



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék

Műveleti paraméterek hatása oligofruktózzal dúsított almaszirom minőségére

TDK dolgozat

Készítette: Takács Réka

Témavezető: Dr. Merész Péter

Budapest

2011

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés	4
II. Elméleti ismeretek áttekintése	6
1. Funkcionális élelmiszer.....	6
1.1. Definíció.....	6
1.2. Prebiotikumok, probiotikumok, szinbiotikumok.....	7
2. Fruktó-oligoszacharidok	9
2.1. Szerkezet, megjelenés	9
2.2. Előfordulás, előállítás	10
2.3. A frukto-oligoszacharidok táplálkozás-élettani hatásai	11
2.4. Fruktánok alkalmazási tapasztalatai élelmiszer-mátrixokban.....	12
2.5. Oligofruktóz stabilitása.....	14
3. Az alapanyag néhány jellemzője	15
4. Alkalmazott technológiai lépések áttekintése	16
4.1. Blansírozás.....	16
4.2. Ozmotikus dehidratálás.....	17
4.3. Aszalás, szárítás	18
III. Az elvégzett kísérleti munka ismertetése	23
1. A gyakorlati munka célkitűzései	23
2. Vizsgált anyagok, alkalmazott módszerek:.....	24
2.1. Alapanyagok, vegyszerek berendezések	24
2.2. Mintakészítés lépései	24
2.3. Vizsgálati módszerek	26
2.4. Az értékeléshez alkalmazott statisztikai eljárások	32
3. Eredmények ismertetése	33
3.1. Szárítási folyamat	33

3.2. Állományvizsgálat.....	37
3.3. Nedvességtartalom	49
3.4. Cukorösszetétel	52
3.5. Érzékszervi vizsgálat	53
4. Eredményekből levont következtetések.....	56
IV. Összefoglalás.....	58
V. Irodalomjegyzék	59

I. Bevezetés

Magyarországon az egyre tudatosabb táplálkozási szokások ellenére az almafogyasztás messze elmarad a mezőgazdaságban megtermelt alma mennyiségétől. A leszedett almában tárolás alatt a biokémiai folyamatok (anyagcsere, sejtlégzés) tovább folynak. Ezek következtében az alma makroszkópikus tulajdonságai változnak (a húsa megpuhul, beltartalma károsodik), értéke csökken. A túltermelésből adódó felesleg felhasználására egy lehetséges megoldás, ha a gyümölcsök egy részét feldolgozott állapotban, lehetőleg hosszú fogyasztási idejű termékeként hozzák piacra. A gyümölcsfogyasztás szezonálisának kiküszöbölését is szolgálják mind a szárítási, mind az aszalási műveletek. Ezen dehidratálási technológiai megoldások ráadásul megfelelő előkezelések alkalmazásával a termék funkcionális komponensekkel való dúsítására is lehetőséget teremtenek.

A funkcionális élelmiszerek egyre keresettebbek a piacon, mivel a fogyasztók egyre tudatosabb vásárlási szokásai és egyre növekvő igényei az élelmiszertudományok és a technológia fejlődését eredményezik. A legnagyobb előrelépés a prebiotikumokat és probiotikus kultúrákat hasznosító élelmiszeripari területeken mutatkozik. Az oligofruktóz (OF, FOS) és az azzal dúsított termékek táplálkozásbiológiai szempontból megannyi előnyös tulajdonsággal rendelkeznek. Az OF kedvezően befolyásolja a vércukor- és inzulin-szintet, csökkenti a vér triglicerid-, koleszterin- és a szérum lipidszintjét, javítja az immunrendszert, valamint csökkenti a rák kialakulásának kockázatát is. Mint diétás rostot alacsony energiatartalom és glikémiás index jellemzi. A frukto-oligoszacharidok tehát hozzájárulnak az emberi szervezet egészséges működéséhez.

A TDK dolgozat célja vizsgálni egy funkcionális élelmiszer előállítását, amely a korszerű egészségtudatos táplálkozás egyik iránya. Az előállítók számára lényeges gazdasági és technológiai kérdésként merül fel, hogy a hagyományos cukrot felváltva a korszerű táplálkozásnak megfelelő oligofruktózzal, mennyiben és hogyan kell a technológiai műveleteken változtatni, hogy a fogyasztók számára a termék minősége, ára, mai kifejezéssel élve az ár/érték aránya elfogadható legyen, azaz megfelelő marketinggel alátámasztva, eladható legyen. Ezzel a kérdéssel szembesülve munkám során oligofruktózzal dúsított almaszirom terméket készítek, és értékelem azt. A gyártási folyamat során a műveleti paraméterek módosításával keresem az optimális tulajdonságokkal rendelkező termék előállításának lehetőségét és a terméket, valamint a technológiát jellemző paramétereket

összehasonlítom a hagyományosan, azaz szacharóz bevitelével történő termék-előállítással. A termékek állományának vizsgálatára nincsenek általánosan alkalmazott, elfogadott, publikált módszerek, ezért a mai ismereteink szerint e területen legkorszerűbbnek tekinthető állományvizsgáló berendezésen történő vizsgálati lehetőséget kell kidolgozni, és azt alkalmazni a készített termékminták értékeléséhez.

II. Elméleti ismeretek áttekintése

1. Funkcionális élelmiszer

1.1. Definíció

Napjaink táplálkozástudománya irányt mutat a kiegyensúlyozott, tápanyagokban gazdag táplálkozás kialakításához, az étrendek hiányosságainak megelőzéséhez, azaz a humán szervezet anyagcseréjéhez szükséges igények kielégítéséhez. Manapság az olyan élelmiszerek kerültek a táplálkozástudomány területén folyó kutatások középpontjába, melyek az emberi szervezet működéséhez szükséges tápanyagkomponensek szolgáltatásán kívül a fiziológiai állapotra pozitívan ható tulajdonságokkal is rendelkeznek, hozzájárulnak a megbetegedések csökkentéséhez.

A funkcionális élelmiszer megnevezés használatához az alábbi feltételeknek kell teljesülniük a termékre vonatkozóan (Roberfroid, 2000):

- az élelmiszernek hozzá kell járulnia az egészség megőrzéséhez, az egészségi állapot javításához,
- az élelmiszer táplálkozástanilag előnyös tulajdonságainak vagy speciális összetevőinek ismert tudományos hatással kell rendelkeznie,
- az élelmiszer (vagy élelmiszeralkotó) napi fogyasztható mennyiségének meghatározását orvosi vagy táplálkozástani kísérletek alapján kell meghatározni,
- az élelmiszer (vagy összetevő) biztonsággal beépíthető legyen kiegyensúlyozott diétákba,
- az összetevőt jellemezni kell fizikai és kémiai mennyiségekkel, a meghatározáshoz szükséges analitikai módszerekkel, és azokat az adott élelmiszerre minőségileg és mennyiségileg meg kell adni,
- az összetevő nem csökkentheti az élelmiszer táplálkozástani értékét,
- az élelmiszer nem lehet por, kapszula vagy tabletta formájú,

- az összetevőknek természetes eredetűeknek kell lenniük.

A bioaktív anyagok funkcionális élelmiszerként illetve élelmiszerkomponensként való megnevezése csak akkor alkalmazható, ha a szervezetre gyakorolt hatást klinikai vizsgálatok igazolják.

1.2. Prebiotikumok, probiotikumok, szinbiotikumok

Az általános definíció szerint a probiotikumok olyan élő mikroorganizmusok, melyek megfelelő mennyiségben alkalmazva serkentik az emésztőrendszert, és pozitív befolyással vannak az egészségre (Vrese, 2008). Számos probiotikus hatással rendelkező baktérium létezik (például: *Lactobacillus rhamnosus* GG, *L. reuteri*, *Bifidobacteria*, *L. casei* bizonyos fajai és az *L. acidophilus* csoport). A *Lactobacillus* és a *Bifidobacteria* család tagjai általában tejtermékekben, húsárukban és fermentált élelmiszerekben találhatók meg. Általában probiotikus ételekben használják őket, illetve kutatásokat végeznek velük, csakúgy, mint az *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium* SF68 baktériumokkal, és a probiotikus *Saccharomyces boulardii* élesztővel. Egyre több in vitro és in vivo kísérlettel is alátámasztják a probiotikumok molekuláris mechanizmusát (Xu, 2009). A jól megalapozott kutatások eredményeképpen a probiotikumok pozitív élettani hatása az alábbi pontokban foglalható össze (Vrese, 2008):

1. Megelőzi és/vagy csökkenti a rotavírusos vagy diarrheás megbetegedések időtartamát és panaszait. Csillapítja a laktóz-intolerancia következtében fellépő megbetegedést.
2. Tumor-represszorként működik a daganat-kialakító enzimekkel szemben és/vagy gátolja a bélben kialakuló rothasztó bakteriális folyamatokat.
3. Megelőzi vagy csillapítja az egészséges emberek emésztőtraktusának rendellenességeit.
4. Szerepet kap az emésztőrendszer gyulladásos folyamatainak visszaszorításában. (*Helicobacter pylori* által okozott fertőzések.)
5. Normalizálja az áthaladó székletet, megfelelő konzisztenciát alakít ki, ami segítség a székrekedésben szenvedők számára.
6. Megelőzi vagy csillapítja a csecsemőkben fellépő allergiás és atópiás megbetegedéseket.

