

PH.D. ÉRTEKEZÉS

**MŰSZERES ÉS ÉRZÉKSZERVI VIZSGÁLATOK EGYES
SAJTOK MINŐSÉGGÖVETÉSÉBEN**

Témavezető:

DR. ÖRSI FERENC

egyetemi tanár, a kémia tudományok doktora

BMGE Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszék

BARA TAMÁSNÉ dr. HERCZEGH OTTILIA

SZTE SZÉF Élelmiszertudományi Tanszék

2002.

1 Bevezetés

Az egyre növekvő sajt fogyasztás szempontjából alapvető fogyasztói elvárás a nagy minőségi követelményeket kielégítő, állandó minőségű sajt előállítása és ellenőrzése. Ehhez nélkülözhetetlen az érési folyamat biokémiájának jobb megismerése, és az alapreakciók ellenőrzésének képessége (Fox & McSweeney, 1998).

A sajtgyártás egy élelmiszertartósítási forma, mely a tej értékes tápanyagait szelektíven koncentrálna. A legtöbb sajtfeleségnél a sajtgyártást két jól definiált szakaszra lehet osztani, a sajtészta készítésre és az azt követő érlelésre. A sajt olyan összetett rendszer, mely a gyártás és az ezt követő érlelés és tárolás alatt biológiai és biokémiai szempontból dinamikusan változik, és ebből adódóan érzékeny. A gyártás és az érlelés során egymást követő biokémiai reakciók sorozata játszódik le, ami, ha a folyamatok kiegyensúlyozottak és optimalizáltak, kiváló élvezeti értékkel rendelkező termék keletkezéséhez vezetnek. A sajt minősége, a sajt jellegzetes tulajdonságainak kialakulása szempontjából a sajtérés alatt lejátszódó biokémiai, kémiai és állomány tulajdonságokban bekövetkező változásoknak jelentős szerepe van. Az érést az oltóenzim, továbbá a pasztörözést túlélő tej eredetű mikroorganizmusok enzimeit és az adagolt szintenyészetek által termelt enzimek irányítják (Fox, 1993).

A termékminőség leírása, meghatározása minőségi jellemzők segítségével történik. A sajt minősítésében a beltartalmi összetétel, a táplálkozástani szempontból értékes komponensek, meghatározása mellett az érzékszervi minősítésnek döntő szerepe van. Jelentősek lehetnek olyan analitikai módszerekkel meghatározott minőség jellemzők, melyek a sajtminősítésben kiegészítő információt adnak. Bár ezek a jellemzők önmagukban nem elegendők a minősítéshez, az érzékszervi értékelést kiegészítve hasznos információt nyújthatnak. Farkye & Fox (1990) összefoglalta a legjelentősebb biokémiai folyamatok (proteolízis, lipolízis, laktóz/laktát metabolizmus) nyomon-követésén alapuló kémiai és reológiai módszereket, a módszerekkel nyert paramétereket,

melyek a sajt típusától, és a gyártástechnológiától függően felhasználhatók a sajtérés értékelésére, az érettségi állapot jellemzésére. Annak ellenére, hogy rendkívül nagyszámú módszer leírása jelent meg az irodalomban, általánosan elfogadott eljárást még nem állapítottak meg. Az eredmények részben specifikusak a sajtípusra. Az irodalomban a hosszú érlelési idejű cheddar sajtra található a legtöbb adat. McSweeny & Fox (1997) beszámolt a cheddar sajt érési folyamatát, minőségét jelző kémiai, mikrobiológiai, reológiai mutatókról, melyek a termékminősítésben hasznosak lehetnek.

Kutató munkámban célul tűztem ki:

1. Hazai félkemény sajtok (Trappista és Hajdú sajt) korának, érettségi állapotának becslésére alkalmas:
 - Pontozásos érzékszervi minősítő rendszer kidolgozását, és alkalmazását.
 - Műszeres állományvizsgálattal mért állomány paraméterek kiválasztását és meghatározását.
 - A másodlagos fehérjebomlással keletkező, érési indexként felhasználható, fotometriás módszerrel, illetve méretkizárásos kromatográfiával vizsgált proteolitikus jellemzők meghatározását.
2. A sajt minőségének és a minőség változásának jellemzését többváltozós statisztikai módszerek segítségével.

2 Irodalmi rész

2.1 Az oltós alvasztású sajt és minőség

Az oltós alvasztású érlelt sajt tejből megfelelő kultúra hozzáadásával, enzimes alvasztással, részbeni savélvonással előállított szilárd vagy félszilárd termék, amelyet rövidebb-hosszabb idejű érlelés után fogyasztanak (MÉ 2-51/09). Csoportosíthatók a tej eredete, a sajt szárazanyagára vonatkoztatott zsírtartalma, vagy a sajt állománya szerint. Az oltós alvasztású érlelt sajtokat leginkább állományuk alapján csoportosítják. Eszerint megkülönböztetnek kemény, félkemény és lágy sajtokat. Az egyes állománycsoportokba tartozó sajtokat azután egyéb jellemzők alapján további alcsoportokba sorolják. Számos osztályozási rendszert dolgoztak ki. Burkhalter, Scott, és a FAO/WHO csoportosítása a leginkább elfogadott (Banks 1992, Fox 1993).

A jó minőségű termék a sajtípusnak megfelelő fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságokkal rendelkezik, beltartalmi összetétele, és érzékszervi tulajdonságai az elvárásokat kielégítik. A végtermék minőségét a nyersanyagok (a tej, a starter kultúrát alkotó mikroorganizmusok, és az oltóenzim) és technológiai segédanyagok minősége, összetétele, és az alkalmazott technológia és paraméterei határozzák meg.

A sajt készítést két jól definiált szakaszra lehet bontani, a sajtészta előállítására (sajtgyártás) és az azt követő érlelésre. A sajtgyártás öt szakaszra tagolódik, savanyítás, koagulálás, dehidratálás, formázás és sózás (Fox és munkatársai, 1993). A sajt alapvető összetételét és szerkezetét a sajtészta készítés műveletei határozzák meg, de a sajt egyedi, jellegzetes tulajdonságai érés során alakulnak ki, amit a tészta összetétele és más tényezők: mint pl.: a gyártás során kialakított mikroflóra befolyásolnak. Bár az aktuális mikroorganizmus növekedés elősegíti a sajt érését, számos sajtfeleségnél a sajt érése alapvetően enzimes folyamat.

A sajt érlelése alatt a fő összetevők: fehérjék, szénhidrátok és zsírok kémiai és fizikai változáson mennek keresztül. A legjelentősebb biokémiai folyamatok: a

laktóz- és a citrát metabolizmus, a proteolízis, és a lipolízis. A szerkezetet elsődlegesen a biokémiai változások eredményeként kialakuló pH, és intakt kazein-nedvesség arány határozza meg. A szerkezet általában jellemzően az érés első egy-két hetében változik, amikor a koagulációs folyamat után az alvadékban maradt oltóenzim hatására az α -kazein egy kis frakciója hidrolizál α -I peptiddé az általánosan gyengülő kazein hálózatban. A szerkezet viszonylag lassú a változását főleg a proteolízis sebessége határozza meg, amit a sajtban maradt oltóenzim, a só, nedvesség arány, és a tárolási hőmérséklet nagy mértékben befolyásol. Az egyes lépéseket jellemző kémiai, biokémiai, és reológiai folyamatokat, és a végtermék minőségre kifejtett hatásukat, számos összefoglaló munka tárgyalja (Desmazeaud & Gripon 1977, Lawrence és munkatársai 1987, Eskin 1990, Fox és munkatársai 1993, Fox & McSweeney 1996, McSweeney & Sousa 2000).

2.1.1 A minőségjellemzők szerepe a sajtminősítésben

A sajtok csoportosítására és minősítésére minőségjellemzőket használnak. Ezek olyan kémiai, biológiai összetevők, reológiai vagy technológiai paraméterek, melyek a termék azonosítására, csoportosítására, vagy érettségi állapotának jellemzésére használhatók fel.

A minőségi jellemzők csoportosítása:

- 1. A termék azonosítására, esetlegesen osztályba sorolására felhasznált paraméterek:** Jellemzők az érett termékre, egy részük az érési folyamat során keletkezik, de nincsenek szignifikáns kapcsolatban az érési idővel. (pl.: a tej eredete, starter kultúra összetétele, a technológia lépései és paraméterei, érési körülmények, másodlagos mikroflóra, a beltartalmi összetevők, egyes illatkomponensek.)
- 2. Az érettségi állapot jellemzői:** Az érés biokémiai folyamatai során keletkező vegyületek, vagy a proteolitikus folyamathoz kapcsolódó állomány paraméterekkel leírható változások, melyek mennyisége az érési idővel korrelációba hozható. Az érés biokémiai folyamatai közül a fehérje bomláshoz kapcsolódó jellemzők a legjelentősebbek.

2.2 Az érettségi állapot kémiai jellemzői

2.2.1 A laktóz metabolizmus jellemzői

A laktóz lebomlása tejsavvá a gyártási fázisban játszik szerepet a pH kialakításában. A pH az érési folyamatban kissé emelkedik, de ez a változás csak penésszel érő sajtoknál használható az érettség jelzésére. A tejsav metabolizmus időben a legtöbb sajtféleségnél gyorsan játszódik le, a maradék tejsav, és a bomlástermékek csak egyes rúzzsal érő sajtoknál az érés bizonyos szakaszában lehetnek alkalmasak az érettségi állapot jellemzésére (Farkye, & Fox, 1990, McSweeney & Fox, 1993).

2.2.2 Lipolízis metabolizmus jellemzői

A lipolízis mértéke az érés alatt a sajt típusától és az érlelési körülményektől nagy mértékben függ. A penésszel érő sajtoknál a szabad zsírsavak keletkezése jelentős az illat kialakulása szempontjából. Madkor és munkatársai (1987a) találtak olyan hosszabb láncú szabad, telített és telítetlen zsírsav komponenseket (C_{12} - C_{18}) és metil-ketonokat (C_7 - C_9) Stilton sajtjánál, melyek az érési idővel jól definiált függvény- kapcsolattal leírható módon változtak. Cheddar sajt vizsgálatban Marsili (1985) talált néhány jellegzetes szabad zsírsavat, és metabolitot (δ -lakton), melyek mennyisége jól korrelál a sajt korával és érettségi állapotával, a minőségi jellemzők elfogadásához további vizsgálatok szükségesek (Farkye, & Fox, 1990, McSweeney & Fox, 1993). A rövid szénláncú (C_2 - C_6) zsírsavak is indikátorai az érés során bekövetkező lipolízisnek olasz sajtoknál, bár mennyiségüket nem csak az érlelési idő, hanem az évszak is befolyásolja (Chavarri és munkatársai, 1999). Innocente és munkatársai (2000) új analitikai gyorsmódszert fejlesztettek ki mennyiségi meghatározásukra. Sousa és munkatársai (1997) különböző tejből (tehén, juh, kecske) készült sajtok lipolízissel keletkező szabad zsírsav összetételét és érlelés közben megfigyelhető változását vizsgálták. Meghatározták a legkarakterisztikusabban változó zsírsavak mennyiségét és változásuk mértékét a különböző érési időkben.

2.2.3 Proteolízis jellemzői és meghatározásukra alkalmazott módszerek

A kemény és félkemény sajtoknál a proteolitikus folyamatok értékelése a legáltalánosabban használt érési jellemző. A proteolízist Rank és munkatársai (1985) két típusra osztották: elsődleges és másodlagos proteolízisre.

- Elsődleges proteolízisként definiálták azokat a változásokat, melyek a kazein frakciók (α_s , β , γ -kazeinek) bomlásával tanulmányozhatók poliakrilamid gél elektroforézissel (PAGE)¹.
- Másodlagos proteolízisként definiálták a sajt vízdoldható frakciójában található bomlástermékeket, melyek elsősorban peptidek, fehérjék, aminosavak.²

2.2.3.1 Az elsődleges proteolitikus jellemzők meghatározásának módszerei

A kazein frakciók tanulmányozására elsősorban karbamid-PAGE és SDS-PAGE technikát, valamint nagyhatékonyságú folyadék kromatográfiát használnak a különböző eredetű sajtoknál (Gaiaschi és munkatársai 2001, Pripp és munkatársai 2000a, Jin & Park 1996, Lopez-Fandino és munkatársai 1994, Addeo és munkatársai 1995, Christensen és munkatársai 1989, Chin & Rosenberg 1998, Hewedi & Fox 1984, Bican & Blanc, 1982). Az utóbbi években kapillár elektroforézissel (CE) sikeresen választották el a sajt kazein-frakciókat (Pripp és munkatársai 1998, Recio és munkatársai 1997). Az egyes kazein-frakciók arányából következtetni tudnak a sajt korára. Pl.: érett Gauda sajtnál a β : γ frakció arányának csökkenése, vagy nyers sajtoknál az α_{s1} : α_{s1I} arány jól jelzi az érettségi állapotot. Holland és svájci típusú sajtoknál a γ kazein mennyisége változik a sajt korával (Fox 1993, McGoldrick & Fox 1999). Az elsődleges proteolízis okozta szerkezeti változásokat a kazeinben spektroszkópiás módszerekkel (Furier transzformált infravörös spektrum analízissel, valamint Raman spektroszkópiával) is vizsgálták Fontecha és munkatársai (1993).

¹ Rank definíciójában szerepel a poliakrilamid gél elektroforézisre utaló megjegyzés. Az elválasztás technikák fejlődésével a PAGE már nem kizárólagos vizsgálati módszere az elsődleges proteolízisnek.

² A vízdoldható frakció heterogén összetételű, amit nagy mértékben befolyásol előállításának módja, ezért az érési jellemző megadásánál, értelmezésénél, a vizsgálati módszert definiálása is szükséges.

Összefüggést találtak az elektroforézissel és a spektrális módszerekkel kimutatható változások között. A NIR technika alkalmazását az érettségi állapot kimutatására holland típusú sajtoknál foglalták össze Rodriguez-Otero és munkatársai (1997).

Az elsődleges proteolitikus jellemzőket legtöbb esetben standardok segítségével azonosítják.

2.2.3.2 A másodlagos proteolitikus jellemzők meghatározásának módszerei

A másodlagos proteolitikus jellemzők az érettségi állapot leggyakrabban használt mutatói, a vízdoldható frakció előállítására és analizisére számos eljárást dolgoztak ki.

A proteolitikus jellemzők meghatározásának módszerei két csoportba sorolhatók:

1. **Direkt eljárások:** A másodlagos proteolízissel keletkező vízdoldható vegyületek (aminosavak, peptidok, fehérjék) egyes jellegzetes komponenseit, vagy összes mennyiségét határozzák meg többnyire kémiai reakciók segítségével.
2. **Szeparációs eljárások:** A vízdoldható frakció peptid és fehérje összetételének, vagy szabad aminosavainak analizise elválasztás technikán alapuló (elektroforetikus, vagy kromatográfias) módszerekkel. A szeparációs eljárásokon belül megkülönböztetünk a szabad aminosavak összetételét és mennyiségi meghatározását célzó és a peptid és fehérje összetételt tanulmányozó eljárásokat.

Direkt eljárásoknál a vízdoldható frakció pontos összetételét nem határozzák meg. A szeparációs eljárásokban a vízdoldható frakció peptid és fehérje összetételt tanulmányozó módszereknél a frakciók pontos azonosítása csak részlegesen valósul meg (Pham & Nakai 1984, Kaminogawa és munkatársai 1986, Furtula és munkatársai 1994a, b) gyakran csak móltömegüket becsülik.

A másodlagos proteolitikus jellemzők meghatározásának előfeltétele a vízdoldható frakció kinyerése a mintából, ezt követi a mennyiségi meghatározás,

vagy az esetleges frakcionálás és a frakciók analízise. Az alkalmazott módszereket elsőnek Rank és munkatársai (1985) foglalták össze.

2.2.3.2.1 Vízoldható frakció kinyerése

A vízoldható frakció kinyerésére különböző oldószereket használnak (víz, puffer, sóoldat, alkoholok, szerves savak (triklórecetsav, foszforwolframsav). Az extraháló oldószer sokszor szelektíven a kisebb móltömegű komponensek kioldását biztosítja, a kazeinek oldódása gátolt (pH4,6-os puffer, sóoldat (CaCl₂, NaCl), fehérje kicsapószer). Az extraktum összetételét nem csak az alkalmazott extrahálószer, és annak koncentrációja, hanem az extrakció körülményei (extrakció hőmérséklete, időtartama, homogenizátor típusa) is befolyásolja (Kuchroo & Fox 1982, Polychroniadou 1999).

2.2.3.2.2 Direkt eljárások:

A különböző frakcionálási eljárásokkal nyert vízoldható frakció mennyiségi meghatározásának klasszikus eljárása a Kjeldahl nitrogén módszer (Bynum & Barbani 1985), mely munka- és időigényessége miatt nem vált rutin eljárássá, de a mikro-Kjeldahl technika révén alkalmazzák (Madkor és munkatársai 1987b, Macedo & Malcata 1997).

A direkt eljárások a fehérjeanalitikában használt fotometriás vagy egyéb analitikai (klasszikus analitikai, fizikai-kémiai, elektroanalitikai) módszerek.

Fotometriás meghatározások: Ultraibolya fényelnyelés ($\lambda=280$ nm-en az aromás aminosavak fényelnyelését mérik), kolorimetriás (fehérjék színezékkötésén, aminosavak és aminocsoportok színreakcióján alapuló (reagensek: trinitrobenzolszulfonsav, ninhidrin), illetve fluoreszkáló vegyületek képződésével járó (reagensek: fluoreszkamin, o-ftálaldehid) fotometriás eljárások (Kroger & Weaver, 1979, Pearce és munkatársai 1988, Church és munkatársai 1983). A fotometriás eljárásokkal kapott adatok jól korrelálnak a Kjeldahl módszer eredményeivel (Rhom és munkatársai 1996, Polychroniadou 1988)

A szabad aminocsoportok mennyiségi meghatározására alkalmas trinitrobenzolszulfonsavas (TNBS) reakció a proteolízis egyik legjobb indikátora. A TNBS

reakciót Satake fejlesztette ki, jelentőségét az támasztja alá, hogy enyhe reakció körülmények között specifikus reakciót ad (Habeeb, 1966). A TNBS a primer amino csoportokkal lúgos körülmények között szulfid ionok jelenlétében sárga színű, N-trinitrofenil származék képződése közben reagál, az N-trinitrofenil-származékkal a szulfid ionok komplexet képeznek (pH 9,5, 420 nm, $E = 22000 \text{ M}^{-1} \text{cm}^{-1}$) (Pearce és munkatársai, 1988). A reakciót a sajtérés során keletkező amino csoportok meghatározására Fields alkalmazta először 1971-ben, ezt követően Jarrett és munkatársai, valamint Kuchroo és munkatársai (1983) dolgoztak ki módszereket a vízoldható frakciók TNBS reakciójára. A három módszert Barlow és munkatársai (1986) hasonlították össze. Rutin analitikai vizsgálatra Kuchroo módszerét (1983) találták a legmegfelelőbbnek. Munkaigényes minta-előkészítés miatt ez utóbbi sem vált rutin módszerré (Pearce és munkatársai, 1988). Kuchroo módszerét Polychroniadu (1988) fejlesztette tovább, aki megoldotta a TNBS eljárás kivitelezését a sajt vízoldható frakciójának fehérjementesítése nélkül, ami könnyebben kivitelezhető eljárást eredményezett. Polychroniadou (1994) bizonyította a módszer alkalmazhatóságát az érettségi állapot jelzésére Feta és Telemea sajtoknál.

Egyéb analitikai módszerek: formol titrálás, pufferkapacitás mérés, dialízises technika, vezetőképesség meghatározás (Sciancalepore & Alviti 1987, Sciancalepore & Longone 1988, Ollikainen 1990, Kostyra és munkatársai 1981).

2.2.3.2.3 Frakcionálás, azonosítás

A heterogén összetételű nyers extraktumot esetenként fizikai módszerekkel (dialízis, ultraszűrés), esetleg kicsapó-szerekkel / szerves reagensekkel vagy azok keverékével (trifluoecetsav, nátrium-klorid, sósav/etanol, aceton, kloroform) választják szét frakciókra. A cheddar sajt vízoldható extraktumának frakcionálási rendszerét dolgozta ki Kuchroo & Fox (1983), melyet O'Sullivan & Fox (1990), Singh és munkatársai (1994), valamint Fernández & Fox (1998) tökéletesítettek. A frakciók további szétválasztása, vagy a nyers extraktum elválasztása és a peptid vagy fehérje összetevő detektálása kromatográfias eljárásokkal (különböző HPLC

technikák) vagy egy- és kétdimenziós elektroforetikus (kapillár elektroforézis, izo-elektromos fókuszálás, poliakrilamid gél elektroforézis) technikákkal lehetséges (Pham & Nakai, 1984, Bican & Spahni 1991, Furtula és munkatársai 1994b, Chin & Rosenberg 1998, Fernández és munkatársai 1998, Pripp és munkatársai 1999b, 2000b). A különböző módszerekkel kapott nagy mennyiségű paraméter értékelésére többváltozós statisztikai módszereket (főkomponensanalízis, diszkriminanciaanalízis) alkalmaznak (Pham & Nakai, 1984, Santa-Maria és munkatársai 1986, Lopez és munkatársai 1994, Sousa & Malcata 1997, Pripp és munkatársai 1999a,b, 2000b).

A vízdoldható frakció peptid és fehérje profil vizsgálata kromatográfias módszerekkel

A pH 4,6-on vízdoldható frakció oszlopkromatográfias vizsgálatára a gél és a hidrofób kromatográfias vizsgálatok terjedtek el (McSweeny & Fox, 1993, Altemueller & Rosenberg 1996). A klasszikus gél-permeációs kromatográfiát különböző pórusméretű Sephadex gélek felhasználásával alkalmazták, a módszer előnye a frakciók molekulatömegének becsülhetősége. A HPLC elterjedésével a gél-permeációs HPLC technikát sajt vízdoldható fehérjék és peptidek jellemzésére használták (Vreeman et al, 1986). A kazein bomlásából származó kisebb móltömegű peptidek elválasztására a méretkizárásos kromatográfiában új összetételű, metanol és trifluorecetsav tartalmú mozgófázist fejlesztettek ki Vijayalakshmi és munkatársai (1986). Vijayalakshmi módszerét cheddar sajtra Lemieux és munkatársai (1989) trappista sajtra Bara-Herczegh és munkatársai (2000) alkalmazták. A detektálásban az UV tartományban mért fényelnyelés az általános. Gyakran használják a peptid kötésre jellemző alacsony ultraibolya tartományt (190-230 nm). A nagyobb móltömegű frakciók analízisének, melyek jelentős mennyiségben tartalmaznak aromás aminosavakat is, a 280 nm –en mért abszorbanciát határozzák meg. A fordított fázisú HPLC alkalmazása a sajt peptidek azonosításában, különösen a keserű ízanyagok vizsgálatában igen elterjedt, de gondot jelent az adatok értékelése és a peptid frakciók azonosítása (McSweeny & Fox, 1993).

Szabad aminosav tartalom vizsgálat

A szabad aminosav tartalmat ioncserés kromatográfiával, illetve fordított fázisú oszlopon származékképzés után határozzák meg. A szabad aminosavak összmenyisége a legtöbb sajtféleségnél nő az érés előrehaladtával. A teljes mennyiségből a legkarakterisztikusabban változó aminosavak a sajtípustól függenek. Pl: cheddar sajtnál a valin, tirozin, fenilalanin, glutaminsav, leucin a legjelentősebb, svájci sajtípusoknál a prolin, Stilton sajtnál szerin, leucin, arginin, hisztidin, Mahon sajtnál fenilalanin, valin, prolin, glutaminsav, izoleucin (Polo és munkatársai 1985, Madkor és munkatársai 1987b, McSweeney & Fox, 1993).

