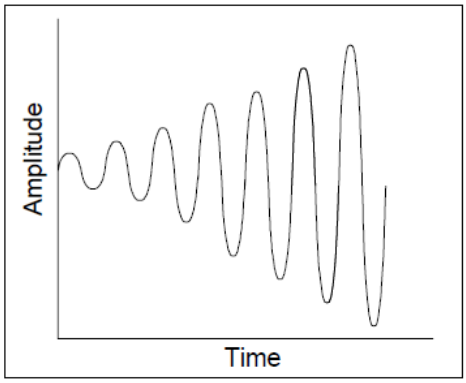
(FETTER, 2004)

Oszcillációs mérési módszerek

Az oszcillációs elven alapuló módszerek alkalmasak viszkoelasztikus folyadékok és szilárd anyagok viszkózus és elasztikus tulajdonságainak meghatározására (JUHÁSZ et al., 2010).

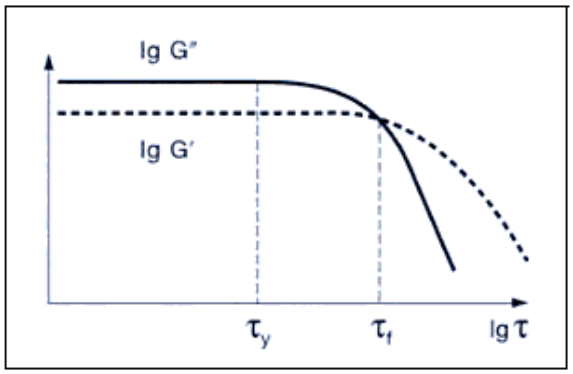
Az oszcillációs technika leggyakrabban alkalmazott módszerei, melyek az élelmiszerek vizsgálatában is különösen fontos szerepet játszanak: az amplitúdó söprés (amplitude sweep), a frekvencia söprés (frequency sweep) és a hőmérsékletfüggés (temperature sweep) vizsgálata.

Az ***amplitúdó söprés*** lényege, hogy állandó szögsebesség mellett változtatjuk a kitérés értékét (5. ábra), így mérve a nyírófeszültséget. Ezzel a módszerrel meghatározhatjuk a változó rugalmassági modulust (G'), amely elasztikusságát és a veszteségi modulust (G''), amely viszkózus tulajdonságát jellemzi a vizsgált anyagnak. A mérés során megfigyelhetjük, hogyan alakul e paraméterek lefutása a nyírófeszültség vagy kitérés függvényében. A 5. ábra egy jellemző görbét ábrázol.



5. ábra: Amplitúdó söprés módszere

(STEFFE, 1996)

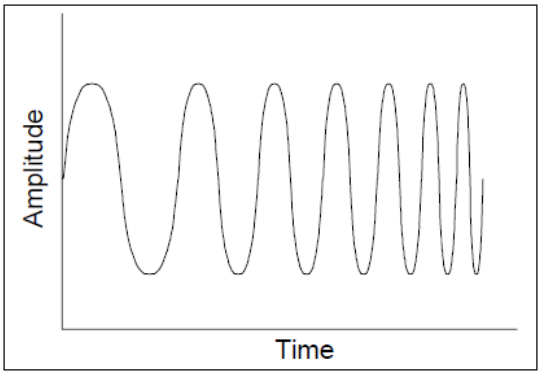


6. ábra: Amplitúdó söprés módszerének jellemző görbéje

(MEZGER, 2006)

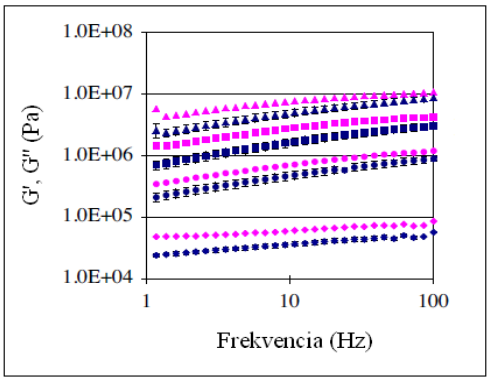
Az amplitúdó söprés módszerét Wildmoser és munkatársai (2004) úgynevezett előkísérletként végezték annak érdekében, hogy megállapítsák a lineáris viszkoelasztikus tartomány végét. Erre azért volt szükség, hogy a frekvencia söprés módszerénél felhasznált állandó amplitúdó értéket meghatározhassák, amelynek ebbe a tartományba kell esnie (WILDMOSER et al., 2004). Ugyancsak ezzel a módszerrel határozta meg Ramchandran és Shah (2009) is ezt a konstans értéket, majd ennek ismeretében végezték el a frekvencia söprés módszerét (RAMCHANDRAN és SHAH, 2009). Az amplitúdó söprés módszerét alkalmazta Guggisberg és munkatársai (2011) is alacsony zsírtartalmú (0,1%) és teljes (3,5%) tejből készült joghurtok vizsgálatára. Cukor tartalmat (szacharóz, izomaltulóz) hasonlították össze édesítőszerek kombinációjával, azaz Actilight® - stevia (Actilight® rövid szénláncú frukto-oligoszacharidokból álló készítmény) keverékével és azt figyelték, ezek az anyagok befolyásolják-e az így kapott termékek viszkoelasztikus tulajdonságait. A vizsgálatok során arra a megállapításra jutottak, hogy egyik édesítőszer sem befolyásolja a joghurtok ezen tulajdonságait (GUGGISBERG et al., 2011).

A ***frekvencia söprés*** esetén a frekvencia értékét változtatjuk, míg az amplitúdó (kitérés) értéke állandó lesz (7. ábra). A maximális kitérést az amplitúdó söprés módszerével állapíthatjuk meg, amely értéknek a lineáris viszkoelasztikus tartományba kell esnie (ebben a tartományban a minta nem szenved irreverzibilis változást). A meghatározott rugalmassági és veszteségi modulust a frekvencia, vagy a szögsebesség függvényében ábrázoljuk. Ezzel a módszerrel a különböző minták időfüggő viselkedése határozható meg. A módszerre jellemző reogramot a közvetkező, 8. ábra szemlélteti.



7. ábra: Frekvencia söprés módszere

(STEFFE, 1996)

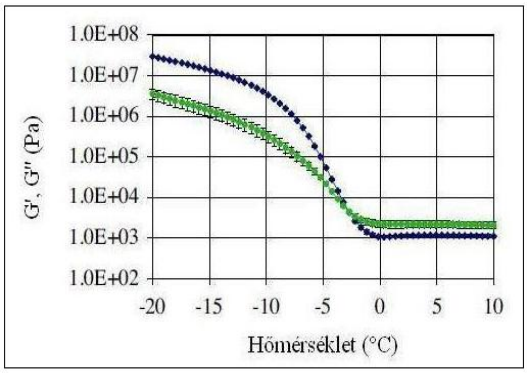


8. ábra: Frekvencia söprés módszerének jellemző görbéje

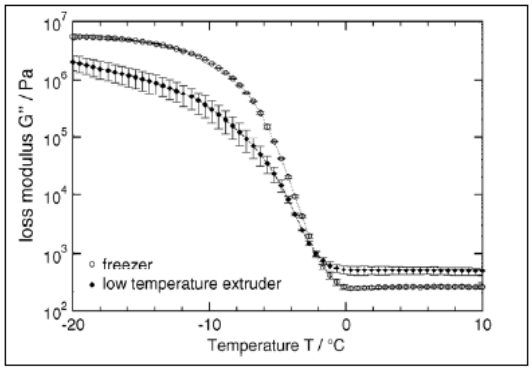
(WILDMOSER et al., 2004)

Ezt a módszert alkalmazták Adapa és munkatársai (2000) is annak céljából, hogy megállapítsák, milyen hatással van a tejzsír és a tejzsírt helyettesítő anyagok (szénhidrát vagy fehérjék) a fagylalt mixek és a fagylaltok viszkoelasztikus tulajdonságaira. Arra a megállapításra jutottak, hogy ha megfelelő arányban keverik a tejzsírt, a szénhidrátot és a fehérjéket egyaránt, akkor kedvezőbben befolyásolhatja a fagylaltok állományát, mint ha csak az egyik komponenst adagolnák a tejzsírhoz. Valamint, hogy ez a 12%-os zsírtartalom hozzájárult ahhoz, hogy jobb elasztikus tulajdonságot biztosítsanak a fagylaltoknak (ADAPA et al., 2000). Frekvencia söprés módszerét alkalmazta Quinchia és munkatársai is pudingok eltarthatósági idejének vizsgálatára (QUINCHIA et al., 2011), illetve kémiai összetétel függvényében vizsgálta Dimitreli és Thomareis kenhető típusú ömlesztett sajtok viszkoelasztikus tulajdonságait (DIMITRELI & THOMAREIS, 2008).

A dinamikus vizsgálatok közül nem hiányozhat a hőmérsékletváltozás hatásának megfigyelése sem. Így a ***hőmérsékletfüggés*** vizsgálata esetén konstans frekvencia és amplitúdó értékek mellett végzünk méréseket, ahol a hőmérséklet a változó paraméter. Az előző mérésekkel szemben itt nem kell az anyagot folyásra kényszeríteni, hanem úgy is végezhetünk méréseket, hogy a vizsgálandó minta szilárd halmazállapotában marad. Fagylaltok esetében a hőmérsékletemelkedés hatására olvadni kezd a minta, így ha a rugalmassági és veszteségi modulus metszik egymást, ez egyfajta olvadási határként értelmezhető. A hőmérsékletfüggés jellemző reogramjait láthatjuk a következő, 9. ábrán.