7. Erősíti az immunrendszert, ezzel segít megelőzni a légzőszervrendszer gyulladását, úgymint a közönséges náthát, az influenzát, továbbá az urogenitális fertőzéseket is. Egyelőre nincs elégséges bizonyíték a rákmegelőző effektusra és az ún. hipokoleszterol hatásra, de kutatások folynak a szív- és az autoimmun-betegségekkel kapcsolatban is.

A prebiotikumok olyan anyagok, amelyek specifikus változást gyakorolnak az emésztőszervrendszer mikroflórájának mind az összetételére, mind az aktivitására, egészségesebbé téve ezzel a gazdaszervezetet. Olyan nem emészthető élelmiszeralkotók (rostkomponensek), amelyek a bél mikroflóráját alkotó baktériumok számára jelentenek tápanyagot, szaporodásukat serkentik. Ezen összetevőkre az emberi emésztőrendszer enzimeit nem hatnak, így a vastagbélben található bélbaktériumok bontják csak le őket. A pre- és probiotikumok szinergikus kombinációját szinbiotikumnak nevezzük. A szinbiotikus termékekben a pre- és probiotikumok együttes hatása érvényesül. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy a prebiotikumok bizonyos táplálkozás-élettani hatásai, csak az őket hasznosító probiotikus baktérium jelenlétében mutatkoznak meg.

Napjainkban a legjelentősebb prebiotikumok a különböző monomerekből felépülő oligoszacharidok (1. táblázat). A poliszacharidok közül az inulin és a rezisztens keményítő felelnek meg a prebiotikumokra vonatkozó kritériumoknak, melyek egészségre gyakorolt részletes hatását a 2.3. fejezet taglalja.

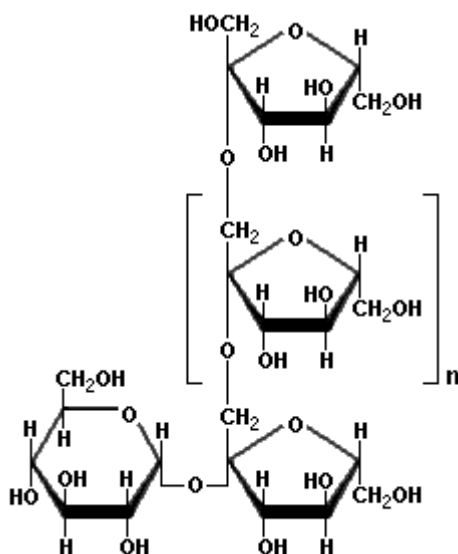
1. táblázat: Élelmiszeripari alapanyagokban található prebiotikumok (pf: polimerizációs fok)

frukto-oligoszacharid	95% oligoszacharid fruktán (pf: 2-8)
inulin	99% oligoszacharid fruktán (pf: 10-12)
pridextrin	glükóz tartalmú komplex keverék
galacto-oligoszacharid	85% oligogalaktóz (85%)
szója-oligoszacharid	sztachióz és raffinóz (pf: 3-4)
xylo-oligoszacharid	70% xylóz (pf: 2-4)
isomalto-oligoszacharid	glükóz oligomer keverék
laktulóz	galaktóz és fruktóz

2. Frukto-oligoszacharidok

2.1. Szerkezet, megjelenés

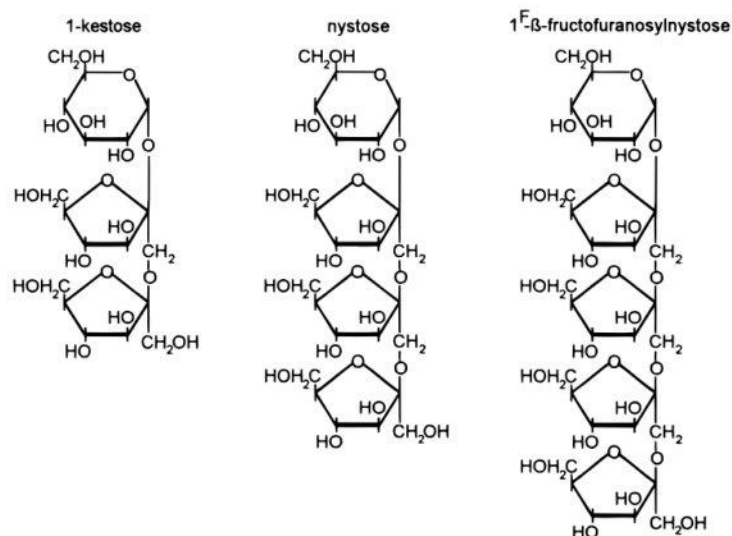
A frukto-oligoszacharidok más néven oligofruktózok az inulin 2-10 tagszámú bomlástermékei. β (1-2) glikozidos kötéssel kapcsolódó β -D-fruktopiranoz csoportokból épülnek fel, a láncterminációjukban glükózmolekula is részt vehet:



1. *ábra*: Frukto-oligoszacharidok általános szerkezete

Polimerizációs fokuk, ebből eredően molekulatömegük, nagyban függ az eredetüktől, hogy milyen fajta növényből nyerték ki, milyen eljárást alkalmaztak erre, és hogy mennyi ideig tárolták a felhasználást megelőzően. Megjelenésüket illetően a frukto-oligoszacharidok fehér színű, erősen higroszkópos anyagok. Ízük édeskés, a szacharózhhoz viszonyítva 30%-os édesítő hatással rendelkeznek.

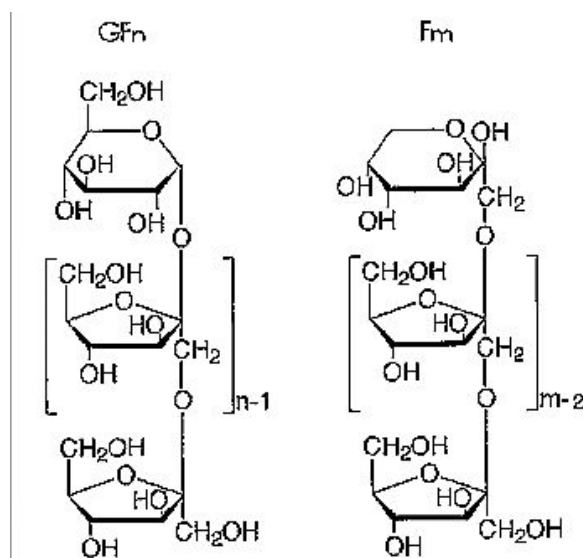
A homológ sor első három, és egyben leggyakrabban előforduló tagja a kesztóz, a nisztóz és a frukto-furanozilnisztóz, melyek három, négy, illetve öt monomer egységből épülnek fel (2. *ábra*):



2. ábra: 1-kesztő. 1-nisztóz és 1-frukto-furanozilnisztóz szerkezeti képlete

2.2. Előfordulás, előállítás

A természetben kis koncentrációban, de számos növény specializálódott szerveiben megtalálható tartalék tápanyagok, amelyek általában a csírázás alatt elbomlanak. A cikóriából (*Cichorium intybus*) kivont prebiotikus rostkomponensekre az alábbi kétféle szerkezetet állapították meg (3. ábra). A cikória mellett legkönnyebben búzából, hagymából, fokhagymából, póréhagymából, csicsókából és banánból lehet kivonni (Roberfroid, 2000).



3. ábra: G- glükóz, F- fruktóz, inulin esetében m; n =3-60, oligofruktóz esetében: GF_n-ben n=2-9; F_m-ben m=2-10

A természetben számos növényben megtalálható oligofruktózok előállításának nehézsége, hogy csak kis koncentrációban vannak jelen. Mesterséges úton történő előállításuk egyik fajtája az enzim-katalitikus szintézis, melynek során kiindulási anyagként szacharózt alkalmazva a gombából származó ún. fruktozil-transzferáz enzim segítségével alakítható ki a rövidlancú frukto-oligoszacharidok elegye. Az elegy melléktermékként glükózt is tartalmaz, ami a szintézisreakció kompetitív inhibitora, így eltávolításával növelhető az eljárás oligoszacharid-hozama. A glükóz zavaró hatását általában egy másik enzim, a glükózoxidáz alkalmazásával küszöbölik ki. Másik lehetséges ipari előállításuk az inulin részleges hidrolízise. Ebben az eljárásban endoinulináz enzimet használnak, amely a β (1-2) glikozidos kötéseket hasítja fel az inulinlánc belsejében (Roberfroid, 2000).

Általában por vagy oldat formájában hozzák őket forgalomba. Gyakorlati munkám során a Beneo-Orafti Kft. P95-ös termékét használtam fel. A cég a világ egyik vezető oligofruktóz-gyártó kapacitással rendelkező és forgalmazó cégének leányvállalata, amely a 2. táblázatban látható oligofruktóz-tartalmú termékekkel rendelkezik (<http://www.orafti.com>).