2.3 Az érettségi állapot fizikai jellemzői

2.3.1 Az állomány fogalma, terminológiája

Az állomány az élelmiszer összetett minőségi jellemzője, amely különböző fizikai tulajdonságok együttesének eredménye, amit érzékszerveinkkel érzékelünk (tapintással, (ujjal, szájjal) látással és hallással). (Brennan, 1980). Az állomány jellemzésére különböző paramétereket használnak, melyeket Szczeniak csoportosított mechanikai, geometriai és egyéb paraméterekre. A mechanikai paraméterek a mintában erőhatásra ébredő feszültséggel hozhatók kapcsolatba. A mechanikai paramétereket tovább csoportosította elsődleges és másodlagos paraméterekre.

Számos módszert dolgoztak ki az élelmiszerek állomány vizsgálatára. A módszerek közül az érzékszervi és műszeres eljárások a legjelentősebbek. A műszeres eljárásokat Scott Blair javaslatára empirikus, imitációs és alapvető módszerekre osztják.

Empirikus módszerek: A minta mechanikai tulajdonságait mérik, amelyek ugyan rosszul definiáltak, de úgy találták, hogy a minta egy vagy több állomány-jellemzőjével kapcsolatban állnak.

Imitációs módszerek: Az állományprofil analízátorok valamilyen szinten képesek utánozni a harapás és rágás folyamatát. A minta deformációja közben

fellépő feszültséget mérik, amit grafikusan megjelenítenek. A görbe analízisével az állomány paraméterek számíthatók.

Alapvető módszerek: Az élelmiszer jól definiált mechanikai / reológiai tulajdonságát határozzák meg, ami kapcsolatban áll az állomány-jellemzőkkel.

2.3.2 A mechanikai paraméterek meghatározásának módszerei sajtoknál

A sajt reológia tanulmányozása egyidős a reológiával, így a sajt vizsgálatban klasszikus empirikus- imitatív és alapvető módszereket egyaránt alkalmaztak. A sajtvizsgálatban alkalmazott reológiai módszerek fejlődéséről Konstance & Holsinger (1992) számolt be.

Az empirikus és imitációs vizsgálatok közül az ujj benyomást utánozó Ball kompresszor mechanikus ujjként a sajtfelület deformációs tulajdonságaira adott információt (Voisey 1971). Az erőmérő készülékek között a különböző penetrációs vizsgálatok egyszerűségük miatt jelentősek, különösen a tű mérőfejjel rendelkező penetrométer. Hátrányuk, hogy a tűs mérőfejjel a sajt inhomogenitása miatt csak nagyszámú vizsgálat adott megbízható eredményt. A penetrációs típusú tesztek egy másik formáját lyukasztó (puncture) vizsgálatoknak tekintik. Egy rudat vezetnek a mintába és a rúd mozgására fellépő feszültséget mérik az idő vagy távolság függvényében, az imitációs módszerekhez hasonlóan. (Bourne 1979). Az állkapocs mozgását utánozó imitációs módszerek fejlődésével pedig az állomány profil analízis technikája fejlődött ki, amit Shama & Sherman (1973a, b) alkalmazott először sajtokra.

Az alapvető módszereknél adott feszültségnek adott ideig történő alkalmazása mellett megfigyelik a bekövetkező relatív alakváltozást (Prentice 1984a). Ezt erő-kompresszió összefüggést mérő módszerekkel (Casiraghi és munkatársai 1985, Tunick és munkatársai 1991, Yun és munkatársai 1994), lassú alakváltozás meghatározással, vagy a mintában ébresztett feszültség relaxációjának nyomon-követésével végezték (Shama & Sherman 1973b, Peleg 1979, Nolan & Sherman 1987, Yun és munkatársai 1994). A dinamikus-mechanikai tulajdonságokat kis amplitúdójú oszcillációs nyírással vizsgálták (Nolan és munkatársai 1989, Tunick

és munkatársai 1990). QTS 25 állományvizsgálóval meghatározott mechanikai paraméterek alkalmazhatóságáról a Trappista sajt korának becslésénél Bara-Herczegh és munkatársai számoltak be (2001).

Bár a sajtokkal foglalkozó reológiai irodalom rendkívül gazdag, standard vizsgálati módszerek még nincsenek, és komoly gondot okoz a reprezentatív minta előállítása is (Farkye & Fox 1990).

2.4 A sajtminősítés érzékszervi módszerei

Az élelmiszerek minőségének meghatározó része az élvezeti érték, melyet az érzékszervi tulajdonságok és harmóniájuk biztosít (Molnár 1981, Molnár és munkatársai, 1991, Molnár 1991a). Az élelmiszerminőség, elbírálásában fontosak az érzékszervi minősítő módszerek.

Alapvetően 2 fő módszer-csoportot különböztetnek meg:

Kvalitatív laboratóriumi módszerek. Ezekkel a módszerekkel általában egyes érzékszervi tulajdonságokat vizsgálnak kvalitatív jelleggel. Kedveltség, vevői elégedettség kutatásában jelentős (Lawless & Heymann 1998, Vie és munkatársai 1991, Santos és munkatársai 1989).

Leíró és értékelő módszerek. Ezekkel a módszerekkel az egyes érzékszervi tulajdonságokat és tulajdonságcsoportokat (szag, íz, külső megjelenés, texturális tulajdonságok stb.) külön-külön, valamint összehatásukban leíró jelleggel és számszerűen értékelve vizsgálják. Az illatkomponensek változását az érési folyamat közben érzékszervileg is tanulmányozták cheddar sajtnál (Midje és munkatársai 2000, Roberts & Vickers, 1994). A kéntartalmú illatanyagok érzékszervi kimutathatóságát sajtokban Berger és munkatársai (1999) tanulmányozták. Az állomány tulajdonságok változását profilanalízis technikát alkalmazva írták le kemény sajtoknál Jack és munkatársai (1994), francia sajtoknál Antoniou és munkatársai (2000).

A hazai és a nemzetközi szabványok pontozásos minősítő rendszereket írnak elő, amelyek csak a vizsgálati feltételek és körülmények betartása esetén ill. az eredmények matematikai statisztikai értékelése alapján adnak megbízható

eredményt (Lásztity & Örsi 1975, Örsi 1975, Örsi & Kohan 1975, Molnár & Örsi 1982; Örsi 1987).

Hazánkban a tejipari termékekre a 20 pontos súlyozófaktoros bírálati módszer terjedt el. A szabványos termékminősítés 5 tulajdonságcsoporthoz [külső (alak, külső); belső (szín, lyukacsozottság); állomány; szag; íz] pontozás maximálisan 5 ponttal (MSZ 12280-87, MSZ 08-1243-1989, Molnár 1991b).

2.5 A sajt minősítése beltartalmi összetétel alapján

A sajt beltartalmi összetételének meghatározására nemzetközi szabványokat dolgoztak ki (AOAC³, IDF⁴). Szabványos módszerek vannak a nedvesség, hamu, fehérje, zsír, savasság, klorid, nátrium-klorid, citrát, foszfát, nitrit és nitrát meghatározásra (McSweeney & Fox, 1993). A magyar termékszabvány minőségi követelményeiben a szárazanyagtartalom, a szárazanyagra vonatkoztatott zsírtartalom, és a konyhasótartalomra írnak elő követelményeket (MSZ 12280-87, MSZ 08-1243-1989).

Elfogadott még a pH, nátrium, kalcium és vízaktivitás meghatározása. A vízaktivitás meghatározására eszközigényessége miatt számos becslő egyenletet dolgoztak ki, melyek az összetételből következtetnek a vízaktivitási értékekre különböző sajtoknál (Marcos, 1993). A beltartalmi adatokból számíthatók olyan viszonyszámok melyek a sajt jellemzésére felhasználhatók. Ilyen a nedvességtartalomra vonatkoztatott százalékos só tartalom (S/M %) (Guinee & Fox 1993), a nedvességtartalomra vonatkoztatott százalékos fehérje tartalom (P/M %), és a zsírintes sajtanyag százalékos nedvességtartalma (MNFS%) (Guinee & Fox 1993). Ezek a viszonyszámok a sajt összetétele és minősége közötti összefüggés tanulmányozásánál jelentősek. Gilles & Lawrence szerint az összetételnek nincs döntő hatása a sajt minőségre, a megfelelő összetétel önmagában nem elegendő a kiváló minőségű sajt előállításához, ugyanakkor a zsírintes sajtanyag százalékos nedvességtartalma jelentősen befolyásolja a végtermék minőséget (Guinee & Fox 1993).

³ Association of Official Analytical Chemists, (Hivatalos Analitikai Kémikusok Egyesülete)

⁴ International Dairy Federation (Nemzetközi Tejgazdasági Szövetség)

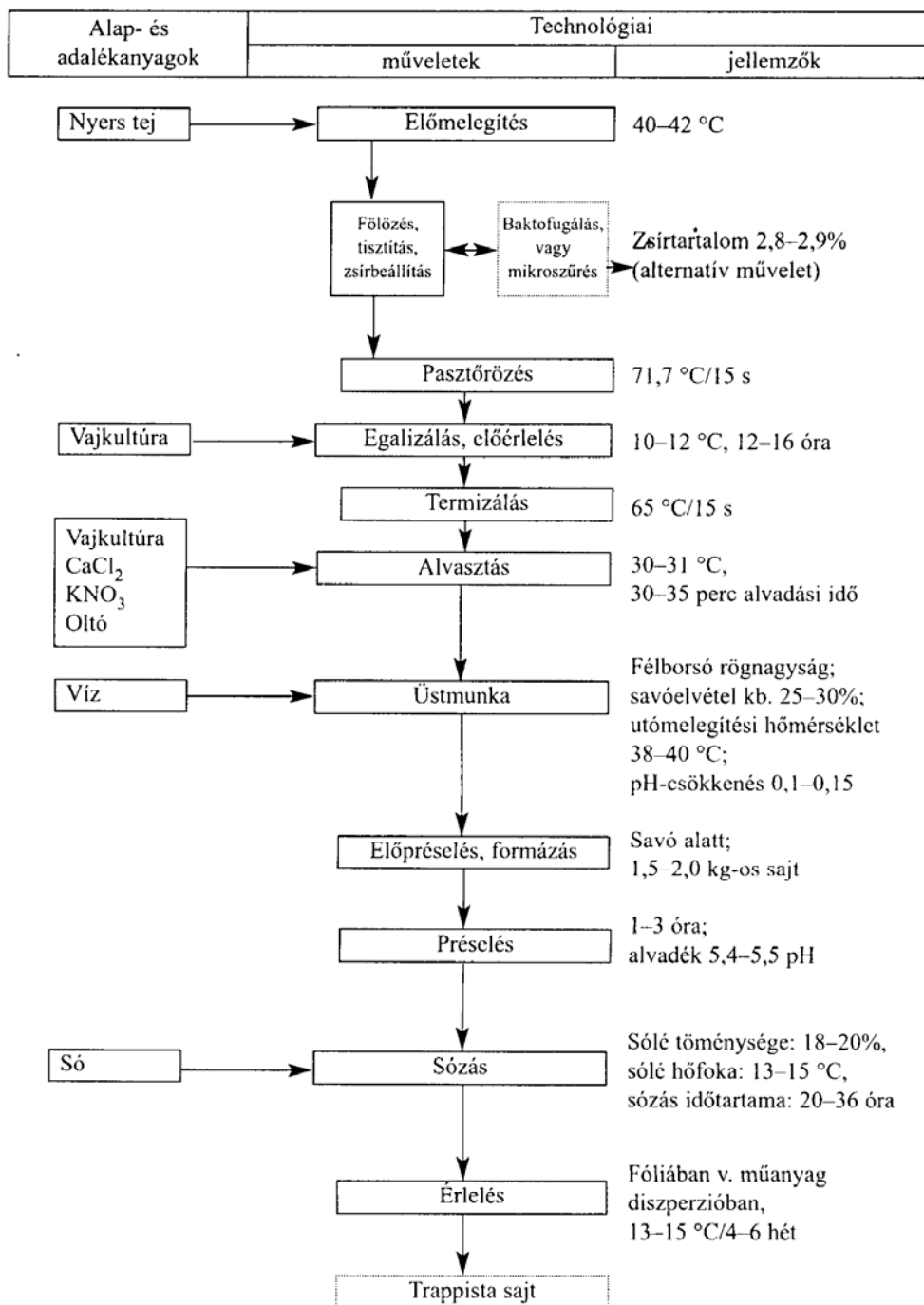
2.6 A félkemény sajtok gyártása és jellemzése

A félkemény sajtokat a szilárd, de jól vágható állomány, a közepes méret és tömeg, a szabályos alak és a több hetes érési idő jellemzi. Egész tömegükben egyenletesen érnek, de egyes alcsoportok érésében a kéregfólia is szerepet játszik. Az ide tartozó sajtokat erjedési lyukas, röglyukas, zöld nemespenésszel érő és hevített-gyúrt sajtok alcsoportjaira osztjuk (Unger, 2001). A továbbiakban azokkal foglalkozom, melyeket a vizsgálataimhoz felhasználtam.

Trappista

A trappista sajt az erjedési lyukas félkemény sajtok egyik képviselője. Hazánkban az egyik legkedveltebb sajt. Franciaországból származik, a Notre Dame de Port du Salut kolostor trappista szerzeteseinek találmánya. Hazánkba a XIX. század végén került. Pasztörözött tejből, tejsavbaktérium tenyészet, oltóenzim, kalcium-klorid, kálium-nitrát hozzáadásával készített, sózott, érlelt jellegzetes érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező félkemény sajt. Légtelenített műanyag fóliába csomagolva, 1-1,5 kg-os korongokban hozzák forgalomba. Vágási felülete egyenletesen halványsárga, száraz, vagy enyhén nyirkos tapintású, metszésfelületén egyenletes eloszlásban 3-4 mm átmérőjű fényes, kerek erjedési lyukak láthatók. Jól vágható, képlékeny, rugalmas, szájban elomló. Íze és szaga jellegzetesen aromás, zamatos, savanykás, enyhén sós. Minden formában jól fogyasztható.

Gyártásának főbb lépései (Unger 2001) a 2.6-1. ábrán látható. A tej egalizálása és előérlelése elősegíti a tejcukor szabályozott és megfelelő ütemű bomlását a sajtgyártás alatt. A sajt jellege által megkívánt hidratációt az alvadék rögnagyságával, a közepes intenzitású savanyítással, valamint az utómelegítéssel érik el. Az alvadékezelés befolyásolja a sajtok lyukacsozottságát. A gázképzés intenzitását és mennyiségét a savanyító kultúra és az érlelési hőmérséklet befolyásolja. A Trappista sajt egész tömegében egyenletesen érik (Unger, 2001).



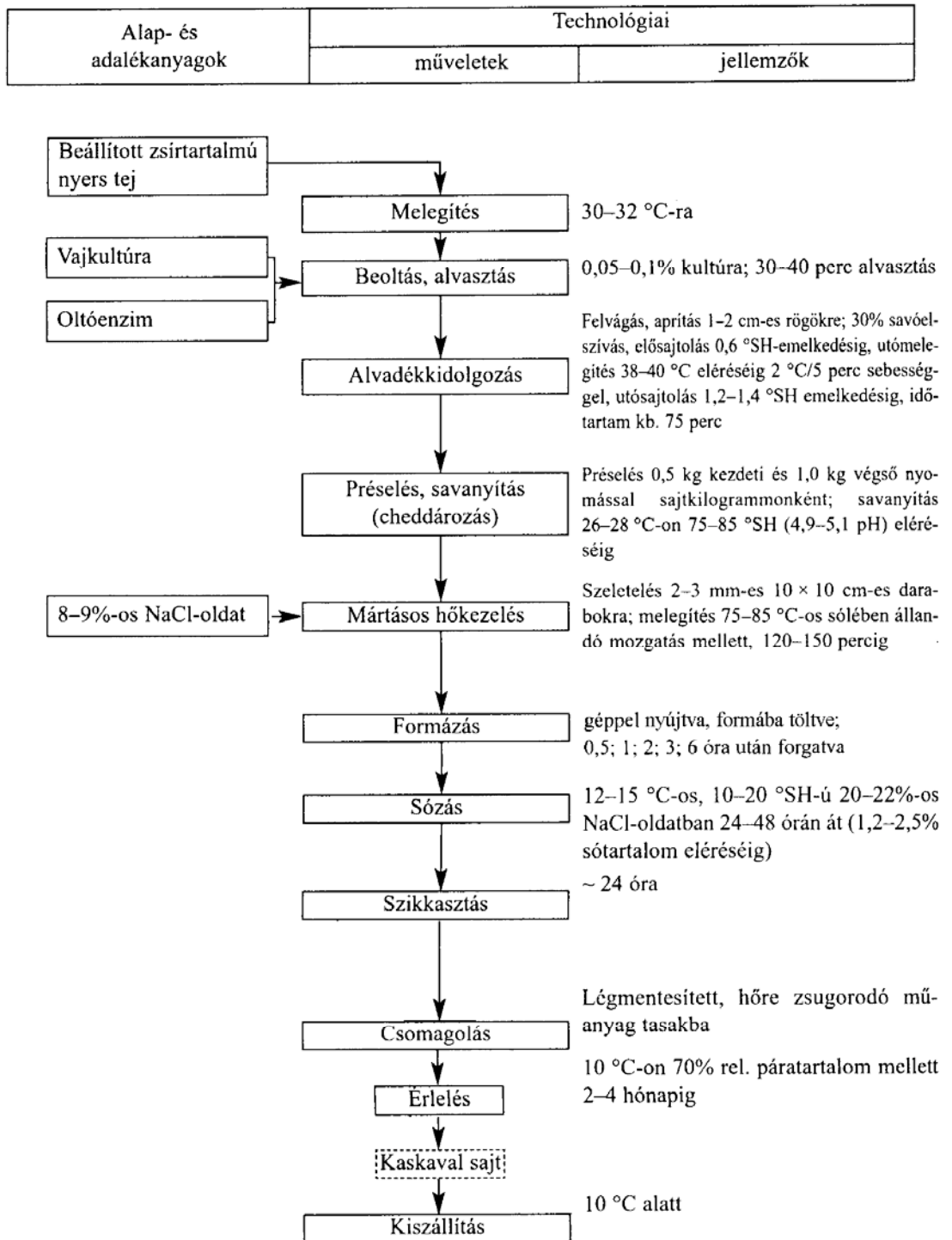
2.6-1. ábra. A Trappista sajt gyártási folyamata (Forrás: Unger 2001)

Hajdú

A Hajdú sajt Magyarországon gyártott, félkemény, tehéntejből készült, kashkavál sajtfeleség, ami a gyúrt sajtok csoportjához tartozik. A Kashkavál sajtot juhtejből készítik és a 11. századtól ismert. Ez a sajtípus nagyon elterjedt Közép- és Kelet-Európában, elsősorban a mediterrán éghajlatú országokban. Különböző név alatt számos változatát állítják elő. Ezeknek a sajtoknak jelentős hagyományai vannak, kiváló minőségűek, ugyanakkor gyártásuk korlátozott, ezért tehéntejből készült változatuk is elterjedt (Kalantzopoulos 1993). A Hajdú sajt nyers tejből, tejsavbaktérium-tenyészet és oltóenzim hozzáadásával előállított gomolyából, mártásos hőkezeléssel készített (előírt hőmérsékletű és töménységű sólében ömlesztett és gyúrt), sózott és érlelt, jellegzetes érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező, viszonylag magasabb sótartalmú félkemény sajt. Légtelenített műanyag fóliába csomagolva, 1, 4, 8 kg-os korong, ill. 0,5 kg-os félkorong formában hozzák forgalomba. Felülete kéreg nélküli, sima, rugalmas, száraz vagy enyhén zsíros tapintású, egyenletesen halványsárga színű. Belseje egyenletesen halványsárga, metszéslapja zárt, rajta kisebb röghézagok, zsírzárványok megengedettek. Jól vágható, szájban elomló, hajlítva törékeny. Íze és szaga jellegzetesen aromás, zamatos, telt, kellemesen sós.

Gyártásának főbb lépései (Fenyvessy és munkatársai 2001) a 2.6-2. ábrán látható. A mártásos hőkezeléssel készült gyúrt sajtok jellegét olyan különleges eljárások alakítják ki, melyet más sajtoknál nem alkalmaznak. Ezek: az alvadék gyúrása, savanyítása (cheddározása), szeletelése és mártásos hőkezelése. A cheddározás folyamán a keletkező tejsav a parakazein-molekulák közül kioldja a kalciumhidakat és ez által az 5%-os konyhasóoldatban oldható fehérje mennyisége az alvadékban többszörösére növekszik. Az alvadék a cheddározás hatására képlékennyé, hő hatására nyújthatóvá válik. Az aprított gomolya mártásos hőkezelése az alvadékot szól állapotba juttatja, peptizálja. A peptizált, megömlött sajtanyag tézstaszerűen nyújtható, formázható, lehűlés után ismét gél szerkezetet vesz fel. A Hajdú sajt sózását két lépésben (alvadék sózás mártásos hőkezelés

közben, és sólében történő sózással) valósítják meg. Érésére az egész tömegben történő, lassú érés jellemző.



2.6-2. ábra A Hajdú sajt gyártási folyamata (Fenyvessy és m. 2001 nyomán)

A vizsgált sajtok szerkezete és reológiája

A sajt reológiai tulajdonságai szerkezetétől függenek. A sajt három fő összetevője a kazein, a zsír és a víz. Az összetevők reológiai tulajdonságai sajátos módon meghatározzák a szerkezetet. Normál szoba hőmérsékleten a kazein szilárd, a zsír szilárd és folyékony fázis keveréke, ami a plasztikus tulajdonságok megjelenését eredményezi, míg a víz folyadék. A kazein hálós szerkezetű (Creamer & Olson 1982). A hálón belül a tejszír cseppek eredeti formában találhatóak. A vizes fázis a tejszérum oldható komponenseit és a sajt készítésekor hozzáadott sókat tartalmazza. A víz egy része a fehérjéhez kötődik, ezért immobilizált állapotú, a többi szabad, és kitölti a kazeinmátrix, valamint a zsír közötti teret.

A sajt szilárd természetét a kazein határozza meg. Az elsődleges szerkezet egy háromdimenziós rács, melynek oldalait kazein molekulaláncok alkotják. Ez a szerkezetnek jelentős merevséget biztosít. A láncok nem egyenesek, szabálytalan, „görcsös/bütykös” szerkezetűek. Ez külső erő hatására rugalmasan deformálódni képes, és ez a rugalmasság módosítja a kazeinrács merevségét. Az alvadás során ezek a láncok a savóban levő egyes kazein részecskéket összekapcsolják. A savó körülveszi a zsírcseppeket, ezért az egyes rácselemek legalább egy cseppet, vagy cseppecske halmazt magukba zárnak. A teljes sajtalvadék ebben a lépésben a kazein és zsírcellák aggregátumából áll, és az egészet átjárja a vizes fázis. Ha erő hat erre a szerkezetre, a deformációt elsődlegesen a rácsszerkezet merevsége határozza meg, amit módosít a szerkezeti membránok bizonyos rugalmassága. A cella deformációját korlátozza a benne található zsír. Nagyon alacsony hőmérsékleten a zsír szilárd halmazállapotú, és csak növeli a merevséget. Normál hőmérsékleten, amikor a sajt érik, a zsír mindkét halmazállapotban (szilárd és folyékony) jelen van, ami sajátos reológiai tulajdonságokat biztosít a rendszernek. A kazein-mátrix deformációja a zsír deformációját is igényli. A zsír és kazein között jelenlevő víz kenőanyagként szolgál. Ennek eredményeképpen komplex módon a zsír merevsége hozzáadódik a kazeinéhez, ez fokozza a sajt jellegzetes viszkoelasztikus tulajdonságait.