(WILDMOSER et al., 2004)



(EISNER et al., 2005)

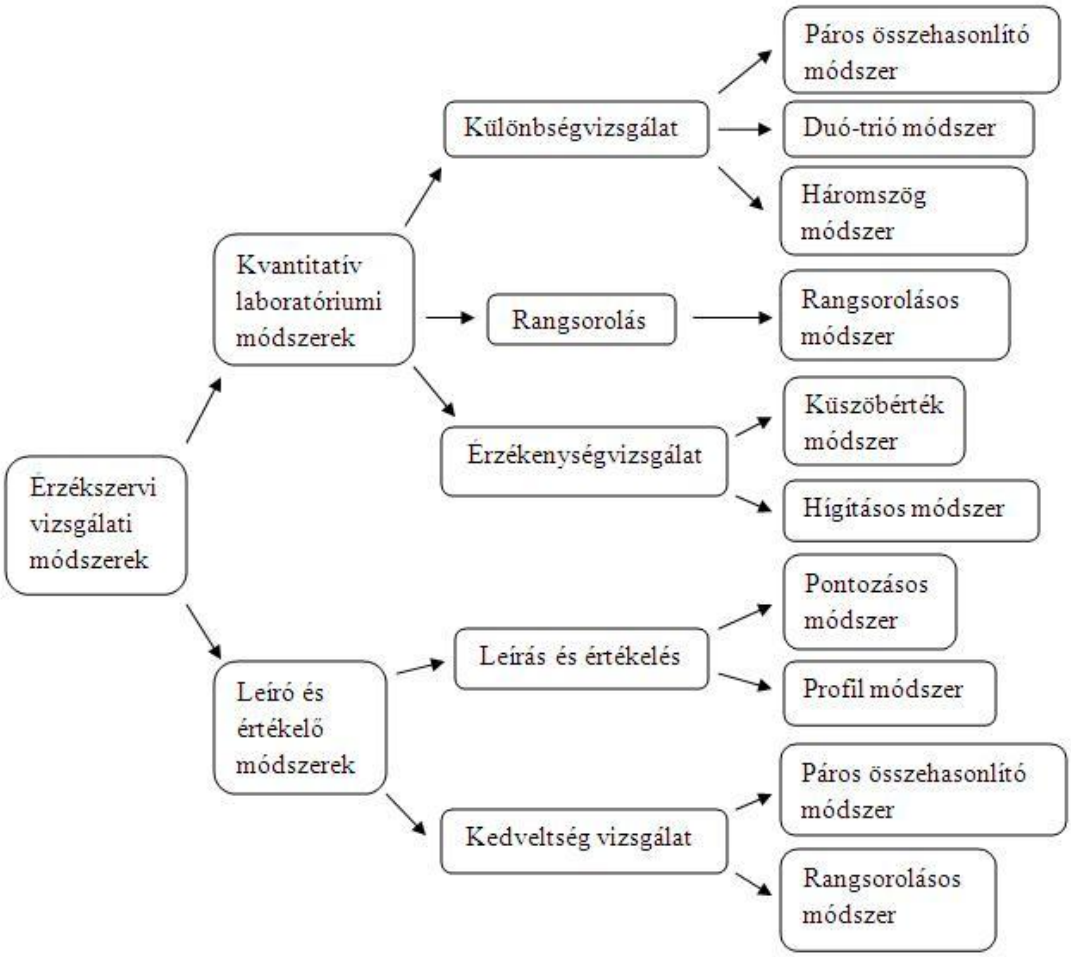
9. ábra: Hőmérsékletfüggés módszerének jellemző görbéi

2.4. Érzékszervi vizsgálat

Az érzékszervi vizsgálati módszerekkel ugyanolyan információkat kaphatunk egy vizsgált tárgyról, mint a mérőműszerrel kapott adatok. Azonban különleges követelményeket állítanak mind a vizsgálati körülményekkel, mind a vizsgáló személlyel szemben, hiszen az így kapott eredmények nagyban függnek a vizsgáló személy szubjektív véleményétől, az érzékszervi teljesítőképességétől és a rendelkezésre álló módszerektől.

Vizsgálati módszerek

Alapvetően két módszercsoportot különíthetünk el. Az első a kvantitatív laboratóriumi módszerek, amelyekkel általában egyes érzékszervi tulajdonságokat vizsgálunk kvalitatív jelleggel. A második pedig a leíró és értékelő módszerek, ahol külön-külön és összhatásukban is vizsgálhatóak az egyes érzékszervi tulajdonságok, illetve tulajdonságcsoportok, mint például az illat, íz, külső megjelenés, stb. E két módszer csoportosítását a következő, 10. ábra szemlélteti (MOLNÁR, 1991).



10. ábra: Érzékszervi vizsgálati módszerek csoportosítása

Leírták, hogy három vanília ízesítésű fagylaltot készítettek tejsavó adagolásával azt vizsgálva, hogy a különböző fagylalt minták között érzékelnek-e a bírálók jelentősebb különbséget. A három vizsgálandó mintából 1 db referencia készült, mely nem tartalmazott édes savót, 1 db savóport, 1 db pedig savó permeátummal készült. A bírálók nem érzékeltek különbséget a minták között, így megállapították, hogy a savópor valamint a savó permeátum egyaránt alkalmas fagylaltok alapanyagának helyettesítésére (YOUNG, 2007).

3. Célkitűzés

A savanyú savó HNF koncentrátuma kedvező összetétele alapján alkalmasnak látszott tejes fagylaltok alapanyagának helyettesítésére, állományuk javítására, illetve jellegük változtatására.

Célul tűztem ki annak megfigyelését, hogy a savanyú savó HNF koncentrátuma milyen mértékben változtatja meg a fagylaltok állományát, és ezzel hogyan befolyásolja azok tárolhatósági idejét. Ezen paramétereket reológiai mérésekkel határoztam meg, amelyek elvégzéséhez rotációs és oszcillációs reométert alkalmaztam. E műszer használatával rotációs mérési módban nyomaték tesztet, valamint oszcillációs mérési módban amplitúdó és frekvencia söprés módszerét végeztem el.

Vizsgáltam továbbá a fagylaltok érzékszervi tulajdonságait, főként az állomány jellemzőkre összepontosítva annak érdekében, hogy ezeket az adatokat össze tudjam hasonlítani az általam mért értékekkel. Ezek mellett pedig arra is választ kerestem, hogy vajon mennyi az a savó mennyiség, amely még a termékbe tehető anélkül, hogy az kedvezőtlenül befolyásolná a fagylaltok érzékszervi tulajdonságait.

4. Anyagok és módszerek

4.1. Kísérlet során felhasznált anyagok

Munkám során tejes fagylaltok reológiai tulajdonságait vizsgáltam, melyeknél az alapanyagokat különböző mennyiségben savanyú savó HNF koncentrátumával helyettesítettem. A savanyú savó ultraszűrt permeátumának hidrolizált, nanoszűrt koncentrátumát (HNF koncentrátum) a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft biztosította számomra. A HNF koncentrátum paraméterei az 5. táblázatban szerepelnek.

5. táblázat: HNF koncentrátum paraméterei

Minta	**Összes szárazanyag-tartalom**	**Fehérje**	**Szénhidrát**	**Tejcukor**	**Ásványi anyag**	**Tejsav**	**pH**
	(g/100g)						
HNF koncentrátum	25,20	0,90	21,50	11,5	2,65	1,53	4,45

Fagylaltok elkészítése

Emulgeálószerből és ízesített pasztából készítettem tej és tejszín keverékével valamint kristálycukor hozzáadásával a receptnek megfelelően tejes fagylaltot. Ehhez a keverékhez adagoltam az eredeti tej és tejszín mennyiségéhez képest savanyú savó HNF koncentrátumát 20%, 40%, 60%, 80% és 100%-ban, a cukor és a nedvességtartalom mennyiségének csökkentésével annak érdekében, arra törekedve, hogy a mintáknak azonos szárazanyagtartalmuk legyen. Majd a fagylaltkeveréket konyhai robotgép segítségével homogenizáltam, azután 20 percig állni hagytam.

A tejes fagylaltok elkészítéséhez szükséges recepteket a 6. táblázat tartalmazza. A táblázatban megnevezett mintáim betűjelzése tejes (T) fagylaltra utal. Az utána következő szám pedig azt, hogy hány százalékban helyettesítettem az adott minta eredeti nedvességtartalmát savanyú savóval. Ezeket a jelzéseket használtam a dolgozatom során.

6. táblázat: Tejes fagylalt elkészítésének receptje

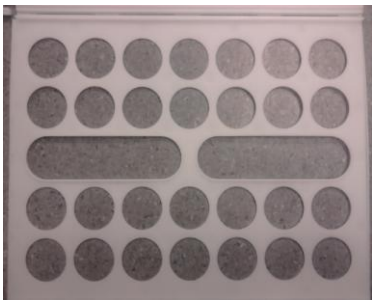
Tejes fagylalt	T0. minta [kg]	T20. minta [kg]	T40. minta [kg]	T60. minta [kg]	T80. minta [kg]	T100. minta [kg]
Savanyú savó	0	0,132	0,264	0,396	0,528	0,66
Tej	0,66	0,553	0,441	0,335	0,227	0,11
Tejszín	0,14	0,145	0,15	0,154	0,162	0,172
Emulgeálószer	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Ízesített paszta	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cukor	0,15	0,12	0,095	0,065	0,033	0,008

A fagylaltkeverék fagyasztását ANDRETTI CRM GEL5 fagylaltkészítő berendezéssel (11. ábra) végeztem. Fagyasztáskor a fagylaltkeverék -2,5°C-on kezd fagyni és -6, -8°C-on fejeződik be. Ez alatt a körülbelül 17 perc alatt a tartály falára vékony rétegben ráfagy a fagylaltkeverék, a keletkező jégkristályokat a két keverőlapát lekapar és visszakeveri az oldatba. E folyamatos keverés és alacsony hőmérséklet teszi lehetővé, hogy egy habos állományú, apró kristályokból és levegőbuborékokból álló fagylaltot kapjunk. Ezután az elkészült terméket sokkoló fagyasztóban keményítettem (12. ábra) kb. -30°C-on, aminek az volt a célja, hogy a fagylalt fagyott víztartalmának mennyiségét növeljem (KEMÉNY, 2009).

4.2. Munkám során felhasznált berendezések

A fagylaltok elkészítéséhez az ANDRETTI CRM GEL5 fagylaltkészítő berendezést (11. ábra) használtam.