2. táblázat: Beneo-Orafti Kft. által forgalmazott oligofruktóz-tartalmú termékek
(pf: polimerizációs fok)

termék	OF-tart.	Glü/Fru/Sz-tart.	átlagos pf	rel. édesség	technológiai jelleg
Orafti L60	60%	40%	N/A	65%	oldat
Orafti L85	85%	15%	N/A	50%	oldat
Orafti L95	95%	5%	N/A	30%	oldat
Orafti P95	95%	5%	N/A	30%	por
Orafti Synergy1	~92%	~8%	N/A	N/A	oligofruktózzal dúsított inulin a kalcium megkötésére

2.3. A frukto-oligoszacharidok táplálkozás-élettani hatásai

A frukto-oligoszacharidok természetben előforduló oligoszacharidok, amelyeket többek között a hagyma, fokhagyma, cikória, banán, articsóka rendszeres fogyasztásával juttathatunk a szervezetünkbe. A diétás oligofruktózt a β konfiguráció miatt a humán emésztőenzimek (α -glükózidáz, maltáz, izomaltáz, szacharáz) nem képesek hidrolizálni, így a komponens szerkezetileg érintetlenül halad végig az emésztőtraktuson. A bél mikroflóráját alkotó baktériumok rövidlancú karboxil csoportot tartalmazó savakká, L-laktáttá, széndioxiddá és más metabolizmus-termékekké bontják le (Roberfroid, 2000).

Az inulin és az oligofruktóz bifidogén hatását számos jól megalapozott tanulmány bizonyítja. A bifidogén hatás a vastagbél mikroba-populációjának összetételét határozza meg, amelynek alapja az elfogyasztott prebiotikum-elegy összetevőinek aránya. Többnyire állatkísérleteket végeztek a témában, de emberek bélrendszerére is bizonyított, hogy az inulin típusú fruktánok képesek visszaszorítani a potencióális mérgezőanyagokat gyártó metabolizmusokat és fontos immunrendszer erősítő hatásuk van. A patogén mikroorganizmusok szaporodását gátolják, viszont a jótékony bélbaktériumokét serkentik (Meyer, 2009). A mikroflóra gyakorolt közvetett hatásai még a mai napig sem minden részletében ismertek, azokat rendszeresen kutatják.

A vércukorszintet alacsonyan tartják, a kalória-bevitelt nem növelik, étkezési rostként alkalmazhatók. Serkentik az ásványi anyagok beépülését, a lipidek metabolizmusát, csökkentik a koleszterinszintet, megszüntetik a székrekedést (Roberfroid, 2000).

A magas vérnyomás az egyik legfőbb kockázata az érrendszeri betegségek kialakulásának. Habár különféle gyógyszereket fejlesztettek ki ennek kezelésére az esetlegesen bekövetkező mellékhatások szükségessé teszik a probléma természetes kezelését, azaz a magas vérnyomás kialakulásának megelőzését. A táplálkozási megközelítésben a prebiotikumok bevitele bizonyult a legmegfelelőbb elméleti lehetőségnek. A diétás frukto-oligoszacharidok és az inulin növényekből kinyert élelmi rostkomponensek, melyek emésztetlenül haladnak át a gyomron és a béltraktuson. Mind in vivo, mind in vitro kísérletek bizonyítják, hogy a fent említett prebiotikumok képesek visszaszorítani és megelőzni a magas vérnyomást, mely napjaink egyik nagy problémája Magyarországon is (Yeo, 2009).

A legújabb kutatások eredményeként a frukto-oligoszacharidok ajánlott napi adagja 4-15 g (Sabater-Molina, 2009). Roberfroid 2000-es cikke szerint az amerikai kutatások 1-4 g-ot ajánlanak napi fogyasztásra, az európaiak 3-11 g-ot, de a szervezet akár napi 20-30 g oligofruktózt is jól tolerál.

2.4. Fruktánok alkalmazási tapasztalatai élelmiszer-mátrixokban

Az élelmiszerek inulin- és oligofruktóz-tartalmának meghatározását leggyakrabban kétlépcsős közvetett eljárással végzik. Az oligofruktóz-tartalmú terméket először enzim hidrolízissel elbontják, majd ioncserés kromatográfiával tisztítják. Az oldhatatlan rostfrakciót AOAC módszerrel (Association of Official Analytical Chemists) vizsgálják, amely

lehetőséget nyújt a β -fruktánok mennyiségi meghatározására (Quemener, 1994). A fruktánok mennyiségi meghatározására a céljától függően több más módszer is alkalmas lehet, mint pl. a HPLC refraktometriás detektálással, vagy a HPAEC-PAD (High Performance Anion Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection), ami az ioncserés kromatográfia egy típusa amperometriás detektálással.

Számos élelmiszer-mátrixban alkalmaznak oligofruktózzal történő kiegészítést, dúsítást. Leggyakrabban olyan élelmiszerekben, amelynek természetes összetevője valamilyen mono- vagy oligoszacharid, illetve ahol a termék édesítésére van szükség. Ilyen termékek közé tartoznak a különböző gyümölcsökből (pl. alma) előállított termékek. A kutatások lényeges feladata a technológiai alkalmazhatóság és a termékminőség közötti kapcsolat valamint a gazdaságosság (veszteségek, költségek) megismerése. 10*10*10 mm-es Idared almából kivágott kockákon végezték a tömegcsökkenés, nedvességtartó-képesség, vízvesztés, cukorfelvétel meghatározását 40-60%-os cukoroldatokban, 40-60°C-on és 20-40 perces ozmotikus dehidratálási idővel. A víz és az oldott anyag valóságos diffúziós koefficiensét Fick törvénye alapján számolták ki. A látszólagos diffúziós koefficiens $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ nagyságrendűnek állapították meg, amelyre szignifikáns hatással bírt az oldott anyag kémiai minősége. A tömegcsökkenés, nedvtartó-képesség, vízvesztés és cukorfelvétel a hőmérséklet, oldatkoncentráció és a dehidratálás idejének súlyozott lineáris kombinációi. Az ipari alkalmazás szempontjából az oligofruktóz ozmotikus dehidratálási viselkedésével az általánosan alkalmazott szacharóz helyett az alma egy funkcionális komponenssel való dúsítására nyílik lehetőség (Matusek, 2008).

Azonos koncentrációjú glükóz és szacharóz oldatokkal történő ozmotikus dehidratálás esetén az alacsonyabb molekulatömegű komponens (legtöbb esetben a glükóz) bevitele a gyorsabb (Mandala, 2005). Az ozmotikus dehidratálás hatékonyabbá tehető egyrészt a cukoroldat koncentrációjának a növelésével, másrészt pedig, ha előtte a növényi sejt membránját átjárhatóbbá teszik. Magas nyomású előkezelést alkalmazva nő a sejt permeabilitása az előkezeletlen esetekhez képest (Rastogi, 2002). Az ozmotikus dehidratálás hatást gyakorolhat a soron következő technikai műveletekre. Részletesen a szárításra való befolyását tárgyalom a 4.3.4. fejezetben.

A funkcionális komponensekkel végzett ozmotikus dehidratáció a fagyasztás előkészítési műveleteként is alkalmazható. Oligofruktózt tartalmazó fagyasztott uborkákon

végzett kísérletekben a szín, állomány és érzékszervi tulajdonságok változását követték a mintákon, melyeket 3 hónapig tároltak -5 , -8 , -12 és -15°C hőmérsékleten. Mind szín, szilárdság (állomány), mind ízvilág szempontjából az oligofruktózzal ozmotikusan dehidratált uborkák bizonyultak jobbnak az előkezeletlen mintákkal szemben (Dermesonlouoglou, 2008).

A prebiotikumok az állati eredetű élelmiszerek közül főleg tejtermékekben (joghurt, kefír, stb.) fordulnak elő, de nem csak tejtermékekben kerülnek alkalmazásra. A rövidlancú frukto-oligoszacharidok hatását szárítva-fermentált szárazkolbászban vizsgálták a termék színére, állományára, és érzékszervi tulajdonságaira. A kolbászokat három különböző zsírtartalmú húsból gyártották (30%, 15% és 6%). A rövidlancú frukto-oligoszacharidok kezdeti értéke 2%, 4% és 6% volt a húspépben. Az érés alatt fiziko-kémiai és mikrobiális változások következnek be, de a funkcionális komponens mennyiségét ez nem befolyásolja. A több rövidlancú oligofruktózt tartalmazó kolbász színe sötétebb, mint a kevesebbet tartalmazóé. A rághatóságra jellemző, hogy minél kevesebb rövidlancú FOS-t tartalmaz a kezdeti keverék annál könnyebben rágható a végtermék (Salazar, 2009).

2.5. Oligofruktóz stabilitása

Az oligofruktóz bomlásának vizsgálatával kapcsolatban számos publikáció született. A magyar kísérletek során 60 , 70 , 80 , 90 és 100°C -os inkubálás és 2.7 , 3.3 pH alkalmazásának hatását követték FOS-oldatokban. A szénhidrát összetételt nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával vizsgálták differenciál-refraktometriás detektálással. Az eredmények alapján a savas pH-n a frukto-oligoszacharidok bomlása egészen 60°C -ig jelentéktelennek tekinthető, viszont 70 - 80°C -ra emelve a hőmérsékletet, az oligofruktóz mennyisége 1 - 2 óra alatt a felére csökkenhet. 90 - 100°C -on 1 - $1,5$ óra elegendő a teljes oligomer-mennyiség hődegradációjához. A protonkoncentráció növekedése is a bomlás irányába tolja el a folyamatot (Matusek, 2009).