A végtermék nem folyamatos részecske aggregátum. Gyártás során az alvadékokat kis darabokra vágják, hogy a felesleges savó kicsurogjon. Amint a savó eltávozik, a kazein mátrix rázsugorodik a zsírcseppekre. Az így keletkező granulátumok később torzulhatnak az egyes technológiai lépések (cseddározás, darálás, préselés) hatására, ami megváltoztatja az egész sajt szerkezetét. A feldolgozás és az ezt követő érlelés alatt az alapszerkezet mechanikai - vagy hőkezelés hatására módosulhat, illetve maga a kazein bakteriális és más enzimekkel reagálva alakul. Ezek megváltoztathatják a szerkezet elrendeződését, illetve a zsírcseppek koaleszcenciáját okozhatják. Végül a víz mennyisége a felületi párolgás révén csökkenhet (Prentice 1984b). Az érés során a sajt szerkezeti változása a pH-val és az intakt kazein nedvesség arányával hozható kapcsolatba (Lawrence és munkatársai 1987).

Bár a fehérje, zsír és víz képezi a sajtömeg messze legnagyobb részét, a többi összetevőt sem lehet elhanyagolni. A só az általunk tanulmányozott Trappista sajtban nincs elegendő mennyiségben jelen ahhoz, hogy észlelhetően befolyásolja a sajt reológiai tulajdonságait. A teljes sómennyiség csak vizes oldat formában van jelen. Ezért hatása a sajt tulajdonságokra minimális. A Trappista sajt szerkezetére a sólében történő sózás után a sókoncentráció kiegyenlítődése hat. A bediffundált só a technológiai lépést követően a kéreg alatti részben koncentrálódik, és csak hosszabb idő után (1-2 hét) egyenlítődik ki a sajtban. A só bediffundálásával növekszik a sajtészta hidratáltsága. A hidratáltság fokozódása, az alvadékrögök összeforradása és az érési folyamatban keletkező proteolitikus bomlástermékek együtt eredményezik, hogy a gumyszerű, rideg, nyers sajtészta képlékennyé, rugalmassá válik.

A só komoly hatást a magasabb sótartalmú Hajdú sajtban a sajt reológiai tulajdonságaira indirekt módon fejthet ki: az ozmotikus nyomás növelésével szignifikáns mennyiségű vizet von el a kazeinháló szerkezeti kötéseiből, valamint gátolja a proteolízist.

Néhány sajt, így a Trappista is szignifikáns mennyiségű gázt tartalmaz, ami a lyukakban koncentrálódik.

3 Kísérleti rész

3.1 Vizsgálati anyagok

A vizsgált minták kiválasztásánál szempontom a sajt érési ideje, valamint a sajtípus kedveltsége és elterjedtsége. Ezért egy hosszabb érlelési idejű kemény sajtot, a tehéntejből készült Kashkavál sajtípust, a Hajdú sajtot és az egyik legnépszerűbb hazai félkemény sajtípust, a Trappista sajtot választottam.

Trappista

Vizsgálataimhoz a Trappista mintákat érlelő burkolatként is szolgáló, hőre zsugorodó ötrétegű, mélyhúzott poliamid-polietilén fóliába csomagolva a Tolnatej Rt. Szekszárdi Sajtüzeme bocsátotta rendelkezésemre. A nyers, korong alakú egész sajtminik kb. 1 kg-os kiszerelésben érkeztek. A mintákat klímaszekrényben a vizsgálóhelyen érleltem és tároltam a gyári paraméterek szerint⁵ 7°C -on. Az érés és minőségmegőrzési időtartam/ eltarthatósági idő alatt bekövetkező változások követése céljából alkalmanként egy mintát vizsgáltam. Vizsgált minik kora: érlelési szakaszban: 3; 7; 14; 21 nap, a minőségmegőrzési időtartam alatt pedig: 28; 42; 56, 70 nap volt. A teljes minikszám: 5 gyártásból származó összesen 40 minta.

Hajdú

A Hajdú minikákat érlelő burkolatként is szolgáló BK 1L/NE UT típusú Cryovac gyártmányú zsugorfóliába csomagolva a Hajdútej Rt. Hajdúböszörményi Sajtüzeme bocsátotta rendelkezésemre. A nyers, félkorong alakú sajtminik kb. 0,5 kg-os kiszerelésben érkeztek. A minikákat klímaszekrényben a vizsgálóhelyen érleltem a gyári paramétereknek megfelelően 8°C fokon 31 napig és a változások követésére 6, 10, 17, 24 és 31. napon vett minikát vizsgáltam. Ezután a minikákat 8 °C hőmérsékleten tároltam és a 38, 45, 52, 59, és 66. napon vett minik vizsgálata alapján következtettem a változásokra. A vizsgálatokhoz 5 gyártásból származó összesen 50 minikát használtam fel.

⁵Bár a szakirodalom a 13-15°C-os érlelési hőmérsékletet javasol Trappista, és 10°C-os érlelési hőmérsékletet Hajdú minikák esetén, én az üzemi paraméterek szerint érleltem a nyers minikákat.

3.2 Vizsgalati módszerek

3.2.1 A beltartalom meghatározása

A minták beltartalmi jellemzői közül a nedvesség- (MSZ 2714/2:1989), a zsír- (MSZ 2714/1:1989) , a sótartalom (MSZ 2714/3: 1989) meghatározását a magyar szabvány előírásai szerint, a fehérjetartalmat (A.O.A.C. 995.30.) Tecator módszerrel végeztem el. Az összetételt gyártásonként egy-egy mintából, (28 napos Trappista, és 31 napos Hajdú) határoztam meg. Az átlagértékek három bemérésből származó meghatározás átlagértékei. A meghatározások szórása nem haladta meg a szabványos vizsgálatoknál megengedett értéket.

3.2.2 Érzékszervi minősítés

3.2.2.1 Pontozásos érzékszervi minősítő rendszer kidolgozása

Vizsgáló csoport – A bírálók alkalmasságának ellenőrzése

A sajtok érzékszervi minősítését 5 fős állandó vizsgáló csoport végezte. A csoport tagjai képzésben vettek részt, valamint az érzékszervi alkalmassági tesztek Molnár Pál ajánlása (1991b) alapján (MSZ 7304 szabvány szerint) (alapíz-felismerés (MSZ 7304/1), koncentrációkülönbség vizsgálat (MSZ 7304/1), szaglóképesség (MSZ 7304/10), színmegállapító képesség (MSZ 7304/12) sikeresen teljesítették.

A bírálati rendszer minősítő skálájának kiválasztása

A termékszabvány és saját megfigyeléseim alapján minősítő pontrendszert dolgoztam ki, mindkét sajt típusra, melyet az I. Függelék I. és II. táblázata tartalmaz.

A pontozásos érzékszervi rendszer adatainak értékelése

Az érzékszervi pontok értékelése, az átlagpontok megállapítása a kiugróértékek szűrése után történt az MSZ 12292-87 Tej- és tejtermékek érzékszervi elemző vizsgálata c. szabvány szerint.

3.2.2.2 A sajtok szabványos érzékszervi minősítése

A mintákat érzékszervileg a Trappista és Hajdú sajtra kidolgozott 20 pontos súlyozófaktoros termékszabvány szerint (MSZ 12280-87, MSZ 08-1243-1989) minősítettük az eltarthatósági időben (Trappista 21-70 nap, Hajdú 38-66 nap). Az érett minták termékszabvány szerinti adatait Trappista sajtnál az üzem is rendelkezésemre bocsátotta. Az érzékszervi pontok értékelése, az átlagpontok megállapítása a kiugróértékek szűrése után történt az MSZ 12292-87 Tej- és tejtermékek érzékszervi elemző vizsgálata c. szabvány szerint.

3.2.2.3 A pontozásos érzékszervi rendszer alkalmazása Trappista és Hajdú sajtra

A saját ajánlású pontrendszert az érlelési és az eltarthatósági időben alkalmaztuk mindkét sajtra.

3.2.3 Állomány paraméterek meghatározása

A műszeres állományvizsgálat könnyebb kivitelezésére olyan többcélú készülékeket fejlesztettek ki, melyekkel empirikus és imitációs vizsgálatokat egyaránt el lehet végezni. Ilyen az általam használt QTS 25 állományvizsgáló készülék (CNS Farnell, Anglia), mely a mért adatokat állomány-profil analizáló szoftverrel értékeli ki.

A nyomó/lyukasztásos vizsgálat azt az erőt méri, ami a mérőfejnek vagy nyomófejnek a mintába adott mélységre történő benyomásához, vagy beszúrásához szükséges; ami az élelmiszer irreverzibilis összepréselődését vagy folyását okozza. A nyomó vizsgálat jellemezhető: a mérőfej alakjával (kerületével és területével) valamint az állandó értéken tartott penetráció mélységével. A relatív alakváltozás sebessége állandó, ha a mérőfej az élelmiszerbe állandó sebességgel mozog. A minta deformációjának mechanizmusa összetettebb, legalább négy tényezőt kell figyelembe venni. A mérőfej által okozott kompressziót, a mérőfej éle mentén fellépő nyírást, ami a minta perem képződéséhez vezet, a súrlódási ellenállást, ami a rúd felülete és a sajt között lép fel, végül a minta oldalirányú folyásához szükséges erőt (Bourne 1982).

Ha a lyukasztásos vizsgálatot egy lapos aljú mérőfejjel kétszer azonos körülmények között elvégzik, az állkapocs mozgását utánozzák. Az első ciklust „első harapásnak”, a másodikat „második harapásnak” tekintik. A vizsgálat alatt a minta hatására a próbafejben ébredő erő az idő függvényében karakterisztikus görbét ad, ami az állomány profil görbék analógiájára értékelhető. (A QTS 25 állomány vizsgáló készülék és egy karakterisztikus sajt görbéje látható az I. Függelék I-II. I-III. ábrákon.)

3.2.3.1 Vizsgálati körülmények és paraméterek

A kísérleti körülmények kiválasztásánál, a mintának elég nagyoknak kell lenni, hogy az egész terméket reprezentálja (Peleg 1977); ugyanakkor nagyobb repedéseket, vagy rendellenességeket nem tartalmazhat.

Trappista

A belső sajtrészből 14 x 7 cm-es felületű 4 cm magas, téglatest alakú darabokat analizáltam, a rágást kétszeres penetrációval modellezve. A vizsgálatokat két mintadarabon végeztem, az egyik felületen 4,00 mm-es, a másik felületen 7,00 mm-es behatolási mélységgel mértem.

Alkalmazott paraméterek:

Próbatest: 1,2 cm Ø műanyag henger; vizsgálat típusa: állomány profil analízis (TPA); a próbatest mozgásának sebessége: 30 mm/perc, indító erő (trigger): 5,0 g; behatolás mélysége: 4,00 mm ill. 7,00 mm; ciklusok száma: 2; vizsgálat hőmérséklete: 20-22 °C. Mintánként egy-egy analízist 10-szer végeztem el, a mintafelület különböző részén. Az értékelésnél a párhuzamos mérések átlagával számoltam.

Hajdú

A belső sajtrészből 7,5 cm sugarú, 90°-os körcikk alapú, 2,5 cm magas hengert analizáltam, a rágást kétszeres penetrációval modellezve. A vizsgálatokat két mintadarabon végeztem, az egyik felületen 5,00 mm-es, a másik felületen 10,00 mm-es behatolási mélységgel mértem.

Alkalmazott paraméterek:

Próbatest: 1,2 cm Ø műanyag henger; vizsgálat típusa: állomány profil analízis (TPA); a próbatest mozgásának sebessége: 30 mm/perc, indító erő (trigger): 5,0 g; behatolás mélysége: 5,00 mm ill. 10,00 mm; ciklusok száma: 2; vizsgálat hőmérséklete: 20-22 °C; Mintánként egy-egy analízist 10-szer végeztem el, a mintafelület különböző részén. Az értékelésnél a párhuzamos mérések átlagával számoltam.

3.2.3.2 Vizsgált és értékelt mechanikai paraméterek:

Trappista

A mért 22 állomány paraméterből - (keménység (1,2), kohézióképesség, gumisság, rágósság (chewiness), rágóssági index, modulus, adhézios erő, tapadósság, rugalmasság, rugalmassági index, terület (1,2), rágóssági/inassági érték/hossz (stringiness length), rágóssági/inassági munka, kompressziós munka (1,2), reverzibilis deformáció (1,2), dekompressziós munka (1,2), első csúcs) - jelentőségük, és a meghatározás reprodukálhatósága alapján 13 közvetlenül mért, illetve származtatott értéket választottam ki, melyek az alábbiak:

Elsődleges (közvetlenül mérhető) jellemzők: keménység (1,2), gumisság, rugalmasság, rágósság index, modulus, terület (1,2).

Másodlagos (származtatott) paraméterek: rágóssági/inassági érték/hossz, kompressziós munka (2), reverzibilis deformáció (1,2), dekompressziós munka (1).

Hajdú

A következő 20 paramétert (keménység (1,2), kohezivitás, gumisság, rágósság, rágóssági index, modulus, tapadási erő, tapadósság, rugalmasság, rugalmassági index, terület(1,2), kompressziós munka (1,2), nem maradandó deformáció (1,2), dekompressziós munka (1,2), első csúcs) határoztam meg tíz párhuzamos méréssel. A 20 paraméterből reprodukálható meghatározhatóságuk alapján 17 közvetlenül mért, illetve származtatott értéket választottam ki, melyek az alábbiak.:

Elsődleges (közvetlenül mérhető) paraméterek: keménység (1,2), kohezivitás, gumisság, rágósság, rágóssági index, modulus, rugalmasság, rugalmassági index, terület(1,2),

Másodlagos (származtatott) paraméterek: kompressziós munka (1,2), nem maradandó deformáció (1,2), dekompressziós munka (1,2),

A vizsgált paraméterek értelmezését az I. Függelékben a I-I. ábra segítségével a I-III. táblázat tartalmazza.

3.2.4 Proteolitikus jellemzők meghatározása

3.2.4.1 Szabad aminos csoportok meghatározása trinitro-benzolszulfonsavval

A sajtok szabad aminos csoportjainak mennyiségét trinitro-benzolszulfonsavval Polychroniadou (1988). módszere szerint végeztem. A módszer magába foglalja a vízdoldható frakció kinyerését és az extraktum mennyiségi meghatározását. A reakciót különböző extraktum mennyiségekkel (eredeti ajánlás, és módosított kisebb mennyiség) végeztem el, hogy a teljes időintervallumban a Lambeer-Beer törvény lineáris tartományában mérjek.

Felhasznált anyagok és eszközök:

- Borát-puffer: 0,1 M Na₂B₄O₇ 0,1 M NaOH-al pH: 9,5-re állítva.
- TNBS reagens: 1 mg/cm³ desztillált vizes oldat.
- Nátrium-szulfid reagens: 1,5 mM Na₂SO₃ 0,1 M NaH₂PO₄-ban oldva.
- Glicin törzsoldat: 2,5 mg/cm³ glicin (0,03 mM/cm³) desztillált vízben oldva⁶.
- Spektrofotométer: PU 8745 ultraibolya/látható tartományban működő spektrofotométer (Pye Unicam).
- Homogenizáló készülék: MPW-120 (Mechanika Preczyzjna, Varsó, Lengyelország)
- Centrifuga: CR 422 (Jouan)

A módszer lépései az alábbiak:

Aprítás: mintánként 5,00 g sajtot lereszeltem, homogenizálás: MPW-120-as berendezéssel 100,00 cm³ 0,1 M borát-pufferben (pH 9,5) 15 percig. Kevertetés, melegítés: 45°C-on, 15 perces hőntartással. Centrifugálás: 3000 rpm, 20 percig. Vízoldható frakció elválasztása extraktum készítés: 6,00 cm³ felülúszóból 100,00 cm³-es törzsoldat készítése desztillált vízzel. Oldat készítés két koncentrációban: 0,50 ill. 0,70 cm³ borát puffer 1,00 cm³ TNBS-reagens 0,5 ill. 0,3 cm³ extraktum. Inkubálás: 37°C-on, hőntartás 1 órán át. A reakció leállítása 2 cm³ nátrium-szulfít reagenssel. Fotometrázás: abszorbancia mérés $\lambda=420$ nm-en. A vízoldható frakcióból készült extraktum koncentrációját a szabad aminosopotokkal egyenértékű glicin koncentrációban fejeztem ki.

A meghatározáshoz a vízoldható frakciót mintánként két bemérésből nyertem ki. A szabad aminosoportok mennyiségét az eredeti (0,5 cm³) extraktum mennyiségéből és az általam módosított (0,3 cm³) extraktum mennyiséggel bemérésenként 2-2 párhuzamos vizsgálattal határoztam meg.

Vizsgálatok a módszer teljesítményjellemzőinek meghatározásához

Kalibrációs vizsgálatok

A kalibrációs mérésekhez a sajt minta helyett glicin törzsoldatból megfelelő mennyiségeket (5,00 12,50, 25,00 cm³) bemérve, majd borát pufferrel kiegészítve oldatot készítettem, melyet a sajtextraktum készítéssel analóg módon kezeltem. A vízoldható frakcióból készült törzsoldatban a glicin koncentrációja 0,1 mM/dm³, 0,25 mM/dm³, 0,5mM/dm³. A kalibrációs mérést két beméréssel, bemérésenként két párhuzamos méréssel határoztam meg.

A vak érték átlagának és szórásának meghatározása

A vak minta összetétele abban különbözött a meghatározandó mintától, hogy az extraktum helyett desztillált vizet adtam a rendszerhez. Vak oldatot állítottam össze az eredeti és a módosított receptúra alapján. A vak érték átlagának és szórásának meghatározása céljából 5-5 párhuzamos meghatározást végeztem mindkét összetétellel.

⁶ A felhasznált vegyszerek analitikai tisztaságúak.

3.2.4.2 Vízoldható frakció analízise méretkizárásos kromatográfiával

Vízoldható frakció kinyerése

A minta előkészítését méretkizárásos kromatográfiához Kaminogawa (1986) módszere szerint végeztem.

Felhasznált anyagok és eszközök:

- 0,05 M nátrium-citrát puffer (pH 4,0)⁷
- Homogenizáló készülék: MPW-120 (Mechanika Precyzyjna, Varsó, Lengyelország)
- Centrifuga: CR 422 (Jouan)
- Liofilizáló: Lyovac GT 2 (Leybold)

A minta-előkészítés lépései:

Aprítás: mintánként 10 g sajt. Homogenizálás MPW-120-as berendezéssel 200 cm³ 0,05 M nátrium-citrát pufferben 15 percig (pH: 4,0). Kevertetés, melegítés: 40°C-on, 1 órás hőntartás. Centrifugálás: 4000 rpm 0°C-on 30 percig. A zsír és a nem extrahálható fehérje eltávolítása, felülúszó pH beállítása 4,6-ra. Centrifugálás: 7000 rpm 4°C-on 30 percig. A felülúszó liofilizálása.

Az elválasztás körülményei

A liofilizált mintákból 20 mg/cm³ oldatot készítettem, oldószerként a nátrium-lauril-szulfát (SDS) tartalmú eluent alkalmazva. A méretkizárásos kromatográfiát Varian LC Star rendszeren végeztem. Az alkalmazott egységek: nagyteljesítményű szivattyú (9012), automata mintaadagoló (9100), diódasoros detektor (9065). Az oszlop Spherogel TSK 2000 SW (Beckmann, Japán) (7,5x300 mm, 10µm). Az eluens 0,2 M NaH₂PO₄ pH6,8+ 2%SDS, a térfogatáram sebessége: 1,00 cm³/perc (Trappista) ill. 0,75 cm³/perc (Hajdú), injektált minta térfogat: 20 mm³. Az eluátum fényelnyelését: 190-367 nm-es tartományban követtem nyomon. A rendszer vezérlését, és az adatok értékelése Varian Star 4.0 majd 5.3 software-rel végeztem.

⁷ A felhasznált vegyszerek analitikai tisztaságúak.

Vizsgálatok a módszer teljesítményjellemzőinek meghatározásához

Az oszlop hatékonyságának és szelektivitásának, valamint a frakciók átlagos móltömegének meghatározására, ismert móltömegű standardokkal (molekulatömeg marker 2500-17000 D, (Fluka), ovalbumin (Mt: 43000 D), Dextran Blue (Pharmacia), valamint acetone felhasználásával kalibrációs méréseket végeztem. A móltömeg standardokból $1,0 \text{ mg/cm}^3$ törzsoldatot készítettem eluensben oldva. A felhasznált vegyszerek és oldószerek HPLC minőségűek voltak.

3.2.5 Az adatkiértékelés módszerei

3.2.5.1 Matematikai statisztikai módszerek

Kiugró értékek ellenőrzése

A vizsgálati adatok között előfordulnak néha a többitől feltűnően eltérő, úgynevezett extrém, kiugró értékek. Az ilyen adatok a számított középértéket és a szórást, vagy egyéb mutatókat eltorzíthatják. Célszerű lehet az ilyen adatok kizárása a számításból. A kiugró érték ellenőrzésének matematikai kritériumai vannak, több módszer (Dixon, Nalimov) ismeretes. A módszerek alkalmazásának előfeltétele, a vizsgált sokaság normális eloszlása. A módszerek arra a kérdésre adnak választ, hogy a kiugró érték származhatott-e ugyanabból a normális eloszlású alapsokaságból.

A kiugró érték statisztikai próbájához az adatok számától függő képlet alkalmazható, majd a számított érték (r , N^8) összevethető a választott szignifikancia szintű táblázatbeli értékkel. Ha a számított érték nagyobb, mint a kritikus érték, a vizsgált adat kiugró érték (Sváb 1981, Inczedy 1984).

⁸ r =Dixon próba értéke, N =Nalimov próba értéke.

Variancia analízis

Az egyszempontos variancia analízisben ugyanazt a jellemzőt több csoport egyedein meghatározva, a mérés csoportonkénti átlagait számítják. A módszerrel azt vizsgálják, hogy valamilyen mintacsoport bizonyos szempont alapján szétválasztott alcsoportjai szignifikánsan különböznek-e egymástól. Az összes megfigyelt adatot egyetlen közös alapsokaság mintájának tekintik. Az adatokból becsülhető a közös szórásnégyzet, a közös variancia. Az összes variancia tényezőnként becsült szórásnégyzetekre bontható. A maradékot tekintik a hibaszórásnégyzetnek. Az alcsoportok átlagértékei és a hozzá tartozó többszörös összehasonlításnál kijelölt konfidencia intervallumok alapján állapítható meg, hogy az alcsoportok szignifikánsan különböznek-e egymástól (Sváb 1981).

Regressziós kapcsolat

A regressziós kapcsolat vizsgálatához a legkisebb négyzetek módszerén alapuló regresszió analízist alkalmazzák (Sváb 1981).

- Két változó együttes változásának, azaz összefüggésének, korrelációjának szorosságát *korrelációs analízissel* vizsgálják, és a *korrelációs koeficienssel* fejezik ki, feltéve ha mindkét változó normális eloszlású, és a keresett összefüggés lineáris (Inczédy 1984).
- A függő és független változó regressziós kapcsolatát *regressziós egyenlettel* fejezik ki. Megkülönböztethető *lineáris* és *nemlineáris* regresszió.
- Ha a regressziós kapcsolatban egy függő és egy független változó van, a regressziós kapcsolat kétváltozós.
 - ❖ A *lineáris regressziós egyenlet* általános alakja: $Y=a+bX$, ahol X a független, Y a függő változó. a és b az egyenlet paraméterei.
 - ❖ A nemlineáris regressziós kapcsolat egyik változata a *polinomiális függvények*. Ezek közül a *másodfokú polinom* általános egyenlete: $Y=a + b_1X + b_2X^2$ ahol X a független, Y a függő változó. b_1 és b_2 az egyenlet paraméterei.

- ❖ A nemlineáris regressziós kapcsolat másik változata a *telítődési függvény*, melynek általános képlete: $Y = A(1 - e^{-z+cx})$ ahol X a független, Y a függő változó. A , z , és c az egyenlet paraméterei, mely közül $c < 0$.
- Két- vagy több változó összefüggését *kétváltozós*, vagy *többszörös regressziós egyenlet* adja meg. A többváltozó regresszió analízis a kétváltozós általánosítása. A többváltozós lineáris regresszióanalízis általános egyenlete: $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$. Az egyenletben b_i értékek a parciális regressziós koefficienssek, a a regressziós állandó. A többváltozó regresszió egyenlettel becsülhető Y értéke az X változó segítségével. A becsült és mért értékek korreláció analízisével információ nyerhető a becslés megbízhatóságáról.