Az oszcillációs viszkoziméteres méréshez meghatározott küllemű mintára volt szükség. Ehhez 50 mm átmérőjű, 2 mm vastag sablont használtam (13. ábra), ami pontosan megegyezik a viszkoziméter PP50/S 50 mm átmérőjű mérőfejének méretével, mely alá fóliát terítettem, majd a már megkeményedett fagylaltokat a sablonra kentem és Nortech QCF 103 típusú sokkoló fagyasztó (12. ábra) segítségével fagyasztottam készre -30°C-on.



11. ábra: Fagylaltgép *12. ábra: Sokkoló fagyasztó* *13. ábra: Minta előkészítő sablon*

4.3. Munkám során felhasznált műszerek

4.3.1. Gyors nedvesség-meghatározó műszer

A minták szárazanyagtartalmának meghatározását Kern MSL típusú gyors nedvesség-meghatározó mérőműszer segítségével végeztem. A minták víztartalmának elpárologtatása 105°C-on történik, amit halogén izzók biztosítanak, majd a mérés végeztével visszamaradó anyag mennyiségét tömegszázalékban adja meg a műszer.

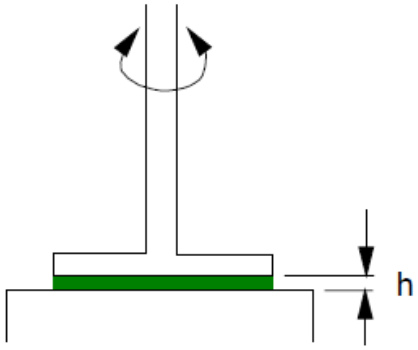
E műszer segítségével mértem meg a fagylaltok elkészítéséhez szükséges tej, tejszín és savó szárazanyagtartalmát is. Így tehát az 1,5% zsírtartalmú tej szárazanyagtartalma 11,50%, míg a 30% tejszínnél 36,50%-ot kaptam eredményül. A savó szárazanyag-tartalom értékének 29,0%-ot mértem, így ezt az értéket vettem figyelembe a méréseim során.

4.3.2. Oszcillációs viszkoziméter

Kétféle módszerrel mértem a fagylalt mintákat, amplitúdó és frekvencia söprés módszerével. Az ehhez szükséges kísérletek elvégzéséhez a Physica MCR51 típusú viszkozimétert használtam (14. ábra).

Az oszcillációs méréseket lap-lap mérőfejjel végeztem (15. ábra), a két lap közötti távolságot (h) 2 mm-re állítottam, a mintákat pedig állandó -10°C-os hőmérsékleten tartottam a mérés során.

14. ábra: Physica MCR51 típusú viszkoziméter



15. ábra: Lap-lap mérőfej geometriája (STEFFE, 1996)

4.4. Alkalmazott vizsgálati módszerek

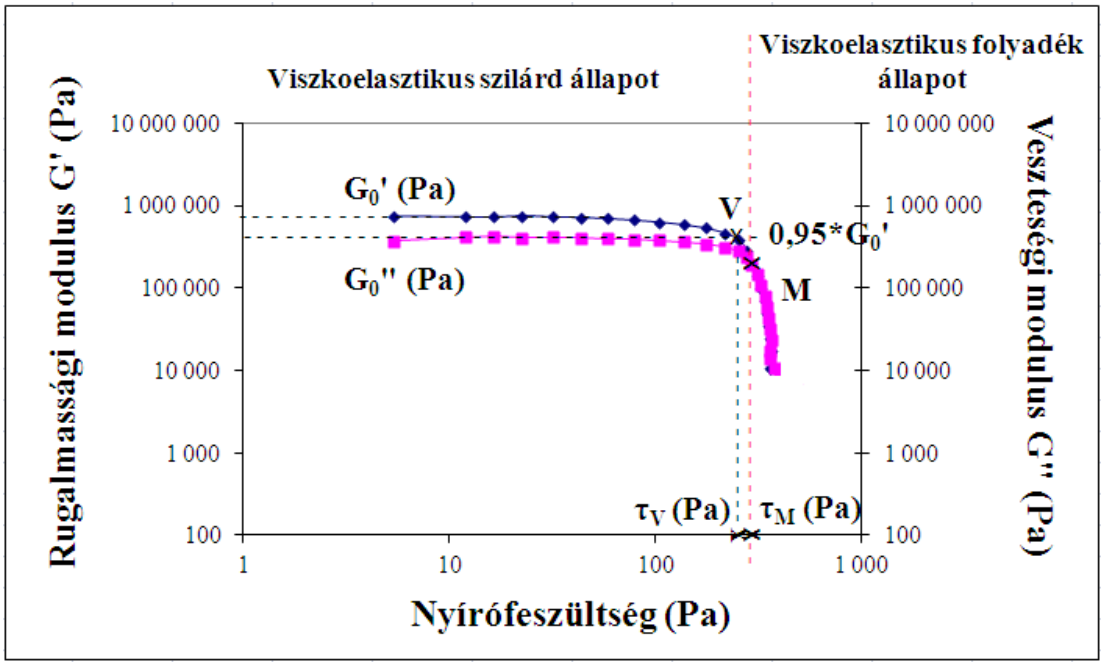
4.4.1. Reológiai módszerek

4.4.1.1. Nyomaték teszt

A nyomaték teszt elvégzése azért volt szükséges, mert ezzel a módszerrel állapítottam meg, hogy melyik az a hőmérséklet, amelyen elvégezhetem az elkészített mintáim vizsgálatát. Ezt a módszert állandó frekvencia (10 1/s) és állandó nyomaték (250 μNm) értékek mellett változó hőmérsékleten végeztem, amely először -15°C-ról 0°C-ra melegítette a mintákat, majd onnan visszahűtötte a kiindulási hőmérsékletre (-15°C) azokat. Lap-lap mérőfejjel dolgoztam, melyek közötti távolságot 2 mm-re állítottam. Ezzel a módszerrel meghatározható szögelfordulás értékeit ábrázoltam a hőmérséklet függvényében.

4.4.1.2. Amplitúdó söprés módszere

A mérés során az amplitúdót változó kitérés (0,001 és 40%) mellett vizsgáltam állandó frekvencia (10 1/s) és hőmérséklet (-10°C) érték mellett. A mérés során a különböző paramétereket vizsgáltam, melyeket a következő ábra szemléltet egy jellemző reogramon (16. ábra).



16. ábra: Amplitúdó söprés módszerének vizsgált paraméterei

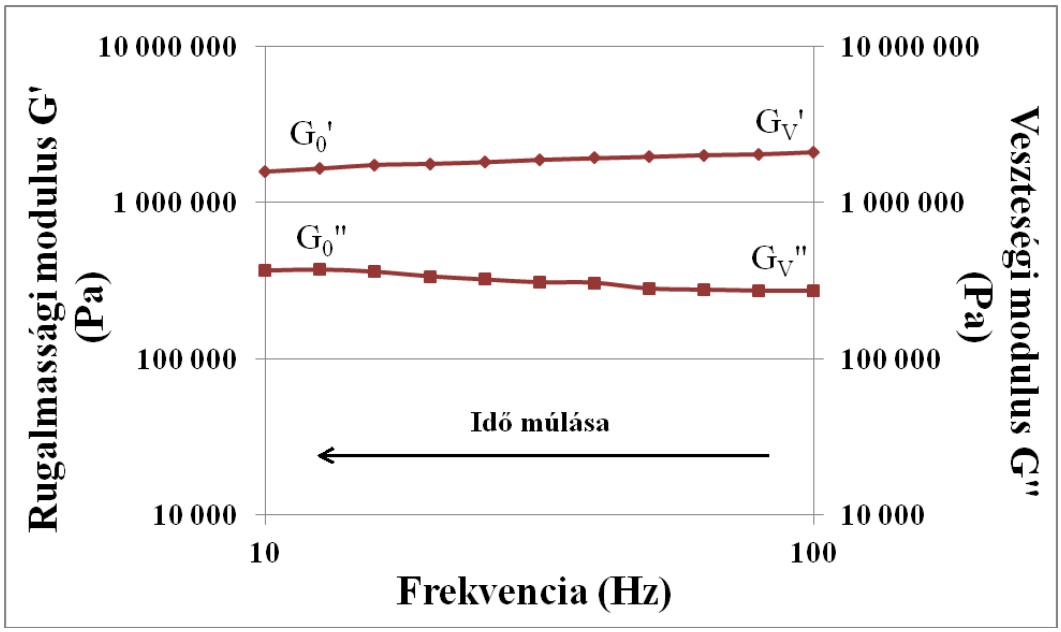
A kezdeti rugalmassági modulus (G_0') és a kezdeti veszteségi modulus (G_0") értékei a mérés kezdeti szakaszában olvashatók le, amelyek a vizsgálandó minta nyugalmi állapotára jellemzőek. Növekvő deformációs erő hatására a rugalmassági modulus (G') értéke csökkenni kezd. Azt a kitérést, ahol pedig a kiindulási értékhez képest a rugalmassági modulus 5%-kal csökken (0,95*G_0'), a lineáris viszkoelasztikus tartomány végének (V) nevezzük. Tehát e határ alatt fellépő erő hatására a minta nem szenved irreverzibilis változást, azaz, ha a deformáló erő megszűnne, az anyag a kiindulási helyzetéhez hasonló állapotba jutna vissza. A minta „erősségét" és „szilárdságát" (τ) e ponthoz tartozó nyírófeszültség jellemzi. Ez után a pont után a növekvő deformáló erő hatására a minták G'-G" értékei csökkenni kezdenek. Ekkor figyelhető meg a G' és G" görbék metszéspontja (M), amely egyfajta „folyáshatár"-ként értelmezhető, amely ponttól a minta nem viszkoelasztikus szilárd anyagként értelmezhető, hanem viszkoelasztikus folyadékként viselkedik. Tehát ha az anyag szilárd, kvázi szilárd akkor a veszteségi és rugalmassági modulus hányadosa 1-nél kisebb érték, míg folyadékok esetében 1-nél nagyobb (GUGGISBERG et al., 2007; ZEKE et al., 2010).

