



Élelmiszertudományi Kar

Hűtő és Állatitermék Technológiai Tanszék
Konzervtechnológiai Tanszék

Savanyú savó koncentrátum hatása tejfagylaltok minőségére

TDK dolgozat



TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

Vajda Ágnes

I. évf. MSc hallgató

Témavezetők:

Zeke Ildikó

tanszéki mérnök

Dr. Juhász Réka

egyetemi adjunktus

Budapest

2012.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Irodalmi áttekintés	4
2.1. A tejsavó	4
2.1.1. A tejsavó tápanyagai, élettani hatásai	4
2.1.2. A savó és a környezetszennyezés	6
2.1.3. A savó hasznosításának lehetőségei	7
2.2. A fagylalt	9
2.2.1. A fagylaltok összetevői.....	9
2.2.2. Fagylalt típusok	11
2.2.3. A fagylaltok gyártástechnológiája	11
2.3. Termofizikai alapok összefoglalása	13
2.3.1. Az élelmiszerek fagyása.....	13
2.3.2. Az élelmiszerek hőfizikai jellemzői	13
2.4. Reológiai alapok összefoglalása.....	18
2.4.1. Deformáció	18
2.4.2. Reológiai alapmodellek.....	18
2.4.3. Oszcillációs viszkozimetria.....	19
3. Kísérleti munkám témája, célja	23
4. Anyagok és módszerek.....	24
4.1. A kísérleti munka során felhasznált anyagok	24
4.1. A kísérleti munka során használt eszközök	25
5. Eredmények és értékelésük	32
5.1. A termofizikai vizsgálatok eredményei és értékelésük	32
5.1.1. A kriosztáttal mért eredmények és értékelésük.....	32
5.1.2. A DSC-vel mért eredmények és értékelésük.....	33
5.2. A reológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük	38
5.2.1. Hőmérsékletfüggés vizsgálata és eredményei.....	38
5.3. Érzékszervi vizsgálat eredményei és értékelésük.....	41
6. Összefoglalás	44
Irodalomjegyzék	46
Mellékletek:.....	49

1. Bevezetés

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a savó, mint tejipari „melléktermék” gazdaságos, modern, és környezetkímélő felhasználása. Ennek két fő oka van: egyrészt, ma már nem engedhetjük meg magunknak, hogy olyan értékes, tápanyagban gazdag anyagot, mint a savó csak úgy veszni hagyjunk, másrészt védenünk kell természeti kincseinket az iparból kikerülő káros anyagokkal szemben.

Sajtgyártáskor és túrógyártáskor a hagyományos feldolgozás során az alapanyagban található szárazanyagnak csupán kevesebb, mint fele kerül be a késztermékbe. Így a tej szénhidrát-, ásványi anyag-, fehérje-, zsír-, valamint a vízben oldódó vitamintartalmának jelentős része a savóval hasznosítatlan mellékanyagként kerül ki a feldolgozó üzemekből (HOMONNAY & KONCZ, 2005). Ez óriási mértékű pazarlást jelent, ha azt nézzük, hogy az előbb említett tejalkotók milyen jótékony hatással vannak az emberi szervezetre.

Pozitívként elmondható, hogy ma már egyre több iparágban előszeretettel használják fel a savót a késztermékek minőségi és beltartalmi értékeinek növeléséhez. Azonban még számos kiaknázatlan lehetőség van a savó felhasználására, különös tekintettel a savanyú savóéra. Az élelmiszeriparban elsősorban a magasabb laktóz tartalmú „édes” savó felhasználása a jellemző, bár számos termék gyártása során alkalmazzák a savanyú savót is, elsősorban állományjavító hatása miatt (NAGY, 1998).

Ezen gondolatok adták az ötletet, hogy olyan fagylaltokat készítsék, melyek eltérő mennyiségben tartalmaznak savanyú savó koncentrátumot. Vizsgálataimmal pedig arra kerestem a választ, hogy milyen mértékű az a felhasználható mennyiség, amely az érzékszervi tulajdonságokat még nem befolyásolja nagymértékben, illetve hogy a savóval készült fagylaltok milyen hőfizikai tulajdonságokban térnek el az eredeti savó nélkül készített fagylaltokétól.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A tejsavó

A tejsavó a sajt és túrógyártás során keletkező, folyadék halmazállapotú melléktermék, mely a Magyar Élelmiszerkönyv megfogalmazása szerint „a tejnek a kazein kicsapítása után visszamaradó része”.

A sajt előállítása során számos tejalkotó a savóban marad. A fehérjék közel 25%-a is a savót gazdagítja, de ezen kívül laktóz, ásványi anyagok és vitaminok is viszonylag nagy arányban találhatók meg benne (BALATONI & KETTING, 1981). Ezért táplálkozásba bevonható, funkcionális élelmiszernek minősíthető. Bioaktív anyagai kivételesen hasznosak lehetnek különböző betegségek megelőzésében, kezelésében. Valószínűleg ez az egyik oka annak, hogy a savó felhasználásának kérdése nagyon intenzíven foglalkoztatja mind a hazai, mint a külföldi kutatókat egyaránt (RHICHA et al., 2007).

Az iparban általában két féle savóról, a **savanyú**, illetve **édes tejsavóról** szoktak beszélni. A megkülönböztetés alapja a tejcukor és a tejsav savóban levő aránya. A tej savas alvasztásakor (túrógyártás) savanyú savó, míg oltós és vegyes alvasztás esetén édes savó keletkezik.

2.1.1. A tejsavó tápanyagai, élettani hatásai

A sajtgyártás során a fő termékbe az alapanyag eredeti szárazanyagtartalmának valamivel kevesebb mint a fele, kb. 47%-a került át, tehát a szárazanyag nagyobbik hányada a savóval távozik el.

A tejsavó tápanyagtartalma a szerint változhat, hogy az alapanyag milyen technológiai eljárásokon esett át. Így a tej savas alvasztásakor keletkező savanyú savó és az oltós, illetve vegyes alvasztású savanyú savó adott komponensekre nézve eltérő összetételt mutat (1. táblázat).

1. táblázat: Tejtermékek és a gyártás során keletkező melléktermékek összetétele

Alkotórész	Sovány tej	Író		Savó	
		édes	savanyú	édes	savanyú
Szárazanyag%	8,8	9,2	8,7	6,0	6,0
Zsír%	0,05	0,4	0,3	0,4	0,3
Fehérje%	3,4	3,4	3,4	0,7	0,7
Tejcukor%	4,6	4,6	3,6	4,8	3,5
Ásványi anyag%	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7
Tejsav%	-	-	0,7	-	0,8
Víz%	91,2	90,8	91,3	93,5	94,0

(BALATONI & KETTING, 1981)

A tejszír

A tej nagy koncentrációban jelen lévő zsírsavai az olajsav, a palmitinsav, a mirisztinsav és a sztearinsav. Esszenciális zsírsavak közül a linolsavat és a linolénsavat is tartalmazza. Az α - linolénsav az omega-3 zsírsavak képviselője. Ennek és az omega-6 zsírsavnak az aránya a tejben 2,5:1-hez, ami ideálisnak tekinthető (CSAPÓ & CSAPÓNÉ, 2002). A rák elleni védelemben a konjugált linolsav (CLA) különösen nagy jelentőséggel bír.

A tejfehérjék

Fő funkciójuk a szervek, az izom- és vázrendszer sejtjeinek felépítésében, működtetésében és az ehhez szükséges energia biztosításában van. Azokat az aminosavakat, amelyeket szervezetünk nem tud előállítani, külső fehérjeforrásokból kell fedezni (ZSINKA, 1989). Ezeknek az úgynevezett esszenciális aminosavaknak a felvételét elsősorban tej és tejtermékek fogyasztásával tudjuk magunk számára biztosítani.

A savófehérjék

A savófehérjék emészthetősége közel 94-100%-ra tehető. Előfordulnak köztük immunstimulátorok, immunmodulátorok, zsírsav- és vitaminkötők, valamint felhám-megújító és inzulinhoz hasonló hatással bíró anyagok is. (CSAPÓ & CSAPÓ, 2002).

A tejcukor

A tejcukor, más néven laktóz a tej természetes alkotója. Szervezetünk számára a legfontosabb diszacharidok egyike. Mennyisége a tejben átlagosan 4,5-5,0% közé, míg az anyatejben 4,7-5,1% - ban fordul elő α - és β - módosulatban. Közvetlen és közvetett élettani hatásai is vannak. Fontos szerepe van a csontosodásban, az agyszövet felépülésében és az immunanyag képzésben.

Ásványi anyagok

A szervezet elektorkémiai, ozmózis és sav-bázis egyensúlyának fenntartásában vesznek részt. A nátrium jelentősége az idegrendszerben keletkező ingerületek átvitelében, a káliumé a sejtekben az ozmózisnyomás fenntartásában, míg a magnéziumé az izomműködésben van (ZSINKA, 1989).

2.1.2. A savó és a környezetszennyezés

A tejipari termelés során keletkező édes savó, és a túrógyártás során keletkező savanyú savó éves szinten keletkező össz mennyisége elérheti a 145 millió tonnát. A termékgyártás mellékterméke ugyanis az alapanyag (nyers tej) összes térfogatának megközelítőleg 80-90 %-át teszi ki, és az eredeti szárazanyag-tartalom mintegy 40%-át (KÁRPÁTI, 1997) tartalmazza. A beltartalmi jellemzői miatt nagy biológiai és kémiai oxigén igényű anyag. A tejcukor a savó könnyen lebomló szerves anyagai, míg a fehérjék a tejszírokkal együtt a kicsit lassabban lebomló komponensei közé sorolható (KÁRPÁTI et al., 1983).

A szennyezés formái

A tejsavó jelentős foszforszennyezést jelenthet amellet, hogy a tejfehérjék egy része szerves formában kéntartalmú, így ezeknek a fehérjéknek a szennyvízbe kerülésénél kénszennyezéssel is számolni kell.

A savó kémhatása

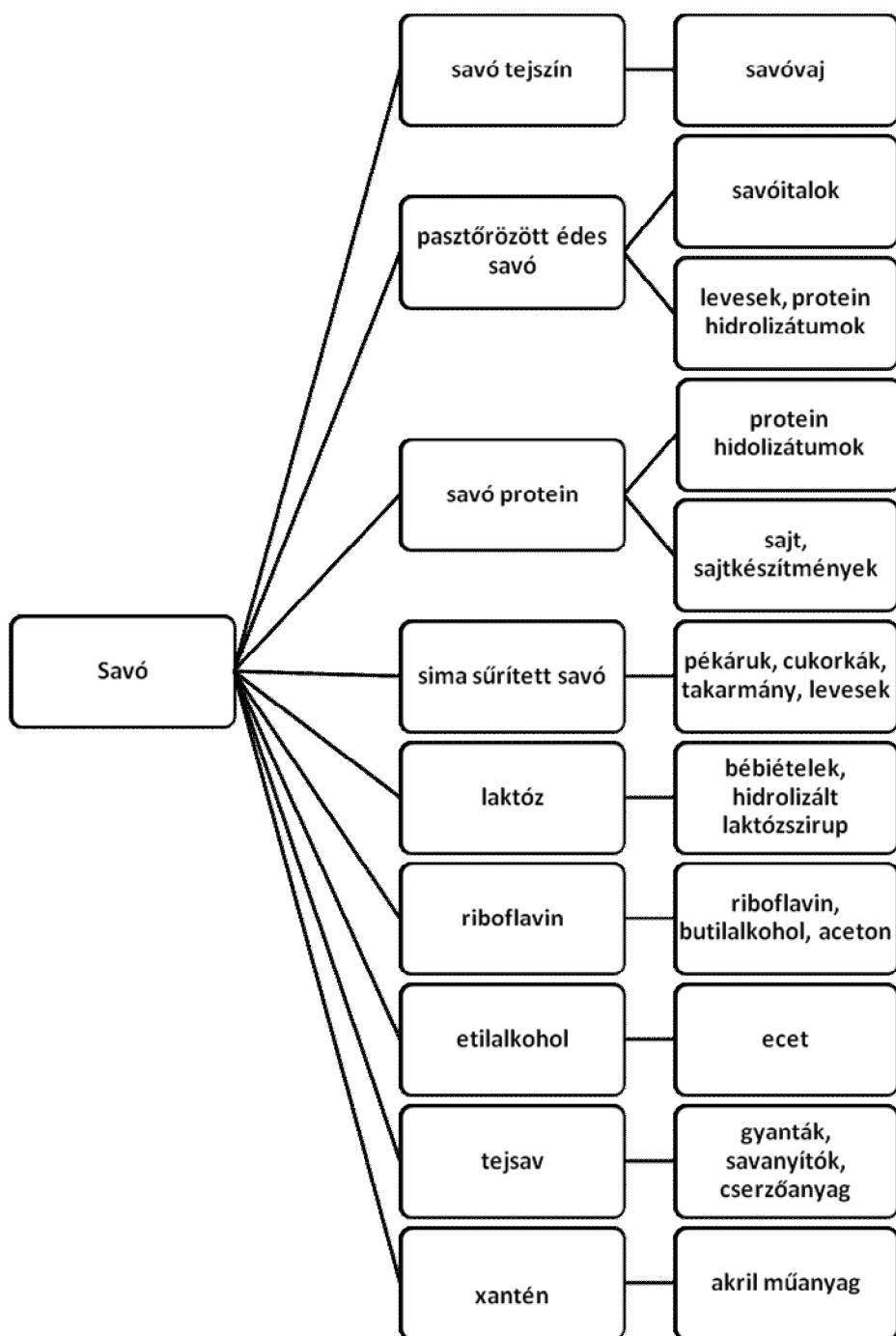
A savanyú savó átlagos pH-ja 4,3-4,5 közé tehető. Viszont tejipari szennyvizek kémhatása, komponenseik aránya, a savas-lúgos tisztítások és CIP folyadék leeresztésének hatása szerint szélsőséges körülmények között (pH=2-11) változhat.