A lépésenkénti változó szelekcióval a regressziós modellben szereplő változók lépésenkénti bevonása illetve elhagyása útján, csökkentett számú független változóval törekednek jó illeszkedést elérni.

Főkomponensanalízis

A főkomponensanalízis a sajátértékszámításra⁹ épült többváltozós módszer, amelynek segítségével egyszerre áttekinthető az összes változó korrelációs rendszere. A megfigyelési változókat egymás közötti korrelációjuk alapján csoportosítani tudják, és azonos számú főkomponensváltozóvá vonják össze. A főkomponensváltozókat a standardizált¹⁰ eredeti változókból számítják, az alábbi összefüggés szerint.:

⁹ Minden szimmetrikus mátrix átalakítható olyan diagonális mátrixra, amelyben a főátló összege egyenlő az eredeti mátrix főátlójának összegével. A főátló elemei csökkenő nagyságba rendeződnek függetlenül az eredeti mátrix sorainak sorrendjétől. Ezt az átalakítást sajátérték számításnak nevezzük.

¹⁰ A standardizált változók mértékegység nélküli adatok, melyeket úgy képzünk, hogy a változók átlagértéküktől való eltérését osztjuk a szórás értékkel. A standardizált változó átlagértéke nulla, szórásuk pedig egy.

$$C_j = \frac{1}{\lambda_j} \sum_{i=1}^p a_{ij} X_i \text{ ahol } C_j \text{ a } j\text{-dik főkomponensváltozó, } a_{ij} \text{ a főkomponenssúlyok}$$

(standardizált főkomponens-koefficiensek), X_i standardizált eredeti változók, λ_i sajátérték¹¹.

A főkomponensekből azután annyi használható fel, amennyi kellően leírja az eredeti változókat. Csak azokat a főkomponensváltozókat veszik figyelembe, melyek sajátértékei nagyobb vagy egyenlő eggyel, vagy amennyi az összes varianciák (kumulált főkomponenssúlyok) 80%-át¹² megmagyarázza (Sváb 1979, Jackman & Yada 1989).

A főkomponensekkel háttérváltozók (okváltozók) azonosíthatók. A főkomponenssúlyok fejezik ki, hogy milyen jelentősége és súlya van valamely főkomponensnek a megfigyelési változók varianciájában, és fordítva milyen jelentősége, súlya van valamely megfigyelési változónak a főkomponensváltozók varianciájában. Ha kettőnél több nagy főkomponenssúly ugyanabban a főkomponensben van, vagyis a főkomponenssúlyok közös főkomponensbe csoportosulnak, közös háttérváltozó létezése feltételezhető. Mind a főkomponenssúlyok, mind a megfigyelési egységek főkomponens értékei grafikusán ábrázolhatók. A főkomponenssúlyok grafikus ábrázolásában az egymással korreláló változók csoportokat képeznek, ami elősegíti az egymással korreláló változók felismerését. A megfigyelési egységek főkomponens értékeinek grafikus ábrázolás támpontot adhat a minták csoportosításához.

Diszkriminanciaanalízis

A diszkriminanciaanalízis több csoport szétválasztására alkalmas módszer több kvantitatív változó együttes figyelembevételére alapján. Az alkalmazott matematikai statisztikai módszer a vizsgált eredeti jellemzőkből mesterséges változókat hoz létre, melyekkel a csoportosítás lehetséges.

A diszkriminanciaanalízissel feleletet adhatunk az alábbi kérdésekre:

¹¹. A diagonális mátrix karakterisztikus értéke. j index a sort (oszlopot) jelöli.

¹² Sok változó esetén, ha csak nincs valódi háttér változó a 80% -os determinálás magas követelmény.

1. Egynél több kvantitatív tulajdonság együttes figyelembevételével kimutatható-e szignifikáns különbség a csoportok között.
2. Az egyedek eredeti besorolásának helyességét illetve indokoltságát kvantitatív változók alapján ellenőrzik, vagy reprodukálják. Több kvantitatív változó együttes alakulása alapján vizsgálják a csoportok közötti átfedések mértékét és azt, hogy az egyedek mekkora biztonsággal sorolhatók be egyik, vagy másik csoportba.

Minden egyes egyedet több tulajdonság együttes figyelembevételével számszerű értékkel, diszkriminancia változóval (Z) jellemzik. Ha a vizsgált jellemzők (megfigyelési változók) száma p , felírható a

$$Z = w_1X_1 + w_2X_2 + \dots + w_iX_i + w_pX_p + C$$

összefüggés, ahol Z a mesterséges diszkriminancia változó, X_i az i -dik megfigyelési változó, w_i az i -dik megfigyelési változó nem-standardizált diszkriminancia koefficiense.¹³

A diszkriminancia egyenlet standardizált formában is felírható:

$$Z = w_1^* \underline{X}_1 + w_2^* \underline{X}_2 + \dots + w_i^* \underline{X}_i + w_p^* \underline{X}_p$$

ahol \underline{X}_i az i -dik megfigyelési változó standardizált alakja, w_i^* az i -dik megfigyelési változó standardizált diszkriminancia koefficiense.

A mesterséges Z változók grafikusán ábrázolhatók. A csoportokra középértékek számíthatók (Sváb 1979).

3.2.5.2 Analitikai módszerek teljesítményjellemzőinek számítása

Az analitikai módszer teljesítményjellemzői olyan kísérletileg meghatározott mennyiségi paraméterek összessége, amelyek alapvető fontosságúak annak értékelésére, hogy a módszer alkalmas-e valamely feladat ellátására (Bujtás & Leisztner 1991).

¹³ A nem-standardizált diszkriminancia koefficiensek ismeretében újabb mintáról a vizsgált jellemzők alapján eldönthető, hogy melyik csoportba tartozik.

Detektálási határ

Az a koncentráció, amelynél bizonytalanná válik annak eldöntése, hogy valamely alkotó jelen van-e a mintában.

$x_d = x_0 + k s_0$ ahol x_d detektálási határ, x_0 a vak értékek átlaga, s_0 a vak értékek szórása, k a mérési hiba eloszlásától függő faktor.¹⁴

Érzékenység

A mérés érzékenysége valamely összetevőre a detektorjelnek az összetevő koncentráció szerinti parciális differenciálhányadosa. Lineáris kalibrációs összefüggés és egy összetevő esetén, az érzékenység a kalibrációs görbe meredeksége.

Pontosság (laboratóriumon belüli ismételhetőség)

Az a tapasztalati szórás, amit egy laboratóriumon belül néhány analitikus több napon keresztül végzett ismételt mérések eredményei alapján kap.

A méretkizárásos kromatográfiában használatos teljesítményjellemzők

A méretkizárásos kromatográfiában az oldott anyag megoszlik a mozgó fázis és az álló fázis pórusaiban maradt eluens között. Adott oldatban a molekulák méretétől függően behatolnak, vagy nem tudnak behatolni a pórusokba. Ebből következik, hogy a különböző méretű (molekula tömegű) molekulák retenciója különböző lesz.

Kizárási térfogat/kizárási határ

Az adott oszlop kizárási térfogata (V_i), a pórus geometriai átmérőjénél nagyobb, az álló fázisból kizáródó molekula elúciójához szükséges térfogat. Az ehhez tartozó, átlagos molekula tömeg a kizárási határ.

Áteresztési térfogat / áteresztési határ

Az adott oszlop áteresztési vagy teljes térfogata (V_t), olyan kis molekulák retenciós térfogata, melyek az álló fázis pórusaiba minden korlátozás nélkül behatolnak. Az ehhez tartozó, átlagos molekula tömeg az áteresztési határ.

¹⁴ Normális eloszlás és ismert szórást feltételezve, 99,97%-os megbízhatósági szinthez $k=3$.

Megoszlási állandó (K_{SEC})

Az elúciós térfogat és a kizárási térfogat különbsége osztva a az áteresztési térfogat és kizárási térfogat különbségével. $K_{SEC} = (V_R - V_i) / (V_t - V_i)$ ¹⁵

Kalibrációs görbe

1. Az oldott polimer molekula átlagos molekula tömeg logaritmus (logMt) az elúciós térfogat (V_E) függvényében ábrázolva.
2. Vagy az oldott polimer molekula átlagos molekula tömeg logaritmus (logMt) a megoszlási állandó függvényében ábrázolva.

Molekulatömeg szelektivitás

Az (1) kalibrációs görbe lineáris tartományt jellemző meredekség reciproka (Pungor 1995).

¹⁵ Ha a megoszlási állandó értéke 0, az a kizárási határ, ha értéke 1, az az áteresztési határ.

4 Eredmények és értékelésük

4.1 A vizsgált minták minősítése

A sajtminták minősítése alatt, a termékszabvány szerinti beltartalomnak való megfelelést és az érzékszervi minősítés értékelését értik.

4.1.1 A minták jellemzése beltartalmi összetétel alapján

A minták beltartalmi adatait a 4.1.1-1. táblázat tartalmazza.

4.1.1-1. táblázat A vizsgált minták beltartalmi adatai

Gyártás	Trappista sajt beltartalmi jellemzői			
	Százazanyag g/100 g	Zsírtartalom a száranyagban g/100 g	Sótartalom g/100 g	Fehérjetartalom g/100 g
I.	57,46	45,25	1,71	24,90
II.	58,06	46,50	1,55	23,14
III.	59,32	46,36	1,60	24,85
IV.	57,46	45,25	1,81	19,89
V.	57,75	45,83	1,68	21,74
<i>Szabványos érték</i>	58,0±2,5	45,0±2,0	1,5±0,5	
Gyártás	Hajdú sajt beltartalmi jellemzői			
	Százazanyag g/100 g	Zsírtartalom a száranyagban g/100 g	Sótartalom g/100 g	Fehérjetartalom g/100 g
I.	58,15	47,29	2,98	25,29
II.	60,24	45,65	2,11	25,46
III.	58,80	45,92	2,58	26,34
IV.	58,68	46,86	2,40	27,00
V.	56,40	46,10	2,05	26,70
<i>Szabványos érték</i>	57,5±2,5	48±3,0	2,7±0,8	

A szabvány által elfogadott tartomány a táblázat utolsó sorában található. A minták fehérje tartalmára nincs előírt érték. A Trappista mintáknál a negyedik gyártáshoz tartozó százalékos fehérje tartalom kiugró értéknek tűnik, ezért erre az adatra elvégeztem a Nalimov próbát. $N^{16}=1,410 < N_{kritikus}=1,572$ $p=0,05$, $n=5$. A módszer igazolja, hogy a fehérje adat nem extrém érték.

A minták beltartalmi összetételük alapján megfeleltek a szabvány követelményeinek.

A beltartalmi adatokból olyan fizikai jellemzőket, viszonyszámokat számoltam ki, melyek a sajt jellemzésére felhasználhatók (4.1.1-2. táblázat):

- Nedvességtartalomra vonatkoztatott százalékos sótartalom (S/M %) (GUINEE, 1993).
- Nedvességtartalomra vonatkoztatott százalékos fehérjetartalom (P/M %).
- Zsírmentes anyag százalékos nedvességtartalma (MNFS%) (GUINEE, 1993).
- Vízáktivitás (számított érték, nyers, vagy éretlen sajtra Robinson és Stokes képlete alapján¹⁷ ($a_w = 1 - 0.00565[\text{NaCl}]$ ahol: $[\text{NaCl}] = \text{S/M}\%$) (MACROS, 1993).

4.1.1-2. táblázat A vizsgált minták beltartalmi jellemzőiből származtatott értékek

Gyártás	Trappista sajt			
	Nedvesség-zsírmentes anyag aránya g/100 g	Só-nedvesség arány g/100 g	Fehérje-nedvesség arány g/100 g	Vízaktivitás (a_w)
I.	57,49	4,02	58,53	0,977
II.	57,45	3,70	55,17	0,979
III.	56,11	3,93	61,09	0,978
IV.	57,49	4,25	46,76	0,976
V.	57,46	3,98	51,46	0,978
átlag±s	57,20±0,610	3,98±0,197	54,60±5,684	0,978±0,001
Gyártás	Hajdú sajt			
	Nedvesség-zsírmentes anyag aránya g/100 g	Só-nedvesség arány g/100 g	Fehérje-nedvesség arány g/100 g	Vízaktivitás (a_w)
I.	57,72	7,12	60,43	- ¹⁸
II.	54,77	5,31	64,03	0,970
III.	56,44	6,26	63,93	0,965
IV.	56,99	5,81	65,34	0,967
V.	58,92	4,70	61,24	0,973
átlag±s	56,97±1,540	5,84±0,921	62,99±2,068	0,969±0,004

¹⁶ Nalimov érték (N): A gyanús értékek az átlagtól való eltérése osztva a szórással.

¹⁷ A képlet akkor használható, ha az S/M% < 7%

¹⁸ A nyers és éretlen sajtok vízaktivitására javasolt összefüggés, csak <7%-nál só/nedvesség aránynál használható!

A Trappista sajtónál a zsírmentes sajtanyagra számított nedvességtartalom a harmadik gyártásnál az átlagérték szórással meghatározott intervallumnál kisebb, a fehérje nedvesség arány pedig nagyobb, mint a többi mintánál mért érték. Ennek ellenére a minták összetétele viszonylag homogén.

4.1.2 A minták jellemzése szabványos érzékszervi minősítéssel

A minták szabványos érzékszervi minősítés részletezett adatait a II. Függelék A-I. és A-II. táblázata tartalmazza. Az eltarthatósági időben meghatározott érzékszervi minősítés súlyozott összpontszámait a 4.1.2-1. táblázat mutatja. A minták az eltarthatósági időben meghatározott érzékszervi pontszámok alapján megfeleltek a szabvány követelményeinek. Az üzemi és a saját minősítés alapján a termékek az érési idő elteltével "kiváló" minőségűek voltak (érezékszervi minősítés súlyozott összpontszám átlaga: üzemi: 17,85 (szórás: 0,39); saját: 18,06 (szórás: 0,79) Hajdú: saját: 18,44 (szórás: 0,89)).

4.1.2-1. táblázat Az érzékszervi minősítés eredményei

Gyártás	Súlyozott összpontszám (Trappista minták)					
	21	28	42	56	70	Üzemi adatok
<i>A gyártástól eltelt idő (napok)</i>						
I.	17,9	18,8	19,3	16,6	16,9	18,04
II.	18,6	18,4	17,6	16,4	16,8	18,2
III.	-	18,6	19,0	19,2	18,4	17,2
IV.	17,1	16,9	16,3	14,2	12,3	18,0
V.	17,2	17,6	16,8	14,7	14,4	17,8
Átlag	17,70	18,06	17,80	16,22	15,76	17,85
Gyártás	Súlyozott összpontszám (Hajdú minták)					
	38	45	52	59	66	
<i>A gyártástól eltelt idő (napok)</i>						
I.	18,4	19,1	19,2	17,1	14,2	
II.	18,2	17,2	18,1	17,3	17,3	
III.	18,1	17,4	15,9	14,0	13,5	
IV.	18,3	18,7	18,1	17,7	15,3	
V.	19,2	18,9	16,1	15,5	14,0	
Átlag	18,44	18,26	17,48	16,26	14,86	

4.2 Pontozásos érzékszervi minősítő rendszer

Az érzékszervi minősítés megbízhatóságának alapfeltételei:

- az érzékszervi bírálat alapját képező jellemzők kiválasztása,
- az adatok matematikai statisztikai feldolgozása,
- a bírálók képzése az új rendszerben.

4.2.1 A bírálati rendszer minősítő skálájának kiválasztása

A pontozásos érzékszervi bírálatához olyan skála a legalkalmasabb, amely szimmetrikusan felépített intervallumskála (vagy megközelíti azt), a jó minőséghez nagyobb, a gyenge minőséghez a kisebb pontszámokat rendeli, valamint figyelembe veszi a szakképzett bírálók átlagos megkülönböztető képességét. A pontozásos bírálati rendszer általános utasításai az I. Függelék I-I. táblázatában található.

Az általunk kidolgozott pontozásos skálán a 0 pontot nem használtuk, mivel az éretlen vagy túlérett sajt nem esik a "romlott" kategóriába.

A szabványos termékminősítés 5 tulajdonságcsoporthoz [külső (alak, külső); belső (szín, lyukacsozottság); állomány; szag; íz] pontoz maximum 5 ponttal. A szín a szabványos bírálati rendszerben két helyen, a külső (felületi szín) és a belső tulajdonságoknál (a metszéspont szín) szerepel. A tulajdonságcsoporthoz számát 4-re csökkentettem. A túlnyomóan optikai tulajdonsághoz tartozó külső megjelenést, mely a termék alakjára, formájára, s részben a színére utal, kihagytam. Tekintettel arra, hogy a külső alak, forma részben technológiai, csomagolási jellemzőket takar, esetleg mikrobiológiai fertőzöttségre utalhat. A színre vonatkozó megállapításokat a vágási felület megjelenése tulajdonságcsoporthoz vettem figyelembe. A belső tulajdonságcsoporthoz oly módon módosítottam, hogy a szín és lyukacsozottságon túl a vágási felület megjelenését is belevettem. Az egyes tulajdonságcsoporthoz részben a termékszabvány alapján kiválasztottam azokat a jellemzőket, amelyek a sajt érettségi állapotára utaltak. Ezeket egészítettük ki saját megfigyeléseinkkel. Minősítő pontrendszerünk az I. Függelék I-II. és I-III. táblázatában található. Ezen vizsgálatok során a súlyozó faktorokat 1-nek

választottam, a súlyozó faktorok pontosabb becsléséhez további vizsgálatok szükségesek.

4.2.2 A minősítő rendszer alkalmazása Trappista és Hajdú sajtra

A Trappista sajtminutákra meghatározott adatokat (tulajdonságcsoportok és összpontszám átlag és szórás értékei) a II. Függelék A-III. táblázata. A Hajdú sajtminutákra kapott adatokat (tulajdonságcsoportok és összpontszám átlag és szórás értékei) a II. Függelék A-IV. táblázatában található.

4.2.2.1 A bírálók összehasonlítása

A bírálók minősítő rendszerünk alapján adott érzékszervi pontszámait a két sajt típusra variancia analízissel értékeltem (4.2.2-1. ábra, III. Függelék A-I. és A-II. táblázat). Arra a kérdésre kerestem választ, hogy a bírálók között a minták megítélésében van-e lényeges eltérés. A bírálók pontozása között szignifikáns különbség nem volt.

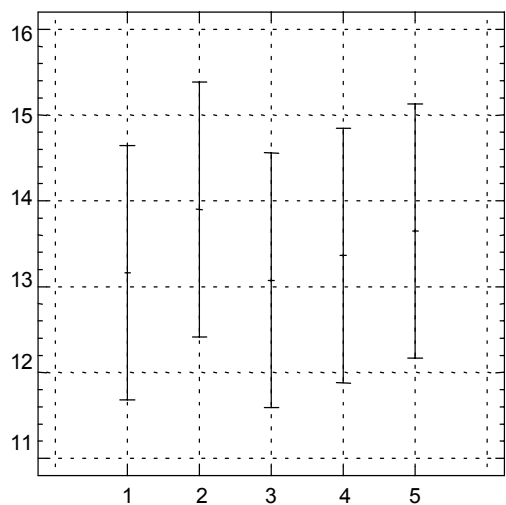
A módszer laboratóriumon belüli ismételhetőségére (Bujtás & Leisztner 1991) ad információt az érzékszervi összpontszám bírálók szerinti szórás átlaga. Ez az érték Trappista sajt nál ($0,75 \pm 0,016$), Hajdú sajt nál ($0,70 \pm 0,053$).

Trappista sajt

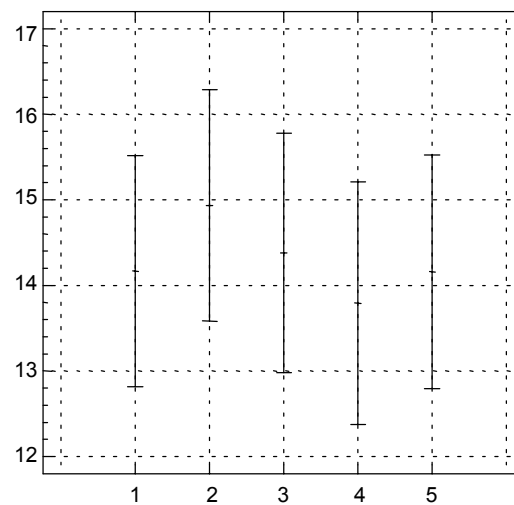
Hajdúsajt

Összpontszám

Összpontszám



bíró



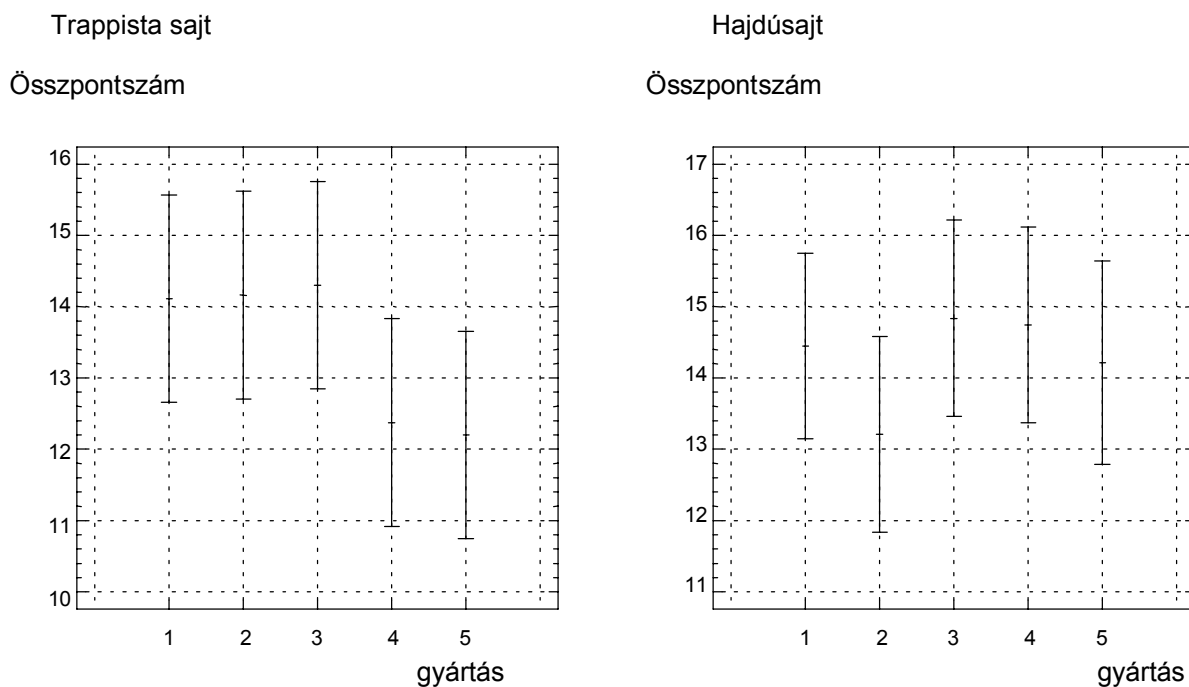
bíró

4.2.2-1. ábra A vizsgált sajtminták érzékszervi pontszámainak bírálók szerinti variancia analízise

4.2.2.2 A különböző gyártásból származó sajtminták összehasonlítása

A minták érzékszervi pontszámait a gyártások szerint variancia analízissel értékeltem, hogy megállapítsam, van-e szignifikáns különbség a gyártások között.