4.4.1.3. Frekvencia söprés módszere

A frekvencia söprés során állandó kitérés és növekvő frekvencia értékek mellett végeztem a méréseket. Az amplitúdó (kitérés) értékét 0,002%-ra állítottam, amelyet az amplitúdó söprés méréséből határoztam meg úgy, hogy az biztosan a lineáris viszkoelasztikus

tartományba essen. A mérés során a rugalmassági modulust (G') és a veszteségi modulust (G") határoztam meg a frekvencia függvényében, amelyek értékét 10 és 100 Hz között változtattam állandó -10°C-os hőmérsékleten.

A frekvenciasöprés módszerével az időfüggő reológiai viselkedés állapítható meg, mely szerint kis frekvencia értékeknél a hosszútávú stabilitást (pl.: tárolás), míg a nagy frekvencia értékeknél a fagylaltok rövid távú viselkedését vizsgálhatjuk (pl.: szállítás során). Így tehát a tárolási idő a 100 Hz felől mutat a 10 Hz felé. A fagylaltok szerkezetére a görbe lefutásából és egymáshoz való viszonyukból is lehet következtetéseket levonni, illetve, hogy az elasztikus tulajdonság dominál-e a viszkózus tulajdonsággal szemben (G'>G"). Ennek aránya jellemzően G':G" = 10:1 és 100:1 közötti. Ennek az ideális esete az lenne, ha párhuzamosan futna a két görbe (G' és G") a teljes frekvenciatartományon keresztül, ami a minta gél szerkezetére és stabil diszperziókra utal (MEZGER, 2006). A frekvencia söprés módszerének egy jellemző reogramját szemlélteti a 17. ábra.



17. ábra: Frekvencia söprés módszerének jellemző görbéje

4.4.2. Érzékszervi bírálat

A rendelkezésre álló vizsgálati módszerek közül a legalkalmasabbat a vizsgálati cél alapján kell kiválasztani, így én a pontozásos módszer mellett döntöttem. Ez minőség-ellenőrzés, gyártmányfejlesztés és kutatás szempontjából is kiemelkedő fontosságú, ahol az élelmiszerek valamennyi érzékszervi tulajdonságát elemzik és minősítik a bírálók. 15 szakértő bírálót kértem fel a 6 db tejfagylalt minta vizsgálatához. Az értékelő lapokhoz két táblázatot

készítettem. Az első táblázat az általános tulajdonságokat tartalmazta, melyek az íz (max: 10 pont), szín (max: 10 pont), állomány (max: 20 pont) és összbenyomás (max: 10 pont), míg a második táblázat az állományra vonatkozó főbb jellemzőket, azaz a kanalazhatóságot, olvadékonyságot, homogenitást és krémességet foglalta magába. Ez utóbbi táblázat összes tulajdonságára maximálisan 10 pontot lehetett adni. A bírálati lapokat az 1. melléklet tartalmazza.

4.4.3. Statisztikai elemzés

Eredményeim kiértékelését minden esetben kétmintás páronkénti t-próbával hajtottam végre 95%-os konfidencia szinten, hogy megállapíthassam, van-e különbség a referencia mintám és a savóval készült tejfagylaltok között. A p szignifikanciaszintnek a 0,05 értéket választottam. Ha a p értéke ennél a kritikus értéknél nagyobb, akkor nincs szignifikáns differencia, ha pedig ennél kisebb értékeket kapunk, akkor a két érték közötti különbség szignifikánsnak tekinthető.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Szárazanyag-tartalom mérése

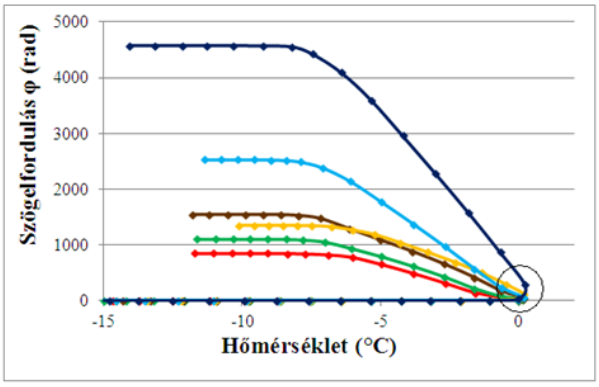
A minták elkészítésekor arra ügyeltem, hogy a szárazanyagtartalmat minden fagylaltnál azonosan 33% értékre állítsam. Erre azért volt szükség, hogy a savó tartalom legyen az egyetlen változó paraméter. Így tehát a változások a savó mennyiségének tudhatók be.

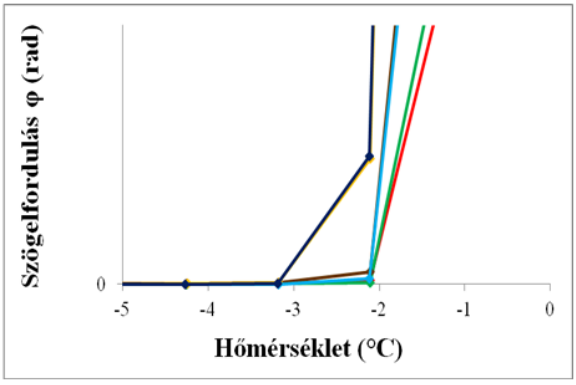
5.2. Reológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük

5.2.1. Nyomaték teszt eredményeinek értékelése

A nyomaték tesztet rotációs üzemmódban végeztem. Ezzel az előkísérlettel azt szerettem volna megállapítani, hogy melyik az a hőmérséklet, amelyen az összes minta állománya olyan szilárddá válik, hogy az oszcillációs mérési módban biztosan mérhető lesz.

A fagylalt minták mindegyike a felmelegedés fázisának nagyobbik szakaszában nem volt mérhető, ahogy azt a 18. ábrán láthatjuk, hiszen a szögelfordulás mértéke 0 rad. Ekkor a nyomaték értéke még annyira kicsi volt, hogy a műszer méréshatárán kívül esett. Azonban egy hőmérséklet érték elérése után olyan változás állt be a minták állományában, hogy mérhetővé váltak, tehát a szögelfordulás értékei emelkedni kezdtek.





T0. T20. T40. T60. T80. T100.

18. ábra: Fagylaltok nyomaték teszt eredményei

19. ábra: Fagylaltok nyomaték teszt eredményei (közelített)

A 18. ábrán is jól látható, ahogy nőtt a fagylaltok savótartalma, úgy növekedett a görbék meredeksége is (negatív irányba), amely azt jelenti, hogy minél több savót tartalmazott az adott fagylaltminta, annál lágyabb volt az állománya. Ezek mellett az is

megfigyelhető, hogy a szögelfordulásnál tapasztalt változások egyre nagyobb rad értékeknél történtek. Ezt a tartományt a 18. ábrán körrel jelöltem meg, melyet az 19. ábrán nagyítva szemléltettem.

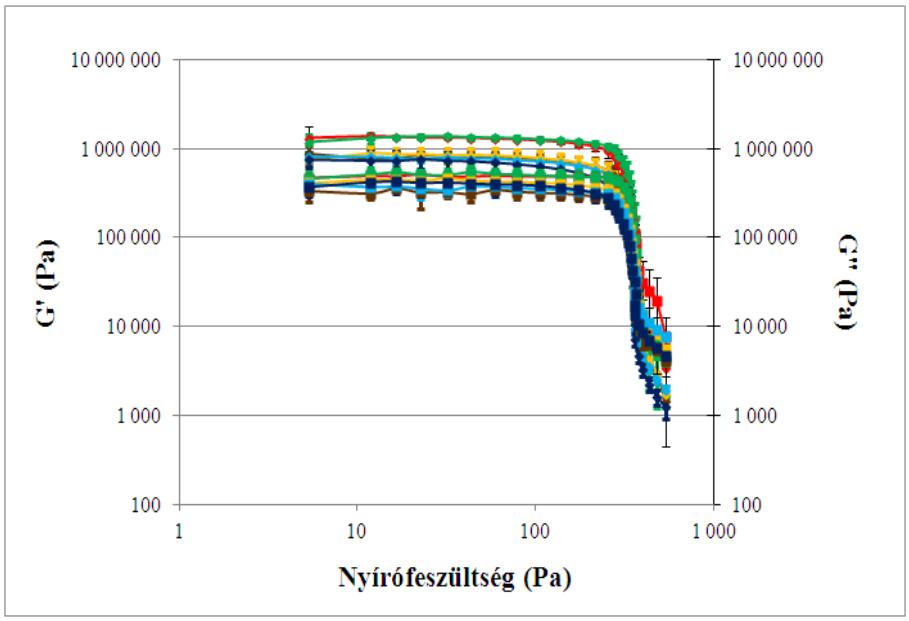
Így pontosan meghatározható, melyik az a hőmérséklet, ahol a szögelfordulás értékeire megtörténik az első változás. A kevesebb savót tartalmazó fagylaltoknál ez az érték a -2°C körüli hőmérséklet. A minta ekkor elfolyik. Míg azoknál a fagylaltoknál, amik nagyobb mennyiségben tartalmaznak savót kb. -3°C-nál található az első mérhető pont. Ez utóbbi minták tehát hamarabb kezdtek lágyulni a felmelegítés szakaszában, mint a kevesebb savót tartalmazó fagylaltok.

A visszahűtési szakaszban a szögelfordulás értékei egy bizonyos hőmérséklet után állandósultak. Ez annak köszönhető, hogy ekkorra ismét olyan kevésnek bizonyult a nyomaték értéke, hogy a mintákat nem tudta folyásra késztetni. Ez az összes minta esetében kb. -7 és -8°C körüli hőmérsékletre tehető. Így én az amplitúdó és frekvencia söprés módszerének elvégzésére a -10°C-ot választottam állandósult értéknek, hiszen ezen a hőmérsékleten egészen biztos, hogy minden minta állománya szilárd, így alkalmas a mérésekre.