2.1.3. A savó hasznosításának lehetőségei

A savót, mint alapanyag helyettesítőt és segédanyagot gazdasági szempontokból nagyon előnyös hasznosítani. Melléktermékként kisebb beltartalmi értéke van a tejnél, és ez az alacsonyabb árán is megmutatkozik. Az is fontos szempont, hogy a savót — ha felhasználás céljából nem is, de környezetvédelmi okokból mindenképp — kezelni kell, ami jelentős költséget jelent. Ezért a savó visszaforgatása a termékgyártásba mindenképp jó megoldásnak tekinthető (BALATONI & KETTING, 1981).

Termékfejlesztés savóval

A savó koncentrált változatát pékáruk, cukorkák gyártásánál régóta felhasználják. Tejipari termékek esetében is egyre elterjedtebb a savó hozzáadása, ezáltal hasznosítása. Ezt támasztják alá azok a kísérletek is, melyben savó UF (ultraszűrt) koncentrátumát adták a fagylaltnak a fizikai tulajdonságok javítása és a beltartalmi értékek növelése céljából. Az UF- savókoncentrátum nagy előnye, hogy nagy a fehérje hozama, és alacsony a laktóz tartalma. (LEE & WHITE, 1991). A laktóztartalom redukálásával minimalizálódik a homokos állomány kialakulása, vagyis a savó tejfagylaltban alkalmazott mennyiségének a laktóz kristályosodásra való hajlama és az íz szab határt. A felhasználási lehetőségeket összefoglalva a következő ábra szemlélteti:



1. ábra: A savó és a savókészítmények felhasználásának módjai

(www.u-szeged.hu)

A Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet munkatársai (MTKI) kutatásokat folytattak annak vizsgálatára, hogy a savanyú savó membránszűréssel kapott alkotórészeit hogyan lehet alkalmazni különböző élelmiszerek gyártásánál. Kísérleteik során a savanyú savót először ultraszűrték, majd az ultraszűrés után kapott permeátumot nanoszűrték. A nanoszűréskor keletkező koncentrátum tejcukor-tartalmának egy részét elhidrolizálták, így kapták meg az ún. HNF savanyú savó koncentrátumot. Minthogy az ultraszűrés során csak a 0,002-0,1 μm -nél, nanoszűréskor pedig csak az 1nm-nél kisebb molekulák jutnak keresztül a membránon, a két féle szűrési mód arányaiban különböző összetételű termékeket (szűrlet és koncentrátum) eredményez. Az MTKI munkatársai két „prototípus családot” fejlesztettek ki: a savanyú savó ultraszűrt fehérje-koncentrátumát tejföl, joghurt, kefir, savóital előállításához, míg az ultraszűrt permeátum nanoszűrt hidrolizált koncentrátumát kenyér, keksz, száraztészta, fagylalt előállításához használták fel alapanyagként. Dolgozatomban az utóbbi tejfagylaltra gyakorolt hatását vizsgálom.

2.2. A fagylalt

A fagylalt pasztörözött alapanyag-keverékből fagyasztással készített szilárd, vagy krémszerű állományú termék. A keményfagylaltokat jégkrémnek, míg a lágyfagylaltokat egyszerűen csak fagylaltoknak szokás a hétköznapi életben nevezni. Az állománybeli különbséget az okozza, hogy a keményfagylaltokat a fagyasztás után kiadagolják, csomagolják, majd fagyasztólagúton való áthaladáskor keményítik szilárd állagúvá.

2.2.1. A fagylaltok összetevői

A termékek gyártásához a vonatkozó kötelező előírásoknak (törvény, rendelet, Magyar Élelmiszerkönyv I. kötet), ajánlásoknak (MÉ II., 2007), illetve a kereskedelmi követelményeknek megfelelően az alábbiakat lehet felhasználni:

- *Alapanyagok*: tej, zsír, víz, cukor, gyümölcs, tojás.
- *Járulékos anyagok*: zamatosító anyagok, dúsító anyagok, élelmiszer-adalékanyagok, fagylaltpaszta.

- *Zamatosító anyagok:* fűszernövények (vanília, fahéj), azonnal oldható készítmények, hőkezelt mazsola, szeszesitalok (rum).
- *Dúsító anyagok:* csokoládé, dióbél, gesztenyemassza, friss vagy gyorsfagyasztott gyümölcs, gyümölcsle-készítmény, joghurt, kakaópor stb.
- *Élelmiszer adalékanyagok:* állományjavítók, emulgeálószeresek néhány g/kg mennyiségben.
- *Fagylaltpaszta*

A gyártási alap és segédanyagok funkciói

Cukrok: szerepük a fagylalt édes ízének, és testességének biztosítása. Hatásukra csökken a keverékben levő víz fagyáspontja (pl.: cukor, fruktóz, laktóz, keményítőszörp, méz).

Fehérje és zsírtartalom: hozzájárulnak a fagylalt testességéhez, mindemellett pedig a krémesség és a magas tápérték kialakításában van szerepük (ALVAREZ et. al., 2005). A zsiradékok segítik a levegőfelvételt, illetve biztosítják a fagylalt lágyágát, optimuma 7% körüli (pl.: tejszín, vaj, kókuszszír, margarin stb.)

Emulgeálók: feladatuk, hogy gátolják a zsír és víz fázis szétválását, és a zsírgolyócskák összetapadását (pl.: lecitin, monogliceridek, sucresterek).

Stabilizátorok: lehetővé teszik két vagy több egymással nem keveredő anyag egyenletes diszperziójának fenntartását az élelmiszerekben (pl.: szentjánoskenyérmag liszt, guarmag liszt stb.)

Gyümölcsök: Elősegítik a fagylalt stabilitását amellet, és növelik a fagylalt A- és C-vitamin tartalmát.

Víz: Csak vezetékes, kifogástalan minőségű víz kerülhet a fagylaltba, mivel a nem tiszta, üledékes vízből készült termék kellemetlen ízű lesz.

Levegő: A levegőbuborékoknak köszönhetően válik a fagylalt könnyeddé, illetve kevésbé hideggé. Felvétele a fagylaltban a keverék érlelésekor és fagyasztásakor történik.

Ízesítők, színezékek: *Természetes ízesítők* a zamatosító anyagok (gyümölcs, kakaó), a paszták (gyümölcs, zsíros paszták). *Mesterséges ízesítők* az etil-vanília, a vanília, és a citromsav (íz kiemelésére). *Színezékeket* legfeljebb 300 mg/kg alatti mennyiségben lehet a fagylaltban felhasználni jellegnek megfelelően.

2.2.2. Fagylalt típusok

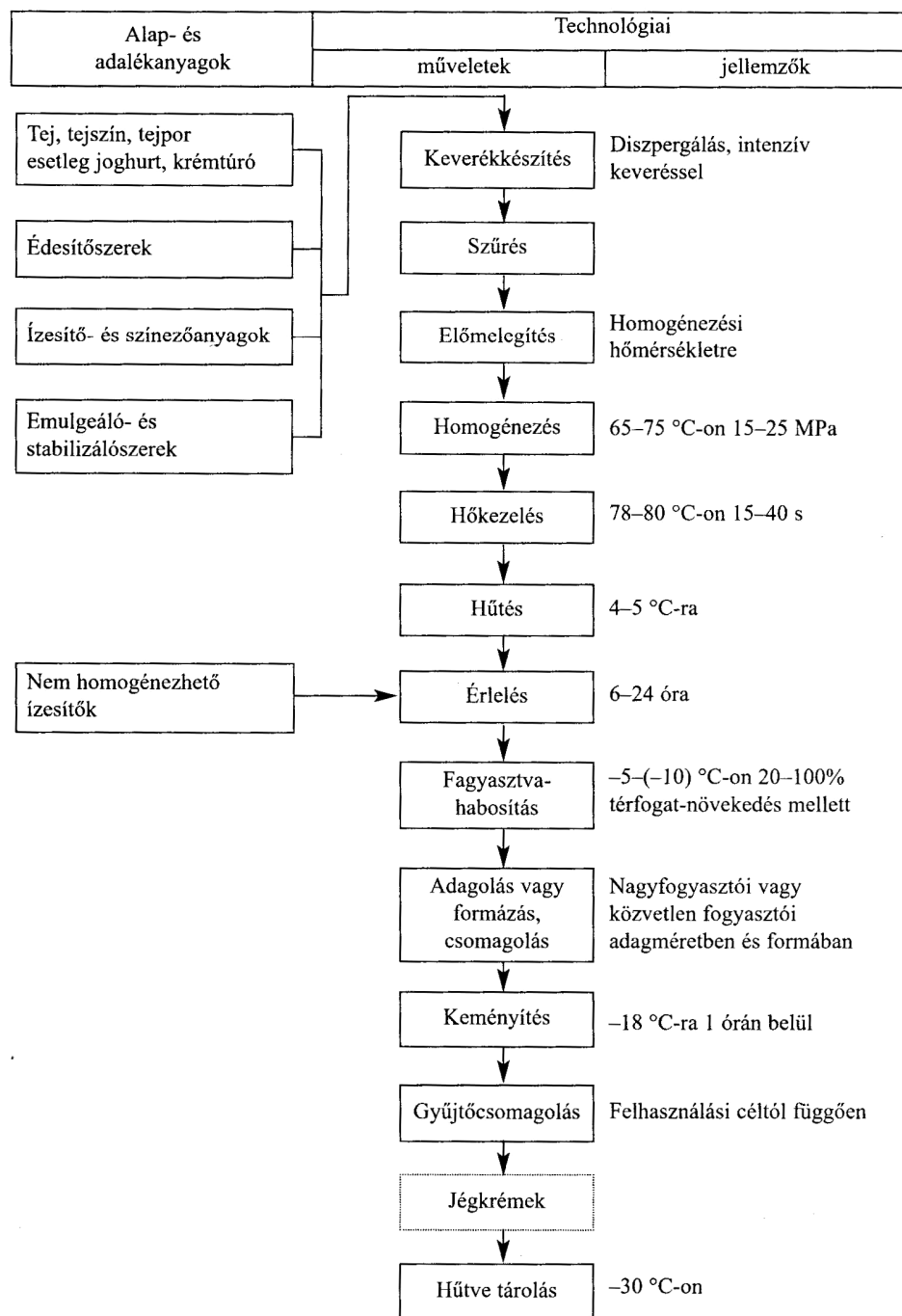
A fagylaltokat összetételük alapján szokás csoportosítani. Ez alapján a fagylaltok a következő kategóriákba sorolhatók.

- tejfagylalt
- tejes fagylalt
- gyümölcsfagylalt (általában vízzel készül)
- tejes gyümölcs és citrusfagylalt
- zöldségfagylalt

2.2.3. A fagylaltok gyártástechnológiája

A keményfagylalt gyártása, ahogy az a **2. ábrán** is látható, több összetett művelet sorozata.

A gyártás első lépése a **keverék** elkészítése. A keverést nagy sebesség mellett kell végezni, hogy a por állagú alap- és segédanyagok minél könnyebben feloldódjanak (GOFF, 2011). A keverést követi a **homogénezés**, melynek célja az alapanyag-keverék stabil zsír a vízben emulziójának kialakítása, a fagyasztás közbeni zsírkiválás gátlása. A harmadik lépés a **hőkezelés**, mely mikrobiológiai szempontból elengedhetetlen. Ezt általában lemezes hőcserélőben 75-80°C-on, 15-40 másodperces hőtartással végzik. A hőkezelés után hűthető, keverőelemekkel ellátott tankokban megtörténik az **érlelés**, vagyis a fehérjék feltárása és a zsír megdermesztése. Ezt követi a **fagyasztás**. Ekkor történik meg a laza állomány kialakítása, ugyanis a fagyasztás alatti levegőbekeverés térfogat növekedéssel (overrun) jár. A **keményítés** a jégkrémek (keményfagylaltok) gyártása során kap szerepet. A sima állomány eléréséhez a masszát 1 órán belül -18°C alá kell hűteni. A **tárolás** szigorúan -30°C-on történik a késztermék érzékszervi minőségének megőrzése érdekében. A lágyfagylaltok gyártásánál a különbség az, hogy ott a keményítés művelete nem ilyen szigorú protokoll szerint történik, általában -15°C-ra hűtik a terméket és ezután fogyasztható is. A tárolási hőmérséklet is alacsonyabb, -18°C alatti. Emiatt a lágyfagylaltok minőség-megőrzési ideje sokkal rövidebb, mint a jégkrémeké.



2. ábra: Keményfagylaltok (jégkrémek) gyártástechnológiája

(SZAKÁLY, 2001)

2.3. Termofizikai alapok összefoglalása

2.3.1. Az élelmiszerek fagyása

A fagyasztás egy termofizikai tulajdonságokon alapuló folyamat. A víztartalmú anyagok, így az élelmiszerek fagyasztása során is a víztartalom jelentős része jéggé alakul, megfagy. A víz fagyása élelmiszerekből az összetételi tulajdonságai miatt tér el a tiszta víz fagyási folyamatától, ugyanis bennük a víz oldott anyagokat (szénhidrát, fehérjék, zsírok, ásványi anyagok stb.) tartalmaz (ALMÁSY,1977). Ezek az élelmiszerekben fagyáspontcsökkenést okoznak. A tiszta vízhez viszonyított fagyáspontcsökkenés arányos az oldott anyag koncentrációjával. Az állati eredetű összetevők felhasználásával készült élelmiszerek fagyáspontja így 0,4- 4 °C közé tehető.