Külföldi tanulmányok is igazolják, hogy az oligofruktóz érzékeny az alacsony pH-ra. Más prebiotikumokkal (xilo-oligoszacharid és arabino-xilo-oligoszacharid) összehasonlítva a frukto-oligoszacharid szenved el a legnagyobb hődegradációt 2 - 3 savas pH-n és magas (80 - 90°C -on) hőmérsékleten (Courtin, 2009). A frukto-oligoszacharidok bomlását három különböző alma alapú desszertben, párolt almában és banánban tanulmányozták C. L'homme és munkatársai. Az 1-kesztőz mennyiségi meghatározására a szénhidrátoknál szokásos

HPLC-módszerrel történt anion-cserélő állófázis alkalmazásával (HPAEC–PAD). A kísérleti eredmények szerint az oligofruktóz-koncentráció sokkal nagyobb a nyersanyagokban, mint a pasztörözött, főzött, vagy sült termékekben. Az alkalmazott magas hőmérséklet (80-110°C) tehető felelőssé a fruktánok eltűnéséért (L’homme, 2003).

3. Az alapanyag néhány jellemzője

Az alma világszerte közkedvelt, klimaktérikus érésű gyümölcs. A legtöbb mérsékeltövi országban termesztik. Frissen is fogyasztható, de ideális gyümölcs-levesekhez, kompótnak, hosszabb idejű tárolásra pedig befőtt, lekvár, vagy aszalt gyümölcs készül belőle. Kipréselt leve a legtöbb gyümölcslé egyik alkotóeleme, kissé édes, mégis fanyar, savanykás íze más gyümölcsökkel remekül harmonizál. Alkalmas bor és pálinka készítésére is.

Értékes tápanyag-összetételének, élvezeti értékének köszönhetően jelentős szerepe van az egészséges táplálkozásban és a dietoterápiában. Fajtájától függően az alma magas víztartalommal, jelentős szervessav-tartalommal (*almasav, citromsav, borostyánkősav, szalicilsav, csersav* stb.), számos vitaminnal (*C-, B1-, B2-vitamin, niacin, folsav, karotinoidok*), ásványi anyaggal (*kálium, kalcium, magnézium, foszfor, vas* stb.), egészségvédő vegyületekkel, többek közt flavonoidokkal (*quercetin, kaempferol, proantocianinok, apigenin*) rendelkezik. Magas élelmirost-tartalommal bír (*pektin, cellulóz, lignin*), amely hozzájárul a koleszterinszint csökkentéséhez és az emésztés javításához (www.oeti.hu). Habár C-vitamin tartalma jóval csekélyebb, mint például a citrusféléké, vagy a csipkebogyóé, mégis komplex tápértéke miatt napi fogyasztása ajánlott.

Alma kémiai összetevőire vonatkozó mérési adatok: (www.oeti.hu)

Energia összetevők (mg/100g)	Vitaminok:	Ásványi anyagok
Fehérje (g): 0,4	Aszkorbinsav (C) mg: 5	Foszfor: 8
Sav (g): 0,4	Tiamin (B1) µg: 50 80	Kalcium: 5,5
Szénhidrát (g) 7,0	Riboflavin (B2) µg: 50	Kálium: 112
Energia tartalom (kcal) 31	Niacin (PP faktor) mg: 0,5	Magnézium: 6
Hamutartalom (g) 0,4	Folsav µg: 6,0	Nátrium: 2
Víztartalom (g) 90,5	Pantoténsav mg: 0,09	Cink: 0,046
	Piridoxin (B6) mg: 0,07	Kobalt: 0,001
		Króm: 0,002
		Mangán: 0,037
		Nikkel: 0,011
		Réz: 0,028
		Vas: 0,30

A savanykás alma – napi több adagra elosztva – ajánlott a reumára hajlamosak, a túlsúlyosok és a székrekedésben szenvedők részére. Az édes alma lereszelve enyhíti a hasmenést és segít a gyomorsavtúltengésben szenvedőknek is. A téli rendszeres almaevés hozzásegíthet az influenzás és felső légúti megbetegedések elkerüléséhez, valamint köztudott, hogy a bőséges és rendszeres almafogyasztás bizonyítottan egészségvédő hatású, csökkenti a szív- és érrendszeri, valamint néhány daganatos megbetegedés kockázatát.

Az alma a rózsafélék (*Rosaceae*) családjába tartozó mérsékeltövi növény. Már a rómaiak korában is 29 almafajtát tartottak számon, és ismerték az almabor készítés mesterségét is. A ma ismert hibrid fajták általában a 19-20. században népszerűvé vált növénynevelések eredményei.

Az Idared fajtát a 20. század első felében jegyezték fel először az USA-ban. A Jonathán és Wagener keresztezésével jött létre. Szeptember végén, október elején érik. Gyümölcse közepes nagyságú, lapított gömb alakú. Héja viaszos bevonatú, alapszíne sárgás-pirosas, foltosodásra nem különösebben hajlamos. Lédús fehér húsa kissé savanykás ízű. Magyarországon a Jonathán fő vetélytársa.

4. Alkalmazott technológiai lépések áttekintése

4.1. Blansírozás

A gyümölcsök feldolgozása során a blansírozás célja a saját enzimek aktivitásának eliminálása (*klorofilláz*, *polifenoloxidáz*, *pektinázok*, *lipoxigenáz*), mikroorganizmus szám csökkentése, továbbá állománybeli változások indukálása (rugalmasabb vagy puhább konzisztencia, bizonyos vízzoldható komponensek kioldása). Két olyan enzim van, amelyek viszonylagos hőrezisztenciát mutatnak, ezek a *kataláz* és a *peroxidáz*, de ezek elsősorban zöldségfélékben fordulnak elő; az alma feldolgozása során elsődlegesen minőségi kockázatot jelentő enzim a *polifenoloxidáz*, ami 70°C-os hőkezelés során inaktiválódik. A *polifenoloxidáz* a gyümölcs megbarnulását okozhatja, amennyiben a tároló szövet membránja megsérül és az enzim a sejtek citoplazmájába kerül, ahol megtalálja szubsztrátját (polifenolok) és kinonná oxidálja. A kinonokból tautomériával kettősgyökös aromás vegyületek keletkeznek, amik nagyon reakcióképesek és polimerizálódnak barna színű melaninokká (Merész, 2010).

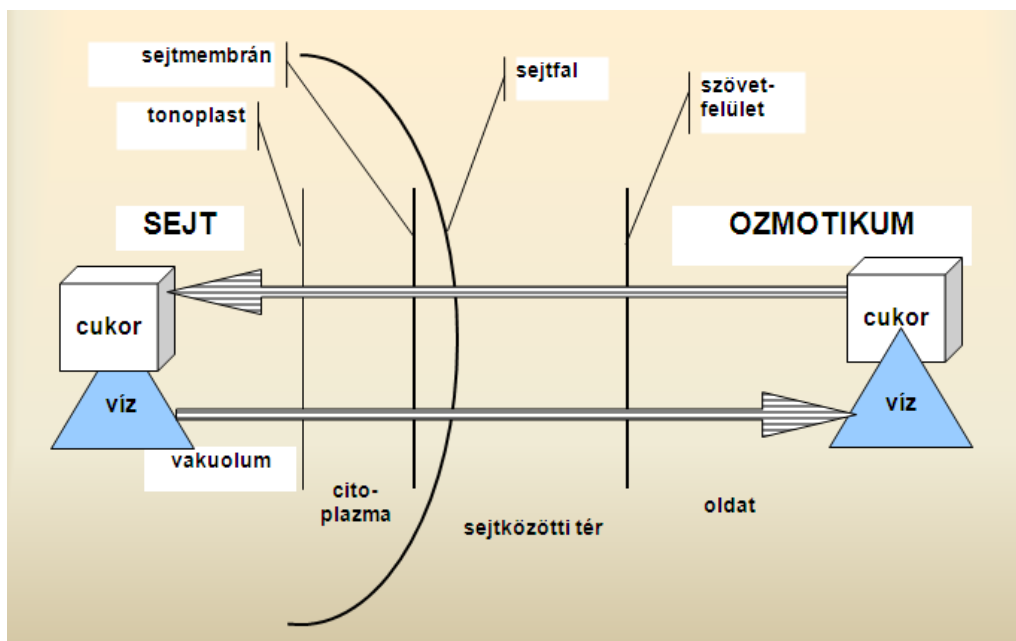
A hőkezelés hatásai között említendő, hogy a vitaminok károsodnak. A vízdoldható vitaminok kioldódása és a hőkárosodás okoz veszteséget. Fontos a vízdoldható anyagvesztés az ásványi anyagok, fehérjék és szénhidrátok esetében is. A veszteségeket befolyásoló tényező: a növényi nyersanyag fajtája, érettségi állapota, az előkészítő műveletek típusa, paraméterei (különösen a szeletelés, kockázás, stb.), a részecskék fajlagos felülete, a blansírozás módszere, ideje és hőmérséklete, a visszahűtés körülményei.