5.2.2. Amplitúdó söprés eredményeinek értékelése

Oszcillációs mérési módban végeztem a különböző mennyiségben savanyú savó koncentrátumot tartalmazó tejes fagylaltok mérését amplitúdó söprés módszerével. Ezzel a módszerrel azt vizsgáltam, hogy a fagylalt állományára milyen hatást gyakorol a savóadagolás.

A mérési paraméterek közül az amplitúdó értékét 0,001% és 40 % kitérés közötti tartományon belül változtattam (növeltem), illetve 10 1/s-os állandó frekvencia értéken mértem. A 20. ábra a különböző savótartalmú tejes fagylaltok reogramjait mutatja be.



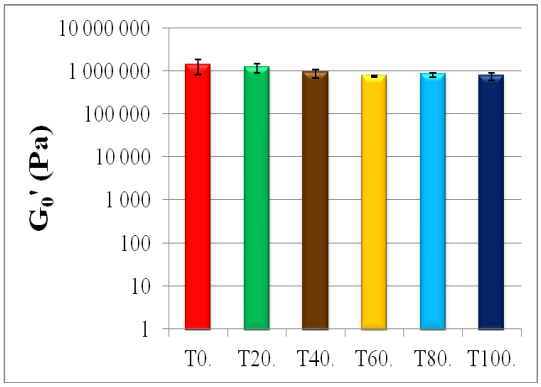
20. ábra: Amplitúdó söprés reogramjai tejes fagylaltok esetében

A 20. ábrán jól látható, hogy a fagylaltok görbéinek jellege nem változott a különböző mennyiségű savóadagolás hatására, egységes képet mutatnak. A mérés kezdeti szakaszán (alacsony nyírófeszültségi értéknél) a G' és G" értékei nem változnak jelentősen. Ez a szakasz a minta nyugalmi állapotát tükrözi. Itt látható, hogy a G'>G", vagyis a rugalmassági modulus értéke nagyobb, mint a veszteségi modulus értéke, ami arról ad információt, hogy a fagylaltok szilárd halmazállapotúak.

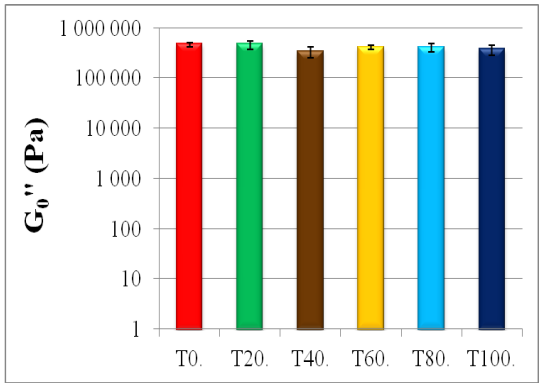
Az egyre növekvő kitérésnek köszönhetően, azaz a növekvő deformáció erő hatására elérkezik a görbe a lineáris viszkoelasztikus tartomány végéhez, ami a G' (rugalmassági modulus) kezdeti értékéhez képest 5%-os csökkenést jelent. Ez után a pont után meredeken csökkenni kezdenek a G' és G" értékek, majd a két görbe keresztezi egymást (G'=G"), ebben a metszéspontban van a minták folyáshatára. Innentől kezdve a G" értékei nagyobbak lesznek a G' értékeinél, ami azt jelenti, hogy a minták viszkoelasztikus folyadékként viselkednek (G'<G").

A tejfagylaltok amplitúdó söpréssel mért reogramjairól leolvasott paramétereket a 21. ábra mutatja be, melyek pontos értékeit a 2. mellékletben található táblázatban láthatóak. E szerint a rugalmassági és a veszteségi modulus kezdeti értékei nem mutattak szignifikáns változást a savóadagolás hatására (21./A, B ábrák). A lineáris viszkoelasztikus tartomány

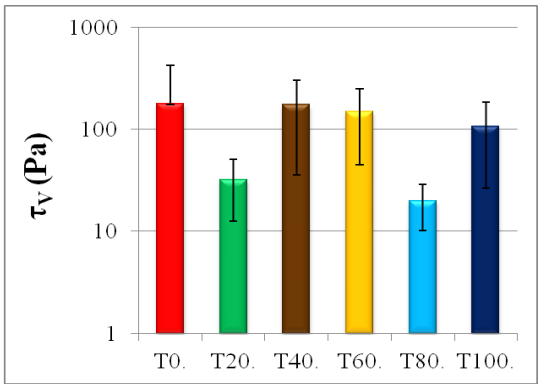
vége (V) a minták szilárdságát, stabilitását, a deformáló erőkkel szembeni ellenállóképességét jellemzi (21./C ábra). Ez a paraméter sem mutatott jelentős változást a savóadagolás hatására. A G' és G" metszéspontja (21./D ábra) a savóadagolás hatására viszont szignifikánsan csökkent, ami arra utal, hogy minél több savót tartalmaz a fagylalt, annál kisebb erő hatására válik folyékonnyá a minta, tehát annál könnyebben kanalazható, kenhető, melyhez a jelenlévő tejzsír is hozzájárul. A metszéspont (M) értékének csökkenése a fogyasztó számára abban mutatkozik meg, hogy a fagylaltot lágyabbnak és krémesebbnek érzékeli.



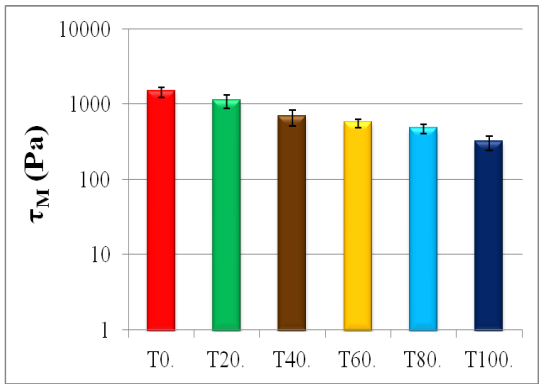
A) Rugalmassági modulus kezdeti értékei



B) Veszteségi modulus kezdeti értékei



C) Lineáris viszkoelasztikus tartomány vége



D) G' és G" metszéspontja

21. ábra: Tejes fagylaltok vizsgált paraméterei

Student-féle t-próbával vizsgáltam, hogy az egyes paraméterek szignifikánsan különböznek-e a savót nem tartalmazó referencia mintától (7. táblázat). Amely értékek szignifikáns különbséget mutatnak, azokat piros színnel emeltem ki. Az értékekből az látható, hogy a savóadagolás hatására ezek szignifikánsan csökkentek. Ebből arra lehet következtetni, hogy a savótartalom növelésével egyre kisebb deformáló erő is elegendő volt ahhoz, hogy a mintákat folyásra kényszerítsem, ami azt jelenti, hogy a fagylaltok egyre krémesebbek lettek a növekvő savótartalom hatására.

7. táblázat: Tejes fagylaltok t-próba eredményei amplitúdó söprés esetében

	p-érték			
	G_0'	G_0"	M	V
T0. - T20.	0,3498	0,4756	0,0634	0,2082
T0. – T40.	0,1260	0,0574	0,0036	0,4880
T0. – T60.	0,0918	0,1019	0,0099	0,4335
T0. – T80.	0,1078	0,1623	0,0082	0,1921
T0. - T100.	0,0961	0,0602	0,0061	0,3422

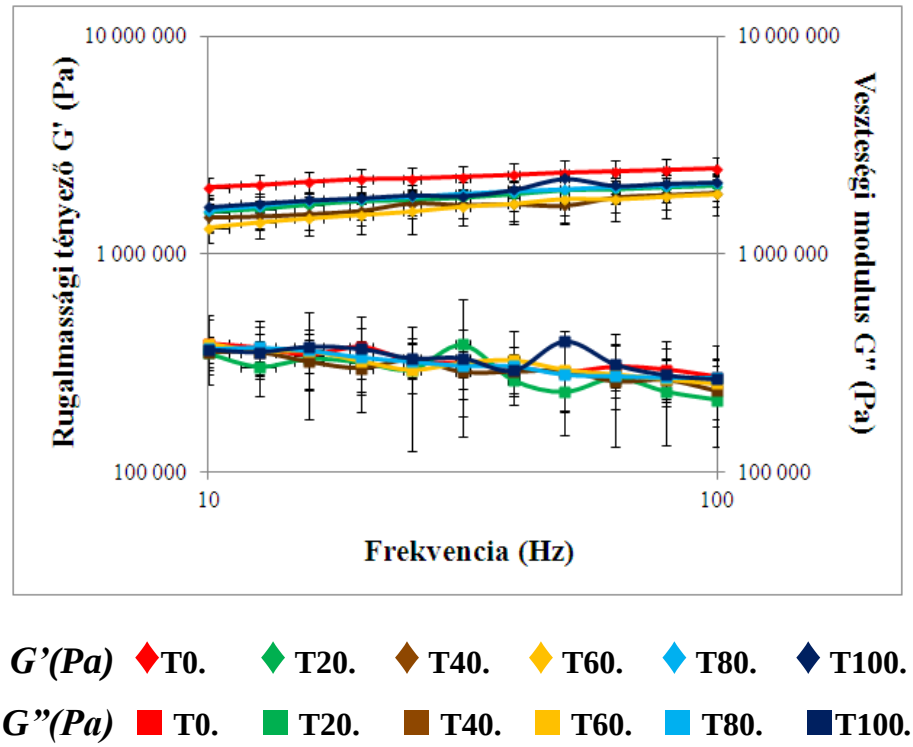
Összességében megállapítható, hogy a savótartalom nem befolyásolja negatívan a tejes fagylaltok reológiai paramétereit. A G' és G" metszépontra van egyedül hatással a savóadagolás növelése, ami azt jelenti, hogy egyre kisebb deformáló erő is elég arra, hogy a minták folyékony halmazállapotúvá váljanak. Ez a jelen lévő tejzsírnak (tej és tejszín keveréke) köszönhető. Tehát a savó mennyiségi növelésének és a tejzsír jelenlétének együttese elősegíti az egyre krémesebb és lágyabb állományú tejes fagylaltok előállítását.