Fagyasztás alatti jégkristályképződés hatása szempontjából fontos az adott élelmiszer fizikai, kémiai és szövetszerkezeti tulajdonsága is. A fagyasztáskor kialakuló kristályszerkezetet különféle adalékanyagokkal lehet befolyásolni. A fagyaltgyártás esetén ugyanis nagyon lényeges, hogy a keletkező jégkristályok mérete minél kisebb legyen, és hogy a fagyasztáskor „sima” állomány alakuljon ki. A cél elérése érdekében a fagyaltkeverékbe különböző emulgeáló anyagokat (tojássárgája, zselatin, agar) tesznek, mely a keverés mellett segíti az apró jégkristályok kialakulását.

2.3.2. Az élelmiszerek hőfizikai jellemzői

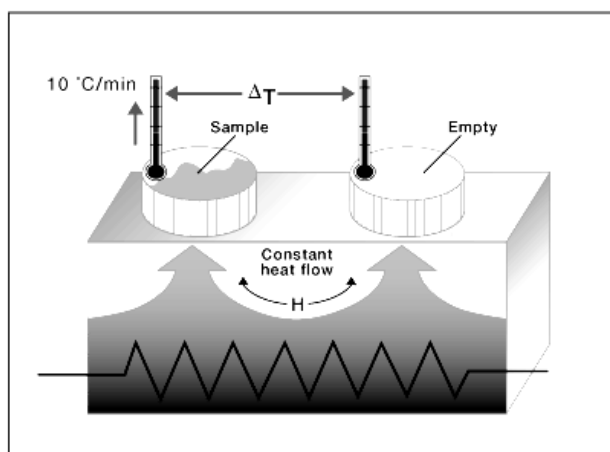
Az élelmiszereink fagyasztásának, fagyasztva tárolásának és szállításának tervezéséhez egyes hőfizikai paraméterek ismerete szükséges. Ezek a paraméterek a kriozkópos hőmérséklet, a fagyás illetve olvadáspont, az üvegesedésre való hajlam, a hőelvonáshoz szükséges hőmennyiség, valamint a kifagyasztható víztartalom mennyisége. Ezen tulajdonságokat DSC készülékkel meghatározhatjuk.

A DSC (Differential Scanning Calorimetry) vagy más néven differenciális pásztázó kalorimetria, olyan termoanalitikai módszer, amely az anyagátalakulási folyamatok hőáramának mérését teszi lehetővé a hőmérséklet ill. az idő függvényében (FARKAS, 1994). A fagyás/olvadás jól érzékelhető exoterm-endoterm folyamat,

ezért a dinamikus kaloriméterek alkalmazása fagyasztott élelmiszerek vízállapotának tanulmányozásánál gyakori. A módszer nagy előnye, hogy a mérendő minták akár előkészítés nélkül, eredeti állapotukban is vizsgálhatók (BALLA et. al., 1992).

A berendezés három nagy egységből áll. A mérőegység, amely a hőelnyelő blokkot tartalmazza a mérő és referencia cellákkal. A mérőblokk, ami a hűtés-fűtés közvetlen szabályozó rendszere, és végül egy a készülékhez tartozó szoftverrel ellátott számítógép. Ez utóbbi feladata az adatgyűjtés, a mérések elemzése és a kalorimetriás görbe megjelenítése.

A DSC a cellák hőelnyelő képességét, és a két cella közti hőmérsékletkülönbséget méri. A rendszer arra törekszik, hogy a referencia és a minta cella közti hőmérsékletkülönbség zérus legyen. A két cella elhelyezkedését a 3. ábra szemlélteti.

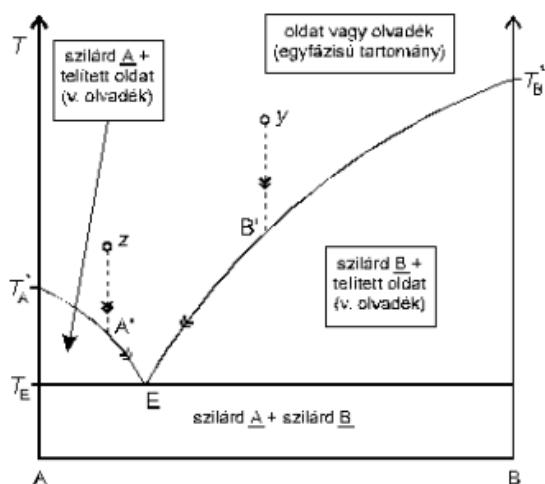


3. ábra: DSC működési elvének ábrázolása (www.ulttc.com)

A DSC technika egy minta számos jellemző tulajdonságának meghatározására használható. Megfigyelhetünk fúziós és kristályosodási folyamatokat, üvegesedési hőmérsékleteket, tanulmányozhatjuk az oxidációt és sok egyéb kémiai reakciót is. Példa erre az ausztráliai egyetem tudósainak kutatása, mely során a savófehérjék tulajdonságainak hőkezelésre bekövetkező változását vizsgálták. A DSC-vel kapott eredményeik a savófehérjék adalékanyagként való felhasználásában hoztak pozitív eredményt (DISSANAYAKE & VASILJEVIC, 2009).

Krioszkópos hőmérséklet

A víz a krioszkópos hőmérsékleten kezd el jég formájában kiválni az oldatból. A folyamat addig folytatódik, amíg el nem érjük az úgynevezett eutektikus vagy kriohidrátos pontot, amelyet az eutektikus hőmérséklet és az eutektikus összetétel jellemez. Az eutektikus pont az oldott anyag minőségének, koncentrációjának és az oldat hőmérsékletének függvénye. Az élelmiszerek nem csak egy ilyen ponttal rendelkezhetnek, hiszen több komponens együttes hatása érvényesül bennük. Az állati eredetű anyagok, mint pl. a tej és tejtermékek széles hőmérsékletsávban az eutektikumok folytonos sorozatát tartalmazzák. Az eutektikumok állandó arányban tartalmazzák a vizet és a benne oldott egy, vagy több anyagot.



4. ábra: Olvadáspont-összetétel diagram (phys.chem.elte.hu)

Az eutektikumot képző elegyek diagramján (4. ábra) jól látható, hogy hűtéssel elérve egy adott hőmérsékletét, az oldat (olvadékelegy) maga eutektikus összetételűvé válik, vagyis ezen a hőmérsékleten (eutektikus hőmérséklet) telített lesz mind az ábrán jelzett (A) és (B) komponensre nézve egyaránt. Az A a tiszta víz, míg a B a tiszta komponens fagyáspontja. Az eutektikus összetételű oldat egyensúlyt tart mindkét szilárd komponenssel (BALLA & SÁRAY, 2002).

Olvadáspont

Az olvadáspont az a hőmérséklet, ahol a szilárd anyag folyékonnyá válik. Kismolekulájú szilárd anyagok átalakulása nagyon gyorsan bekövetkezik, amikor az anyag hőmérséklete eléri az olvadáspontot. Az ilyen átalakulást a termodinamikában elsőrendű fázisátmenetnek nevezik. (BÁNHEGYI, 2005). Részlegesen kristályos polimerekben az olvadáspontot számos paraméter befolyásolja (elsősorban a kristályos fázisok mérete és rendezettsége), így nem lehet egy éles olvadáspontot kijelölni. Mivel a molekulák és a kristályok mérete bizonyos eloszlást mutat, és a kristályhibák is sokfélék lehetnek, inkább olvadási tartományról, mint olvadáspontról lehet beszélni. Az olvadási tartomány megismerésére lehetőséget ad, ha különféle hőmérsékleteken mérni tudjuk a minta aktuálisan kifagyasztható víztartalmát és az olvadásához szükséges látens hő mennyiségét. Ez DSC használatával megoldható (AKTAS et al., 1997).

Kristályosodási hőmérséklet

Fontos termikus jellemző a kristályosodási hőmérséklet, amelyet az olvadás fordítottjának tekinthetünk (BÁNHEGYI, 2005). Kismolekulájú anyagok esetében ez megegyezik az olvadásponttal, a makromolekulákat tartalmazó oldatokban azonban jelentős kristályosodás általában alacsonyabb hőmérsékleten indul csak meg, mint az olvadás, ami a makromolekulák korlátozott mozgékonyságának a következménye. Az élelmiszerek fagyasztásakor a víztartalom a benne oldott anyagokkal a krioszópos hőmérsékleten kezd el jég formájában kiválni és az eutektikus hőmérsékletig tart, ahol már több víz nem tud kifagyni és a koncentrált oldat is megfagy.

Üvegesedési hőmérséklet

Az üvegesedési hőmérséklet (T_g) azt a hőmérsékletet jelenti, amely alatt a makromolekulák mozgékonyága kicsi, az anyag kemény és rideg (üvegszerű), e felett viszont a molekulák mozgékonyága fokozatosan nő, és végül a rendszer folyadékká alakul át. Egyes irodalmakban (BROSTOW et al., 2008) egyébiránt nem is üvegesedési hőmérsékletről, hanem üvegesedési tartományról beszélnek, hiszen a maga a jelenség még a részlegesen kristályos anyagok olvadásánál is szélesebb

hőmérséklet-tartományon belül következik be. Ezen a hőmérsékleten dermedés következik be, fázisváltozás nélkül.

Ki nem fagyó víztartalom

Az élelmiszerekben a víz szabad, szerkezeti, illetve kötött vízként van jelen. A szerkezeti víz képes kifagyni, viszont a kötött víz az üvegesedési hőmérséklet után megdermed, üveghez hasonló tulajdonságot mutat. A ki nem fagyó víztartalom meghatározza a rendszer instabilitását és utal a fagyasztott termék kívánatos tárolási hőmérsékletére, vagy hőmérséklet-tartományára. A kifagyó víz mennyiségét az élelmiszer vízben oldott anyagainak mennyisége, illetve krioszkópos hőmérséklete határozza meg (BALLA & HORTI, 2010). Mennyiségének kiszámítására több lehetőség is van. Az egyik megoldás, amelyet GONI és munkatársai alkalmaztak a cherimoya gyümölcs érésekor a víz állapotváltozásának megfigyelésére a következő:

$$UFW = \frac{W_{\text{víz}} - (\Delta H_{\text{min ta}} / \Delta H_{\text{víz}})}{DM}$$

Mint az a képletből is látszik, a ki nem fagyó víztartalom (unfreezable water = UFW) a minta víztartalma, a mérésekor kapott hőáramok hányadosa és a g-ban megadott szárazanyag- tartalom (DM = dry matter content) alapján egyszerűen megkapható (GONI et al., 2007). Kiválóan használható ilyen mérések során a DSC, amely segítségével különböző hőmérsékleteken is információt kaphatunk az adott élelmiszer mintáknál a kifagyó víz mennyiségéről (AKTAS et al., 1997).

Fontos megállapítás, hogy a ki nem fagyó víztartalom és a kristályosodási tulajdonság között lineáris összefüggés van. Minél nagyobb ki nem fagyó víztartalom, annál magasabb a kristályosodás mértéke. Stabilizátorok felhasználásával azonban ennek a mértéke csökkenthető. Ez derül ki a Hagiwara és munkatársa kutatásából is, akik fagyaltban édesítőszeres és stabilizátoros kristályosodást befolyásoló hatását vizsgálták (HAGIWARA & HARTEL, 1996).

2.4. Reológiai alapok összefoglalása

A reológia a deformációkkal, a deformációkat és az azokat előidéző erők közötti törvényszerűségekkal, a deformációk és az erők időfüggésével, illetve a reológiai jelenségek hőmérséklet és nyomásfüggésével foglalkozik (TÓTH, 2000).

2.4.1. Deformáció

A deformáció a testet alkotó részecskék vagy magának a test egyes részeinek egymáshoz viszonyított elmozdulása, miközben az anyag folytonossága nem szakad meg. Általában két nagy csoportját különböztethetjük meg, ezek a rugalmas és a viszkózus deformációk. A deformációt akkor tekintjük „ideálisan rugalmasnak”, ha a testre ható erő hatására kialakuló feszültség csak pillanatnyi deformációt hoz létre, és a feszültség megszűnte után a deformáció azonnal megszűnik. Akkor tekintjük „ideálisan viszkózusnak”, ha testre ható erő állandó sebességű deformációt, folyást hoz létre.

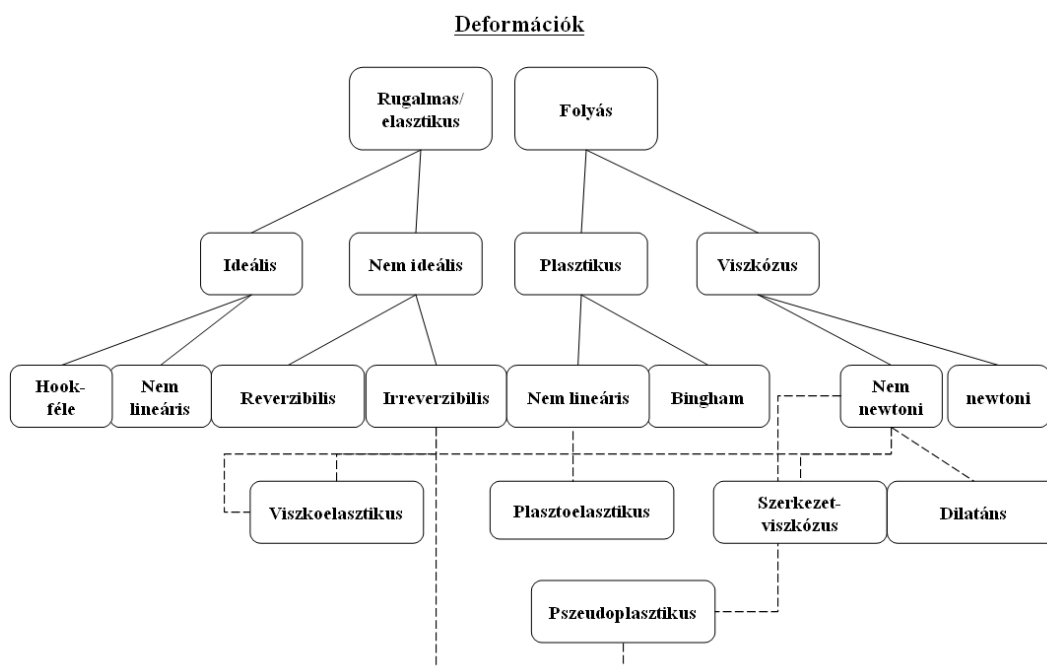
2.4.2. Reológiai alapmodellek

A reológiai modellek olyan idealizált alapmodellek, amelyek célja, hogy a folyadékok, illetve viszkózus anyagok külső erők hatására bekövetkező deformációit mutassák be. Ilyenek a Hooke-test, a newtoni folyadékok és a St. Venant- test.