A blansírozás hatással van a színre, és az ízre is. Esetenként a színhatás javulhat a sejtek levegőtartalmának eltávoztása miatt, illetve a felületi pórusosság megszüntetésével. A színanyagok D-értékétől (az eredeti színérték 1/10-részre való csökkentéséhez szükséges hőmérsékletemelések) illetve a Z-értéktől (a hatásidő hasonló értelmű csökkenése). Az enzimikus barnulás gátlására aszkorbinsavat, citromsavat, vagy kén-dioxidot, zöldségeknél erősen savas közegbe szokás adagolni a hőkezelés mellett. Az ízre kevésbé hat a blansírozás, de esetenként ízváltozások felléphetnek a szárított (vagy fagyasztott) termékben. Az állománybeli változásokat tekintve a további műveletek szempontjából kedvező, hogy lágyabb, puhább, rugalmasabb textúra alakul ki (Varga, 1999). Rövid idejű (5 perces) blansírozás már képes inaktiválni a pektinokat monomerjeikre bontó enzimet (Levi, 1988).

4.2. Ozmotikus dehidratálás

Az eljárás ősi múltra tekint vissza, már az i.e. első évezredben a Földközi tenger medencéjében élt népek is ismerték a cukorral történő ozmotikus dehidratálást, melyet gyümölcsök ízesítésére, tartósítására használtak. Később a módszer az iszlám közvetítésével jutott át Európába. Az élelmiszer-tudományi és technológiai ismeretek bővítése, a táplálkozástudomány által feltárt újabb és újabb összefüggések az ozmotikus dehidratálás műveletét is új megvilágításba helyezik.

Az ozmózison alapuló technológiának nagy előnye az élelmiszer-feldolgozási művelet kíméletes jellege, melynek során a nyersanyag és annak tápanyagkészlete kevésbé sérül. Ez az elv az alapja az ún. minimal-processing eljárásoknak. Az OD ugyanakkor alkalmas a nyersanyag-összetétel tudatosan választott, természetes vagy mesterséges összetevőkkel történő dúsítására, így funkcionális élelmiszerek előállítására is. A diffúzió az 5. ábrán látható módon történik.



4. ábra: Kétirányú diffúzió növényi szemipermeábilis hártján keresztül

Az anyagáramlás létrejöttét az ozmotikum magas koncentrációja miatt a sejt szemipermeábilis hártájának két oldalán kialakuló koncentráció-gradiens okozza. Mivel a növényi sejteket körülvevő tömény oldatnak nagyobb az ozmotikus nyomása és kisebb a vízaktivitása, így megindul a víz kiáramlása. Ezzel párhuzamosan az oldott anyag a sejt belseje felé igyekszik, így két folyamat is okozza, hogy megvalósul a koncentráció-kiegyenlítésre vonatkozó fizikai-kémiai törvény.

4.3. Aszalás, szárítás

4.3.1. Definíció, technológiai megvalósítás lehetőségei

Az aszalás egy az élelmiszeriparban használatos hagyományos szárítási eljárás, melynek fő célja a gyümölcstartósítás. Eredményeként a kezelt gyümölcs összezsugorodik, és jelentős tömegcsökkenést is szenved a távozó nedvesség miatt. Az alacsony vízaktivitású termékben lecsökken a mikrobiális veszélyeztetettség, így akár több évig tárolható lesz (vízzáró csomagolást feltételezve). Az eljárás lényege, hogy közepesen meleg eszközzel (régén kihűlő kemencében, ma speciális készülékekkel) lassan szárítják a megfelelően előkészített gyümölcsöt, így a gyümölcs értékes alkotói nem károsodnak olyan jelentős mértékben, mint a magas hőmérsékletű hőkezelés alkalmazásakor.

A természetes aszalás műveletét már 5000 évvel ezelőtt is ismerték a Közel-Keleten, de a Föld naposabb tájain még manapság is használatos eljárás, amikor a leszedett gyümölcsöt/zöldséget/gombát kiterítik, és hagyják szikkadni a napon. A mesterséges (gépi) aszalás lehetőséget nyújt az aszalás paramétereinek a szabályozására. Ezek a hőmérséklet, nyomás, légsebesség, páratartalom, aszalási idő. A hőátadás módja szerint megkülönböztetünk konvekciós szárítást (meleg levegővel), és kontaktszárítást (felhevített felületen). A légtérben uralkodó nyomás alapján beszélhetünk atmoszférikus vagy vákuumszárításról, a légsebesség alapján nyugvóréteges, fluidizációs és pneumatikus szárításról (Uyen, 2006).

4.3.2. A szárítási folyamat elméleti háttere

A meleg levegővel történő szárításnál a víznek a levegőbe jutása a párolgáson kívül több részfolyamatból áll:

- a nedves anyag belsejéből a nedvesség a felületre vándorol,
- a felületen a környezetből felvett hő hatására a nedvesség elpárolog,
- a felületi pára az anyag felületéről a légtér belsejébe diffundál

Az egész folyamat hajtóereje az anyag és a környező levegő gőznyomása közötti különbség. A nagy víztartalmú aprított élelmiszerek (zöldség és gyümölcsfélék) gőznyomása a szárítás kezdeti szakaszában megközelíti a telített gőz nyomását. A száradás előrehaladtával a gőznyomáskülönbség csökken a szárítandó anyag és az azt körülvevő levegő között, így a vízleadás lelassul. A szárítási folyamat végén a nedvességleadás megszűnik, mivel a két gőznyomás kiegyenlítésével beáll az egyensúlyi helyzet. A folyamat szemléltetésére alkalmasak a 3.1. fejezetben tárgyalt szárítási görbék.

A szárításra kerülő zöldség- és gyümölcs nyersanyagok többsége kapillár-porózus-kolloid anyag. Ezekben a nedvesség vándorlása bonyolult folyamat, melyben szerepet játszik a víz kötésmódja, a folyadék és a gőz diffúziója, valamint a kapillárisokban végbemenő nedvességvándorlás is. A vízkötés módjai szerint kémiai, fizikokémiai és mechanikailag kötött vizet különböztetünk meg. Szárítással legkönnyebben a szabadvíz (túlnyomó többségében ez teszi ki az élelmiszerek víztartalmát), legnehezebben a fizikokémiai (adszorpcióval és ozmózissal) kötött víz távolítható el (Szenes, 1991).

4.3.3. Szárítási folyamatot jellemző összefüggések

A szárítási folyamatot jellemző összefüggés a száradó anyag víztartalmának változása a száradási idő függvényében, amely az ún. szárítási vagy száradási görbével ábrázolható. A szárítási görbék alapján a száradási folyamat három részre osztható:

- a felmelegítési szakasz, amely vékony szeletekre aprított, kis vastagságú anyagoknál rövid,
- az állandó szárítási sebesség szakasza, amelyben főleg a szabad és a mechanikailag lazán kötött víz távozik, és az anyagon belüli nedvességvándorlás folyadék (aggregált víz) formájában megy végbe,
- a csökkenő száradási sebesség szakasza, amelyben főleg a fizikokémiaiilag kötött víz távozik, és az anyagon belüli nedvesség gőz (molekuláris víz) formájában vándorol.

A szárítási folyamat során az anyag hőmérséklete általában alatta marad a szárítási levegő hőmérsékletének, de a szárítási folyamat végén elérheti azt. Ennek következtében a szárítási folyamat végső szakaszában a legnagyobb a hőkárosodás veszélye.

A szárítási folyamat leírására alkalmasak a szárítási sebesség görbék is, melyek a szárítási görbék idő szerinti deriváltjai. A szárítás három szakasza itt is elkülöníthető, de a függvény ebben az esetben a szárítási görbétől eltérő alakot vesz fel. Két típusa különböztethető meg:

- az időegység alatt mutatózó víztartalom-csökkenést (szárítási sebességet) ábrázolják az idő függvényében,
- a szárítási sebességet a minta aktuális nedvességtartalma függvényében ábrázolják.

4.3.4. Gyümölcsök és zöldségek szárítása

Napjainkban számos kutatás irányul a különböző élelmiszeripari nyersanyagok (zöldségek és gyümölcsök) szárítási kinetikájának modellezésére. A szárítás paramétereinek, menetének ismerete elengedhetetlen a megfelelő minőségű termékek gyártásához és a gyártási technológiák optimalizálásához.