5.2.3. Frekvencia söprés eredményeinek értékelése

A frekvenciasöprés módszerével a minták időfüggő viselkedését vizsgáltam oszcillációs mérési módban. A vizsgálat megkezdéséhez meg kellett találnom azt az amplitúdó értéket, amelyen a méréseimet végezhettem. Ennek az értéknek biztosan a lineáris viszkoelasztikus tartományba kell esnie, ahol a minta szerkezete még nem szenved irreverzibilis változást. Ezt az előző mérés alapján, az amplitúdó söprés módszerével határoztam meg, és a lineáris viszkoelasztikus tartomány végéhez tartozó ampiltúdó γ_V (%) értékek segítségével arra a megállapításra jutottam, hogy a 0,002 %-os amplitúdó érték egészen biztosan a kívánt tartományba esik, így ezt választottam ki a mérés elvégzésére. A pontos adatokat a 2. melléklet táblázata tartalmazza.

A mérés során meghatározott rugalmassági és veszteségi modulus értékeit ábrázoltam a frekvencia függvényében, amelyek két egymással nem érintkező görbét formáltak meg az adott frekvencia tartományon belül. Jól látható mind a két típusú fagylaltnál, hogy a G' (szilárdságot mutatja) értékei egy nagyságrenddel nagyobbak a G" (viszkózus tulajdonságot mutatja) értékeinél (G':G"=10:1), tehát a fagylaltok gél tulajdonságokkal rendelkeznek.

A következő ábrán (22. ábra) a különböző savótartalmú minták frekvencia söprés módszerével kapott értékeinek ábrázolása látható.



22. ábra: Frekvencia söprés eredményei tejes fagylaltok esetében

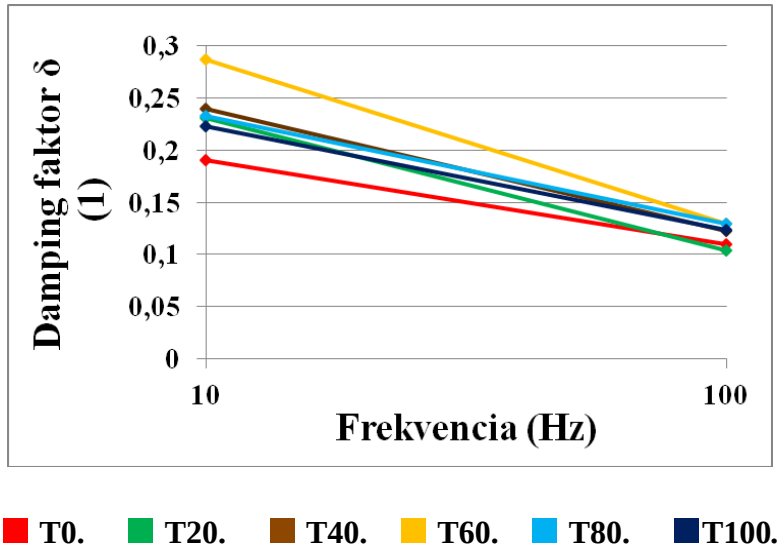
A 22. ábrán látható, hogy a tejes fagylaltok esetében a kezdeti G' és az utolsó G' értékei nem mutatnak jelentősebb eltérést a 10 Hz és 100 Hz közötti tartományban. Ezt a következő, 8. táblázatba foglalt értékek is szemléltetik, ahol ugyancsak a G' görbe két pontja (kezdeti és végpont) közötti aránypárokat tüntettem fel. Ez alapján a G_V'/ G_0' arányszámai 1-hez közeli értékek, tehát valóban nincs nagyobb eltérés a görbe kezdeti és végpontja között, jellegük nem változott meg a mérés során.

A G" görbéi szintén nem mutatnak jelentős változást a savótartalom emelésével, csökkenő tendenciát mutat a vizsgált tartományon belül. Így a tejes fagylaltoknál a G' és G" görbéi kiszélesedő formát mutatnak a nagyobb frekvencia értékek felé. Az ideális eset az lenne, ha a két görbe (G' és G") párhuzamosan futna az adott frekvencia tartományon belül, hiszen ekkor a minta gél szerkezetű lenne. Ha a két görbe közötti távolság csökken, akkor a minta veszít a gél szerkezetéből (el is veszítheti azt), így a viszkózus tulajdonságok dominálnak, vagyis a minta folyékonyabbá válik. Ha pedig a két görbe egymáshoz képest távol helyezkedik el, akkor a minta inkább elasztikus tulajdonságokkal rendelkezik.

8. táblázat: Tejes fagylaltok rugalmassági modulus kezdeti és végpont értékei, azok aránya frekvencia söprés módszerénél

Fagylalt minták	G_0' (Pa)	G_V' (Pa)	G_V'/ G_0'
T0.	2 015 000	2 452 500	1,22
T20.	1 560 000	2 147 500	1,31
T40.	1 477 500	1 900 000	1,29
T60.	1 315 000	1 882 500	1,43
T80.	1 583 333	2 110 000	1,33
T100.	1 640 000	2 137 500	1,30

A két görbe állását és egymáshoz való viszonyát a damping faktor (G"/G') szemlélteti a 23. ábrán.



23. ábra: Frekvencia söprés módszerével meghatározott damping faktor értékek ábrázolása tejes fagylaltok esetében

Ebben az esetben is 10 Hz és 100 Hz értékeknél vizsgáltam a damping faktort, amely értékei egy egyenes képét formálják meg, ami azt mutatja, hogy a tárolási idő múlása hogyan befolyásolja a fagylaltok stabilitását. A meredekségéből pedig következtethetünk a vizsgált minta tárolási idejére, azaz hogyan befolyásolja a tárolási idő a fagylaltok stabilitását.

Az ábrán látható, hogy a savóadagolás hatására a referencia mintához képest (T0.) olvadékonyabbak lesznek a savót tartalmazó tejfagylaltok. Az idő függvényében nagyobb minőségváltozások mennek végbe a tárolás során, így kevésbé tartható el hosszú ideig. Hiszen önmagában a tej egy stabil rendszer, azonban ha savót adagolunk hozzá, ez a stabilitás romlik. Ez figyelhető meg a kapott eredményeknél is.

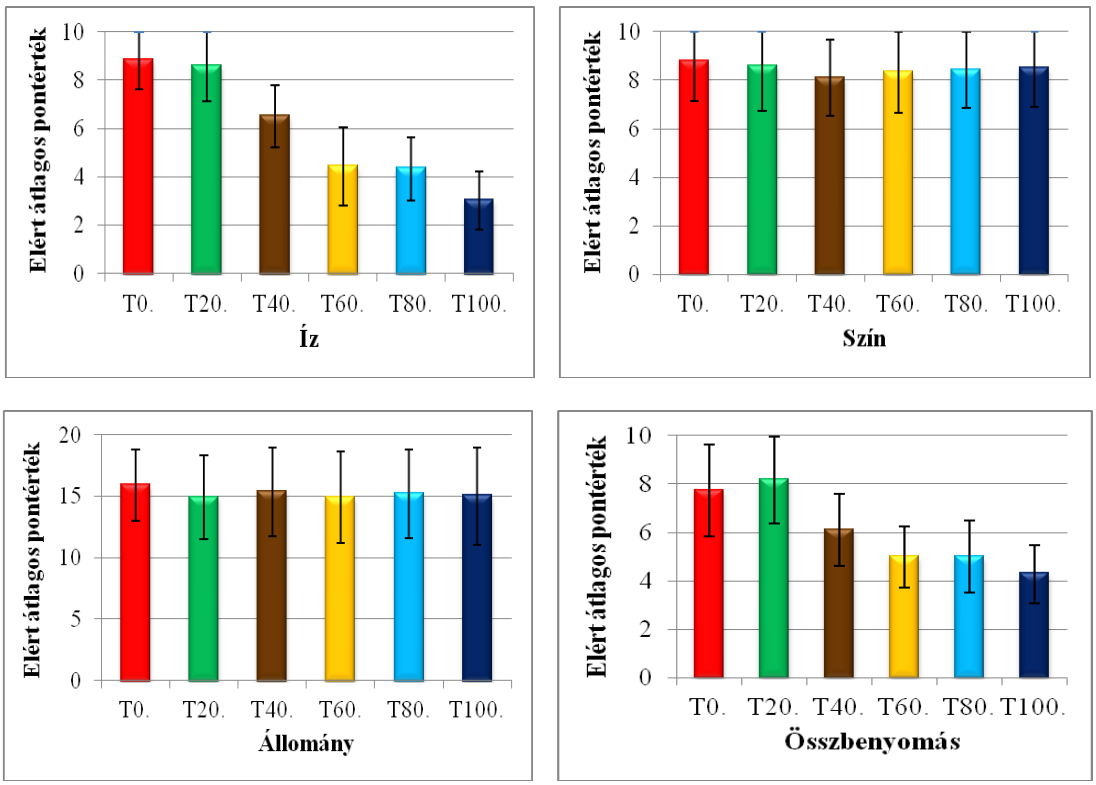
Összességében megállapítható, hogy a tejes fagylaltok alkalmasak ugyan a rövid távú tárolásra, azonban a tárolási idő előrehaladtával csökken a minták szilárdsága (100 Hz-től a 10 Hz felé), ami a termék eltarthatósági idejét csökkenti. Ezt igazolják az egymás felé tartó egyenesek is. (MEZGER, 2006)

Stabilitásuk a savó mennyiség növelésének hatására sem változott, tehát az eredmények alapján a savó a tárolhatóságot nem befolyásolja jelentősen. Fázisszétválás nem valószínű rövid és hosszú távú tárolás és szállítás alatt sem.