- **Hooke-test:** modellje egy rugó, mely terhelés hatására pillanatszerű, ám reverzibilis deformációt szenved. Ez a test a szilárd anyagok modellezésére használható.
- **Newtoni-folyadék:** modellje egy hengerben mozgó dugattyú, melyben terhelés hatására kezdetben gyorsulás lép fel, melyet később egyenletes sebességű mozgás vált fel.
- **St. Venant-test (plasztikus test):** adott nyírófeszültségig nem szenved változást, fölötté viszont gyorsulva folyik.(FETTER, 2004)

A legtöbb reális anyagban a rugalmas és viszkózus viselkedés egyidejűleg van jelen és vizsgálati körülmények közt határozható meg, hogy az adott anyag általános viselkedésében mely tulajdonságok válnak meghatározóvá. Ilyenkor az

ún. reális testeket vesszük alapul, melyeknél gyakran előfordul, hogy egyik másik reológiai tulajdonsága olyan kicsi, hogy az szinte elhanyagolható, így jól megközelíti az ideális reológiai testek tulajdonságait (TÓTH, 2000). A deformációk csoportosítását és a különböző reológiai modellek közötti átmeneteket az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: A deformációk csoportosítása

Viszkoelasztikus anyagok

A legtöbb anyagban a rugalmas és viszkózus tulajdonságok együtt vannak jelen (pl.: gumiszerű, illetve nagy molekulásúlyú anyagok). Mindkét viselkedésre egyaránt jellemző, hogy a feszültség és az általa létrehozott deformáció, illetve deformáció sebesség között lineáris kapcsolat van.

2.4.3. Oszcillációs viszkozimetria

Az oszcillációs elven alapuló módszerekkel a viszkoelasztikus folyadékok és a viszkoelasztikus szilárd anyagok viszkózus és elasztikus (rugalmas) tulajdonságai is meghatározhatók.

Az oszcilloviszkozimetria esetén a mérőtest meghatározott amplitúdójú és periódusidejű oszcillációt végez, tehát mozgatása adott frekvenciával, szinusz-

függvény szerint oszcillálva történik. A mérés nagyon érzékeny, így kiválóan alkalmas például gélek keménységének, a keményítő csirizedésének, vagy akár az üvegesedési hőmérséklettel összefüggő jelenségek vizsgálatára is (STEFFE, 1996). Az oszcillovizkozimetriás mérésekből kapható meg a feszültség-amplitúdó, a deformáció-amplitúdó, a fáziskésés és a szögsebesség, amelyekből a komplex modulus, a tárolási és a veszteségi modulus is származtatható. Élelmiszervizsgálatokban így különösen hasznosak az alábbi mérési módszerek:

- Amplitúdó sörprés
- Frekvenciasörprés
- Hőmérsékletfüggés vizsgálat

Amplitúdó sörprés

Az amplitúdó sörpréses módszert alkalmazva a frekvenciát állandó értékre állítjuk be, míg az amplitúdó értéke, folyamatosan változik. Mérés során azt vizsgálhatjuk, hogyan változnak a G' (rugalmassági modulus) és G'' (veszteségi modulus) paraméterek a szögelfordulás függvényében. Az előbbi a vizsgált anyag elasztikus, míg utóbbi a viszkózus tulajdonságára utal. Kismértékű deformáció esetén mind a két modulus értéke konstans. Ez a szakasz az ún. lineáris viszkoelasztikus tartomány. Fontos információt a mérés során ennek a szakasznak a végpontja és a G' , G'' görbék metszéspontja adhat (METZGER, 2006).

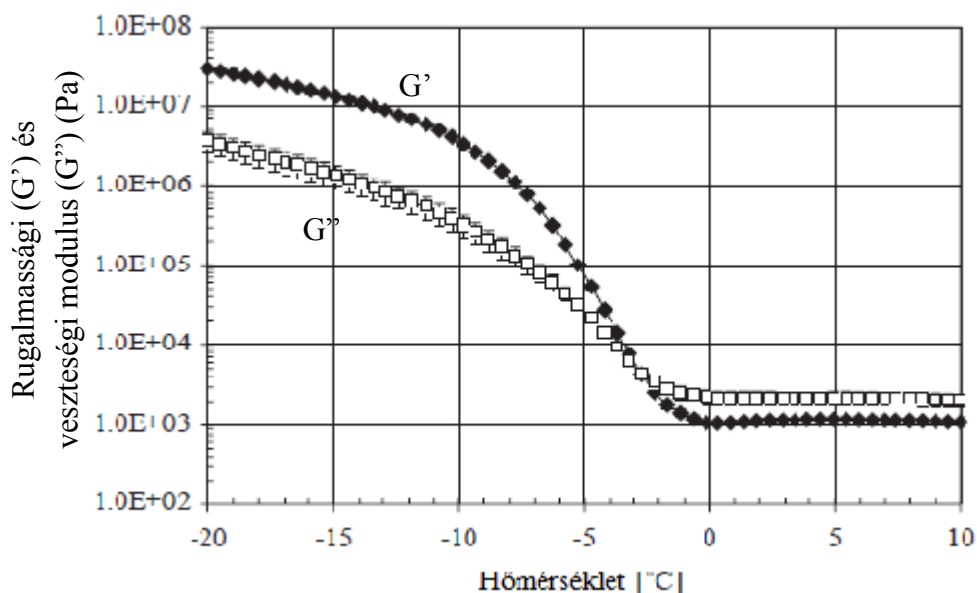
Frekvenciasörprés

A frekvenciasörprés alkalmazása során a frekvencia értéke változik, miközben a deformáció vagy a nyírófeszültség amplitúdójának értéke konstans. Azt vizsgáljuk, hogyan változnak a G' és G'' paraméterek a változó frekvencia értékek függvényében (METZGER, 2006). Az alacsony frekvencián mért értékek a lassú, míg a nagy frekvencia értékek mellett kapott eredmények a gyors feszültségváltozás hatásait mutatja, tehát alkalmazható például élelmiszerek szállíthatóságának és tárolhatóságának vizsgálatára. A frekvencia sörprés nagyon hasznos módszer ezen kívül különféle polimerek olvadákonyságának vizsgálatára.

Hőmérsékletfüggés vizsgálata

A „Temperature sweep” elnevezésű módszer, melyet szakirodalmakban szokás dinamikus-mechanikus termoanalízis tesztként is említeni, a minták hőmérsékletfüggését vizsgálja. A hőmérsékletfüggés mérése élelmiszerek, így fagylaltok minőségének vizsgálatában, a megfelelő technológia kiválasztásában hasznos eredményeket szolgáltat. (WILDMOSER, 2004)

A vizsgálat során állandó szögsebesség és állandó amplitúdó (kitérés) mellett végzünk méréseket a hőmérséklet függvényében. Ez utóbbi az egyetlen változó paraméter. Intervallumát a mérés megkezdése előtt kell megadni. A gyakorlatban mind a hűtési, mind a fűtési program beállítható, a hűtés-fűtés sebességét 1K/min értékre szokás állítani. (METZGER, 2006). Erre azért van szükség, hogy a hőkiegyenlítődés a minta egészen megtörténjen és a mért értékek a minta tényleges hőmérsékletét mutassák a mérés során. Az 6. ábra a (G') és a (G'') változását szemlélteti a hőmérséklet függvényében, ami a mintákban lejátszódó szerkezetbeli változásokra utal.



6. ábra: „Temperature sweep” módszerrel kapott görbe

(WILDMOSER et al., 2004)

A rugalmassági modulus (G') a vizsgált anyag elasztikus, míg a veszteségi modulus (G'') a viszkózus tulajdonságára utal. Az anyag viszkoelasztikus

tulajdonsága kifejezhető a G' és G'' paraméterek értékével, illetve a hányadosukként kapott $\tan \delta$ értékével is (METZGER, 2006). A szilárd és kvázi szilárd (gélszerű) anyagok esetén a veszteségi és a rugalmassági modulus hányadosa, a $\tan \delta$ 1-nél kisebb, míg folyadékok esetén 1-nél nagyobb értékű. A két görbe metszéspontja tehát egyfajta „olvadáspontként” értelmezhető, ami a vizsgált mintára jellemző. (JUHÁSZ et al., 2010).

3. Kísérleti munkám témája, célja

A savanyú savó koncentrátuma beltartalmi jellemzői alapján arra lehetett következtetni, hogy jól felhasználható tejes fagylaltokban alapanyag helyettesítésére, táplálkozásélettani értékének növelésére.

Célul tűztem ki annak vizsgálatát, hogy hogyan befolyásolja a savanyú savó koncentrátuma a tejes fagylaltok termofizikai tulajdonságait. Ilyen termofizikai tulajdonságok a fagyás kezdeti hőmérsékletének változása, a fagyasztott termék üvegesedési hőmérséklete, illetve a fagylalt intenzív olvadási hőmérséklete. A fagylaltok állományában jelentkező változásokat oszcillációs reológiai mérésekkel, temperature sweep módszer alkalmazásával is nyomon követtem.

Emellett az elkészített fagylaltok érzékszervi tulajdonságait is vizsgáltam, hogy milyen mennyiségű savó koncentrátumot lehet felhasználni a termékekbe úgy, hogy érzékszervileg még megfelelő terméket állíthassunk elő.

4. Anyagok és módszerek

4.1. A kísérleti munka során felhasznált anyagok:

Savanyú savó ultraszűrt permeátumának hidrolizált, nanoszűrt koncentrátumát (savanyú savó HNF koncentrátum) használtam a különböző fagylaltok elkészítésekor, melyet a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft. biztosított számomra. A HNF koncentrátum paraméterei a 6. táblázatban szerepelnek.

2. táblázat: A savanyú savó HNF koncentrátum paraméterei

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

A fagylaltokat savó, illetve tejtartalmat tekintve 6 féle variációban készítettem el. A sorozat tagjainál a savó-koncentráció kiszámításához a kiindulási, T0 minta tejtartalmát vettem alapul. A többi minta az eredeti tejtartalom 20, 40, 60, 80, és 100%-ának megfelelő savó mennyiséget tartalmazták. Vagyis a T20 20%, a T40 számú 40%, a T60 60%, T80 80%, míg a T100-as jelzésű minta savó tartalma az eredeti tejtartalom 100%-ának megfelelő mennyiségű volt. A tejszín beállítása is fontos paraméter volt, a tej mennyiségének csökkenésével a nagyobb savótartalmú fagylaltokba így több tejszínt mértem be, törekedve arra, hogy a zsírtartalom 6% legyen.

A keverékekbe savón és a tejen kívül kristálycukor, emulgeálószer (MEC3 fagylaltpor), és vanília paszta került (3. táblázat). Ez utóbbi használata azért volt előnyös más ízesítőkkel szemben, mert nem tartalmaz mérést zavaró darabos anyagokat. A fagylaltkeverékeket az említett alkotók összemérése után konyhai robotgéppel habosítottam, pihentettem, majd a 7. ábrán látható ANDRETTI CRM GEL5 fagylaltkészítő berendezésben fagyasztottam. A minták végül a -35°C-os sokkoló fagyasztóba (8. ábra) kerültek keményítésre.

3. táblázat Tejes fagylaltok összetétele

Összetevők	Minta megnevezése					
	T0.	T20.	T40.	T60.	T80.	T100.
Savó (g)	0	13,2	26,4	39,6	52,8	66
Por+ paszta (g)	5	5	5	5	5	5
Cukor (g)	15	12	9,5	6,5	3,3	0,8
Tej (2,8%-os)(g)	66	55,3	44,1	33,5	22,7	11
Tejszín (30%-os)(g)	14	14,5	15	15,4	16,2	17,2
Össztömeg (g)	100	100	100	100	100	100



7. ábra: ANDRETTI CRM GEL 5 fagylaltkészítő berendezés



8. ábra: Sokkoló fagyasztó

4.1 A kísérleti munka során használt eszközök

Szárazanyagtartalom mérése

A minták összetételét úgy állítottam be, hogy a szárazanyagtartalmuk és a zsírtartalmuk közel azonos legyen. Ennek ellenőrzésére Kern MSL típusú gyors nedvesség-meghatározó készülékkel (9. ábra) mértem a minták szárazanyagtartalmát. Mintánként 3-3 párhuzamos mérést végeztem.