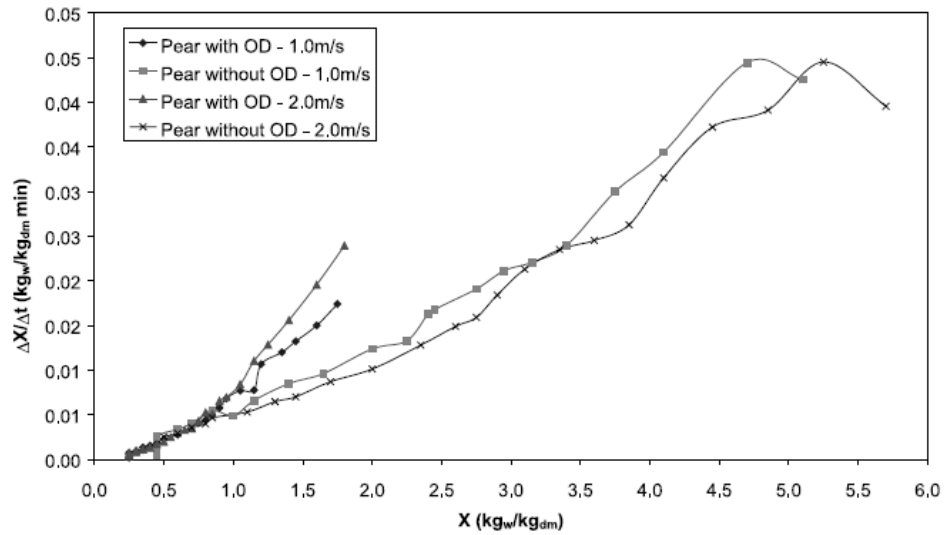
A szárítási folyamat eredményeit a technológiai paraméterek és az alapanyag tulajdonságai egyaránt befolyásolják. A szárítás optimális eredményét az alapanyag

tulajdonságaitól függő technológiai paraméter kombinációkkal lehet elérni a szárítási légsebesség, a szárító levegő nedvességtartalmának, a szárító levegő hőmérsékletének, a szárítás időtartamának helyes megválasztásával.

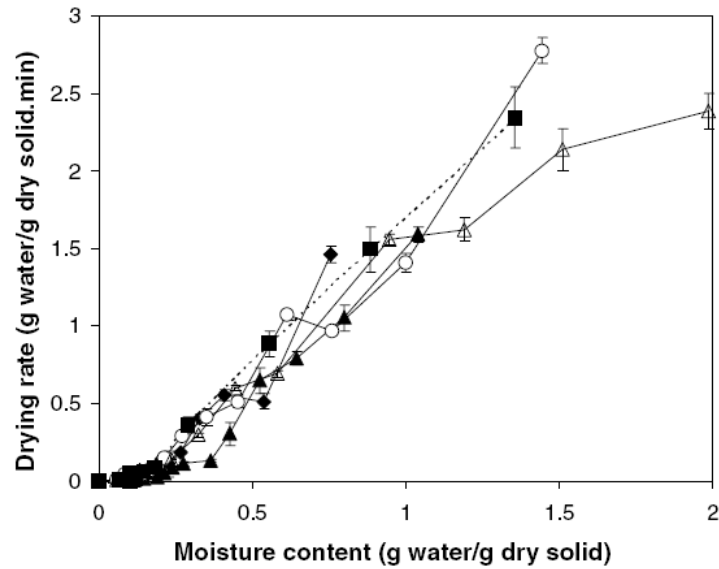
Légszárítás esetén a cukoroldattal előkezelt almaszeletek nedvességtartalma az aszalás elején gyorsabban csökken, de a tömegállandóságot nagyjából ugyanannyi idő alatt éri el, mint előkezelés nélkül, ugyanakkor az összetevők enzimes barnulása és Maillard reakciója miatt bekövetkező barnulás elkerülésének érdekében a hőmérséklet optimális megválasztása elengedhetetlen (Mandala, 2005). Célzott kutatások szerint körték esetében $1 \text{ kg}_w/\text{kg}_{dm}$ nedvességtartalomig az ozmotikusan dehidratált minták száradnak gyorsabban, $1 \text{ kg}_w/\text{kg}_{dm}$ nedvességtartalom alatt az előkezelt és előkezeletlen körték száradási sebessége között nincsen szignifikáns különbség (Park, 2002).

Az előkezelések mellett a gyümölcsök cukortartalmát meghatározza, hogy milyen érettek a feldolgozás pillanatában. Nagy érettségi fok esetén magasabb a cukortartalom. Az érlelt banánok szárítási sebessége nagyobb, mint a frissen leszedett, éretleneké (Boudhrioua, 2002). Az előkezelések kombinálása is fokozott száradási sebességhez vezethet. A blansírozott, hűtött, fagyasztott, és blansírozott-fagyasztott banánok közül a blansírozott-fagyasztott éri el leghamarabb a tömegállandóságot a szárítás során. Az előkezelési módszerek jelentősen befolyásolják a termék végső nedvességtartalmát illetve rehidratálhatóságát is. Zöldbab és burgonya szárításakor a blansírozás-fagyasztás kombinált előkezeléssel, sárgarépa esetében viszont a fagyasztással érhető el a legnagyobb rehidratációs képesség (a nyersen szárított, fagyasztott, blansírozott, magasnyomáson kezelt, fagyasztott és magasnyomáson kezelt, blansírozott-fagyasztott előkezelésű szárított zöldségek közül) (Knorr, 1996).

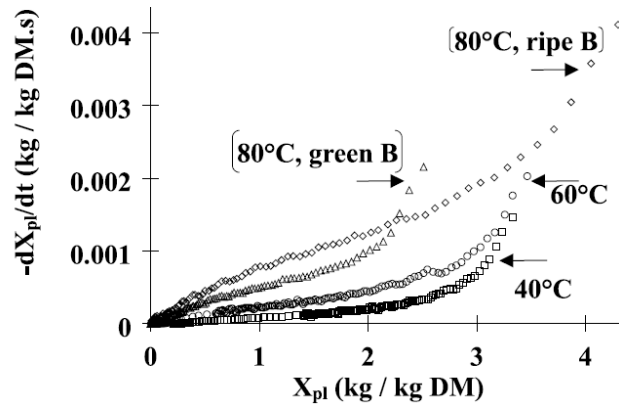
Az utóbbi évek publikációi sokszor foglalkoztak a zöldségek/gyümölcsök szárításának problémakörével. Az alábbi ábrakon a különféle gyümölcsmátrixok hatását szemléltetem a konvekciós szárítási folyamatra (5., 6., 7. ábra).



5. *ábra*: Kőrté szárítási sebesség görbéje a nedvességtartalma függvényében (Park, 2002).



6. *ábra*: Alma szárítási sebesség görbéje a nedvességtartalma függvényében (Mandala, 2005).



7. *ábra*: Banán szárítási sebesség görbéje a nedvességtartalma függvényében (Boudhrioua, 2002).

III. Az elvégzett kísérleti munka ismertetése

1. A gyakorlati munka célkitűzései

A funkcionális tulajdonságot hordozó oligofruktóznak nem csak a bélrendszerben érvényesülő táplálkozás-élettani hatásai, hanem fizikokémiai és technológiai különbségei is vannak a hagyományosan alkalmazott cukrokhoz képest. Nagyobb mértékű hidrofilítás, azaz vízkötő képesség jellemzi. Oldatban olajosabb hatású, azaz eltérő a koncentrációtól függő viszkozitás, ami a technológiai műveletek során eltérő paraméter-beállítást igényelhet. Emellett nagyobb és nem jól meghatározott az átlagos molekulaméret, amely bizonyos hőmérséklet és pH tartományban változhat is a feldolgozás során, és ez a cukor felhasználásához képest más műveleti beállítások mellett lehet optimális. Folyékony és gél jellegű termékeknél (joghurt, stb.) ezek az eltérések kevés gondot jelentenek, azonban szilárd (pl. cukrozott-aszalt-szárított) termékeknél lényeges eltérést okozhat a műveletek tervezésében.

Gyakorlati munkám lényege az egészségmegőrző hatású komponenssel (oligofruktóz) történő dúsítás megvalósíthatóságának és termékminőségre való hatásának vizsgálata. A különböző vastagságú és hőkezelési idejű gyümölcszeletek mátrixába ozmotikus dehidratálással juttatom be a funkcionális komponenst: az oligofruktózt. Kontrollként szacharózzal előkezelt almaszirmokat készítek. A kísérletekhez négy-faktoros kompozíciós kísérleti tervet alkalmazok, amelyben az almakarikák szeletvastagságának, blansírozási idejének, a szárítás hőmérsékletének és az ozmotikum minőségének hatását vizsgálom a szárítás folyamatára és a termék minőségi jellemzőire. Az első 3 faktort 3 szinten, míg az ozmotikum jelleget 2 faktorszinten vizsgálom (OF és szacharóz). Függő változónak a kapott szárítási sebesség – nedvességtartalom függvény paramétereit, a termék nedvességtartalmát, állományjellemzőit (amelyeket a módszerfejlesztés eredményeképpen lehet kiválasztani), az érzékszervi megítélést és az OF-összetételt tekintem. Az oligofruktóz minták cukorösszetételét nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával elemzem, hogy mennyiségi értékelést adhassak a funkcionális komponens jelenlétéről.

Mivel az aszalt alma állományvizsgálatára vonatkozóan nincsenek validált vagy akár széles körben elterjedt módszerek, ezért a rendelkezésre álló korszerű, számítógéppel vezérelt és gyors adatrögzítésre, adatfeldolgozásra is megfelelő Texture Analyzer berendezésre alkalmas módszer fejlesztése is a közvetlen céljaim között szerepel.