5.3. Érzékszervi vizsgálat eredményei és értékelésük

Az általam elkészített tejfagylaltokat érzékszervi vizsgálatnak is alávetettem, hogy vajon ezek az eredmények is igazolják-e a mérés során megállapítottakat. A bírálaton 15 fő vett részt, akik segítségével a fagylaltok több tulajdonságáról is következtetéseket vontam le.

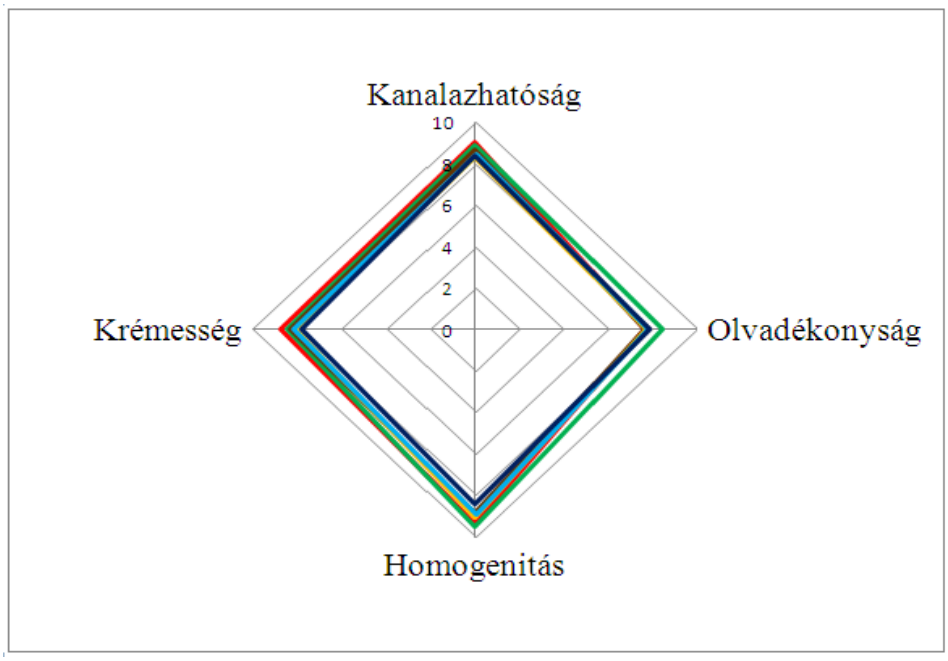
Oszlopdiagramon ábrázoltam az ízre, színre, állományra és összbenyomásra adott átlagos pontértékeket (24. ábra). Majd pókháló diagramon pedig a főbb állományjellemzőket, általam vizsgált paramétereket tüntettem fel. Ezek pedig a krémesség, kanalazhatóság, olvadékonyság és homogenitás paraméterei voltak (25. ábra).



24. ábra: Tejes fagylaltok érzékszervi vizsgálatának átlagos pontértékei

Ahogy azt a 24. ábra is mutatja, az íz tekintetében a sorozat második tagja (T20.) bizonyult a legjobbnak. A savó tartalmú tejes fagylaltoknál sem színében, sem az állományában nincs jelentősebb eltérés a referencia mintához (T0.) képest. Mindez a tej, illetve a tejszín zsírtartalmának köszönhető. A tejes fagylaltok összességére szintén elmondható, hogy a 20%-ban savót tartalmazó minta (T20.) bizonyult a legkedvezőbbnek.

A 25. ábra a fagylaltok főbb állományjelzőit mutatja, ahol jól látható, hogy a bírálók nem tapasztaltak jelentősebb különbséget a növekvő savótartalmú minták különböző paraméterei között.



25. ábra: Tejes fagylaltok fontosabb állományjellemzői

5.4. Következtetések, javaslatok

Összességében a tejes fagylaltok amplitúdó söprés módszerének mérési eredményeiből megállapítható, hogy változást csak a metszéspont esetén figyelhetünk meg, ami azt jelenti, hogy egyre lágyabb és krémesebb állományú terméket kaphatunk, amihez a tej és tejszín keverékében található tejzsír is nagyban hozzájárul. Az érzékszervi vizsgálat során az állományjellemzők alapján a bírálók nem tettek jelentősebb különbséget a különböző fagylaltminták között.

A frekvencia söprés módszerének mérése során arra a következtetésre jutottam, hogy a savó adagolás kismértékben csökkenti a termékek eltarthatósági idejét (hosszú távú tárolhatóság), stabilitását, azonban ez nem számottevő mértékű, tehát a tejes fagylaltok mind a hosszú távú, mind pedig a rövid távú tárolásra egyaránt alkalmasak minőségromlás nélkül.

A tejes fagylaltokban 20%-os adagolás felett már érzékelhető a savó jellegzetes íze, melyet a bírálók kellemetlennek találtak, ezért ebben az esetben 20%-nál nagyobb arányú bekeverés csak megfelelő ízesítés mellett eredményez megfelelő minőségű terméket.

6. Összefoglalás

TDK munkám keretein belül 6 féle tejes fagylaltot készítettem és azt vizsgáltam, hogy a különböző mennyiségben adagolt savanyú savó a fagylaltok tulajdonságait milyen mértékben befolyásolja. Egy referencia mintát készítettem, ami nem tartalmazott savanyú savót, a fennmaradó 5 mintát pedig savanyú savó HNF koncentrátumával dúsítottam, méghozzá a referencia minta eredeti tej tartalmának 20%, 40%, 60%, 80% és 100%-val.

Az elkészített különböző fagylaltminták állományát vizsgáltam meg reológiai mérésekkel. Ezen mérések elvégzésére Physica MCR51 típusú viszkozimétert használtam lap-lap mérőfejjel. A két lap közötti távolságot 2 mm-re állítottam. Először egy olyan kísérletet végeztem, amelyből meghatározható az a hőmérséklet, mellyel az elkészített fagylaltok vizsgálatát végezhetem. Ez a nyomaték teszt, amelyet állandó frekvencia (10 1/s) és állandó nyomaték (250 μNm) értékek mellett változó hőmérsékleten (-15°C-tól 0°C-ig, és onnan vissza -15°C-ra) mértem. Erre azért volt szükség, hogy megállapítsam azt a hőmérséklet értéket, amelyen a mintáim már annyira szilárddá váltak, hogy az oszcillációs mérések során mérhetőek. Az így kapott eredmények alapján a -10°C-os hőmérséklet értéket választottam a következő mérések elvégzéséhez.

Ezt követte a kétféle oszcillációs módban végzett mérés, az amplitúdó és frekvencia söprés módszere. Az amplitúdó söprés módszerét változó kitérés (0,001 és 40%) és állandó frekvencia érték (10 1/s) mellett végeztem állandó -10°C-os hőmérsékleten. Ezzel a módszerrel határoztam meg a rugalmassági modulus (G_0') és veszteségi modulus (G_0") kiinduló értékeit a kitérés függvényében, a lineáris viszkoelasztikus tartomány végét (V), valamint ezek metszéspontját (M, folyáshatár). Az így kapott eredményeim kiértékelésére kétmintás páronkénti t-próbát alkalmaztam 95%-os konfidencia szinten, ahol a referencia mintát hasonlítottam össze a savót tartalmazó fagylaltokkal, és vizsgáltam, hogy a párok között van-e szignifikáns differencia. Ennél a mérésnél így tehát megállapítható, hogy a fagylaltoknál szignifikáns differencia (csökkenés) csak a metszéspontban figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a fagylaltok állománya a savóadagolás növelésével egyre krémesebbé és lágyabbá vált.

A frekvencia söprés módszerénél állandó amplitúdó (kitérés) értéket alkalmaztam (0,002%) konstans hőmérséklet érték mellett (-10°C). A mérés során a rugalmassági modulus (G') és a veszteségi modulus (G") értékeit határoztam meg a frekvencia függvényében, melyek értékét 10 Hz és 100 Hz között változtattam. Valamint a két görbe egymáshoz való

viszonyát a damping faktorral (G”/G’) határoztam meg. Ezzel a mérési módszerrel a minták időfüggő reológiai viselkedéséről szerezhettem információt. Ennél a módszernél azt állapítottam meg, hogy a növekvő savótartalom csökkenti ugyan a tárolhatóságot, ám ez nem befolyásolja jelentősen a savót tartalmazó fagylaltok eltarthatósági idejét a referencia mintáéhoz képest. Így a tejes fagylaltok egyaránt alkalmasak rövid illetve hosszú ideig tartó tárolásra minőségromlás nélkül.

Végezetül a mintákat független bírálók segítségével is értékeltem érzékszervi vizsgálat keretein belül, pontozásos módszert alkalmazva. A bírálók a fagylaltok közül a 20% savókoncentrátumú mintát választották a legkedvezőbb termékeknek (T20.). E mellett megfigyelhető, hogy a 20% és 40%-os savanyú savó koncentrátum pozitívan hatott a vizsgált paraméterekre, valamint a termék krémessége is jobban érezhető volt.

Összességében megállapítottam, hogy a savanyú savó HNF koncentrátuma magas zsírtartalmú fagylaltokban alkalmazható megfelelő ízesítés mellett, amely így pozitívan fejtheti ki hatását mind az érzékszervi tulajdonságokra mind az állományjellemzőkre.