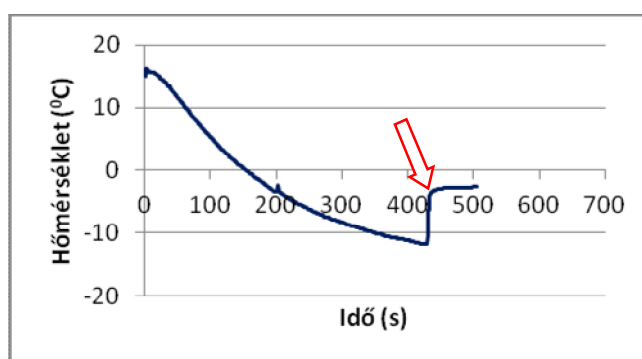
9. ábra KERN MLS gyors nedvesség-meghatározó készülék

Kriosztát és Testo 452 termoelem

A fagyaltminták krioszkópos hőmérsékletének megállapításához egy $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hűtőközegű kriosztátot (hűthető termosztát) és termoelemet használtam. A mérés során a hőmérsékletváltozást az idő függvényében mértem. Minden mintánál 3-3 párhuzamos mérést végeztem. A vizsgálatokhoz használt mérőrendszer több egységből áll. Az előbb említetteken kívül egy Testo 452 adatgyűjtő, (10. ábra) és a hozzá tartozó termoelem, valamint az adatgyűjtő szoftverét futtató számítógép szintén szükséges a mérés elvégzéséhez.



10. ábra: Kriosztát és a Testo 452 mérőkör (forrás: saját)



11. ábra: Fagyaltok tipikus fagyási görbéje

A mérés alatt a fagyaltkeverék a nyugvó rendszerben túlhűl a fagyáspontján és még folyékony állapotban van, majd kb. -10°C -on megjelennek a jégkristálygócok, beindul a fagyás folyamata, és a rendszer hőmérséklete visszaemelkedik a fagyás jellemző hőmérsékletére, ez a krioszkópos hőmérséklet. (11. ábra, piros nyíl). Abban a tartományban, ahol a görbe majdnem vízszintessé válik, megkezdődik a jégkristály-képződés szakasza, vagyis a fagyás.

Setaram DSC 131 evo differenciális pásztázó kaloriméter

Méréseim során a különböző savó-koncentrációjú (20,40,60,80,100%) tejfagyalt minták intenzív olvadásának kezdeti hőmérsékletét, üvegesedési hőmérsékletét és a ki nem fagyasztható víztartalmat a Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszéken található Setaram DSC 131 evo típusú műszer segítségével határoztam meg (12. ábra). Minden minta esetén 3-3 párhuzamos mérést végeztem.



12. ábra: Setaram DSC evo 131 típusú kaloriméter (www.setaram.com)

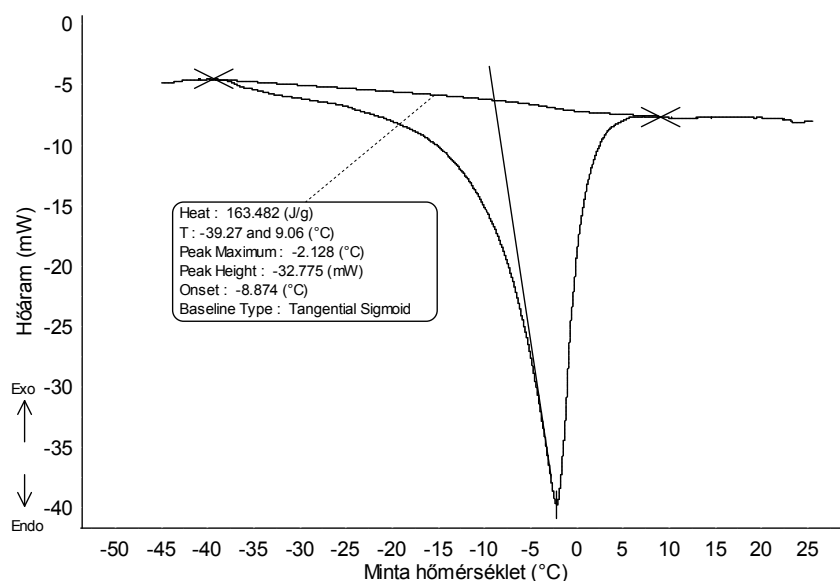
A referencia és a minta cella egy térben, egy platina lemezre van helyezve. A referencia cella egy üres, lezárt tartó, míg az mintacellába néhány mg minta található. Mérés során a 100 μ l-es mintatartókba 50-70 mg mintát mértem.

Maga a mérés egy előre megírt program alapján történik. Vizsgálataim során a mintát $+30^{\circ}\text{C}$ -ról -50°C -ra hűtöttem $5^{\circ}\text{C}/\text{perc}$ sebességgel, majd 15percig -50°C -on tartás után a felfűtési szakasz következett. Ekkor -50°C -ról $+30^{\circ}\text{C}$ -ra $2^{\circ}\text{C}/\text{perc}$ felfűtési sebességgel melegítette a műszer a mintákat. A mérés során a minta hőmérsékletét és a hőáramváltozás adatait rögzítettem. A kiértékelést a felfűtési szakaszban a hőmérséklet függvényében mért hőáramgörbéken végeztem.

A pontos eredmények érdekében fontos volt a mérés közbeni „zajok” kiszűrése, csökkentése. Ezért egy „vak mérést” (blank) ugyanezzel a programmal mértem két üres mintatartó felhasználásával. Ezt a vak mintát a DSC- görbékéből kivontam.

A kiértékelést a Callisto Processing 1.076 verziójú programmal végeztem. A kiértékelés során a felfűtési szakaszt vizsgáltam. „Tangenciális sigmoid” típusú alapvonal görbére való illesztése után a görbe alatti terület meghatározása volt a feladat. Ez a terület a minta felolvadásához szükséges hőmennyiség J/g-ban.

Az olvadáspont meghatározását a program automatikusan elvégzi. Az intenzív olvadási szakaszra egyenest illeszt és abból, valamint az alapvonal metszéspontjából a minta intenzív olvadás kezdeti hőmérséklete megkapható (13. ábra).



13. ábra: Tipikus hőáram görbe

Ki nem fagyasztható víztartalom kiszámítása

A ki nem fagyasztható víztartalmat kétféle módon is meghatároztam, az első számítási módszernél ATKAS és mtársai (1997) által leírt képlet alapján a szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva adtam meg, melynek számítási módja a következő:

$$UFW = \frac{W - (\Delta H_{\min ta} / \Delta H_{\text{víz}})}{DM}$$

Ahol:	UFW	ki nem fagyasztható víztartalom (g/g _{szárazanyag})
	W	víztartalom (g/100g)
	$\Delta H_{\min ta}$	vizsgált minta olvadáshője (kJ/kg)
	$\Delta H_{\text{víz}}$	víz olvadáshője: 330kJ/kg
	DM	szárazanyag-tartalom (g/100g)

A másik számítási módszernél a teljes víztartalomra adtam meg az értéket százalékban kifejezve, melynek számítási módja a következő:

$$UFW\% = 100 - \left[\frac{\Delta H_{\min ta}}{(\Delta H_{\text{víz}} \cdot (W / 100))} \cdot 100 \right]$$

A DSC görbéket vizsgálva megállapítható, hogy adott hőmérsékleten mennyi a kifagyasztható víztartalom víz-jég fázis aránya, ezért meghatároztam, hogy hogyan

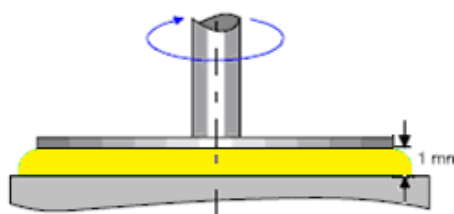
alakultak ezek az értékek a -18°C -os tárolási és a -10°C -os fogyasztási hőmérsékleten.

Physica MCR51 típusú viszkoziméter

Az eltérő savókoncentrációjú fagylaltok reológiai tulajdonságait $-15^{\circ}\text{C} \dots 0^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérséklet tartományban Physica MCR51 típusú viszkoziméterrel, lap-lap mérőrendszerrel, P-PTD200 lapot és PP50/S 50mm átmérőjű feltétet használva vizsgáltam. A vizsgálatok során hőmérsékletfüggést vizsgáló mérési módszert (Temperature sweep) alkalmaztam.



14. ábra: Physica MCR51 típusú viszkoziméter

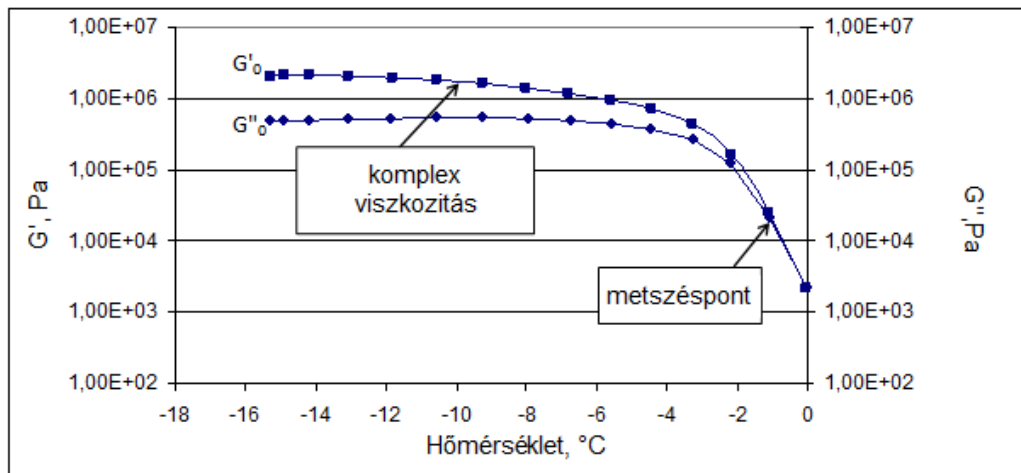


15. ábra: Lap- lap feltét elvi vázlata
(<http://www.azom.com>)

Hőmérsékletfüggés vizsgálat

A vizsgálat állandó kitérés (0,005%), valamint állandó frekvencia-érték (10 1/s) mellett történt. A két lap közti távolság 2 mm volt. Mivel a mérés -15°C -on indult és 0°C -on ért véget, így információt adott a minták olvadási tartományáról. A mérés során nagyon fontos volt a minta és a mérőfej előkészítési módja. A mérés elvégzését segítette, ha a mintát a már -10°C körüli hőmérsékletre hűlt lapra helyeztük és a mérőfejet a mérés kezdetéig, vagyis a -15°C eléréséig jegeltük. Így elkerültük a minta elcsúszását a mérőfej leeresztése után. A mérés során a hőmérséklet függvényében a rugalmassági és veszteségi modulust vettük fel, a kapott görbét szemlélteti a 16. ábra.

Fontos paraméter a kezdeti rugalmassági (G'_0) és veszteségi (G''_0) modulus, mely a minta fagyasztott, -15°C -os állapotát jellemzi. A G' és G'' görbék metszéspontja pedig a minta teljes felolvadását jellemző hőmérséklet.



16. ábra: Fagylaltok hőmérsékletfüggésének vizsgálata során kapott görbe

A komplex viszkozitás (η^*) szintén az adott mintákra jellemző érték, mely a G' és G'' paraméterekből és a mérés során alkalmazott állandó frekvencia-értékekből származtatható. A komplex viszkozitás értékét -10°C -on vizsgálva megállapítható, hogy a fagyasztási hőmérséklethez közeli értéken mennyire szilárd, illetve folyékony a minta halmazállapota. A komplex viszkozitás meghatározását a program automatikusan elvégzi, kiszámítása a Tabilo-Munizaga és Barbosa-Canovas (2005) által leírt képlet szerint történik:

$$\eta^* = G^* / \omega$$

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2}$$

Ahol	η^*	komplex viszkozitás (Pa.s)
	G'	rugalmassági modulus (Pa)
	G''	veszteségi modulus (Pa)
	G^*	komplex modulus (Pa)
	ω	frekvencia (1/s)

A G'' és G' paraméterek hányadosa a $\tan\delta$ ($\tan\delta = G''/G'$) „damping faktor” értékét adja meg. Ahol a két paraméter hányadosa, vagyis a $\tan\delta$ értéke 1, a két görbe metszi

egymást. Ettől a ponttól a minta a viszkoelasztikus szilárd test helyett viszkoelasztikus folyadékként viselkedik. Ha $\tan\delta > 1$ akkor a minta folyadék, ha $\tan\delta < 1$ akkor szilárd viselkedést mutat. A $\tan\delta$ értékeket a $(-15)^\circ\text{C}$ és 0°C fok közti hőmérséklet-intervallumban ábrázolva arról kapunk információt, hogy mely hőmérsékleteken megy végbe a „szilárdból-folyadék” állapotváltozása.

Érzékszervi bírálat

A tejes fagylaltokat 15 képzett bírálóval kóstoltattam meg. Pontozásos bírálati módszert alkalmaztam. A bírálat során 8 szempont szerint kellett véleményt alkotni a fagylaltokról. Ezek az íz, a szín, az állomány, az összbenyomás, valamint a kanalazhatóság, olvadékonyság, homogenitás és krémesség voltak. Minden szempontra maximum 10 pontot lehetett adni, kivéve az állományt. Ott 20 pont volt a maximális pontszám. Az érzékszervi bírálati lap az 1. számú Mellékletben található.

Statisztikai elemzés

Az eredmények értékelése során a minták közti szignifikáns eltérések, egyezések kimutatására Student-féle kétmintás páronkénti t-próbát alkalmaztam, 95%-os konfidencia szinten. A kiértékelés a p-értékek alapján történt. Amennyiben $p < 0,05$ két érték összehasonlításakor, akkor különbségük szignifikánsnak tekinthető. A fagylaltmintákat minden esetben a T0 savót nem tartalmazó mintához hasonlítottam.