(4.2.2-2. ábra)



4.2.2-2. ábra A vizsgált sajtminák érzékszervi pontszámainak gyártások szerinti variancia analízise

A Trappista sajt nál az első három gyártás és az utolsó két gyártás egymástól szignifikánsan eltért. A beltartalmi jellemzőkkel összehasonlítva a fehérjetartalom és a fehérje/nedvesség arány az első három gyártásnál magasabb volt, mint az utolsó kettőnél. Valószínűsíthető, hogy a fehérjetartalom kismértékű változására vezethető vissza az eltérés.

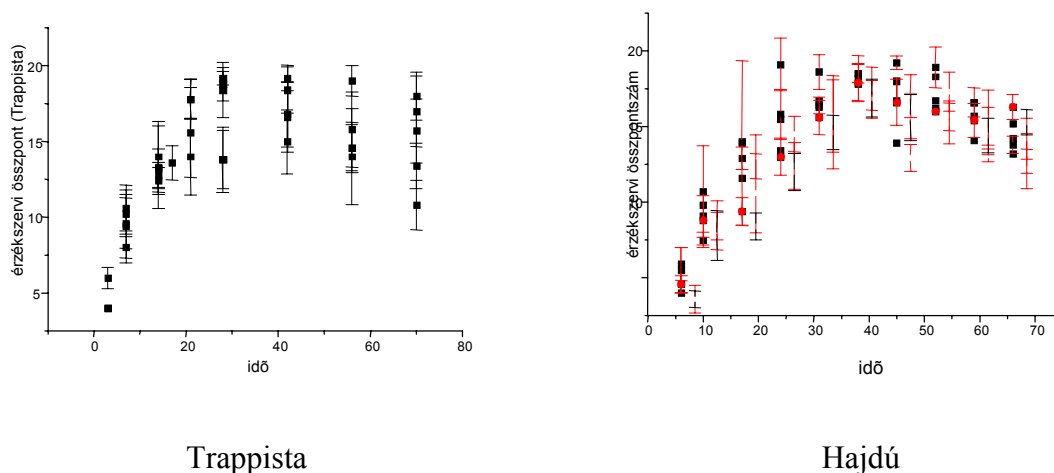
Hajdú sajt nál a második gyártás tért el szignifikánsan a többi négytől. A beltartalmi összetevők alapján a második minta szárazanyag tartalma kissé magasabb a többinél, és a minőséget befolyásoló zsírtmentes anyag százalékos nedvességtartalma a második mintánál érte el a legkisebb értéket. Feltételeztem, hogy ez utóbbi befolyásolta az érést (Guinee 1993).

Igaz, hogy a gyártások között találtam szignifikáns különbséget, de ezek a különbségek minőségben kis eltéréseket takarnak. Az eltérések feltehetően a nyersanyag, illetve a gyártási technológia ingadozására vezethetők vissza. Ezért a

további adatfeldolgozás szempontjából egy halmaznak tekintetem a mintapopulációt.

4.2.3 Az érzékszervi tulajdonságok változása az érés és tárolás során

Az érzékszervi tulajdonságok és az összpontszám a gyártástól eltelt idő függvényében maximum görbe szerint változott. Az átlagok a maximális értéket a minőségmegőrzési időtartam kezdetén érik el, majd, az eltarthatósági idő vége felé csökkenés tapasztalható. Az összpontszám változása (gyártások szerinti átlagok, a szórás feltüntetésével) a gyártástól eltelt idő függvényében a 4.2.3-1. ábrán látható.



4.2.3-1. ábra Az összpontszám változása az érési és eltarthatósági időben

4.2.4 Az érzékszervi tulajdonságok változásának becslése függvényekkel

Másodfokú polinom illesztése

A teljes időintervallumot figyelembe véve, az adatokra másodfokú polinom illeszthető, az $Y = A_0 + A_1x + A_2x^2$ egyenlet szerint, ahol Y = az érzékszervi pontszám, A_0 , A_1 , A_2 állandók. Az állandók értékei és szórása a III. Függelék A-III. táblázatban található. A_0 regressziós állandó azt fejezi ki, hogy a frissen gyártott sajt (gyártástól eltelt idő=0) pontozásos rendszerünk alapján várhatóan milyen pontszámot kap. Az A_1 parciális regressziós koefficiens az érési folyamat kezdeti sebességére ad információt. Az egyenlet első, idő szerinti differenciáhányadosa ($dY/dx = A_1 + 2A_2x$) a görbe hajlását, azaz az érési és túlértési folyamat eredő sebességét adja tetszőleges időpontban. Az idő szerinti differenciálegyenletből a

görbe maximumát, azaz az optimális érett minta korát is meg tudjuk határozni. Az egyes tulajdonság csoportok és az összpontszám optimális értékének ideje a III. Függelék A-IV. táblázatában található. Mindkét sajt 44 napos korában érte el a maximális összpontszámot.

A másodfokú polinommal becsült és a bírálók által adott pontszámok közötti összefüggést (lineáris korreláció) a III. Függelék A-V. táblázata tartalmazza. A másodfokú polinom szimmetrikus görbe. A becsléssel kapott adatok, elsősorban a Trappista sajt nál gyorsabban csökkennek, mint a ténylegesen mért értékek. Ezért újabb függvényillesztést végeztem, külön az érési és külön az eltarthatósági tartományra.

Függvényillesztés az érési tartományra

Az érési tartományban az érzékszervi adatokra telítési görbét illesztettem, az $Y = P_1(1 - e^{-P_2x})$ függvény szerint. P_1 a maximális pontszám, P_2 állandó pedig az érés sebességére utal. Az illesztett függvény paraméterei, szórásuk és a χ^2 értékek a III. Függelék A-VI. táblázatban látható. (χ^2 érték alapján számított valószínűség $>0,99$).

Függvényillesztés a minőségmegőrzési tartományra

Az eltarthatósági időben mért adatokra az $Y = (P_1 - P_2x)(1 - e^{-P_3x})$ függvényt illesztettem, ahol P_1 a maximális pontszám, P_2 állandó a túlértékesítési folyamatra jellemző. A függvény paramétereit és a χ^2 értékeket a III. Függelék A-VII. táblázat tartalmazza. (χ^2 érték alapján számított valószínűség $>0,99$).

A görbe értékek az időben csökkenő tendenciát mutatnak, de a csökkenés mértéke kisebb, mint a másodfokú polinommal történt illesztés esetén.

4.2.5 Saját pontrendszerünk adatainak és a szabványos termékminősítés adatainak összehasonlítása az eltarthatósági időben

A saját minősítő rendszerünk összpontszámát az eltarthatósági időben összehasonlítottam a 20 pontos, súlyozófaktoros termékminősítés eredményeivel. A két pontrendszer adatai szoros szignifikáns módon korreláltak. (Trappista sajt: $r=0,516$, $n=20$ $P=2\%$; Hajdú sajt $r=0,741$ $n=25$ $P<0,1\%$)

4.3 Állomány paraméterek

A két penetrációs mélységnél meghatározott állomány paramétereket Trappista sajtra a II. Függelék B-I. és B-II. táblázata tartalmazza. A Hajdú sajt adatait pedig a B-III. és B-IV. táblázatok.

4.3.1 A vizsgált és értékelt állomány paraméterek kiválasztása

Trappista sajtnál a mért 22 paraméterből kiválasztottam azt a 13 közvetlenül mért, illetve származtatott értéket, melyek reprodukálhatóan meghatározhatók (szórás kisebb, mint 40%) (Cock, 1994) és a gyártástól eltelt idővel szignifikánsan ($p < 0,05$) korrelált mind a két mérési eljárás esetében. Az idő szerinti korrelációs együtthatók, a paraméterek átlagértéke (40 minta, 10 párhuzamos mérésének átlaga) és a párhuzamos mérések szórása (10 párhuzamos mérés átlagos szórása) a III. Függelék B-I. táblázatában láthatók. A paraméterek nagy része (keménység (1,2), gumisság, rágósság, rágóssági index, modulus, terület (1,2), kompressziós munka (2), reverzibilis deformáció (1,2); dekompressziós munka (1)) negatív módon korrelál a minták korával, vagyis az idővel csökken.

Hajdú sajtnál a mért 20 paraméterből kiválasztottam azt a 17 közvetlenül mért illetve származtatott értéket, melyek reprodukálhatóan meghatározhatók (szórás kisebb, mint 40%) (Cock, 1994). A paraméterek átlagértéke (50 minta, 10 párhuzamos mérésének átlaga) és a párhuzamos mérések szórása (mintánként 10 párhuzamos mérés átlagos szórása) a III. Függelék B-II. táblázatában láthatók.

A kiválasztott állomány paraméterek megbízható meghatározását (laboratóriumon belüli ismételhetőségét) jelzik a párhuzamos mérések átlagos variációs koefficiensei és azok szórása. Ez az érték Trappista sajtnál (13 paraméter) a két mérési módnál: $VC \pm s$: 15 ± 5 ¹⁹, ill. 11 ± 7 ²⁰. Hajdú sajtnál (17 paraméter) pedig $VC \pm s$: 9 ± 3 ²¹, ill. 12 ± 3 ²².

¹⁹ 4 mm-es penetráció

²⁰ 7 mm-es penetráció

²¹ 5 mm-es penetráció

²² 10 mm-es penetráció

4.3.2 Az állomány paraméterek értékelése főkomponensanalízissel

Trappista

A 13 jellemzővel az összes mintára elvégezve a főkomponensanalízist megállapítottam, hogy a megfigyelési változók korrációjuk alapján egy illetve két főkomponensváltozóvá (PC) vonhatók össze a két vizsgálati eljárás esetén. Az egyes főkomponensek saját értékeit (λ), varianciáját és kommunalitását (h^2) a 4.3.2-1. táblázat tartalmazza. Az első főkomponens az összes változó varianciáját több mint 87%-ban lefedi mindkét vizsgálati eljárás esetén. Az első főkomponens jelentőségét a magas sajátérték is alátámasztja.

4.3.2-1. táblázat A főkomponensanalízis eredményei (Trappista) (n= 40 p= 13)

4 mm-es penetráció				7 mm-es penetráció			
PC száma	λ	variancia %	h^2	PC száma	λ	variancia %	h^2
1	11,83	91,03	91,03	1	11,35	87,29	87,29
				2	1,30	9,99	97,28

A főkomponenssúlyokból következtethetünk arra, hogy az eredeti változók milyen mértékben határozzák meg a főkomponensváltozókat.

Az első főkomponenst mindkét mérési körülménynél tíz változó (keménység 1,2; gumisság, rágósság, rágóssági index, modulus, terület 1,2; kompressziós munka 2, és dekompressziós munka 1) határozza meg közel egyenlő mértékben. A második főkomponensben három változó szerepel viszonylag nagyobb súllyal (rágóssági/rostossági hossz/érték és reverzibilis deformáció (1,2)) a 7 mm-es behatolásnál.

Hajdú

A 17 jellemzővel az összes mintára elvégezve a főkomponensanalízist megállapítottam, hogy a megfigyelési változók korrációjuk alapján három főkomponensváltozóvá vonhatók össze mindkét vizsgálati eljárás esetén. Az egyes

főkomponensek sajátértékeit (λ), varianciáját és kommunalitását (h^2) a 4.3.2-2. táblázat tartalmazza. Az első három főkomponens az összes változó varianciáját több mint 89%-ban lefedi mindkét vizsgálati eljárás esetén. A főkomponensek jelentőségét a magas sajátérték is alátámasztja.

4.3.2-2. táblázat A főkomponensanalízis eredményei (Hajdú) (n=50, p=17)

5 mm-es penetráció				10 mm-es penetráció			
PC száma	λ	variance %	h^2	PC száma	λ	variance %	h^2
1	12,72	74,83	74,83	1	9,91	58,33	58,33
2	2,38	14,02	88,84	2	3,15	18,51	76,83
3	1,35	7,97	96,81	3	2,16	12,73	89,56

A főkomponenssúlyokból következtethetünk arra, hogy az eredeti változók milyen mértékben határozzák meg a főkomponensváltozókat.

Az első főkomponenst mindkét mérési körülménynél tizenkét változó (keménység 1,2; gumisság, rágósság, rágóssági index, modulus, terület 1,2; kompressziós munka 1,2, és dekompressziós munka 1,2) határozza meg közel egyenlő mértékben. A második főkomponensben két változó szerepel viszonylag nagyobb súllyal mindkét mérési körülménynél. (nem maradandó deformáció (1,2) a harmadik főkomponenst meghatározó paraméterek már eltérőek a különböző mérési körülmények között.

4.3.3 A termék korának becslése

Az állományi tulajdonságok két tényezőtől függenek, a sajtészta összetételétől és az érettségi állapottól. A vizsgált jellemzők alakulása az érés során eltérő. Ezért indokolt az összes paraméter bevonása az időfüggés értékelésébe.

4.3.3.1 Becslés főkomponensregresszióval

Trappista

A termék kora (azaz a gyártástól eltelt idő, az érési idő és a tárolás idejének összege) a főkomponensekből becsülhető főkomponensregresszióval az alábbi egyenlettel: $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b$, ahol y a termék kora (napokban) és x_1, x_2, \dots, x_n a főkomponensek. Ha az összes főkomponenst bevonjuk az egyenletbe, a termék kora közel 12 nap pontossággal becsülhető. (A becslés standard hibája a két mérési körülménynél $12,02^{23a}$ és $11,85^b$, $r_a = 0.9016$; $r_b = 0.9045$). Ez az érték a teljes időtartalmra (70 nap) vonatkoztatva 17%-os pontosság. Lépésenkénti változó szelekcióval azokat a főkomponenseket választottam ki, melyekkel a becslés pontossága lényegesen nem változott. A 4 mm-es penetrációnál öt (PC, PC2, PC3, PC7, PC12), a 7 mm-es penetrációnál négy (PC1, PC2, PC6, PC9) főkomponens felhasználásával a termék kora becsülhető. A mért és a becsült érték közötti összefüggés a 4.3.3-1. ábrán látható.

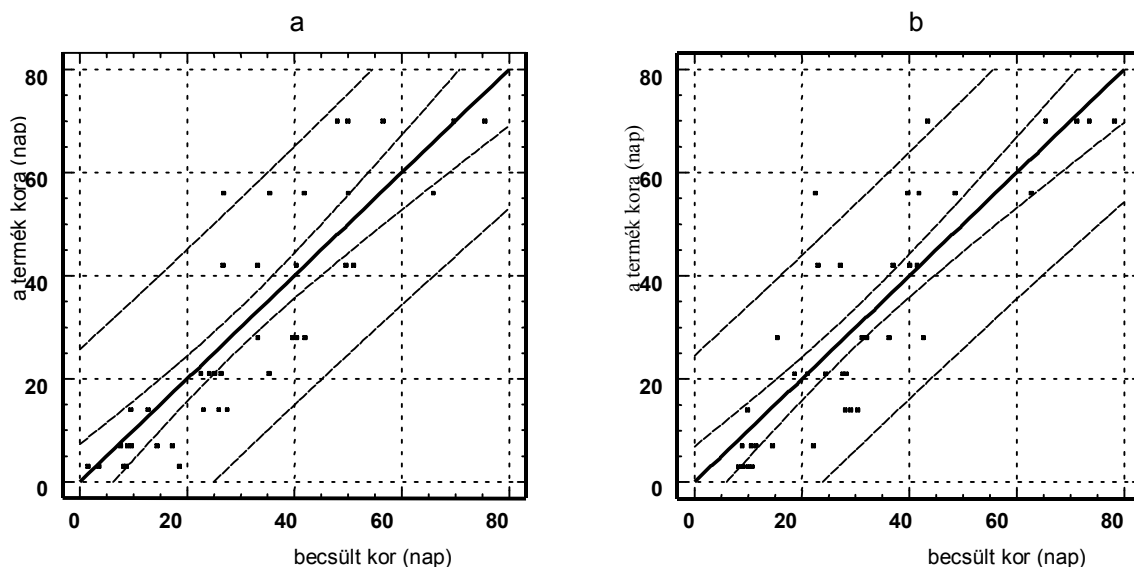
²³ a= 4 mm-es penetráció, b= 7 mm-es penetráció

$$Y = -3,35xPC1 - 14,92xPC2 + 9,36xPC3 - 102,59xPC7 + 1201,60xPC12 + 30,12$$

$$SE = 12,88 \quad R = 0,848 \quad n = 40 \quad P < 0,001$$

$$Y = -3,21xPC1 + 13,04xPC2 + 49,02xPC6 - 112,66xPC9 + 30,12$$

$$SE = 12,12 \quad R = 0,863 \quad n = 40 \quad P < 0,001$$



4.3.3-1. ábra. A Trappista sajt korának becslése főkomponensregresszióval

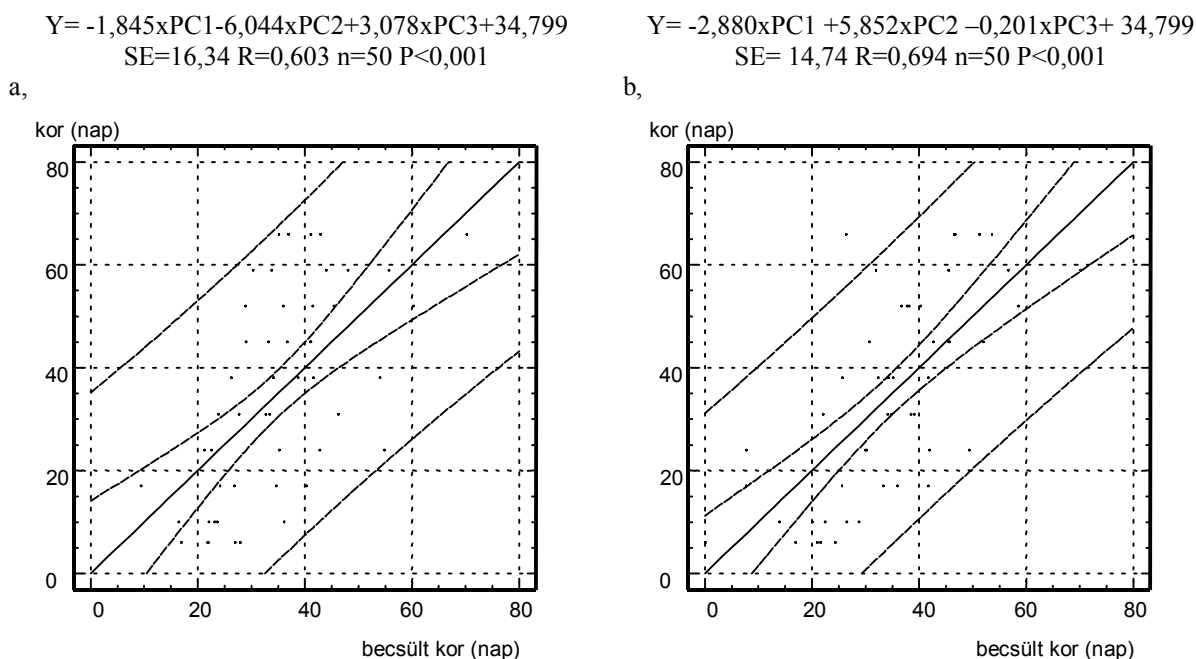
a= 4 mm-es penetráció, b= 7 mm –es penetráció, Y= a termék kora, PCX= X. főkomponens SE= standard hiba,

A 7 mm-es behatolásnál a főkomponensek száma és a becslés hibája kisebb, mint a 4 mm-es behatolás esetén. Mindkét egyenletben szerepel az első főkomponens negatív együtthatóval.

Hajdú

A termék kora a főkomponensekből becsülhető főkomponensregresszióval az alábbi egyenlettel: $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b$, ahol y a termék kora (napokban) és x_1, x_2, \dots, x_n a főkomponensek. Ha a három főkomponenst bevonjuk az egyenletbe, a termék kora közel 15-16 nap pontossággal becsülhető. (A becslés standard hibája a két mérési körülménynél 16.34^{24a} és 14.74^b , $r_a = 0.603$; $r_b = 0.694$). Ez az érték a teljes időtartalomra (70 nap) vonatkoztatva 22%-os pontosság. A mért és a becsült érték közötti összefüggés a 4.3.3-2. ábrán látható.

²⁴ a= 5 mm-es penetráció, b=10 mm-es penetráció



4.3.3-2. ábra A Hajdú sajt korának becslése főkomponensregresszióval

a= 5 mm-es penetráció, b= 10 mm-es penetráció, Y= a termék kora, PCX= X. főkomponens SE= standard hiba,

A 10 mm-es behatolásnál a becslés hibája kisebb, mint az 5 mm-es behatolás esetén. Mindkét egyenletben az első főkomponens negatív együtthatóval szerepel.

4.3.3.2 Becslés eredeti változókkal

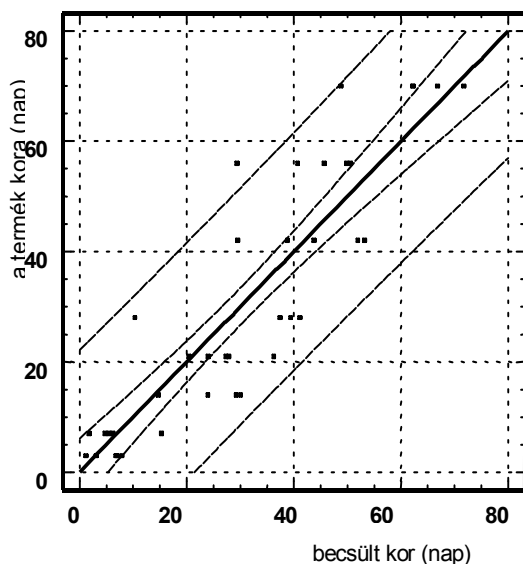
Trappista

Mivel az első két főkomponensben mind a 13 változó jelentős súllyal szerepel, a termék korát lépésenkénti változó szelekcióval az összes eredeti változó bevonásával többszörös lineáris regresszióanalízissel becsültük. A becsülő egyenlet általános képlete: $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$, ahol y= a termék kora, x_1, x_2, \dots, x_n állomány paraméterek. A mért és a becsült érték közötti összefüggés a 4.3.3-3. ábrán látható.

$$Y = -1,102x_1 + 1,026x_2 + 0,525x_3 + 0,162x_4 - 0,122x_5 + 107,954x_6 - 0,0247x_7 - 16,45x_8 - 0,0602x_9$$

$$SE = 11,59 \quad R = 0,962 \quad n = 40$$

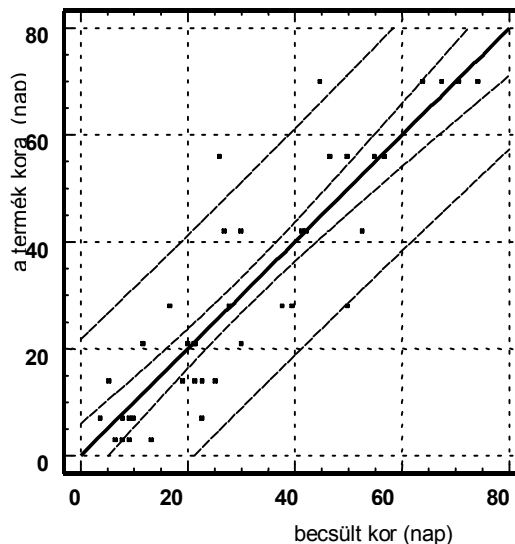
a



$$Y = 0,112x_1 - 0,0164x_2 - 0,0117x_3 + 28,192x_4 + 0,0119x_5 + 56,247x_6 - 59,808x_7 + 0,00938x_8$$

$$SE = 11,23 \quad R = 0,963 \quad n = 40$$

b



4.3.3-3. ábra A Trappista sajt korának becslése az eredeti változókkal

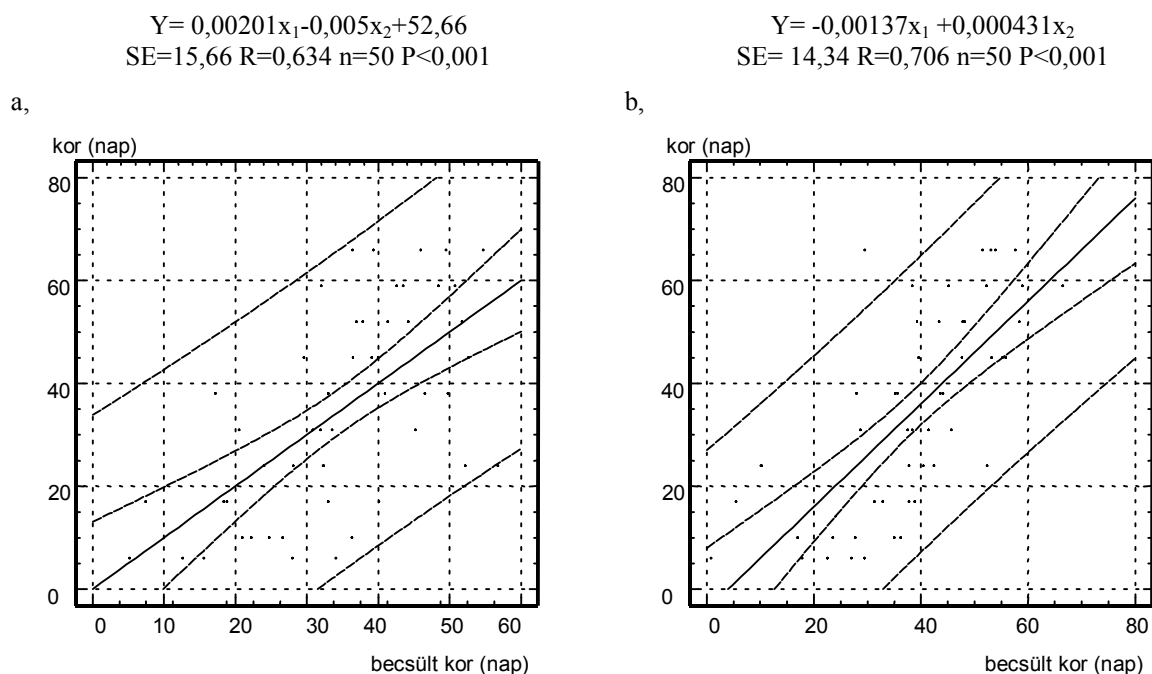
a= 4 mm-es penetráció, b= 7 mm-es penetráció, Y= a termék kora, x= állomány paraméter SE= standard hiba,

A 4 mm-es penetrációnál 9 változóval (keménység 1, gumisság, modulus, terület (1,2). rágóssági/inassági érték/hossz, kompressziós munka 2, reverzibilis deformáció 1, dekompressziós munka 1); a 7 mm-es penetrációnál 8 változóval (gumisság, rágósság, rágóssági/inassági érték/hossz, kompressziós munka 2, reverzibilis deformáció (1,2); dekompressziós munka1). A becslés hibája 7 mm-es penetrációnál minimálisan kisebb, 11,2 nap, ami a teljes időtartamra vonatkoztatva 16%-os pontosság.