2. Vizsgált anyagok, alkalmazott módszerek:

2.1. Alapanyagok, vegyszerek berendezések

Alapanyagok:

Idared alma (ULO körülmények mellett tárolva 5-7 hónapig)

Szacharóz (kiskereskedelmi forgalomból), citromsav (élelmiszeripari célú)

Orafti P95 oligofruktóz por (legalább 95% oligofruktóz-tartalom, max.5% mono- és diszacharid: glükóz/fruktóz/szacharóz)

Vegyszerek:

etanol (98%-os)

acetonitril (70%-os)

Berendezések, készülékek, eszközök:

mérleg (0,1mg, 0,01g és 1 g pontosságú),

aszaló (Hauser FD-510 típus),

gőzblansírozó (Tefal Serie S04típusú pároló),

szeletelő (TESCO-MS09),

szárítószeletrény (Heraeus 471 838), exszikkátor,

hőmérő (scantemp 410, digital thermometer),

stopper, rázógép (MLW Zeleny féle rázógép), centrifuga (Janetzki S70),

HPLC-berendezés, Texture Analyzer (SMS: TA XTplus).

Felhasznált programok:

Texture Exponent (TEE 32),

Statistica 9.0 (gyártó: StatSoft).

2.2. Mintakészítés lépései

2.2.1. Előkészítés

Jelentősége: Emberi fogyasztásra optimális almakarikák előállításához, szeletvastagság hatásának vizsgálata céljából eltérő vastagságú szeletek készítése.

Módszere: Első lépésben megtisztítottam a nyersanyagot a szennyeződésektől. Nedves tisztítást alkalmaztam detergens használata nélkül. Ezután magozó segítségével kifúrtam a magházat. Végül a magház nélküli almákat konyhai szeletelő segítségével 3, 6 illetve 9 mm-es szeletekre vágtam fel.

2.2.2. Blansírozás

Jelentősége: A blansírozás a termék állományára és más minőségi tulajdonságaira észrevehető hatással van, amely hatás eltérő lehet a feldolgozás más paramétereivel kölcsönhatásban is, ugyanakkor hatása leginkább a korpuszok méretétől, alakjától függ, azaz szeletek esetén azok vastagságától. A blansírozás jellemzője a hőkezelés mértéke, amelyet a hőkezelés hőmérsékletének és idejének szabályozásával lehet befolyásolni.

Módszere: A megmosott, kimagozott almaszeletek tömegét lemértem, majd a blansírozó (pároló) tálcáin helyeztem el őket egy réteg vastagságban, egymás mellé. Mielőtt behelyeztem volna a mintákat, felforraltam a párolóban levő vizet. Ezután a mintával feltöltött mintatartókat is behelyeztem a gőztérbe, és vártam pár másodpercet a stopper elindítása előtt, amíg a gőztér telítődik. Az alkalmazott gőzblansírozó atmoszférikus, ezért a hőmérséklet nem, de a kezelés időtartama állítható, így a különböző ideig blansírozott almaszeletek előállítására lehetővé teszi a hőterhelés hatásának értékelését. Kísérleteimben 2, 6 és 10 perces gőzblansírozást alkalmaztam.

2.2.3. Ozmotikus dehidratálás

Jelentősége: Az egészségmegőrző hatású komponenssel (oligofruktóz) történő dúsítás és termékfejlesztés kritikus és egyben legfontosabb művelete a komponens bejuttatása a nyersanyagba, melynek során dehidratálódás is történik.

Módszere: Az almaszeletek OD kezelése kétféle cukorkomponenssel (FOS vagy szacharóz) történt. A szacharózos minták esetében 4 l oldat készítéséhez 2000 g szacharózt (kristálycukrot) és 40 g citromsavat, az oligofruktózos minták esetében ugyanígy 2000 g oligofruktózt és szintén 40 g citromsavat adtam. 50%-os cukoroldatról lévén szó, a teljes feloldódáshoz felmelegítettem a vizet 90°C hőmérsékletűre. A citromsavat akkor tettem bele, amikor a cukor teljesen feloldódott, ezután hagytam kihűlni a szirupot, majd lefedtem. Későbbi felhasználásig hűtőben tároltam. Az oldatokat OD-kádba öntöttem, majd minden

minta esetében 30 percig tartottam benne a blansírozott almaszeleteket. 15 perc után megfordítottam a szeleteket, illetve megmozgattam a kádat, hogy a diffúziót egyenletesebbé tegyem. 30 perc után az almaszeleteket szűrőpapírra fektettem, és leittam felületükről a tapadó vizet. A minták tömegét az ozmotikus dehidratálás előtt, illetve után is mértem.

2.2.4. Szárítás

Jelentősége: A hagyományosan alkalmazott cukrok funkcionális komponenssel történő kiváltásához az előállítás megfelelő szabályozására van szükség, hogy az oligofruktózzal történő dúsítás technológiailag optimális legyen. A legtöbb aszaló berendezés műszaki paraméterei nem teszik lehetővé a teljesen egyenletes hőmérsékletű kezelést a termék előállítása során, ugyanakkor a hőmérséklet egyrészt a termék több minőségi jellemzőjét is befolyásolhatja, másrészt a műveleti időt meghatározó hatása révén a termelés gazdaságosságára is jelentős a befolyása ezért igazolnom kellett, hogy az általam használt berendezésben egyenletesnek tekinthető a hőmérséklet-eloszlás.

Módszere: A 2.2.1-.2.2.3. *fejezetek* szerint előkészített mintákat az aszaló berendezésbe helyeztem. A hőmérsékletet a szárítás egész időtartama alatt nyomon követtem, hogy megállapítsam különbözőnek tekinthető-e aszaló első, harmadik, illetve ötödik tálcájára rakott minták minősége. Az első tálca a fűtőlevegő befúvástól számított legkisebb, az ötödik tálca pedig a legnagyobb távolságra helyezkedett el az aszalóban. A szárítási folyamat elején a leggyorsabb a szárítási sebesség, így a nedvességtartalom csökkenése, ezért az elején sűrűbben mértem a minták tömegét, a nedvességtartalom csökkenésének megfelelően a minták tömegének mérését ritkábban végeztem. A szárítási folyamat időtartama a szeletvastagságtól függően is változott. A legkisebb szeletvastagságú minták esetében másfél, míg a legvastagabb mintáknál 6 óra aszalás után sikerült elérni tömegállandóságot. A befúvott meleg levegő hőmérséklete 90°C, a környezeti hőmérséklet 23°C volt.

2.3. Vizsgálati módszerek

2.3.1. Szárítás jellemzőinek meghatározása

A szárítási folyamat során a minták tömegét a szárítási idő függvényében ábrázoltam, így megkaptam a szárítási műveletet elsődlegesen jellemző szárítási görbéket. A görbékre másodfokú polinom függvényt illesztettem, amely viszonylag jól illeszkedett a kapott

eredményekre, bár a szárítási folyamat fizikai tartalmának, diffúziós jellegének elvileg nem feleltethető meg. A függvényillesztés célja az eredmény szemléletesebbé tétele, a prezentáció elősegítése volt.

A szárítási műveletet jellemző további lényeges összefüggés az idő illetve a nedvességtartalom, és a szárítási sebesség közötti kapcsolat. A minták tömegváltozásának értékeit a hozzátartozó időkkel osztva megkaptam a szárítási sebességet, amit az idő illetve a nedvességtartalom függvényében ábrázoltam. A szárítási sebesség-nedvességtartalom függvény esetében nedvességtartalom alatt szárazanyag tartalomra (szárítás utáni végső tömegre) vonatkoztatott relatív nedvességtartalmat értek, azaz azt a vízmennyiséget, ami a végállapothoz képest adott pillanatban még nem párolgott el. A szárítási sebesség görbék lefutása azonos élelmiszer-mátrix esetén is eltérő lehet. Az értelmezhetőség és összehasonlíthatóság kedvéért másodfokú polinomot illesztettem valamennyi eltérő paraméter-kombinációval készített termék szárítási sebesség-nedvességtartalom diagramjára. A görbék jól illeszkedtek. Az illesztett egyenletben szereplő másodfokú tag együtthatójával („a”), az elsőfokú tag együtthatójával („b”) és a konstanssal („c”) végeztem a statisztikai elemzést.

2.3.2. Állományvizsgálat

A készített termékeket vágástesztnek vettem alá a 2.1. pontban ismertetett TA-XTplus berendezéssel végzett állományvizsgálat során. Az általam kidolgozott eljárásban minden paraméter-kombinációhoz tartozó termékből 15-15 próbatestet vágtam ki sugárirányban.

Mérési körülmények, berendezések:

Texture Analyzer készülék beállításai:

- vágóél mozgásának sebessége: 0,5 mm/sec
- vágóél távolsága a vágófelülettől a kezdeti állapotban: 5 mm
- vágóél elmozdulása a mérés során: 5 mm
- minimum erő, amit figyelembe vesz a program: 3 g
- mérési pontok sűrűsége: 500 pont/mérés
- ismétlések száma: 1
- párhuzamos minták száma: 15 (mindegyik paraméter-kombinációjú mintából)

Eredmények értékelési módszere:

TE programban történt az állománygörbék jellemzőinek meghatározásával. Részletesen a módszerfejlesztés eredményeiről szóló fejezet tartalmazza, mert mind a mintakészítés, mind az állomány vizsgálat paraméterei, mind az értékelési módszer saját fejlesztés eredménye.