7. Irodalmi jegyzék

1. ADAPA, S., DINGELDEIN, H., K. A. SCHMIDT, A., HERALD, T. J. (2000): Rheological Properties of Ice Cream Mixes and Frozen Ice Creams Containing Fat and Fat Replacers, Journal of Dairy Science 83, pp. 2224–2229
2. BALLA CS., BINDER I., (2002): Gyorsfagyasztott élelmiszerek tárolása, Szerk.: Beke Gy. Hűtőipari Kézikönyv 2. Technológiák, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 463-464
3. BOGDÁN J. (1979): Tartósítóiparok állati eredetű nyersanyagai, Budapest, pp. 201.
4. CSAPÓ J., CSAPÓNÉ K. ZS. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 413-415
5. DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. (2008): Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese, Journal of Food Engineering 84, pp. 368–374
6. DRAGONE, G., MUSSATTO, S. I., ALMEIDA E SILVA, J. B., TEIXEIRA, J. A. (2011): Optimal fermentation conditions for maximizing the ethanol production by Kluyveromyces fragilis from cheese whey powder, Biomass and Bioenergy 35, pp. 1977-1982
7. EISNER, M. D., WILDMOSER, H., WINDHAB, E. J. (2005): Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 263, pp. 390–399
8. FENYVESSY J., (2010): Pannónia sajt. Szerk.: Biacs P. Élelmiszer-technológia mérnököknek, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, Szeged, pp. 474-477, 525-527
9. FETTER GY. (2004): Liotróp rendszerek in situ vizsgálata, PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
10. FÖLDES J., RAVASZ L. (1998): Cukrászat, Útmutató Kiadó, Budapest, pp. 423, 429-432, 578-580
11. GASZTONYI K., BOGDÁN J-NÉ. (1985): Élelmiszerek kolloidikája és reológiája, Kertészeti Egyetem, Budapest, pp. 113-125
12. GUGGISBERG, D., EBERHARD, P., ALBRECHT, B. (2007): Rheological characterization of set yoghurt produced with additives of native whey proteins, International Dairy Journal 17, pp. 1353-1359

13. GUGGISBERG, D., PICCINALI, P., SCHREIER, K. (2011): Effects of sugar substitution with Stevia, Actilight™ and Stevia combinations or Palatinose™ on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt, International Dairy Journal 21, pp. 636-644
14. HOMONNAY ZS., KONC K-NÉ (2005): A tejsavóról másképpen, Élelmezésipar, LIX. 6-7, pp. 179-183
15. JELEN, P. (2011): Whey processing – Utilization and Products, In J. W. FUQUAY, P. F. FOX, P. L. H. McSWEENEY (Eds.), Encyclopedia of Dairy Sciences 2nd edition, pp. 731-738
16. JUHÁSZ, R., ZEKE, I., NÓTIN, B., NÉMETH, CS., STÉGERNÉ, M. M., BARTA, J., BALLA, CS. (2010): Rotációs és oszcillációs viszkozimetria alkalmazása az élelmiszervizsgálatokban, KÉKI 340. Tudományos Kollokvium, Budapest, pp. 7
17. JUHÁSZ R., ZEKE I., BALLA CS., BARTA J. (2011): Oszcillációs reometria alkalmazása az élelmiszervizsgálatokban, Élelmiszervizsgálati közlemények, LVII. (3), pp. 169-180
18. KEMÉNY A. (2009): Cukrászati technológia II., FMV Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, pp. 173-178, 185-186
19. KONCZ K.-NÉ (2011): Állatitermék technológiák és minőségügy II., Előadás anyagok, Jégkrém gyártás
20. F. V. KOSIKOWSKI (1979): Whey Utilization and Whey Products, Journal of Dairy Science 62 (7), pp. 1149-1160
21. LÁSZLÓ P. (2003): Élelmiszerfizika I., Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Kertészettudományi Kar, Budapest, pp. 57-62
22. LÁSZTITY R. (1987): Élelmiszeranalitika I., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 239-254, 258-259
23. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (2008): 1-3/51-1 számú előírás, Tejtermékek, 3. kiadás, pp. 3
24. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (2007): Jégkrémek, 2-5210 számú irányelv, 2. kiadás, pp. 1, 3
25. MEZGER, T. G. (2006): The Rheology Handbook 2nd edition, Vincentz Network, Hannover, pp. 124-143
26. MOLNÁR P. (1991): Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 77-81

27. QUINCHIA, L. A., VALENCIA, C., PARTAL, P., FRANCO, J. M., BRITO-DE LA FUENTE, E., GALLEGOS, C. (2011): Linear and non-linear viscoelasticity of puddings for nutritional management of dysphagia, Food Hydrocolloids 25, pp.:586-593
28. RAMCHANDRAN, L., SHAH, N. P. (2009): Effect of exopolysaccharides on the proteolytic and angiotensin-I converting enzyme-inhibitory activities and textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage, Journal of Dairy Science 92 (3), pp: 895-906
29. REKTOR A. (2009): Tejsavó és szőlőmust feldolgozása komplex membrántechnikai eljárásokkal, Doktori értekezés, Budapest Corvinus Egyetem, Budapest
30. ROMÁN A. (2011): Tejsavó nano- és diaszűrésének vizsgálata, Doktori értekezés, Budapest Corvinus Egyetem, Budapest
31. SCHREINER E. (1987): Tejipari technológia II., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 51-54, 57-62
32. SISO, M. I. G. (1996): The biotechnological utilization of cheese whey: a review, Bioresource Technology 57, pp. 1-11
33. STEFFE, J. F. (1996): Rheological methods in food process engineering, Freeman Press, Michigan, USA, pp. 312-324
34. SZAKÁLY S. (2001): Tejgazdaságtan, Dinasztia Kiadó, Budapest, pp. 72-73, 249, 350-355
35. WILDMOSER, H., SCHEIWILLWR, J., WINDHAB, E. J. (2004): Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream, LWT-Food Science and Technology, 37, 8 pp. 881-891
36. YOUNG, S. (2007): Whey products in ice cream and frozen dairy desserts. Arlington, VA: U.S Dairy Export Council. 12
37. ZEKE, I., JUHÁSZ, R., BALLA, CS., BARTA J., SCHÜLLER, R. B. (2010): Különleges norvég tejtermékek reológiai vizsgálata oszcillációs és rotációs módszerekkel, Élelmiszer Tudomány Technológia 1, pp. 11-12

Internetes hivatkozás

1. www.ippc.hu/pdf/tej_utmutato.pdf (2012. 02. 05.)
   Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a tejfeldolgozás terén, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Környezetbiztonsági Főosztály (2005)

8. Mellékletek

1. melléklet

Érzékszervi bírálati lap

Savó felhasználásával készült tejes fagylaltok vizsgálata

Bíráló neve:

Dátum:

	Íz	**Szín**	**Állomány**	**Összbenyomás**	**Rangsor**
	Max. 10 pont	Max. 10 pont	Max. 20 pont	Max. 10 pont	1-6
357					
283					
425					
174					
691					
821					

Karikázza be a megfelelő választ!

Mellékízt érez-e? igen nem

Ha igen, jellege: édes sós savanyú keserű

	Kanalazhatóság	**Olvadékonyság**	**Homogenitás**	**Krémesség**
	Max. 10 pont	Max. 10 pont	Max. 10 pont	Max. 10 pont
357				
283				
425				
174				
691				
821				

2. melléklet

1. táblázat: Amplitúdó söprés módszerének főbb paraméterei, leolvasott értékei tejes fagylaltok esetében

		T0.	T20.	T40.	T60.	T80.	T100.
G_0' (Pa)	átlag	$1{,}31\text{x}10^{6}$	$1{,}17\text{x}10^{6}$*	$8{,}77\text{x}10^{5}$*	$7{,}47\text{x}10^{5}$*	$8{,}02\text{x}10^{5}$*	$7{,}48\text{x}10^{5}$*
	szórás	$\pm 4{,}86\text{x}10^{5}$	$\pm 2{,}78\text{x}10^{5}$	$\pm 2{,}11\text{x}10^{5}$	$\pm 4{,}55\text{x}10^{4}$	$\pm 8{,}64\text{x}10^{4}$	$\pm 1{,}44\text{x}10^{5}$
G_0" (Pa)	átlag	$4{,}61\text{x}10^{5}$	$4{,}57\text{x}10^{5}$*	$3{,}34\text{x}10^{5}$*	$4{,}06\text{x}10^{5}$*	$4{,}06\text{x}10^{5}$*	$3{,}67\text{x}10^{5}$*
	szórás	$\pm 5{,}16\text{x}10^{4}$	$\pm 9{,}08\text{x}10^{4}$	$\pm 8{,}52\text{x}10^{4}$	$\pm 3{,}52\text{x}10^{4}$	$\pm 8{,}23\text{x}10^{4}$	$\pm 8{,}06\text{x}10^{4}$
γ_V (%)	átlag	$1{,}43\text{x}10^{-2}$	$2{,}14\text{x}10^{-3}$	$2{,}78\text{x}10^{-2}$	$1{,}93\text{x}10^{-2}$	$2{,}20\text{x}10^{-3}$	$1{,}30\text{x}10^{-2}$
	szórás	$\pm 2{,}05\text{x}10^{-2}$	$\pm 1{,}12\text{x}10^{-3}$	$\pm 2{,}50\text{x}10^{-2}$	$\pm 1{,}52\text{x}10^{-2}$	$\pm 8{,}60\text{x}10^{-4}$	$\pm 9{,}25\text{x}10^{-3}$
τ_V (Pa)	átlag	$1{,}75\text{x}10^{2}$	$3{,}16\text{x}10^{1}$*	$1{,}70\text{x}10^{2}$*	$1{,}47\text{x}10^{2}$*	$1{,}94\text{x}10^{1}$*	$1{,}06\text{x}10^{2}$*
	szórás	$\pm 2{,}44\text{x}10^{2}$	$\pm 1{,}90\text{x}10^{1}$	$\pm 1{,}34\text{x}10^{2}$	$\pm 1{,}03\text{x}10^{2}$	$\pm 9{,}27\text{x}10^{0}$	$\pm 7{,}93\text{x}10^{1}$
τ_M (Pa)	átlag	$1{,}44\text{x}10^{3}$	$1{,}10\text{x}10^{3}$*	$6{,}73\text{x}10^{2}$**	$5{,}60\text{x}10^{2}$**	$4{,}66\text{x}10^{2}$**	$3{,}09\text{x}10^{2}$**
	szórás	$\pm 2{,}12\text{x}10^{2}$	$\pm 2{,}31\text{x}10^{2}$	$\pm 1{,}59\text{x}10^{2}$	$\pm 7{,}08\text{x}10^{1}$	$\pm 6{,}63\text{x}10^{1}$	$\pm 6{,}50\text{x}10^{1}$

*szignifikáns eltérés nem tapasztalható ** szignifikáns eltérés tapasztalható