Hajdú

Mivel az első főkomponensben 12 változó jelentős súllyal szerepel, a termék korát lépésenkénti változó szelekcióval a 12 eredeti változók bevonásával többszörös lineáris regresszió analízissel becsültem. A becsülő egyenlet általános

képlete: $y=a_1x_1+a_2x_2+\dots+a_nx_n$, ahol y = a termék kora, x_1, x_2, \dots, x_n állomány paraméterek. A mért és a becslt érték közötti összefüggés az 4.3.3-4. ábrán látható.



4.3.3-4. ábra A Hajdú sajt korának becslése az eredeti változókkal

a= 5 mm-es penetráció, b= 10 mm-es penetráció, Y= a termék kora, x= állomány paraméter SE= standard hiba,

Az 5 mm-es penetrációnál 2 változóval (kompressziós munka₂, dekompressziós munka₂) és konstans bevonásával; a 10 mm-es penetrációnál szintén 2 változóval (rágósság, dekompressziós munka₂), de konstans bevonása nélkül becsülhető a termék kora közel azonos pontossággal. A becslés hibája 10 mm-es penetrációnál minimálisan kisebb 14,3 nap, ami a teljes időtartamra vonatkoztatva 20%-os pontosság.

4.4 Proteolitikus jellemzők

A szabad aminosoport meghatározás alapadatait a II. Függelék C-III. és C-IV. táblázata, a méretkizárásos kromatográfia adatait pedig a II. Függelék C-V. és C-VI. táblázata tartalmazza.

4.4.1 Az alkalmazott módszerek teljesítményjellemzői

4.4.1.1 Szabad aminosoportok meghatározása trinitro-benzolszulfonsavval

Kalibrációs mérések

A szabad aminosoportokkal egyenértékű glicin koncentrációt kalibrációs mérésorozattal határoztam meg. A kalibrációs mérések átlagértékei a szórások feltüntetésével a II. Függelék C-I. táblázatában található. Az abszorbancia (Y) és glicin koncentráció (X) közötti lineáris összefüggést a III. Függelék C-I. táblázata tartalmazza. ($Y = 2,452x - 0,0147$ SE=0,0217 $r=0,999$ $n=16$). A kalibrációs mérés alapján a fotometriás módszer érzékenysége 2,452 abszorbancia/mMdm⁻³ glicin.

Detektálási határ

A párhuzamos mérések alapján a vak értékek abszorbancia átlaga és szórását figyelembe véve (II. Függelék C-II. táblázat) a kalibrációs mérés alapján kiszámoltam a detektálási határt. (4.4.1-1. táblázat).

Pontosság (laboratóriumon belüli ismételhetőség)

A Trappista és Hajdú sajtra a két eljárással meghatározott szabad aminosoport tartalmat glicin koncentrációban fejeztem ki (III. Függelék C-II. és C-III. táblázat). A mért értékek átlaga a detektálási határ közel tízszerese. A párhuzamos mérések átlagos szórása a módszer pontosságát jelzi. (4.4.1-1. táblázat)

4.4.1-1. táblázat A fotometriás módszer teljesítményjellemzői

Teljesítmény jellemzők	Eredeti eljárás	Módosított eljárás
Detektálási határ	0,029923 mM/dm ³ glicin	0,028043 mM/dm ³ glicin
Pontosság	0,0037 mM/dm ³ glicin	0,0022 mM/dm ³ glicin

4.4.1.2 Vízoldható frakció analízise géelpermeációs kromatográfiával

Kalibrációs mérések

A kromatográfiás oszlop jellemzőinek meghatározására (kizárási térfogat, átteresztési térfogat, megoszlási állandó, a biopolimer móltömegét becsülő összefüggések) végzett mérések eredményeit és a számított paramétereket a III. Függelék C-IV. és C-V. táblázata tartalmazza.

4.4.2 A sajt kromatogramok értékelése

A Trappista sajt kromatogramokat az aromás aminosavakra jellemző hullámhosszon (278 nm) értékeltem, ez az érték a jel érzékenységét, és az elválasztás hatékonyságát tekintve megfelelő volt. Az érettségi idő növekedésével a csúcsok száma 3-tól 5-ig változott. A különböző kromatogramok összehasonlítása és az eredmények matematika statisztikai értékelhetősége szempontjából felhasználtam a HPLC által felajánlott egyik értékelési lehetőséget, amely a csúcsokat az általam megadott csoportokba sorolja és az egyes csoportok területét közösen határozza meg, bizonyos esetekben összeolvadó vagy elváló csúcsokat egy egységként kezeli. Ez alapján négy csoportot különböztettem meg, amelyek átlagos móltömege a következő: 1.frakció= 29,0 kD, 2.frakció=15,8 kD, 3.frakció= 10,6 kD, 4. frakció=8,5 kD. (A karakterisztikus csúcsok paramétereit a III. Függelék, C-VI. táblázat tartalmazza.) A 15,8 kD-os 2. frakció a minták egy részénél hiányzott.

A Hajdú sajt kromatogramjait a peptid kötésre jellemző hullámhosszon ($\lambda=195$ nm) értékeltem. Három karakterisztikus csúcsot különböztettem meg, melyek átlagos móltömege: 1.frakció= 9,9 kD, 2.frakció= 5,0 kD, 3.frakció = 2,7 kD. (A karakterisztikus csúcsok paramétereit a III. Függelék, C-VI. táblázat tartalmazza.) (A Trappista és Hajdú minta egy-egy jellegzetes kromatogramja az I. Függelék I-IV. ábrán látható.)

A kromatogramokat területük, százalékos területarányuk, és egyes csúcsterület arányok és százalékos terület arányok (Trappista: 1:3, 1:4 frakció arányok, Hajdú 2:1; 3:1 frakció arányok) alapján hasonlítottam össze. A százalékos

területarányok felhasználása azért kedvező, mert a kiindulási minták esetleges eltérő fehérjetartalma és így a bemérésből adódó eltérések kiküszöbölhetőek.

4.4.3 A proteolitikus jellemzők értékelése főkomponensanalízissel.

A proteolitikus jellemzők felhasználásával főkomponensanalízist végeztem mindkét sajttypusnál. A Trappista sajtjánál a százalékos területarányok (1. frakció, 2. frakció, 3. frakció 4. frakció, 1:3, 1:4 frakció arány) és a fotometriás adatok felhasználásával végeztem el az analízist. A Hajdú sajtjánál az összes proteolitikus jellemzőt felhasználtam a főkomponensanalízishez.

Az egyes főkomponensek sajátértékeit (λ), varianciáját és kommunalitását (h^2) a 4.4.4-1. táblázat tartalmazza.

4.4.3-1. táblázat A proteolitikus adatok főkomponensanalízisének jellemzői

Trappista				Hajdú			
főkomp. száma	λ	variancia%	h^2	főkomp. száma	λ	variancia%	h^2
1	5,21	65,22	65,22	1	7,12	59,37	59,37
2	1,28	16,03	81,26	2	3,14	26,17	85,55

Az első főkomponens a Trappista sajtjánál az összes változó varianciáját több mint 65%-ban, a második főkomponenssel együtt pedig több mint 81%-ban lefedi. A főkomponenssúlyokból megállapítható, hogy az első és második főkomponens mely eredeti jellemző határozza meg döntő mértékben. Az első főkomponens a fotometriás adatok, az 1. és 4. frakció százalékos területaránya és 1:3, 1:4 frakció arány határozza meg közel azonos mértékben. A második főkomponens pedig elsősorban a 3. és kisebb mértékben a 4. frakció százalékos terület aránya.

A Hajdú sajt esetében a kumulált variancia érték hasonló, több mint 85%, de az első főkomponens csak közel 60%-ban fedi le a változók varianciáját, a második főkomponens pedig több mint 26%-ban. Az első két főkomponens jelentőségét az egynél nagyobb sajátértékek is alátámasztják. A főkomponenssúlyok alapján

megállapítható, hogy a 13 eredeti változóból az 1. főkomponenst az első frakció százalékos területaránya kivételével a maradék 12 változó közel azonos mértékben meghatározza. A 2. főkomponensben jelentős súllyal hat eredeti változó szerepel (1. frakció területe, és százalékos terület aránya, valamint a frakció- és százalékos frakció arányok (3:1, 2:1).

4.4.4 A gyártástól eltelt idő becslése proteolitikus jellemzőkkel

4.4.4.1 Becslés az első főkomponens segítségével.

Az első főkomponens felhasználásával a sajtok kora becsülhető. A Trappista sajtnál a becslő egyenlet lineáris regresszióval adható meg, míg a Hajdú sajtnál az időbecslést leíró összefüggés exponenciális: $Y = e^{a+bx}$, ahol Y = a termék kora, x = az első főkomponens (PC1), a és b állandók. (Az egyenletek paramétereit a III. Függelék C-VII. és C-VIII. táblázatai tartalmazzák.)

4.4.4.2 Becslés eredeti változókkal

A kromatográfias adatok, a fotometriás jellemzők és a gyártástól eltelt idő korrelációját a célból határoztam meg, hogy kiválasszam azon jellemzőket, melyek a gyártástól eltelt idővel korrelálnak. A Trappista sajt és a Hajdú sajt adatok és a gyártástól eltelt idő korrelációs koefficiensei a III. Függelék C-VII. táblázatban találhatóak.

Trappista mintáknál a proteolitikus jellemzők a 4. csúcsterület és a 3. csúcsh százalékos területaránya kivételével szoros szignifikáns ($p < 0,001$) korreláció szerint változott a gyártástól eltelt idővel. A Hajdú mintáknál a 3. csúcsterület szignifikáns ($p = 0,01$), a többi jellemző szoros szignifikáns ($p < 0,001$) módon korrelált a gyártástól eltelt idővel.

Becslés szabad aminocsoport tartalom alapján

A szabad aminocsoport tartalom meghatározás üzemi laboratóriumban is könnyen kivitelezhető módszer, megvizsgáltam, hogy ezek az adatok önmagukban mennyire alkalmasak a termék korának becslésére. Mind az eredeti, mind a módosított eljárással mért értékekből a gyártástól eltelt idő becsülhető lineáris

regresszióval, az $Y = ax + b$ összefüggés alapján, ahol $Y =$ a termék kora, $x =$ szabad aminosóport tartalom glicin koncentrációban kifejezve. Az egyenletek jellemző paraméterei a 4.4.4-1. táblázatban találhatóak:

4.4.4-1. táblázat A termékek korának becslése a fotometriás adatokból

	Mintaszám (n)	Meredekség (a)	Tengelymetszet (b)	Korrelációs koefficiens (r)	A becslés hibája (SE)
Trappista (eredeti)	160	173,25	-17,75	0,962*	6,12
(módosított)	160	171,47	-18,59	0,963*	6,06
Hajdú (eredeti)	200	241,79	-13,77	0,487*	17,68
(módosított)	200	205,44	-9,34	0,461*	17,96

* $p < 0,001$

Az eredeti és a módosított eljárásnál a becslés hibája mindkét sajt típusnál hasonló. A Trappista mintáknál a becslés hibája kisebb (6 nap), mint a Hajdú mintáknál (17 nap). A becslés pontosságában megmutatkozó különbség a sajtok gyártástechnológiájára vezethető vissza. A röglyukas Trappista sajt homogénebb összetételű, a proteolitikus folyamatok kiegyensúlyozottabbak, mint a tehéntejből, mártásos hőkezeléssel készült Hajdú sajt.

Becslés többváltozó bevonásával

Lépésenkénti változó szelekcióval kiválasztottam azokat a jellemzőket, melyekkel a gyártástól eltelt idő becsülhető.

A Trappista sajtnál a százalékos területarányok és a fotometriás adatok felhasználásával a gyártástól eltelt idő becsülhető az alábbi egyenlet szerint:

$$Y = -1,077x_1 - 0,2247x_2 + 12,316x_3 + 11,201x_4 + 114,029x_5$$

ahol: $Y =$ a gyártástól eltelt idő, $x_1 =$ az 1. frakció százalékos területaránya, $x_2 =$ a 4. frakció százalékos területaránya, $x_3 =$ az 1. és 3. frakció százalékos területarányának hányadosa, $x_4 =$ az 1. és 4. frakció százalékos területarányának hányadosa, $x_5 =$ fotometriás adatok (módosított eljárás).

A Hajdú sajtnál a becslő egyenlet az alábbi:

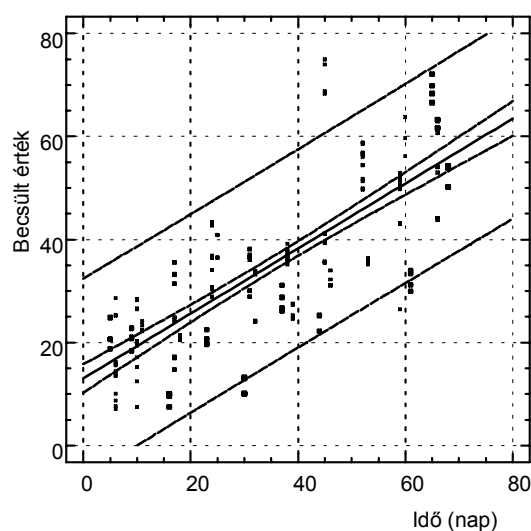
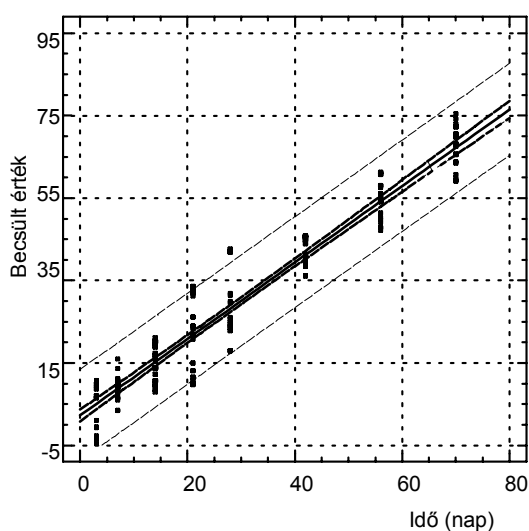
$$Y = 49,56 x_1 + 7,82 \cdot 10^{-6} x_2 - 2,46 \cdot 10^{-6} x_3 + 0,1255 x_4 + 20,17 x_5$$

ahol: x_1 =fotometriás adatok (eredeti eljárás), x_2 =az 1. frakció területe, x_3 = a 3. frakció területe, x_4 =a 3. frakció százalékos területaránya, x_5 =a 2. és az 1. frakció százalékos területarányának hányadosa.

A becslt és a mért értékek közötti összefüggés a 4.4.3-1. ábrán látható.

Trappista sajt korának becslése eredeti
változókkal
($n=160$, $SE= 5,85$ $R^2=0,9764$)

Hajdú sajt korának becslése eredeti
változókkal
($n=193$, $SE= 12,37$ $R^2=0,9085$)



4.4.4-1. ábra A Trappista és Hajdú sajt korának becslése proteolitikus jellemzőkkel

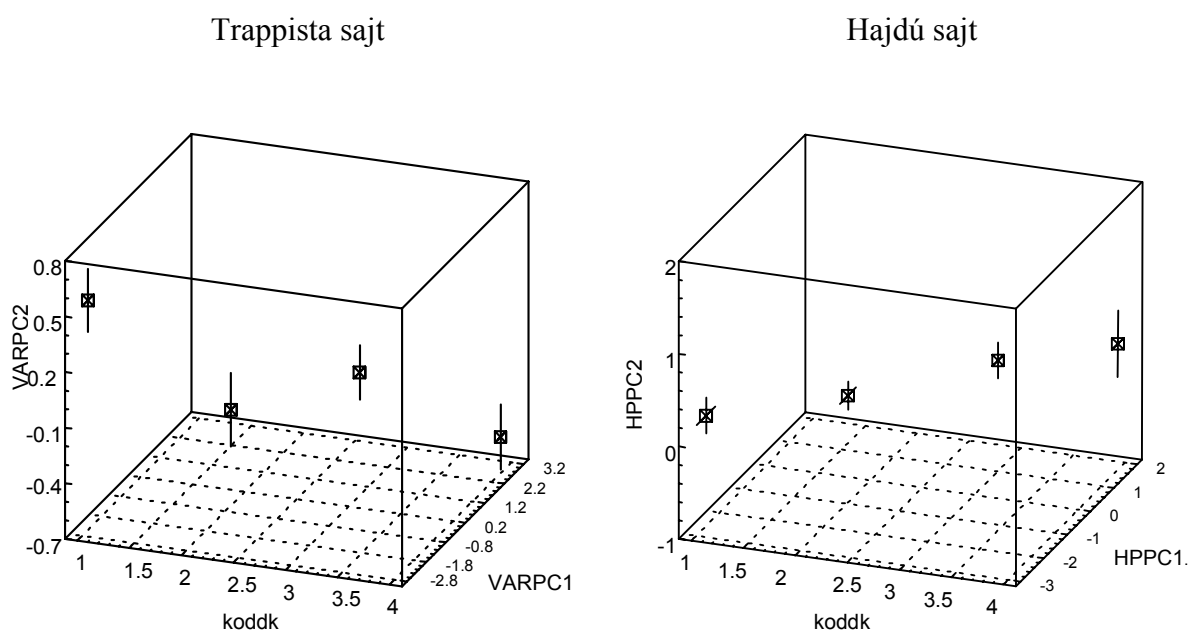
A Trappista mintáknál a becslés pontossága 5,85 nap, ami a teljes időintervallumra számítva kb. 8%, a Hajdú sajtnál a becslés pontossága 12,4 nap, ami 18,5%-nak felel meg.

4.4.5 A proteolitikus jellemzők és az érettségi állapot közötti összefüggés tanulmányozása

A sajtminták érettségi állapotát az érési és az eltarthatósági időben az érettségi állapot minősítésére kidolgozott pontrendszerünk segítségével minősítettem. Minősítő rendszerünk előnye, hogy nyers és éretlen mintákra is alkalmazható, alkalmas a sajtok érettségi fokának meghatározására és az érés során megfigyelhető érzékszervi változások követésére.

A különböző érettségi állapotú mintákat érzékszervi összpontszámuk, és a gyártástól eltelt idő figyelembevételével 4 csoportba (nyers összpontszám < 10, félérett, összpont: 10-17, érett: összpont > 17, túlérett összpont < 17) soroltam.

Az első két főkomponens varianciaanalízisét elvégeztem a minták érettségi állapota alapján. A különböző érettségi állapotú minták első két főkomponense Trappista sajt nál szignifikánsan eltér. Hajdú sajt nál csak a nyers és félérett csoport tér el szignifikáns módon az érett és a túlérett csoporttól (4.4.5-1. ábra). A proteolitikus jellemzők kizárólagos felhasználásával az érett és a túlérett állapot nem különíthető el.



4.4.5-1. ábra A proteolitikus jellemzőkből képzett első két főkomponens érettségi állapot szerinti variancia analízise

Trappista sajt proteolitikus jellemzőinek (3. frakció százalékos területaránya, az 1 és 4. frakció százalékos területarányának hányadosa és fotometriás adatok) bevonásával diszkriminanciaanalízist végeztem, hogy megállapítsam eredeti változók segítségével a minták között érettségi állapot szerint van-e szignifikáns különbség. A vizsgálati minták feltételezett csoportjai és a minták diszkrimináló egyenletek segítségével becsült csoportjai közötti kapcsolat a 4.4.5-1. táblázatban található. A minták ábrázolása az első két diszkriminancia változó síkjában a 4.4.5-2. ábrán látható.