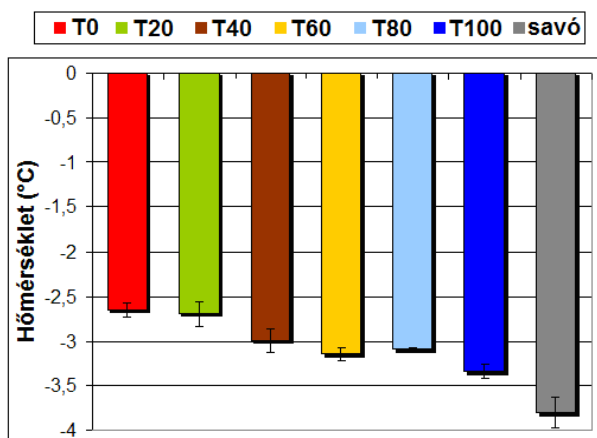
Emellett korreláció-analízist végeztem a komplex viszkozitás értékek és az érzékszervi bírálatban az állományt érintő tulajdonságok kapcsolatának megismerésére.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. A termofizikai vizsgálatok eredményei és értékelésük

5.1.1. A kriosztáttal mért eredmények és értékelésük

A mérés lényege az adatgyűjtő program értékei alapján kapott fagyási görbék voltak, melyekről a krioszkópos hőmérséklet leolvasható. A krioszkópos mérés esetén kapott értékeket a 17. ábra szemlélteti. Megállapítható, hogy a krioszkópos hőmérséklet fokozatosan csökkent a savó arányának növekedésével. Ennek oka, hogy a savóval tejcukrot, fehérjéket és ásványi anyagokat vittünk a rendszerbe, amely miatt a fagyáspont csökkenés jelensége erősödött.



17. ábra Tejes fagylaltkeverékek krioszkópos hőmérsékletei

Krioszkópos hőmérséklet (°C)		
Minta	átlag	szórás
T0.	-2,64	0,078
T20.	-2,69*	0,134
T40.	-2,99**	0,134
T60.	-3,15**	0,071
T80.	-3,09**	0,007
T100.	-3,34**	0,078

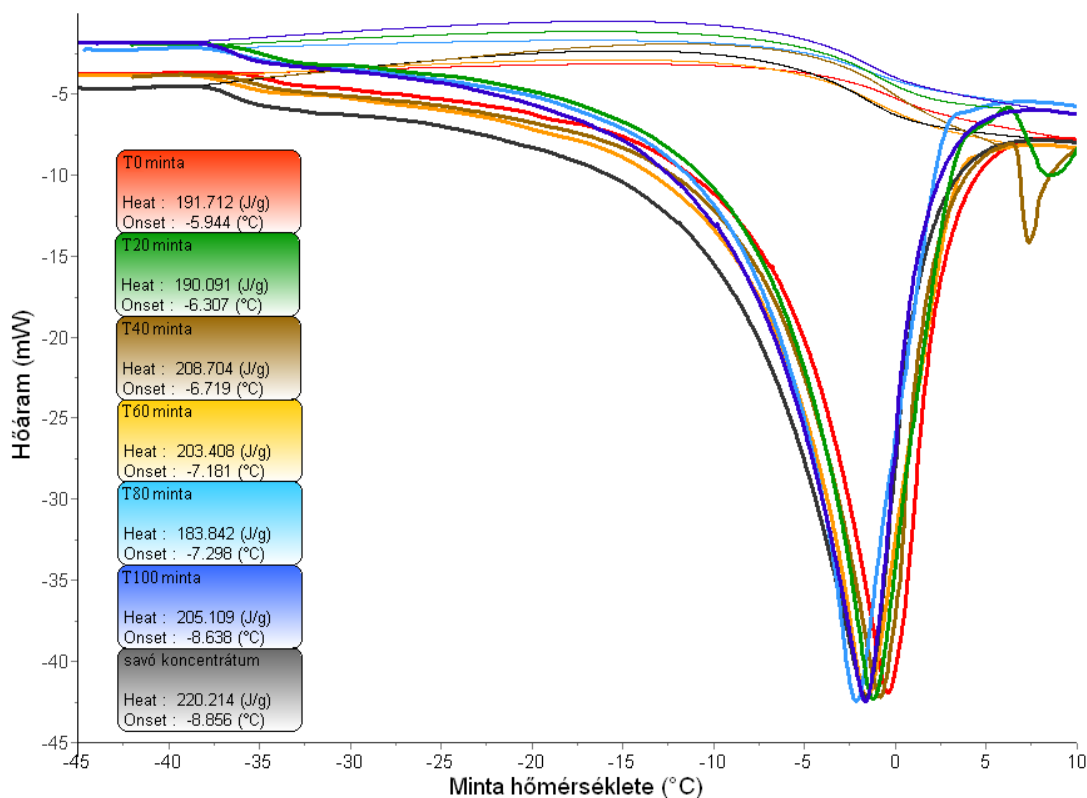
T0 mintához képest * nincs szignifikáns eltérés; ** van szignifikáns eltérés

4. táblázat: A tejes fagylaltkeverékek krioszkópos hőmérsékletei

A tejes keverékek első tagjának $-2,65^{\circ}\text{C}$ -os krioszkópos hőmérséklete $0,7^{\circ}\text{C}$ -al volt magasabb a sorozat utolsó tagjénál. Az adatsor értékeivel t-próbát is végeztem, hogy lássam, a sorozaton belül szignifikánsan eltérnek-e egymástól a krioszkópos hőmérsékletek. Az összehasonlítás alapja a T0 minta esetén mért érték volt. Az eredmények az 4. táblázatban láthatók. Szignifikáns eltérés a két csillaggal (**) jelzett értékek esetén volt tapasztalható, vagyis már 40% savót tartalmazó mintától kezdve van eltérés 95%-os valószínűségi szinten az eredeti savó nélküli mintához képest.

5.1.2. A DSC-vel mért eredmények és értékelésük

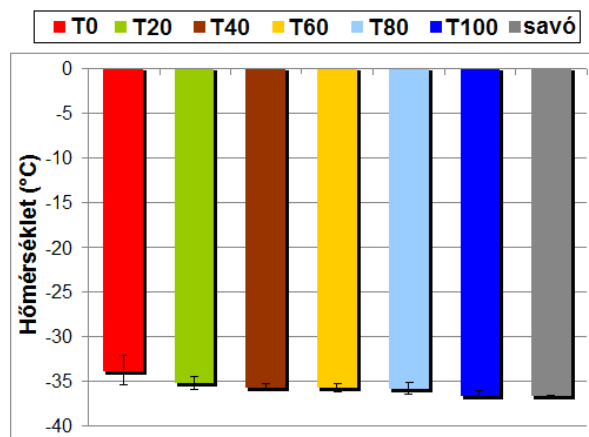
A következőkben a DSC készülékkel mért hőáram-görbék összehasonlítását mutatom be a 18. ábrán. Megfigyelhető, hogy a hőáram-görbék csúcsai a negatív hőmérséklet irányába tolódnak el a savó-koncentráció mennyiségének növelésével.



18. ábra Tejes fagylaltok hőáram-görbéi

Üvegesedési hőmérséklet

A DSC készülékkel való méréseim során a tejes fagylalt minták üvegesedési hőmérsékletét, intenzív olvadási hőmérsékletét és a ki nem fagyó víztartalmat vizsgáltam. Az üvegesedési hőmérséklet eredményeit szemlélteti a 19. ábra és az 5. táblázat.



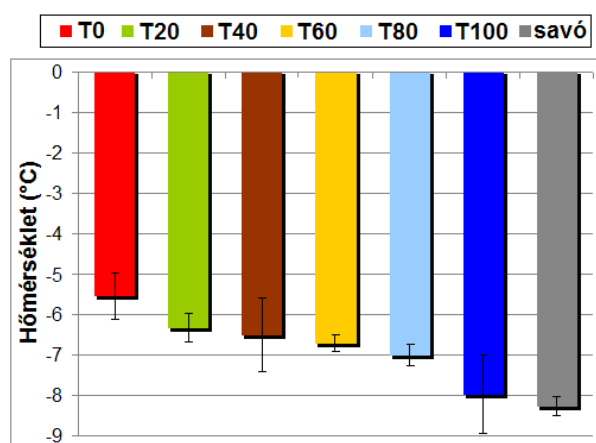
19. ábra Tejes fagylaltok üvegesedési hőmérsékletei

Mérési eredményeim alapján a savó-koncentráció növekedésével csökkentek fagylaltok üvegesedési hőmérséklet értékei. A fagylalt hat mintáját összehasonlítva pár tized °C -os eltérés volt tapasztalható amellet, hogy a fagylaltokban már a tejben lévő tejcukor, oldott sók és ásvány anyagok is csökkentően hatnak az üvegesedési hőmérsékletre. A vizsgált paraméter közel 1,5 °C -ot csökkent a sorozaton belül. A statisztikai értékelést az 5. táblázat tartalmazza.

Az előbbiekből azt a következtetést lehet levonni, hogy a savó és a tej, illetve tejszín együttes alkalmazásának hatására negatív irányba tolódik el az üvegesedési a hőmérséklet, amely a tárolás alatti minőségváltozásra lehet hatással.

Intenzív olvadás kezdeti hőmérséklete

Az intenzív olvadás értékei az üvegesedési hőmérsékletekhez hasonlóan alakultak. Ezt támasztja alá az alább látható ábra is (20. ábra), ahol 2,5°C-os hőmérsékletcsökkenés következett be a savó arányának növekedésével. Tehát a savó hatására negatív irányba tolódik el a szilárd-folyékony fázis közti átmenet.



20. ábra Tejes fagylaltok intenzív olvadásának kezdeti hőmérsékletei

A minták készítése során felhasznált savanyú savó intenzív olvadásának kezdeti hőmérséklete -8,27 °C volt. Ez is jól magyarázza a használata során kapott kisebb intenzív olvadási hőmérsékleteket. A minták intenzív olvadási hőmérsékletéről, üvegesedési hőmérsékleteikről, illetve azok különbségeiről az alábbi 5. táblázat nyújt információt.

5. táblázat: A tejes fagylaltok olvadáshő, fagyáspont és üvegesedési hőmérséklet értékei

Minta	Olvadáshő (J/g)			Intenzív olvadás kezdeti hőmérséklete (°C)			Üvegesedési hőmérséklet (°C)		
	átlag	szórás	p-érték	átlag	szórás	p-érték	átlag	szórás	p-érték
savó	180,12	7,95	-	-8,27	0,23	-	-36,63	0,09	-
T0.	189,35	5,07	-	-5,55	0,57	-	-33,82	1,62	-
T20.	153,00*	21,57	0,091	-6,33*	0,36	0,069	-35,21*	0,75	0,134
T40.	172,63**	11,01	0,048	-6,51*	0,91	0,109	-35,63*	0,35	0,099
T60.	169,12**	22,84	0,004	-6,72**	0,21	0,022	-35,67*	0,46	0,098
T80.	184,62*	11,25	0,133	-7,01**	0,27	0,014	-35,78*	0,68	0,074
T100.	183,55*	2,66	0,064	-7,96**	0,97	0,017	-36,53*	0,45	0,054

T0 mintához képest * nincs szignifikáns eltérés; ** van szignifikáns eltérés

A táblázat értékeiből látható, hogy a savó mennyiségének növekedésével az üvegesedési hőmérséklet értékek nem változnak jelentősen, az intenzív olvadás kezdeti hőmérséklet értékei pedig csak a 60% savót tartalmazó mintától kezdődően térnek el szignifikánsan a savót nem tartalmazó T0 minta értékéhez képest.

Ki nem fagyasztható víztartalom

A ki nem fagyasztható víztartalom (UFW) kiszámításához szükség volt a fagylalt minták szárazanyag-tartalmának, víztartalmának, valamint a hőáram értékek ismeretére. A hőáramokat a DSC-vel való mérés során kaptam meg (5. táblázat). A jég olvadáshőjét 330 kJ/kg értéknek mértem, ahogy azt AKTAS és mtársai (1997) is tették munkájuk során. A 6. táblázatban a kétféle módon számolt ki nem fagyasztható víztartalom értékek láthatók.

6. táblázat: A ki nem fagyasztható víztartalom értékei

Minta	Szárazanyag-tartalom%	Víztartalom %	UFW %	UFW g/gszárazanyag•
savó	25,2	74,80	27,03	0,80
T0.	32,30	67,70	15,24	0,32
T20.	31,48	68,52	32,34	0,70
T40.	33,41	66,59	21,44	0,43
T60.	31,28	68,72	25,43	0,56
T80.	28,27	71,73	22,00	0,56
T100.	31,66	68,34	18,62	0,40

A kalorimetriás mérések segítségével azt is megvizsgáltam, hogy eltérő hőmérsékleteken mekkora különbség van a kifagyó víz mennyiségében. A kiválasztott hőmérsékletek a -10, -18, és -40 °C voltak. Azért ezeken a hőmérsékleteken vizsgáltam meg a kifagyó víz mennyiségét, mert ezek a fagylalt szempontjából nevezetes értékek. A -10 °C a fagylaltok fogyasztási, a -18 °C a tárolási hőmérsékletük. A -40 °C pedig az a hőmérséklet, ahol a kifagyasztható víztartalom már teljes egészében kifagyott, de a kötött víz még nem. A 7.

táblázatban a kifagyasztható vízmennyiség azon hányadát szerepeltettem, amely az adott hőmérsékleten már víz fázisban van (vagyis felolvadt).