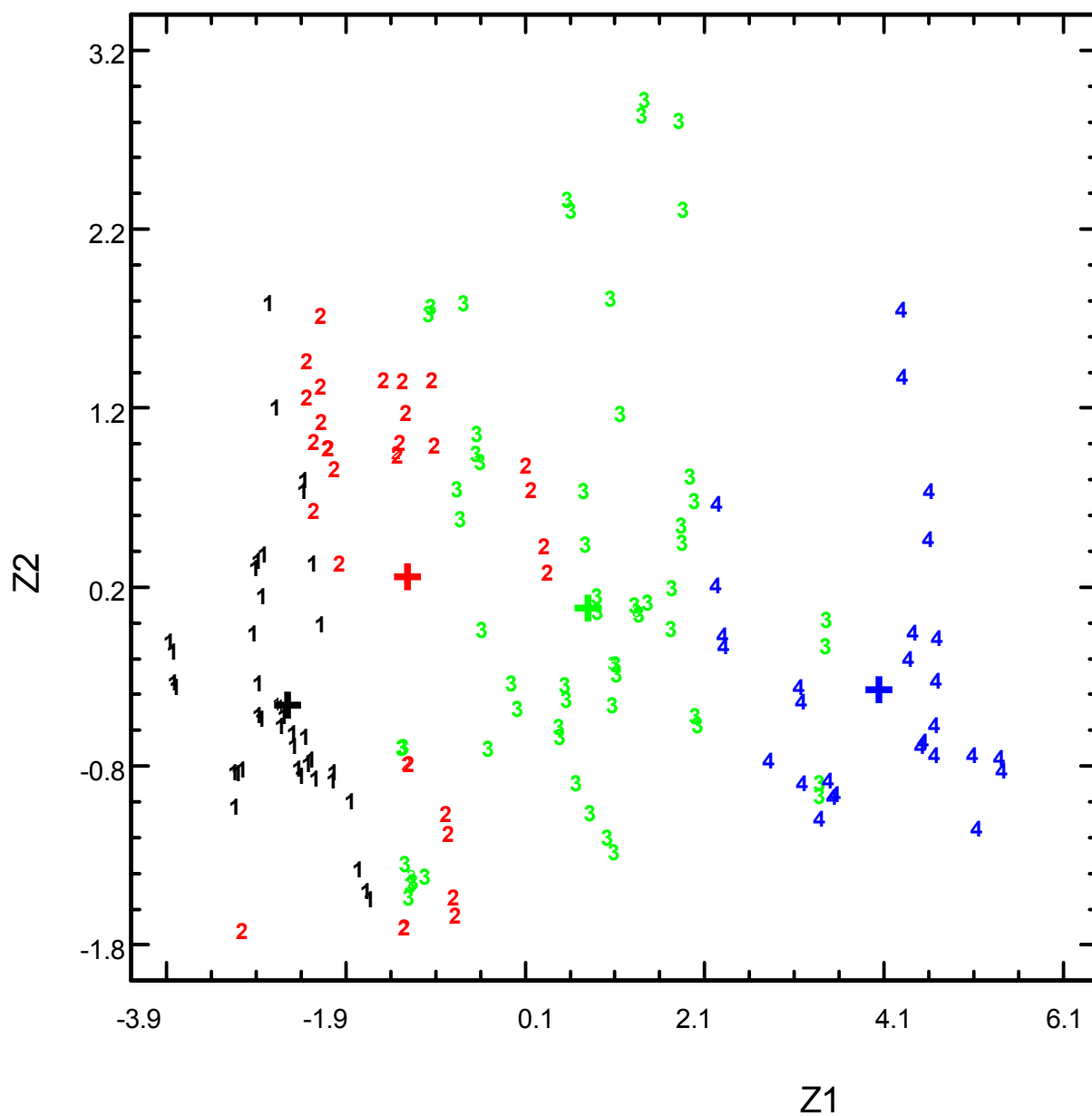
4.4.5-1. táblázat A különböző érettségű Trappista minták feltételezett és a diszkrimináló egyenlettel osztályozott csoportjai

Becsült csoportosítás	Eredeti csoportok (szám, százalék)							
	1		2		3		4	
1	37	(92,50)	3,00	(7,50)	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1	(3,40)	27,00	(84,38)	4,00	(12,50)	0,00	0,00
3	0	0,00	17,00	(28,33)	39,00	(65,00)	4,00	(6,67)
4	0	0,00	0,00	0,00	4,00	(14,29)	24,00	(85,71)

A nyers- félérett és a túlérett minták esetén a diszkrimináló egyenletekkel kapott csoportok több mint 84%-ban megegyeznek az eredeti osztályozással. Az érett minták esetén ez az arány rosszabb, csak 65%. Az érett minták egy része proteolitikus jellemzőik alapján a félérett ill. a túlérett kategóriába esik.

A diszkriminanciaanalízissel megállapítható, hogy a proteolitikus jellemzők alapján az érzékszervileg kiváló minőségű sajt nem határolódik el félérett és a túlérett csoporttól.

1. Nyers, 2. Félérett, 3. Érett, 4. Túlérett minták



4.4.5-2. ábra A különböző érettségű Trappista minták ábrázolása az első két diszkriminancia változó síkjában

4.5 Következtetések

Összefoglalva munkám tapasztalatait, a mérési adatok matematikai feldolgozása és értékelése után az elért eredmények az alábbiakban fogalmazhatók meg:

Az érzékszervi vizsgálatok alapján megállapítható:

- A Trappista és a Hajdú sajt érettségi állapotának megítélésére pontozásos érzékszervi minősítő rendszer dolgozható ki.
- Összehasonlítva a vizsgálatokba bevont, különböző gyártású minták érzékszervi és beltartalmi adatait megállapítható, hogy mind a beltartalmi jellemzők, mind a szabványos érzékszervi minősítés alapján az érett minták "kiváló" minőségűek voltak.
- A tulajdonságcsoportokon belüli pontszám és az összpontszám időbeli változására becslő egyenletek állíthatók fel. A mért és az egyenletekkel becsült adatok között szoros szignifikáns lineáris korreláció áll fenn.
- Az általam kidolgozott minősítő rendszer alapján a tulajdonságcsoportok számértékei és az összesítésükkel kapott összpontszám az érési időben telítési, az eltarthatósági időben maximum görbe szerint változnak. A függvény maximum értékét az optimálisan érett állapotú sajt esetén éri el.
- A létrehozott saját minősítő rendszer összpontszáma a minőségmegőrzési időben szoros, szignifikáns kapcsolatban van a 20 pontos, súlyozófaktoros termékminősítés eredményeivel.

A műszeres állománymérés adataiból megállapítható

- A kiválasztott állomány paraméterek (Trappista 13, Hajdú 17) korrelációs kapcsolatok alapján, néhány (maximum három) mesterséges összevont változóval (főkomponensváltozó) helyettesíthető volt. A főkomponens-súlyok értékeit figyelembe véve megállapítható, hogy a jelentős főkomponenseket túlnyomóan mely eredeti változók határozzák meg.

- A főkomponens értékek a sajt korával többszörös lineáris összefüggést mutattak. A sajtok kora a főkomponens értékekből átlagosan a teljes időintervallumot tekintve 20%-os pontossággal becsülhető.
- Az eredeti változókból kiválasztva azokat, melyekkel a termékek kora szintén többszörös lineáris összefüggést mutatott, olyan becsülő egyenletek határozhatók meg, melyekkel a sajt kora hasonló pontossággal becsülhető.
- A két sajttípusnál a két penetrációs mélységnél meghatározott adatok és feldolgozásuk alapján megállapítható, hogy bár mindkét mérési körülménynél az adatok hasonló szignifikancia szinten mutattak összefüggést a termék korával, a nagyobb mértékű penetrációnál (Trappista 7 mm-es, Hajdú 10 mm-es penetráció) a becsülő egyenlet pontossága jobb. További analíziseknél ennek figyelembe vételét javaslom.
- Az alkalmazott vizsgálati körülmények mellett reprodukálhatóan meghatározható állomány paraméterek választhatók ki, melyeknek időfüggése szignifikáns az érési és tárolási periódus alatt. Ezek az érettségi állapot jellemzőiként alkalmazhatók.

A proteolitikus jellemzők meghatározása alapján megállapítható

- A vízoldható frakciók kromatogramjai a sajttípusra karakterisztikusak.
- A proteolitikus jellemzők korrelációjuk alapján két főkomponensváltozóvá vonhatók össze. A főkomponenssúlyok értékeit figyelembe véve megállapítható, hogy a jelentős főkomponenseket túlnyomóan mely eredeti változók határozzák meg.
- Az első főkomponens értékéből a sajtok kora Trappista sajtnál lineáris, Hajdú sajtnál exponenciális összefüggés szerint becsülhető.
- A proteolitikus jellemzők egy része a gyártástól eltelt idővel szoros korreláció szerint változott. Léteznek olyan jellemzők, melyek segítségével a gyártástól eltelt idő többváltozós lineáris regresszióval

becsülhető. Ezek a jellemzők az érettségi állapot minősítésére felhasználhatók.

- Az érettségi állapot jellemzésére kidolgozott pontozásos érzékszervi módszerrel meghatározható a különböző stádiumban levő minták érettségi állapota. Az érettségi állapot szerint mindkét sajttypusnál csoportok (nyers, félérett, érett, túlérett) képezhetők.
- Az első két főkomponens érettségi csoportok szerinti variancia analízise alapján megállapítható, hogy Trappista sajtjánál a különböző érettségi állapotú minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek egymástól. Hajdú sajtjánál csak a nyers és a félérett minták térnek el szignifikánsan az érett és túlérett csoporttól.

A vizsgálati módszerek értékelése

- A sajtok érettségére kidolgozott pontozásos érzékszervi minősítő rendszer üzemi körülmények között is jól alkalmazható eljárás. A gyakorlott bírálók könnyen alkalmazhatják a szabványos érzékszervi minősítés alapján kidolgozott rendszert.
- A műszeres állománymérés gyorsasága, egyszerűsége, a készülék ára alapján nagyobb üzemek számára elérhető vizsgálati eszköz lehet, mely még gyártásközi minősítésben is alkalmazható.
- A proteolitikus jellemzők közül a szabad aminocsoport meghatározásra alkalmas trinitro-benzolszulfonsavas módszer egyszerűsége, jó reprodukálhatósága, nem túl jelentős eszközigénye miatt a vizsgált sajttypusoknál is alkalmas a proteolízis mértékének meghatározására, az érettségi állapot jelzésére üzemi körülmények között is.
- A nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia – költség-, szakember- és időigénye miatt - nem alkalmas a mindennapos gyakorlatra, emiatt legfeljebb kutató intézetekben folyó gyártmányfejlesztés számára érhető el.

5 Összefoglalás, új tudományos eredmények

Kísérleti munkám során hazai félkemény sajtok minőségét befolyásoló tulajdonságait, minőségjellemzőit tanulmányoztam a sajtok érlelési és eltarthatósági idejében.

A vizsgált minták kiválasztásánál szempontom a sajt érési ideje, valamint a sajtípus kedveltsége és elterjedtsége volt. Ezért egy hosszabb érlelési idejű félkemény sajtot, a tehéntejből készült Kashkavál sajtípust, a Hajdú sajtot valamint az egyik legnépszerűbb hazai félkemény sajtípust, a Trappista sajtot választottam. A vizsgált sajtok üzemi gyártásból (öt gyártás) származtak. Az üzemi gyártásból adódó különbségek ellenére beltartalmi összetételüket tekintve viszonylag homogének voltak, az érlelési idő végén kiváló érzékszervi tulajdonságokkal rendelkeztek.

A vizsgálati módszerek kiválasztásánál egyrészt arra törekedtem, hogy túlnyomóan olyan módszereket alkalmazzak, melyek távlatilag az üzemi laboratóriumok számára elérhetőek, valamint az irodalmi adatok alapján olyan tulajdonságokat mérjek, melyek az érési folyamat egésze alatt változnak. Ezért a szabványos érzékszervi és beltartalmi vizsgálatokon túl pontozásos érzékszervi módszer kidolgozását és adaptálását végeztem el. Emellett olyan műszeres analitikai eljárásokat alkalmaztam, melyek a proteolízis mértékét (másodlagos proteolízis) és proteolízishez kapcsolódó állomány paraméterek változását követik nyomon.

Az adatok feldolgozása egyrészt az eredeti változókra (mért értékek), másrészt többváltozós módszerekkel nyerhető mesterséges összevont változókra (főkomponens) terjedt ki.

Olyan matematikai statisztikai módszereket alkalmaztam, amelyek lehetőséget adtak a tulajdonságcsoportok közötti összefüggések elemzésére, az egyes minták, mintacsoportok közötti szignifikáns különbségek megállapítására és

olyan matematikai egyenletek felírására, amelyekkel a sajtminőség / a gyártástól eltelt idő változása becsülhető.

A mérési eredmények matematikai statisztikai értékelését STATGRAPHICS Statistical Graphics System adatfeldolgozó programcsomag 5.0 verziójával, valamint MicroCal Origin 2.88 verziójával végeztem. Összesen 90 sajtminőt vizsgáltam, ebből 40 Trappista (Tolnatej Rt. Szekszárdi Sajtüzem), 50 Hajdú (Hajdútej Rt. Hajdúböszörményi Sajtüzem).

Az alábbiakban összefoglalom az értekezés módszertani szempontból új tudományos eredményeit.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A vizsgált félkemény sajtok érési és minőségmegőrzési időben bekövetkező változásainak tanulmányozására kísérleti tervet dolgoztam ki, ami más félkemény sajt vizsgálatra is adaptálható.
2. A vizsgált félkemény sajtok (Trappista és Hajdú sajt) korának, érettségi állapotának becslésére alkalmas pontozásos érzékszervi minősítő rendszereket dolgoztam ki, mely a szabvánnyal ellentétben a nyers- és félérett sajtokra is, a gyártástól kezdve a teljes időintervallumban (érlelési és minőségmegőrzési periódus) alkalmazható.
3. Megállapítottam az érzékszervi tulajdonságcsoportokon belüli pontszám és az összpontszám időbeli változását. A változásra becsülő egyenleteket adtam. Az általam kidolgozott minősítő rendszer alapján a tulajdonságcsoportok számértékei és az összesítésükkel kapott összpontszám az érési időben telítési, az eltarthatósági időben maximum görbe szerint változtak. A függvény maximum értékét az optimálisan érett állapotú sajt esetén érte el.

4. Megállapítottam, hogy mely (QTS 25 állományvizsgálóval meghatározott) állomány paraméterek alkalmazhatók az egyes sajtípusoknál az érettségi állapot jellemzőiként, azaz melyek változnak szignifikánsan a gyártástól eltelt idővel, függvény kapcsolattal leírható módon az érési és tárolási periódus alatt. Megállapítottam az optimális becslést adó mérési körülményeket mindkét sajt típusnál. (Trappista 7 mm-es penetráció, Hajdú 10 mm-es penetráció).
5. Megállapítottam, hogy az állomány paramétereiből képzett mesterséges összetett (főkomponens) változók alkalmasak a sajtok korának becslésére, majd az eredeti változókból lépésenkénti változószelekcióval kiegészített többszörös lineáris regresszióanalízissel sikerült a gyártástól eltelt időt 11 ill. 14 nap pontossággal becsülni. Az egyenlet:

Trappista sajtra:

$Y=0,112x_1-0,0164x_2-0,0117x_3+28,192x_4+0,0119x_5+56,247x_6-59,808x_7+0,00938x_8;$
 $SE= 11,23 R=0,963 n=40$, ahol a nyolc változó a behelyettesítés sorrendjében az alábbi: gumisság, rágósság, terület(2), rágóssági/inassági érték/hossz, kompressziós munka (2), reverzibilis deformáció (1,2). A becslés 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns.

Hajdú sajtra:

$Y=-0,00137x_1+0,000431x_2 SE= 14,34 R=0,706 n=50$ ahol a két változó a behelyettesítés sorrendjében az alábbi: rágósság, dekompressziós munka (2). A becslés 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns.

6. Kimutattam, hogy a szabad aminocsoport mennyiségi meghatározásán alapuló trinitro-benzolszulfonsavas reakció Polychroniadou (1988) módszere szerint a Trappista sajt érési jellemzőként való felhasználására alkalmas, míg a Hajdú sajtéra nem. A Trappista sajt esetében a gyártástól eltelt idő lineáris regresszióval, 99,9%-os valószínűségi szinten becsülhető. A becslés pontossága 6 nap.

7. A proteolitikus adatok főkomponensanalízise alapján megállapítottam, hogy az első főkomponens értékéből a sajtok kora Trappista sajt nál lineáris, Hajdú sajt nál exponenciális összefüggés szerint becsülhető.
8. Az első két főkomponens érettségi csoportok szerinti variancia analízise alapján megállapítottam, hogy Trappista sajt nál a különböző érettségi állapotú minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek egymástól. Hajdú sajt nál, csak a nyers és a félérett minták térnek el szignifikánsan az érett és túlérett csoporttól.
9. A proteolitikus adatok lépésenkénti változó szelekciójával meghatároztam azokat a jellemzőket, melyekkel a gyártástól eltelt idő többszörös lineáris regresszióval becsülhető. Ezek az érettségi állapot minősítésére felhasználhatók. Az egyenlet:

Trappista sajt nál:

$$Y = -1,077x_1 - 0,2247x_2 + 12,316x_3 + 11,201x_4 + 114,029x_5 \quad SE = 5,85 \quad R^2 = 0,9764 \quad n = 160.$$

A változók az alábbiak: az 1. frakció százalékos területaránya, a 4. frakció százalékos területaránya, az 1. és 3. frakció százalékos területarányának hányadosa, az 1. és 4. frakció százalékos területarányának hányadosa, fotometriás adatok (módosított eljárás). A becslés 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns. A becslés pontossága 5,9 nap.

Hajdú sajt nál:

$$Y = 49,56x_1 + 7,82 \cdot 10^{-6}x_2 - 2,46 \cdot 10^{-6}x_3 + 0,1255x_4 + 20,17x_5 \quad SE = 12,37 \quad R^2 = 0,9085, \quad n = 193.$$

A változók az alábbiak: fotometriás adatok (eredeti eljárás), az 1. frakció területe, a 3. frakció területe, a 3. frakció százalékos területaránya, a 2. és az 1. frakció százalékos területarányának hányadosa. A becslés 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns. A becslés pontossága 12,4 nap.

10. Az eredmények igazolják, hogy az alkalmazott módszerek a vizsgált sajtok gyártástechnológiájára, és az üzemi gyártásokból adódó heterogenitás

ellenére bizonyos kiegészítő információt adnak a sajtminősítésben. A különböző módszerekkel megállapított minőségjelzők felhasználásával a sajtok kora, a gyártástól eltelt idő a teljes időintervallumra vonatkoztatva Trappista sajtnál átlagosan 10 %. Hajdú sajtnál 20%-os pontossággal megadható.

6 Irodalom

ADDEO, F., GARRO, G., INTORCIA, N., PELLEGRINO, L., RESMINI, P. & CHIANESE, L. (1995): Gel electrophoresis and immunoblotting for the detection of casein proteolysis in cheese. *J. Dairy Res.*, **62**, 297-309.

ALTEMUELLER, A.G. & ROSENBERG, M. (1996): Monitoring proteolysis during ripening of full-fat and low-fat Cheddar cheeses by Reverse-Phase HPLC. *J. Food Sci.*, **61**, 295-298.

ANTONIOU, K. D., PETRIDIS, D., RAPHAELIDES, S., BEN-OMAR, Z. & KESTELOOT, R. (2000): Texture assessment of French cheeses. *J. Food Sci.*, **65**, 168-172.

ARMERO, E., COLLAR, C. (1997): Texture properties of formulated wheat doughs. Relationships with dough and bread technological quality. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **204**, 136-145.

BANKS, J.M. IN ED EARLY (1992): Cheese in The Technology of Dairy Products. *Blackie and Son Ltd.* Glasgow and London, pp 39-65.

BARA-HERCZEGH, O., FENYVESSY, J. & ÖRSI, F. (2000) : A gyártástechnológia és az érlelési paraméterek hatása a Trappista sajt érzékszervi és kémiai jellemzőire. *Tejgazdaság* **60**, 30-33.

BARA-HERCZEGH, O., HORVÁTH-ALMÁSSY, K., FENYVESSY, J. & ÖRSI, F. (2001): Suitability of Textural Parameters for Characterization of Trappist Cheese Ripening. *Acta Aliment. Hung.*, **30**, 127-143.

BARLOW, I.E., LLOYD, G.T. & RAMSHAW, E.H. (1986): The measurement of proteolysis in Cheddar cheese: A comparison of trinitrobenzene sulphonic acid procedures. *Aust. J. Dairy Technol.*, **41**, 79-81.

BERGER, C., MARTIN, N., COLLIN, S., GIJS, L. KHAN, J.A., PIRAPREZ, G., SPINLER, H. E. & VULFSON, E. N. (1999): Combinatorial approach to flavor analysis. II. Olfactory investigation of a library of S-methyl thioesters and sensory evaluation of selected components. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 3274-3279.

BICAN, P. & BLANC, B. (1982): Milk protein analysis - a high-performance chromatography study. *Milchwissenschaft*, **37**, 592-593.

BICAN, P. & SPAHNI, A. (1991): Low molecular mass nitrogen components in ripening cheese. *Lebensm. Wiss. u Technol.*, **24**, 315-322.

BOURNE, M.C. (1982): Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, London, pp. 50-62.

BOURNE, M.C. –IN ED. SHERMAN, P. (1979): Theory and application of the puncture test in food texture measurement. In Food Texture and Rheology. Academic Press, London, pp. 95-142.

BRENNAN, J.G. IN ED. KING, R.D. (1980): Food Texture Measurement in Developments. in Food Analysis Techniques-2. Applied Science Publishers, London, pp.1-79

BUJTÁS, P. & LEISZTNER, L. (1991): Analitikai mérési eredmények minőségbiztosítása. GLP Kft. Budapest, 106-113.

BYNUM, D.G. & BARBANI, D.M. (1985): Whole milk reverse osmosis retentates for Cheddar cheese manufacture: chemical changes during aging. *J. Dairy Sci.*, **68**, 1-10.

CASIRAGHI, E.M., BARLEY, E.B. & CHRISTIANSON, D.D. (1985): Behaviour of Mozzarella, Cheddar and processed cheese spread in lubricated and bonded uniaxial compression. *J. Texture Stud.*, **16**, 281-301.

CHAVARRI, F., ANGELES-BUSTAMANTE, M. SANTISTEBAN, A. VIRTO, M., BARRON, L.J.R. & RENOBALLES, M. DE. (1999): Changes in free fatty acids during ripening of Idiazabal cheese manufactured at different times of the year. *J. Dairy Sci.*, **82**, 885-890.

CHIN, H.M. & ROSENBERG, M (1998): Monitoring Proteolysis During Cheddar Cheese Ripening Using Two-Dimensional Gel Electrophoresis. *J. Food. Sci.*, **63**, 423-428

CHRISTENSEN, T.M.I.E., KRISTIANSEN, K.R. & MADSEN, J.S. (1989): Proteolysis in cheese investigated by high performance liquid chromatography. *J. Dairy Res.*, **56**, 823-828.

CHURCH, F.C., SWAISGOOD, H.E., PORTER, D.H. & CATIGNANI, G.L. (1983): Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. *J. Dairy Sci.*, **66**, 1219-1227.

COCK, P. (1994): Starch compositions for texture-design of pasta cocktail snacks. Food Ingredients Europe'94, Conference Proceedings, pp.101-105.

CREAMER, L. K. & OLSON, N. F. (1982): Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. *J. Food Sci.*, **47**, 631-636, 646

DESMAZEAUD, M. & GRIPON, J.C. (1977): General mechanism of protein breakdown during cheese ripening. *Milchwissenschaft*, **32**, 731-734.

ESKIN, N.A.M. (1990): Biochemistry of Foods. Academic press, San Diego, pp. 367-385.

FARKYE, N.Y. & FOX, P.F. (1990): Objective indices of cheese ripening. *Trends Food Sci. Technol.*, **1**, 37-40.

FENYVESSY, J., JÁVOR, A., KUKOVICS, S., SZERKESZTŐ SZAKÁLY, S. (2001): A kiskérődzők (juh, kecske) tejének feldolgozása Tejgazdaságtan c. könyvben. Dinasztia kiadó, Budapest, 356-366.

FERNÁNDEZ, M. & FOX, P.F. (1998): Fractination of low molecular mass peptides in cheese. *Milchwissenschaft*, **53**, 25-28.

FERNÁNDEZ, M., SINGH, T.K. & FOX, P.F. (1998): Isolation and identification of peptides from the diafiltration permeate of water-soluble fraction of Cheddar cheese. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 4512-4517.

FONTECHA, J, BELLANATO, J. & JUAREZ, M. (1993): Infrared and Raman Spectroscopic Study of Casein in Cheese: Effect of Freezing and Frozen Storage. *J.Dairy Sci.* **76**, 3303-3309.

FOX, P.F. & McSWEENEY P.L.H. (1996): Proteolysis in cheese during ripening. *Food Rev. Int.* **12**, 4557-509.

FOX, P.F. & McSWEENEY P.L.H. (1998): Characterisation of proteolysis in cheese and development of chemical indices of cheese maturity and quality. (Non-Commissioned Food Research Programme (NCFRP) Project 1.5) Department of Food Chemistry, University College, Cork.
<http://www.ucc.ie/acad/faculties/foodfac/Ncfrp/NCFRPfinalreport15.htm>

FOX, P.F., LAW, J., McSWEENEY, P.L.H., & WALLACE, J. IN ED: FOX, P.F (1993): Biochemistry of Cheese Ripening. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 Chapman and Hall London pp.: 389-437.