7. táblázat Kifagyasztható víztartalom víz fázisban lévő hányada -18 és -10°C-on

Minta	(-18)°C-on			(-10)°C-on		
	átlag	szórás	p-érték	átlag	szórás	p-érték
T0.	8,95	0,474	-	31,38	1,881	-
T20.	10,33*	2,262	0,205	34,70*	5,983	0,228
T40.	8,99*	0,871	0,478	30,11*	1,442	0,228
T60.	8,67*	0,246	0,221	31,02*	0,867	0,391
T80.	9,91*	1,122	0,131	33,73*	2,195	0,116
T100.	11,85*	0,153	0,005	38,32**	0,088	0,012

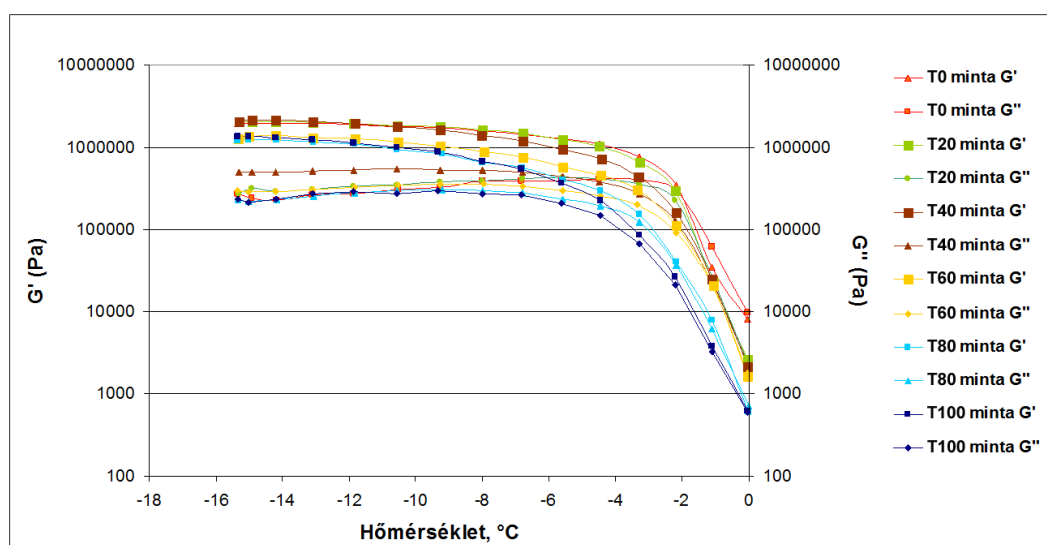
T0 mintához képest * nincs szignifikáns eltérés; ** van szignifikáns eltérés

A 7. táblázat alapján megállapítható, hogy míg -18°C-on savóval készült fagylaltok a kontroll mintákhoz képest nem változnak, és -10°C-on is csak a T100 minta esetén van szignifikáns eltérés. Vagyis a savókoncentráció nem növeli az olvadákonyságot.

5.2. A reológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük

5.2.1. Hőmérsékletfüggés vizsgálata és eredményei

A módszerrel végzett méréseim során a különböző savó-koncentrációjú (20,40,60,80,100%) tejes fagylalt minták szerkezeti tulajdonságainak hőmérsékletfüggését vizsgáltam. A vizsgált G' , illetve G'' paraméterek segítségével azt szerettem volna megállapítani, hogy egyes minták esetén melyik hőmérsékletnél következik be szerkezetbeli változás és hol van a mintára jellemző, a vizsgált G' és G'' paraméterek metszéspontja. Az eredményeket a 21. ábra mutatja.



2

21. ábra: Hőmérsékletfüggés reogramjai tejes fagylaltnál

A különböző savótartalmú minták hőmérsékletfüggés reogramjai hasonló lefutásúak, de eltérő G' és G'' értékeket mutatnak. A hasonló lefutás abból adódik, hogy egy adott hőmérsékletig a G' és G'' értékei nem változtak, majd a hőmérséklet további növelésével az értékek egyenletesen csökkenni kezdtek, végül elérték a metszéspontot.

Az értékelés során az volt tapasztalható, hogy a metszésponthoz köthető hőmérséklet értékek a T0 mintától kezdve a T100 mintáig fokozatosan csökkentek. Míg a T0 minta esetén $-10,53^{\circ}\text{C}$, addig a T100 minta esetén kicsit kevesebb, mint -14°C volt az a hőmérséklet, ahol a G' és G'' görbék értékei csökkenni kezdtek. Ez az eltolódás a savó és a tej által hozott szerves makromolekulák, ásványi anyagok

együttes hatásának tudható be. Ez azt támasztotta alá, hogy a tejes fagylalt a savó és magas zsírtartalmú tejszín hatására lágyabb, krémesebb állományú terméké válik.

Komplex viszkozitás

A fogyasztók valójában a komplex viszkozitást érzékelik, nem pedig G' , illetve G'' paraméterek hatását külön-külön. Ezért volt szükség a komplex viszkozitás meghatározására az előbb említett két paraméter segítségével. Ennek az összetett jellemzőnek az értékét vizsgálva (-10) °C-on megállapítható, hogy a fogyasztási hőmérséklethez közeli értéken mennyire szilárd, illetve folyékony a minta halmazállapota.

8. táblázat Tejes fagylaltok komplex viszkozitása -10°C -on

Minta	komplex viszkozitás η^* (-10°C -on)		
	átlag	szórás	p-érték
T0	$1,89 \cdot 10^5$	$2,11 \cdot 10^4$	-
T20	$1,90 \cdot 10^5*$	$1,33 \cdot 10^4$	0,4745
T40	$1,65 \cdot 10^5*$	$6,73 \cdot 10^4$	0,3113
T60	$1,21 \cdot 10^5**$	$2,55 \cdot 10^4$	0,0118
T80	$9,97 \cdot 10^4**$	$1,81 \cdot 10^4$	0,0026
T100	$1,02 \cdot 10^5**$	$6,65 \cdot 10^3$	0,0106

T0 mintához képest * nincs szignifikáns eltérés; ** van szignifikáns eltérés

Ahogy az a 8. táblázatban is látható, a komplex viszkozitás értékek a 60%-os savótartalmú (T60) fagylalt mintától kezdődően változtak jelentősen. Tehát a savó arányának növekedésével a komplex viszkozitás értékek a T60 minta után fokozatosan csökkentek, a fagylalt egyre inkább viszkoelasztikus folyadékként viselkedett (-10) °C-on.

A G'' és G' paraméterek segítségével a $\text{tg}\delta$ „damping faktor” értéke is meghatározható. Ha a G'' és G' paraméterek hányadosaként kapott damping faktor értéke 1, a két görbe metszi egymást. Ennél nagyobb $\text{tg}\delta$ értéktől kezdve a minta a

viszkoelasztikus szilárd test helyett viszkoelasztikus folyadékként viselkedik (9. táblázat).

9. táblázat $tg\delta=1$ esetén a hozzá tartozó hőmérséklet értékek

Minta	Hőmérséklet (°C)		
	átlag	szórás	p-érték
T0	-0,048*	0,0169	-
T20	-0,036*	0,0036	0,178
T40	-0,031*	0,0172	0,144
T60	-0,018**	0,0025	0,048
T80	-0,014**	0,0055	0,041
T100	-0,017**	0,0064	0,029

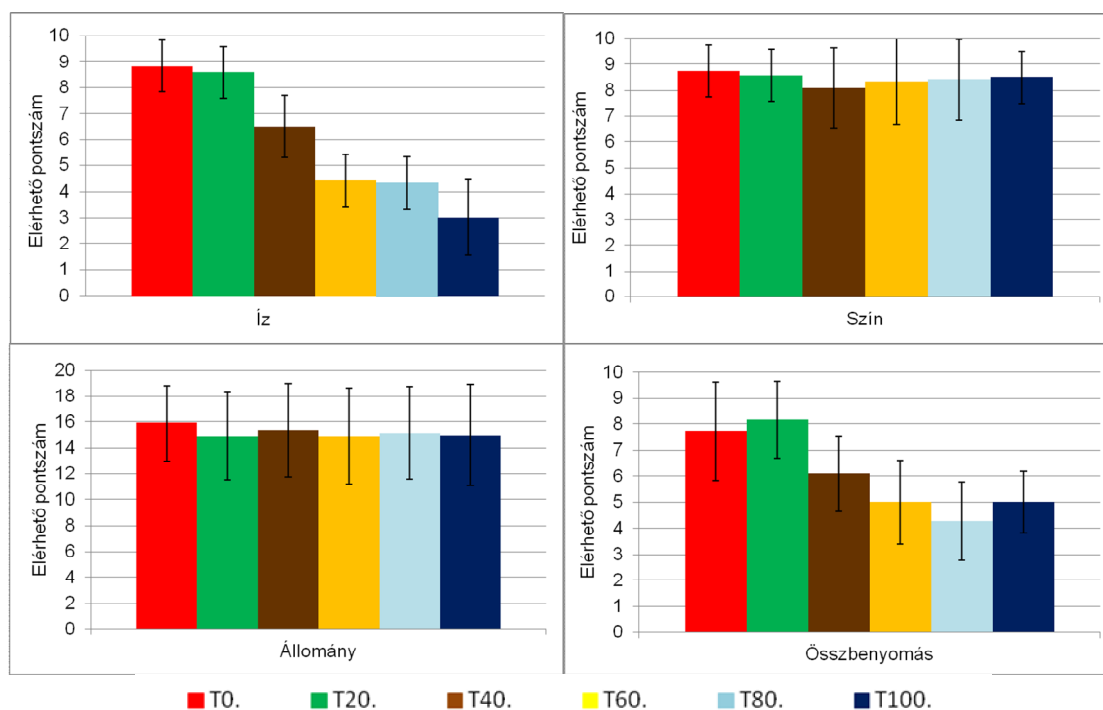
T0 mintához képest * nincs szignifikáns eltérés; ** van szignifikáns eltérés

A kapott eredményekből az látszik, hogy a savó mennyiségének hatására egyre emelkedett az a hőmérséklet, amelyen a damping faktor értéke 1-gyel volt egyenlő és amely hőmérsékleten a minta szilárd halmazállapotú anyagból viszkoelasztikus folyadékká vált. Szignifikáns eltérés az komplex viszkozitáshoz hasonlóan itt is a T60 mintától kezdődően volt tapasztalható.

5.3. Érzékszervi vizsgálat eredményei és értékelésük

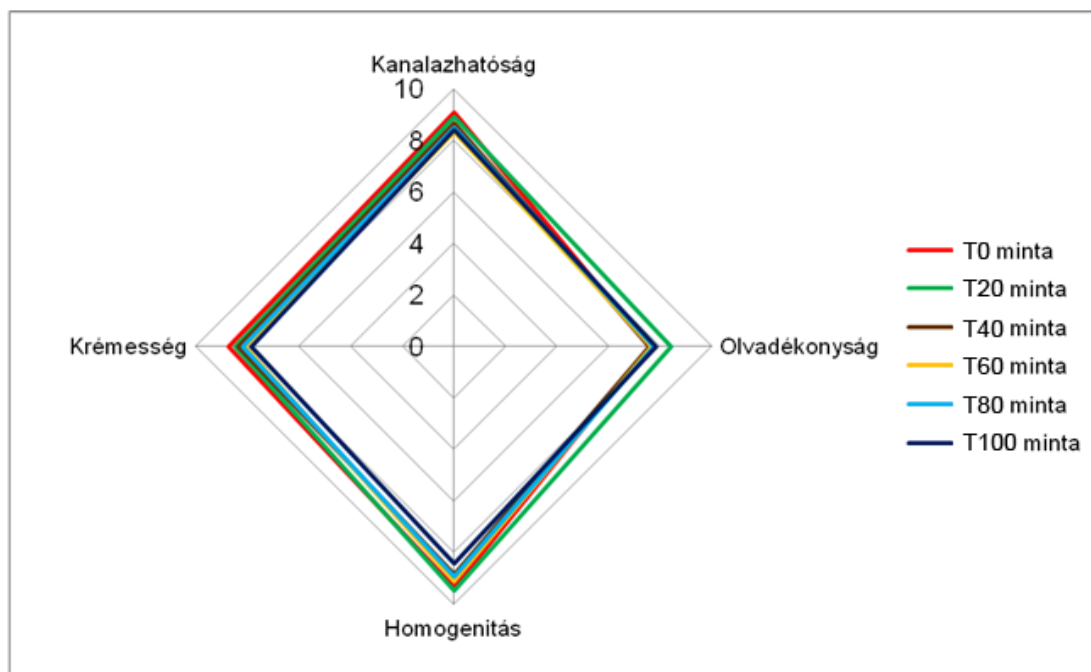
A fagylalt mintákat érzékszervi bírálat keretén belül is megvizsgáltam, amelyen 15 fő vett részt. A kiértékelés során több következtetést is levonhattam a minták tulajdonságaival kapcsolatban.

Ami az ízt illeti, a 20% savótartalmú minta bizonyult a legjobbnak. Ennek az lehetett az oka, hogy itt még nem érződött a savó jellegzetes íze a fagylaltban. A szín egyértelműen a magasabb savótartalmú minták esetén volt kedvező, mivel a savó sárga színe javított ezen a tulajdonságon. A pontszámokat tekintve a fagylalt állománya megfelelő volt, hiszen benne a testességet a tej és a tejszín fehérje, illetve zsírtartalma biztosította (22. ábra).



22. ábra Tejes fagylaltok érzékszervi bírálatának pontszámai

A 23. ábrán a fagylaltok érzékszervi jellemzői közül a meghatározó állományjellemzők profiljai láthatók. A kanalizhatóság, krémesség, homogenitás és olvadákonyság eltérő tapasztalatokat mutatott attól függően, hogy a savót a minták milyen arányban tartalmazták.



23. ábra Tejes fagylaltok érzékszervi profilja

A kanalizhatóság, krémesség, homogenitás pontszámai a savó arányának növekedésével csak kis mértékben változtak meg. Számottevő különbség egyedül az olvadékonyságot tekintve mutatkozott a T20-as minta esetén. Tehát a savótartalom gyakorlatilag alig változtatott a fagylalt állománytulajdonságain, az olvadékonyságot pedig kis mértékben növelte.

Korreláció-analízis

A korreláció-analízis elvégzésével az volt a célom, hogy megvizsgáljam az érzékszervi bírálat eredményei és a komplex viszkozitás értékek közt fennálló kapcsolatot, és ha igen, akkor az milyen szoros. A (lineáris) összefüggés mértéke az ún. „R”-rel jelölt Pearson-féle korrelációs együtthatóval jellemezhető. Az R értéke +1 és -1 közt lehetséges. Ha 1-hez közeli R-értéket kapunk, akkor a kapcsolat szoros. Az alábbi 10. táblázat az tejes fagylaltok érzékszervi jellemzőinek és komplex viszkozitásának korreláció-analízissel kapott eredményét szemlélteti:

10. táblázat Tejes fagylaltok érzékszervi jellemzőinek és komplex viszkozitásának kapcsolata

Komplex viszkozitás (-10) °C-on	Érzékszervi jellemző	R-érték
	Kanalizhatóság	0,88
	Olvadékonyság	0,56
	Homogenitás	0,68
	Krémesség	0,87
	Összbenyomás	0,93

A fentiek értelmében elmondható, hogy jelentős összefüggés a kanalizhatóság, krémesség és összbenyomás tekintetében van. A homogenitás esetén már nem mondható szorosnak a bírálati eredmények és a komplex viszkozitás értékek kapcsolata. Az olvadékonyság jellemző esetén kapott R érték 0,56-os értéke azt mutatja, hogy a (-10)°C-on mért komplex viszkozitás és olvadékonyság közt gyenge kapcsolat áll fenn.

Méréseim során arra kerestem a választ, hogy megváltoztatja-e a savó koncentrációt a fagylaltok minőségi jellemzőit. Azt tapasztaltam, hogy a temofizikai tulajdonságokban kismértékű változás történt. A savó arányának növekedésével fokozatosan negatív irányba tolódtak el a fázis-átalakulásokhoz tartozó hőmérséklet értékek. A reológiai tulajdonságok terén szintén érzékelhető volt változás. A termékek állományát tekintve elmondható, hogy már alacsonyabb hőmérsékleten is jobban érzékelhető volt a krémesség. Az olvadékonyságot a savótartalom nem növelte, egy eset kivételével. Az érzékszervi bírálat alapján az összbenyomást tekintve a 20% savókoncentrátumot tartalmazó minta bizonyult a legjobb minőségű terméknek. Tehát az általam használt savókoncentrátumot tejes fagylaltok készítéséhez 20% mennyiségben ajánlom.

6. Összefoglalás

Dolgozatomban célul tűztem ki annak vizsgálatát, hogy hogyan befolyásolja a savanyú savó koncentrátuma a tejes fagylaltok minőségi jellemzőit. A fagylaltok állományában jelentkező változásokat reológiai mérésekkel is megfigyeltem.

A fagylaltokat savó, illetve tejtartalmat tekintve 6 féle variációban készítettem el. A sorozat tagjainál a savó-koncentráció kiszámításához a kiindulási, T0 minta tejtartalmát vettem alapul. A többi minta az eredeti tejtartalom 20, 40, 60, 80, és 100%-ának megfelelő savó mennyiséget tartalmazták. Vagyis a T20 20%, a T40 számú 40%, a T60 60%, T80 80%, míg a T100-as jelzésű minta savó tartalma az eredeti tejtartalom 100%-ának megfelelő mennyiségű volt.

Munkám első részében a fagylaltok termofizikai jellemzőit, vagyis a krioszkópos hőmérsékletet, az intenzív olvadás kezdeti hőmérsékletét, az üvegesedési hőmérsékletet és a ki nem fagyasztható víztartalmat határoztam meg. A krioszkópos hőmérsékletek megállapításához $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hűtőközegű kriosztátot, termoelemet, Testo 452 adatgyűjtő szoftvert használtam. A krioszkópos hőmérsékletek mérésekor azt tapasztaltam, hogy azok fokozatosan csökkentek a savó arányának növelésével.

Az intenzív olvadás kezdeti hőmérsékletét, üvegesedési hőmérsékleteket és a ki nem fagyasztható víztartalmat DSC műszerrel vizsgáltam meg. A görbéket elemezve kiderült, hogy a savó mennyiségét növelve csökkent az intenzív olvadás kezdeti hőmérséklete, és az üvegesedési hőmérséklet is. A fagylaltok -18°C -os tárolási, és a -10°C -os fogyasztási hőmérsékleten vizsgált kifagyasztható víztartalommal kapcsolatban a következtetésre jutottam, hogy lényegében sem -18°C -on, sem -10°C -on nem nőtt a vízfázis a savó mennyiségének növelésével a kontroll mintákhoz képest, azaz nem nőtt az olvadékonyság.

A termofizikai vizsgálatokat a reológiai mérések követték. Ezeket Physica MCR51 típusú viszkoziméterrel, lap-lap mérőrendszerrel, P-PTD200 lapot és PP50/S 50mm átmérőjű feltétet használva végeztem el a hőmérsékletfüggés mérési

módszert alkalmazva. A hőmérsékletfüggés vizsgálata állandó kitérés (0,005%), valamint állandó frekvencia-értékek (10 1/s) mellett történt. A mérés -15 °C -on indult és 0 °C -on ért véget, ezért információt adott a minták olvadási tartományáról. A mérések során a rugalmassági (G') és veszteségi (G'') modulus értékét rögzítette a műszer, az értékelés során pedig leolvastam metszéspontjukat, melynek értéke a savó tartalom növekedésével fokozatosan csökkent, valamint értékeltem a komplex viszkozitás értékeit.

Az előbb említett mérések eredményeinek értékelése során a minták közti szignifikáns eltérések, egyezések kimutatására Student-féle kétmintás páronkénti t-próbát alkalmaztam, 95%-os konfidencia szinten. A kiértékelés a p-értékek alapján történt. A fagylaltminták esetén a savót nem tartalmazó mintához hasonlítottam az adott mintát.

Utolsó lépésként a fagylaltok érzékszervi bírálatára került sor, ahol pontozásos módszert alkalmaztam. A bírálatok alapján a tejes fagylaltok közül a 20% savókoncentrátumot tartalmazó minta bizonyultak a leginkább élvezhetőbb terméknek.

Méréseim során arra következtetésre jutottam, hogy a savó nem növelte a termék olvadákonyságát, csökkentette a fagyáspontot, az állománytulajdonságok kis mértékben változtak meg. Tejes fagylaltoknál 20%-os savókoncentrátum esetén javultak az állományjellemzők. A termofizikai tulajdonságokban sokkal kisebb mértékű változás történt, a termékek kevésbé voltak olvadékonnyak. A 20%-os mintáknál a krémesség is jobban érzékelhető volt. A fentiek értelmében tehát az általam használt savókoncentrátum 20% mennyiségben ajánlható tejes fagylaltok készítéséhez.

Irodalomjegyzék

1. AKTAS, N. , TÜLEK, Y., GÖKALP, H. Y. (1997): Determination Of Freezable Water Content Of Semimembranous Muscle DSC Study, Journal of Thermal Analysis, 48, pp. 259-266
2. ALMÁSY, E. (1977): Élelmiszerek gyorsfagyasztása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 234-258
3. ALVAREZ, V. B., WALTERS, C. L., Vodovotz, Y., Ji, T. (2005): Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates Journal of Dairy Science, 88,(3) pp. 862-871
4. BALATONI, M., KETTING, F. (1981): Tejipari kézikönyv, Mezőgazdaági Kiadó, Budapest, pp. 563-598
5. BALLA, CS., HORTI, K. (2010): Állattermék technológiák és minőségügy I., Gyakorlati anyagok, A fagyás kezdeti hőmérsékletének vizsgálata
6. BALLA, CS., SÁRAY, T. (2002): Élelmiszerek tartósítása hűtőkezeléssel, In: Beke György (szerk.): Hűtőipari Kézikönyv 2. Technológiák, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 7-9
7. BALLA, CS., SÁRAY, T., MÉSZÁROS, L., TISZAI, M. (1992): Fagyasztott élelmiszerek vízállapotának tanulmányozása DSC módszerrel. Élelmezési Ipar, XLVI. évf. 4. szám, 105-108
8. BÁNHEGYI, GY. (2005): Kristályos és amorf polimerek vizsgálata differenciális pásztázó kalorimetriával (DSC), Műanyagipari Szemle, 2005/01 (internetes folyóirat)
9. BROSTOW, W. , CHIU, R. , KALOGERAS, I. M., VASSILIKOU-DOVA, A. (2008): Prediction of glass transition temperatures: Binary blends and copolymers, ScienceDirect, Materials Letters, 62, pp. 3152-3155
10. CSAPÓ, J., CSAPÓNÉ, K. Zs. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 173-197, 413-419
11. DISSANAYAKE, M. & VASILJEVIC, T. (2009): Functional properties of whey proteins affected by heat treatment and hydrodynamic-high-pressure shearing, Journal of Dairy Science, 92 (4), pp. 1387-1397

12. FARKAS J. (1994): A DSC-termoanalitikai módszer néhány élelmiszertudományi alkalmazása, Élelmiszervizsgálati közlemények, 40, 1994/3
13. FETTER GY. (2004): Liotróp rendszerek in situ vizsgálata, PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 8-13
14. GOFF, D. (2011): Ice Cream Manufacture, Dairy Science and Technology, Education Series
15. GONI, O., MUÑOZ, M., RUIZ-CABELLO, J., ESCRIBANO, M. I., MERODIO, C. (2007): Changes in water status of cherimoya fruit during ripening, Research Note, Postharvest Biology and Technology 45, pp. 147–150
16. HAGIWARA, T., HARTEL, R. W. (1996): Effect of Sweetener, Stabilizer and Storage on Ice Recrystallization in Ice Cream, Journal of Dairy Science, 79 (5), pp. 735-744
17. HOMMONAY, ZS., KONCZ, K.-NÉ (2005): A tejsavóról másképpen, Élelmezési Ipar, LIX. évf. 6-7. szám, 179-183
18. JUHÁSZ, R., ZEKE, I. NÓTIN, B., NÉMETH, CS., STÉGERNÉ MÁTÉ, M., BARTA, J., BALLA, CS. (2010): Rotációs és oszcillációs viszkozimetria, MÉTE 340. Tudományos kollokvium, Összefoglaló, pp.7.
19. KÁRPÁTI, Á. (1997): A tejfeldolgozás szennyvizei és tisztításuk, Phd doktori értekezés, 6-22
20. KÁRPÁTI, Á., BENCZE, L., PINTÉR, L. (1983): Tejipari szennyvizek kémiai előtisztítása és a keletkező iszapok felhasználási lehetőségei. ISWA-MHT-MÉTE, 4. Kiadványkötet, pp. 37.
21. LEE, F. Y., WHITE, C. H. (1991): Effects of Ultrafiltration Retentates and Whey Protein Concentrates on Ice Cream during Storage, Journal of Dairy Science, 74 (4), pp.1170-1180
22. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (2007): 2-5210 számú irányelv, Jégkrémek 2. kiadás, 1-5
23. METZGER, T. G. (2006): The Rheology Handbook, Vincentz Network, Hannover, pp. 124-159
24. NAGY, J. (1998): Környezetkímélő élelmiszeripari technológiák, Műegyetemi Kiadó, pp. 1-5

25. RHICHA, S., RADHA, C., PRAKASH, J., KAUL, P. (2007): Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilisation in beverage formulation, *Journal Food Chemistry* , 101, pp. 1484-1491
26. STEFFE, J. F. (1996): *Rheological Methods In Food Process Engineering*, 2d edition, pp. 312-328
27. SZAKÁLY, S. (2001): *Tejgazdaságtan*, Dinasztia Kiadó, Budapest, pp. 64-90
28. TABILO-MUNIZAGA, G., V. BARBOSA-CANOVAS, G. (2005): Rheology for the food industry, *Journal of Food Engineering* 67, pp. 147-156
29. TÓTH, S. (2000): *Reológia, reometria*, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, pp. 90-94
30. WILDMOSER, H., SCHEIWILLER, 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
31. ZSINKA, Á. (1989): *Táplálkozásélettan I., A táplálkozásélettan alapjai II. Betegségmegelőző és gyógyító táplálás*

Internetes hivatkozások:

www.u-szeged.hu

www.phys-chem.elte.hu

www.ulttc.com

www.smnet.hu

www.seteram.com

www.azom.com

Mellékletek:

1. számú 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					

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

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Zeke Ildikónak, aki nélkülözhetetlen szakmai tanácsaival, önzetlen támogatásával alapvetően hozzájárult szakmai fejlődésemhez és dolgozatom megírásához. Köszönöm segítőkész, lelkes támogatását és dolgozatom alapos és kritikus átnézését.

Hálás vagyok Dr. Juhász Rékának, aki tanácsaival szintén hozzájárult munkám sikeres elvégzéséhez. Köszönetet mondok a dolgozat elkészítésében nyújtott segítségéért, értékes tanácsaiért és türelméért.

A jelen kutatás a TÁMOP 4,2,4,A-1 kiemelt projekt keretében meghirdetett ösztöndíj-támogatásnak köszönhetően valósult meg, a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.