FOX, P.F. IN ED: FOX, P.F (1993): Cheese: An Overview. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 Chapman and Hall London pp.: 1-35

FURTULA, V., NAKAI, S., AMANTEA, G.F. & LALEYE, L. (1994a): Reverse-Phase HPLC Analysis of Cheese Samples Aged by a Fast-Ripening Process. *J. Food Sci.*, **59**, 528-532, 567.

FURTULA, V., NAKAI, S., AMANTEA, G.F. & LALEYE, L. (1994b): Reverse-Phase HPLC Analysis of Reference Cheddar Cheese Samples for Assessing Accelerated Cheese Ripening. *J. Food Sci.*, **59**, 533-538.

GAIASCHI, A., BERETTA, B., POIESI, C., CONTI, A., GIUFFRIDA, M.G., GALLI, C.L. & RESTANI, P. (2001): Proteolysis of β -casein as a marker of Grana Padano cheese ripening. *J. Dairy Sci.*, **84**, 60-65.

GUINEE, T.P. & FOX, P.F. IN ED.: FOX (1993): Salt in cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 Chapman and Hall pp. 257-301

HABEEB, A.F.S.A. (1966): Determination of free amino groups in proteins by trinitrobenzenesulfonic acid. *Anal. Biochem.*, **14**, 328-336.

HEWEDI, M.M. & FOX, F. P. (1984): Ripening of Blue cheese: Characterization of proteolysis. *Milchwissenschaft* **39**, 198-201.

INCZÉDY J. (1984): Folyamatos és automatikus analízis. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 36-89.

- INNOCENTE, N., MORET, S., CORRADINI, C. & CONTE, L.S. (2000):** A rapid method for the quantitative determination of short-chain free volatile fatty acids from cheese. *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 3321-3323.
- JACK, F. R., PIGGOTT, J. R. & PATERSON, A. (1994):** Analysis of textural changes in hard cheese during mastication by progressive profiling. *J. Food Sci.*, **59**, 539-543.
- JACKMAN, R. L. & YADA, R. Y. (1989):** Multivariate analysis of functional and structure-related properties of whey-vegetable protein composites. *Can. Inst. Fd. Sci. Technol. J.*, **22**, 260-269.
- JIN, Y.K. & PARK, Y.W. (1996):** SDS-PAGE of proteins in goat milk cheeses ripened under different conditions. *J. Food Sci.*, **61**, 490-494, 503.
- KALANTZOPOULOS, G.C. IN ED: FOX, P.F (1993):** Production of cheese from sheep's milk. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2 Chapman and Hall London pp.: 518-528
- KAMINOGAWA, S., YAN, T.R., AZUMA, N. & YAMAUCHI, K. (1986) :** Identification of Low Molecular Weight Peptides in Gouda-type Cheese and Evidence for the Formation of These Peptides from 23 N-terminal Residues of α_{s1} -casein by Proteinases of *Streptococcus cremoris* H61. *J. Food Sci.*, **51**, 1253-1256, 1264.
- KONSTANCE, R.P. & HOLSINGER, V.H. (1992):** Development of rheological test methods for cheese. *Food. Technol.*, **46**, 105-109.
- KOSTYRA, H., DAMICZ, W. & POGORZELSKI (1981):** A new control method for the protein degradation in cheese. *Milchwissenschaft* **36**, 94-97.
- KROGER, M. & WEAVER, J.C. (1979):** Use of protein dye-binding values as indicators of the 'chemical age' of conventionally made Cheddar cheese and hydrolyzed-lactose Cheddar cheese. *J. Food Sci.*, **44**, 304-305, 307
- KUCHROO, C.N. & FOX, P.F. (1982):** Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, **37**, 331-335.
- KUCHROO, C.N. & FOX, P.F. (1983):** A fractional scheme for the water-soluble nitrogen in Cheddar cheese. *Milchwissenschaft*, **38**, 389-391.
- KUCHROO, C.N., RAHILLY, J. & FOX, P.F. (1983):** Assessment of proteolysis in cheese by reaction with trinitrobenzene sulphonic acid. *Ir. J. Food Sci. Technol.*, **7**, 129-133.
- LÁSZTITY R. & ÖRSI F. (1975)** Sensory Evaluation of Food by Scoring. *Acta Aliment. Hung.*, **4**, 341-353
- LAWLESS, H.T. & HEYMANN, H. (1998):** Sensory Evolution of Food Principles and Practices. Chapman and Hall London pp.430-475.
- LAWRENCE, R. C., CREAMER, L.K. & GILLES, J. (1987):** Texture Development During Cheese Ripening. *J. Dairy Sci.*, **70**, 1748-1760.

- LEMIEUX, L., PUCHADES, R. & SIMARD, R.E. (1989):** Size-Exclusion HPLC Separation of Bitter and Astringent Fraction from Cheddar Cheese Made with Added Lactobacillus Strains to Accelerate Ripening. *J. Food Sci.*, **54**, 1234-1237.
- LOPEZ-FANDINO, R., MARTIN-ALVAREZ, P.J., PUEYO, E. & RAMOS, M. (1994):** Proteolysis assessment of several cheese varieties using different methods. *Milchwissenschaft*, **49**, 315-318.
- MACEDO, A.C. & MALCATA, F.X. (1997):** Secondary proteolysis in Serra cheese during ripening and throughout the cheese-making season. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **204**, 173-179.
- MARCOS, A. IN ED: FOX, P.F (1993):** Calculation of the Water Activity of Cheese from its Chemical Composition. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 Chapman and Hall London pp.: 446-450.
- MADKOR, S., FOX, P.F., SHALABI, S.I. & METWALLI, N.H. (1987a):** Studies on the ripening of Stilton Cheese: Lipolysis. *Food Chem.*, **25**, 93-109.
- MADKOR, S., FOX, P.F., SHALABI, S.I. & METWALLI, N.H. (1987b):** Studies on the ripening of Stilton Cheese: Proteolysis. *Food Chem.*, **25**, 13-29.
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV:** Oltós Alvasztású Érelet Sajtok. **MÉ 2-51/09**
- MARSILI, R. (1985):** Monitoring Chemical Changes in Cheddar Cheese During Aging by High Performance Liquid Chromatography and Gas Chromatography Techniques. *J. Dairy Sci.*, **68**, 3155-3161
- McGOLDRICK, M. & FOX, P.F. (1999):** Intervarietal comparison of proteolysis in commercial cheese. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **208**, 90-99.
- McSWEENEY, P.L.H. & FOX, P.F. (1997):** Indicates of Cheddar cheese ripening. 5th Cheese symposium, 11-13th March 1997. Conference-proceedings 73-89.
- McSWEENEY, P.L.H. & FOX, P.F. IN ED: FOX, P.F (1993):** Cheese: Methods of Chemical Analysis. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 Chapman and Hall London pp.: 341-387.
- McSWEENEY, P.L.H. & SOUSA, M.J. (2000):** Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening. *Lait*, **80**, 293-324.
- MIDJE, D.L., BASTIAN, E.D., MORRIS, H. A., MARTIN, F. B. BRIDGEMAN, T. & VICKERS, Z. M. (2000):** Flavor enhancement of reduced fat Cheddar cheese using an integrated culturing system. *J. Agric. Food. Chem.*, **48**, 1630-1636.
- MOLNÁR P. & ÖRSI F.(1982):** Determination of weighting factors for the sensory evaluation of food. *Nahrung*, **26**, 661-667.
- MOLNÁR P. (1981):** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata és minősége I. A korszerűsítés főbb feladatai. *Élelmiszervizsgáló Közlemények*, **27**, 3-12

- MOLNÁR P. (1991a):** Az élelmiszerminőség meghatározásának újabb szempontjai. *Élelmezési Ipar*, **42**, 379-383
- MOLNÁR P. (1991b):** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata. Akadémiai Kiadó Budapest pp.: 171-173.
- MOLNÁR P., TÓTHNÉ MÁRKUS M. & BOROSS F. (1991):** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata és minősítése III. Gyümölcslevek szakértői és fogyasztói minősítése. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, **37**, 208-218.
- MSZ 08-1243-1989** Hajdú sajt
- MSZ 12280-87** Trappista sajt
- MSZ 12292-87** Tej- és tejtermékek érzékszervi elemző vizsgálata
- MSZ 2714/1:1989** Sajt ömlesztett sajt és túró kémiai és fizikai vizsgálata. A zsírtartalom meghatározása
- MSZ 2714/2:1989** Sajt ömlesztett sajt és túró kémiai és fizikai vizsgálata. A víz és szárazanyag-tartalom meghatározása
- MSZ 2714/3: 1989** Sajt ömlesztett sajt és túró kémiai és fizikai vizsgálata. A nátrium-klorid tartalom meghatározása
- MSZ 7304/10-82** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálati módszerei: A szaglóképeség vizsgálata
- MSZ 7304/12-82** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálati módszerei: Színmegállapító képesség vizsgálata
- MSZ 7304/1-82** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálati módszerei: Ízkülönbség vizsgálata
- MSZ 7304/1-82** Élelmiszerek érzékszervi vizsgálati módszerei: Ízlelőképesség vizsgálata
- NOLAN, E.J. (1987):** Stress Relaxation of Stored Stirred Cheddar Curd. *J. Texture Stud.*, **18**, 273-280.
- NOLAN, E.J., HOLSINGER, V.H. & SHIEH, J.J. (1989):** Dynamic rheological properties of natural and imitation Mozzarella cheese. *J. Texture Stud.*, **20**, 179-183.
- O'SULLIVAN, M. & FOX, P.F. (1990):** A scheme for the partial fractionation of cheese peptides. *J. Dairy Res.*, **57**, 135-139.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (1990):** Determination of total nitrogen in cheese. **A.O.A.C. 995. 30.**
- OLLIKAINEN, P. (1990):** Titration –a rapid method for the determination of proteolysis in cheese. *J. Dairy Res.*, **57**, 149-150.
- ÖRSI F. (1975):** Pontozásos érzékszervi bírálatok lebonyolításának néhány tapasztalata. *Élelmezési Ipar*, **29**, 79-82.

ÖRSI F. & KOCHAN A. (1975): Matematikai-statisztikai módszerek alkalmazása a szenzórikus vizsgálati eredmények értékelésében. *Élelmezési Ipar*, **29**, 205-209

ÖRSI, F. szerkesztő: LÁSZTITY R., TÖRLEY, D. (1987): Érzékszervi vizsgálati módszerek. *Az élelmiszer analitika elméleti alapjai* c. könyvben. Mezőgazdasági Könyvkiadó Budapest, pp.: 25-45

PEARCE, K. N., KARAHALIOS, D. & FRIEDMAN, M. (1988): Ninhidryn assay for proteolysis in ripening cheese. *J. Food. Sci.*, **53**, 432-435

PELEG, M. (1977): The role of the specimen dimensions in uniaxial compression of food materials. *J. Food Sci.*, **42**, 649-651.

PELEG, M. (1979): Characterization of the stress relaxation curves of solid foods. *J. Food Sci.*, **44**, 277-281.

PHAM, A.M. & NAKAI, S. (1984): Application of stepwise discriminant analysis to high pressure liquid chromatography profiles of water extract for Judging ripening of Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.*, **67**, 1390-1396.

POLO, C., RAMOS, M. & SANCHEZ, R. (1985): Free amino acids by high performance liquid chromatography and peptides by gel electrophoresis in Mahon cheese during ripening. *Food Chem.*, **16**, 85-96.

POLYCHRONIADOU, A. (1988): A simple procedure using trinitrobenzenesulphonic acid for monitoring proteolysis in cheese. *J. Dairy Res.*, **55**, 585-596.

POLYCHRONIADOU, A. (1994): Objective indicators of maturity of Feta and Teleme cheese. *Milchwissenschaft*, **49**, 376-379.

POLYCHRONIADOU, A. (1999): Effect of time, temperature and extraction method on trichloroacetic acid-soluble nitrogen of cheese. *Int. Dairy J.*, **9**, 559-568.

PUNGOR, E. (1994): A practical guide to instrumental analysis. CRC Press Boca Raton, Fla. pp. 255-261.

PRENTICE, J.H. (1984a): Measurements in the Rheology of Foodstuffs. Elsevier Science Publishers, London, pp.: 5-19.

PRENTICE, J.H. (1984b): Measurements in the Rheology of Foodstuffs. Elsevier Science Publishers, London, pp.: 153-163.

PRIPP, A.H., McSWEENEY, P., SORHAULAG, T. & FOX, P.F. (2000a): Quantitative contribution of rennet and bacterial proteolytic enzymes to the primary proteolysis in sodium caseinate solution. *Milchwissenschaft*, **55**, 263-266.

- PRIPP, A.H., SHAKEEL-UR-REHMAN, McSWEENEY, P.L.H. & FOX, P.F. (1999b):** Multivariate statistical analysis of peptide profiles and free amino acids to evaluate effects of single-strain starters on proteolysis in miniature Cheddar-type cheeses. *Int. Dairy J.*, **9**, 473-479.
- PRIPP, A.H., STEPANIAK, L. & SORHAUG, T. (1999a):** Proteolysis in Cheese Curd as Affected by Subcellular Fractions from *Lactococcus*, *Lactobacillus*, and *Propionibacterium*. *J. Food Sci.*, **64**, 353-358.
- PRIPP, A.H., STEPANIAK, L. & SORHAUG, T. (2000b):** Chemometrical analysis of proteolytic profiles during cheese ripening. *Int. Dairy J.*, **10**, 249-253.
- PRIPP, A.H., TOBIASSEN, R.O., STEPANIAK, L. & SORHAUG, T. (1998):** Comparative capillary electrophoresis analysis of proteolytic breakdown in caseinate and cheese curd models. *Lebensm. Wiss. u Technol.*, **31**, 177-181.
- RANK, T.C., GRAPPIN, R. & OLSON, F. (1985):** Secondary Proteolysis of Cheese During Ripening: A Review. *J. Dairy Sci.*, **68**, 801-805.
- RECIO, I., AMIGO, L., RAMOS, M. & LOPEZ-FANDINO, R. (1997):** Application of capillary electrophoresis to the study of proteolysis of caseins. *J. Dairy Res.*, **64**, 221-230.
- ROBERTS, A.K. & VICKERS, Z. M. (1994):** Cheddar cheese aging: changes in sensory attributes and consumer acceptance. *J. Food Sci.*, **59**, 328-334.
- RODRIGUEZ-OTERO, J.L., HERMIDA, M. & CENTENO, J. (1997):** Analysis of Dairy Products by Near-Infrared Spectroscopy: A Review. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 2815-2819.
- ROHM, H. TSCHAGER, E. & DORIS JAROS (1996):** Determination of proteolysis in Swiss cheese: Comparison of the Kjeldahl method and spectrophotometric OPA assay. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, **29**, 191-194.
- SANTA-MARIA, G., RAMOS, M., & ORDONEZ, J. A. (1986):** Application of linear discriminant analysis to different proteolysis parameters for assessing the ripening of Manchego cheese. *Food Chem.*, **19**, 225-234.
- SANTOS, B.L., RESURRECCION, A.V.A. & GARCIA, V.V. (1989):** Quality characteristics and consumer acceptance of peanut-based imitation cheese spread. *J. Food. Sci.*, **54**, 468-471, 494.
- SCIANCELEPORE, V. & ALVITI, F.S. (1987):** A dialysis method for measuring cheese ripening. *Milchwissenschaft*, **42**, 220-221.
- SCIANCELEPORE, V. & LONGONE, V. (1988):** Rapid methods for measuring the degree of proteolysis as cheese ripening index. *Milchwissenschaft*, **43**, 357-359.
- SHAMA, F. & SHERMAN, P. (1973a):** Evaluation of some textural properties of foods with the Instron Universal Testing Machine. *J. Texture Stud.*, **4**, 344-352.

- SHAMA, F. & SHERMAN, P. (1973b):** Stress relaxation during force compression studies on foods with the Instron Universal Testing Machine and its implications. *J. Texture Stud.*, **4**, 353-362.
- SINGH, T. K., FOX, P. F., HOJRUP, P. & HEALY, A. (1994):** A scheme for the fractionation of cheese nitrogen and identification of principal peptides. *Int. Dairy J.*, **4**, 111-122.
- SOUSA, M.J. & MALCATA, F.X. (1997):** Comparative biochemical evolution during ripening of bovine, ovine and caprine cheeses manufactured with extracts of flowers of *Cynara cardunculus*. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **205**, 97-103.
- SOUSA, M.J., BALCAO, V.M. & MALCATA, F.X. (1997):** Evolution of free fatty acid profile during ripening in cheeses manufactured from bovine, ovine and caprine milks with extracts of *Cynara cardunculus* as coagulant. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **205**, 104-107.
- SVÁB. J. (1981):** Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 69, 265-417.
- SVÁB. J. (1979):** Többváltozós módszerek a biometriában. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 23-25, 45-69, 109-123, 165-174, 180-184.
- TUNICK, M.H., MACKEY, K.L., SMITH, P.W. & HOLSINGER, V.H. (1991):** Effect of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. *Neth. Milk Dairy J.*, **45**, 117-125.
- TUNICK, M.H., NOLAN, E.J., SHIEH, J.J., BASCH, J.J., THOMPSON, M.P., MALEEFF, B.E. & HOLSINGER, V.H. (1990):** Cheddar and Cheshire cheese rheology. *J. Dairy Sci.*, **73**, 1671-1675.
- UNGER, A. SZERKESZTŐ SZAKÁLY, S. (2001):** Az oltós alvasztású sajtok gyártása Tejgazdaságtan c. könyvben. Dinasztia kiadó, Budapest, 263-320.
- VIE, A., GULLI, D. & O'MAHONY, M. (1991):** Alternative hedonic measures. *J. Food Sci.* **56**, 1-5, 46.
- VIJAYALAKSHMI, M. A., LEMIEUX, L. & AMIOT, J. (1986):** High performance size exclusion liquid chromatography of small molecular weight peptides from protein hydrolysates using methanol as a mobile phase additive. *J. Liq. Chromatogr.*, **9**, 3559-3576.
- VOISEY, P.W. (1971):** Modernization of texture instrumentation. *J. Texture Stud.*, **2**, 129-195.
- VREEMAN, J., VISSER, S., SLANGEN, J. & VAN RIEL, J.A.M. (1986):** Characterization of bovine κ -casein fractions and the kinetics of chymosin-induced macropeptide release from carbohydrate-free and carbohydrate-containing fractions determined by high-performance gel-permeation chromatography. *Biochem. J.*, **240**, 87-97.

YUN, J.J., HSIEH, L.Y., BARBANO, M.D. & KINDSTEDT, S.P. (1994): Draw pH and storage affect rheological properties of Mozzarella cheese. *J. Food. Sci.*, **59**, 1302-1304.

7 Függelék

TARTALOM

1	BEVEZETÉS	1
2	IRODALMI RÉSZ	3
2.1	Az oltós alvasztású sajt és minőség	3
2.1.1	A minőségjellemzők szerepe a sajtminősítésben	4
2.2	Az érettségi állapot kémiai jellemzői	5
2.2.1	A laktóz metabolizmus jellemzői	5
2.2.2	Lipolízis metabolizmus jellemzői	5
2.2.3	Proteolízis jellemzői és meghatározásukra alkalmazott módszerek	6
2.3	Az érettségi állapot fizikai jellemzői	11
2.3.1	Az állomány fogalma, terminológiája	11
2.3.2	A mechanikai paraméterek meghatározásának módszerei sajtoknál	12
2.4	A sajtminősítés érzékszervi módszerei	13
2.5	A sajt minősítése beltartalmi összetétel alapján	14
2.6	A félkemény sajtok gyártása és jellemzése	15
3	KÍSÉRLETI RÉSZ	22
3.1	Vizsgálati anyagok	22
3.2	Vizsgálati módszerek	23
3.2.1	A beltartalom meghatározása	23
3.2.2	Érzékszervi minősítés	23
3.2.3	Állomány paraméterek meghatározása	24
3.2.4	Proteolitikus jellemzők meghatározása	27
3.2.5	Az adatkiértékelés módszerei	30
4	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	37
4.1	A vizsgált minták minősítése	37
4.1.1	A minták jellemzése beltartalmi összetétel alapján	37
4.1.2	A minták jellemzése szabványos érzékszervi minősítéssel	39
4.2	Pontozásos érzékszervi minősítő rendszer	40
4.2.1	A bírálati rendszer minősítő skálájának kiválasztása	40
4.2.2	A minősítő rendszer alkalmazása Trappista és Hajdú sajtra	41
4.2.3	Az érzékszervi tulajdonságok változása az érés és tárolás során	44
4.2.4	Az érzékszervi tulajdonságok változásának becslése függvényekkel	44
4.2.5	Saját pontrendszerünk adatainak és a szabványos termékminősítés adatainak összehasonlítása az eltarthatósági időben	45

4.3	Állomány paraméterek	46
4.3.1	A vizsgált és értékelt állomány paraméterek kiválasztása	46
4.3.2	Az állomány paraméterek értékelése főkomponensanalízissel	47
4.3.3	A termék korának becslése	49
4.4	Proteolitikus jellemzők	54
4.4.1	Az alkalmazott módszerek teljesítményjellemzői	54
4.4.2	A sajt kromatogramok értékelése	55
4.4.3	A proteolitikus jellemzők értékelése főkomponensanalízissel.	56
4.4.4	A gyártástól eltelt idő becslése proteolitikus jellemzőkkel	57
4.4.5	A proteolitikus jellemzők és az érettségi állapot közötti összefüggés tanulmányozása	60
4.5	Következtetések	63
5	ÖSSZEFOGLALÁS, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	66
6	IRODALOM	71
7	FÜGGELÉK	81

2.6-1. ábra. A Trappista sajt gyártási folyamata (Forrás: Unger 2001)	16
2.6-2. ábra A Hajdú sajt gyártási folyamata (Fenyvessy és m. 2001 nyomán)	19
4.2.2-1. ábra A vizsgált sajtminák érzékszervi pontszámainak bírálók szerinti variancia analízise	42
4.2.2-2. ábra A vizsgált sajtminák érzékszervi pontszámainak gyártások szerinti variancia analízise	43
4.2.3-1. ábra Az összpontszám változása az érési és eltarthatósági időben	44
4.3.3-1. ábra. A Trappista sajt korának becslése főkomponensregresszióval	50
4.3.3-2. ábra A Hajdú sajt korának becslése főkomponensregresszióval	51
4.3.3-3. ábra A Trappista sajt korának becslése az eredeti változókkal	52
4.3.3-4. ábra A Hajdú sajt korának becslése az eredeti változókkal	53
4.4.4-1. ábra A Trappista és Hajdú sajt korának becslése proteolitikus jellemzőkkel	59
4.4.5-1. ábra A proteolitikus jellemzőkből képzett első két főkomponens érettségi állapot szerinti variancia analízise	60
4.4.5-2. ábra A különböző érettségű Trappista minák ábrázolása az első két diszkriminancia változó síkjában	62
4.1.1-1. táblázat. A vizsgált minák beltartalmi adatai	37
4.1.1-2. táblázat A vizsgált minák beltartalmi jellemzőiből származtatott értékek	38
4.1.2-1. táblázat Az érzékszervi minősítés eredményei	39
4.3.2-1. táblázat A főkomponensanalízis eredményei (Trappista) (n= 40 p= 13)	47
4.3.2-2. táblázat A főkomponensanalízis eredményei (Hajdú) (n=50, p=17)	48
4.4.1-1. táblázat A fotometriás módszer teljesítményjellemzői	54
4.4.3-1. táblázat A proteolitikus adatok főkomponensanalízisének jellemzői	56
4.4.4-1. táblázat A termékek korának becslése a fotometriás adatokból	58
4.4.5-1. táblázat A különböző érettségű Trappista minák feltételezett és a diszkrimináló egyenlettel osztályozott csoportjai	61