2.3.3. Nedvességtartalom mérése

A mérés célja az aszalás egy jellemzőjének megadása. A szárítási folyamat kétféleképpen végezhető: az egyik esetben bizonyos nedvességtartalom alá való csökkenésig (pl. 10%-ig), a másik esetben tömegállandóságig. Mivel gyakorlati munkám során a tömegállandóságig való szárítást választottam, így a nedvességtartalombeli különbség nem függ a szárítási időtől.

Mérés menete:

Bemérőedénybe analitikai mérlegen kb. 2 g-ot mértem be mindegyik mintából, majd nyitott tetővel a 105°C-os szárítószekrénybe helyeztem. Másfél óra elteltével kivettem őket, és az exsikkátorba tettem, hogy lehűljenek. Végül lemértem a tömegüket.

Eredmények értékelési módszere:

A szárítás után mért tömegből levontam a megfelelő számú üres tégely tömegét. A kapott eredményt kivontam a bemért tömegből, így a nedvességtartalom grammal kifejezett értékéhez jutottam, amit 100-zal szorozva, és a bemért minta tömegével osztva, megkaptam a nedvességtartalom százalékos értékét.

2.3.4. Folyadékkromatográfia

A vizsgálat célja, hogy mennyiségileg képet tudjak alkotni a mintáim cukortartalmáról, azaz arról hogy az OD művelet során milyen mértékű ozmotikum-felvétel történt a vízkilépés mellett. A HPLC-s vizsgálatot csak az oligofruktózus mintákon végeztem el, mivel csak itt lehet érdekes, hogy esetleg a nagyobb polimerizációs fokú komponensek (trimer - heptamer) nem tudtak bejutni az almasejtekbe. A másik oka a HPLC vizsgálatnak a szárítás során fellépő hőterhelés hatásának vizsgálata, mivel a frukto-oligoszacharidok hőkezelésre érzékenyen reagálhatnak, és hidrolizálhatnak monomerekig.

A HPLC amin-csoportot tartalmazó állófázissal acetonitril-víz eluens alkalmazásával történt, amely lehetőséget nyújt a cukrok elválasztására és meghatározására. A módszer elve, hogy a több monomerből felépülő oligoszacharidok később jönnek le az oszlopról a hidroxil-csoportok és a kötött aminfázis között kialakuló nagyobb számú és ezért erősebb hidrogén-hidas kölcsönhatás miatt.

Mérési körülmények, berendezések:

Eluens: 70:30 acetonitril-víz (szobahőmérséklet)

Oszlop: MA01757,

μ -porasil P/N 27477 S/N (Waters Associates Milford)

Pumpa: L-6200 Intelligent Pump, (Merck Hitachi), 1 cm³/min térfogatáram,

Detektor: Differenciál-refraktométer (Waters, típus: R401)

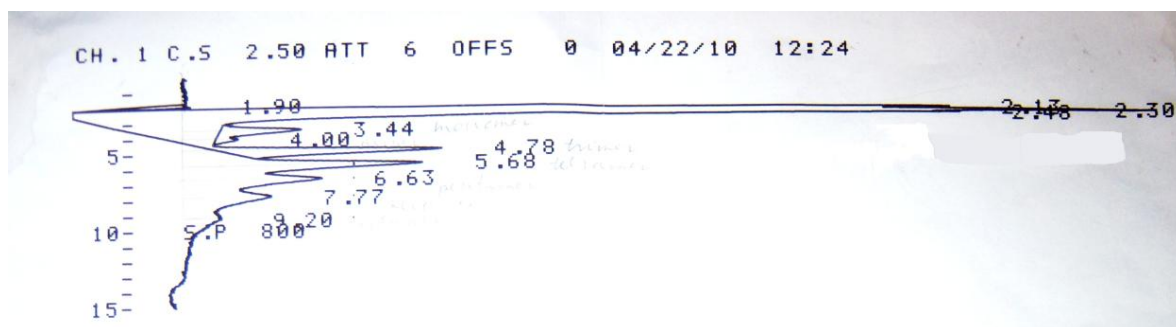
Értékelőegység: D-2500 Chromato-Integrator (Merck Hitachi),

Injektált mennyiség: 20 μ l

A minta előkészítés menete HPLC vizsgálatához:

15 ml-es centrifugacsőbe összemértem a megfelelő mennyiségű és 60%-os etanol-oldatot, majd 2 órát rázattam. A zavaró komponensek eltávolítására Carrez I. és Carrez II. oldatot adtam a mintámhoz, összeráztam, betettem az összes mintát a hűtőbe, és két napig állni hagytam, hogy a kivált komponensek leülepedjenek. A következő lépésben minden centrifugacsőből injekciós tű segítségével 1-1 ml tiszta oldatot vettem, és megfelelő koncentrációjúra hígítottam őket.

Eredmények értékelési módszere:



8. ábra: Standard oldat kromatogramja

A standard oldat kromatogramjának (8. ábra) értékelése alapján (oldat koncentrációja ismert: 136 mg OF/10 ml, így a csúcsmagasságokat (3. táblázat) összeadva (156 mm)) felállítható az összefüggés a csúcsmagasság és a koncentráció között. A továbbiakban használatos szorzófaktor: $136/156=0,87$ mg OF/10 ml.

A minták kromatogramjairól megállapítottam az egyes alkotókhöz tartozó csúcsmagasságokat, amit a fent definiált szorzófaktorral megszorozva, és visszaszámolva a hígítatlan oldatokra, megkapható a koncentráció mg/10ml-ben:

3. táblázat: Standard OF oldat kromatogramjának értékelése

standard	retenciós idő	csúcsmagasság (mm)
monomer	3,44	20
dimer	4,00	9
trimer	4,78	43
tetramer	5,68	40
pentamer	6,63	23
hexamer	7,77	15
heptamer	9,20	6

A számított értékeket összegezve megkaptam az összoligofruktóz-tartalmat. A koncentrációkat 100-zal szorozva, és a beméréssel osztva kiszámítottam a minták százalékos összetétele.

2.3.5. Érzékszervi vizsgálat

Az elkészült termékeken háromféle érzékszervi vizsgálatot végeztem egy 10 fős csoporttal. A bírálócsoporthoz terhelésének csökkentése érdekében (az ember érzékszervei fáradékonyak) arra törekedtem, hogy minden beállítási paraméterre legyen legalább 1 minta, így az oligofruktózzal dúsított termékek közül a 3mm-10perc, a 3mm-2perc és a 9mm-2perc kombinációk kerültek vizsgálatra. A mintákon a bírálókkal egyrészt hármass-próbákat végeztem, másrészt pontozásos módszerrel értékeltettem, harmadrészt profilanálízissel szemléltettem az érzékszervi jellemzőket. A hármass próba célja volt megállapítani, hogy lehetséges-e különbséget tenni a szacharóz és az oligofruktóz minták között.

Eredmények értékelésének módja:

A hármas próba eredménye azt mutatja meg, hogy a bírálók hány százaléka tud különbséget tenni oligofruktózos és szacharózos minta között. A helyes választ adó bírálók közül összeszámoltam, hogy hányan tekintették édesebbnek az oligofruktózzal és hányan a szacharózzal készített terméket. Az eredmény szignifikanciájának kiszámítására az alábbi képletet alkalmaztam, ennek alapján 10 bíráló esetén minimum 7 bíráló egybehangzó véleményére van szükség, hogy a minták különbözőnek tekinthetők legyenek.

$$m=p*n+z*(p*n*(1-p))^{1/2}+0,5 \quad ,\text{ ahol}$$

m: a szükséges egybehangzó vélemények száma

p: annak a valószínűsége, hogy egy bíráló véletlenül helyes választ ad

n: bírálók illetve bírálatok száma

z: 1,645

$$m=0,33*10+1,645*(0,33*10*0,66)^{1/2}+0,5=6,23$$

A bírálók 20%-a nem tudta megkülönböztetni a szacharózzal és az oligofruktózzal készült almaszirmokat, ezért a pontozásos minősítésnél véleményüket nem vettem figyelembe. A pontozólapok alapján összesítettem az egyes kérdésekre adott válaszokat. Kiszámoltam az egyes mintákkal kapcsolatban adott pontszámok átlagát és szórását.

A minták minősítéséhez (1-3. kérdések) az átlagos pontszámokat megszoroztam az általam megállapított súlyozó faktorról, és összegezve számítható az összpontszám. A súlyozó faktorok értékét szakértői véleményeknek megfelelően úgy állapítottam meg, hogy milyen arányban befolyásolja az almaszirmok élvezeti értékét az értékelésbe bevont három tulajdonság: a szín (0,10), az íz (0,45) és az állomány (0,45).

A profilanalízisnél (4-6. kérdések) az átlagostól (3 pont) való eltérést számoltam, így nem súlyoztam a pontszámok átlagértékeit.

2.4. Az értékeléshez alkalmazott statisztikai eljárások

Felhasznált program: STATISTICA9

Szignifikancia szint: 95%

Alkalmazott módszerek:

alapanalízis (basic statistics)

ANOVA (variancia analízis) módszerei:

főhatás (main effects) analízis

kölcsönhatás (factorial effects) analízis

Korreláció analízis (correlation)

A programba rögzített mért értékekhez kiválasztottam a megfelelő értékelési módszert, és összefoglaló táblázat illetve grafikon formában jelenítettem meg az eredményeket. A táblázatban használt kifejezések magyar megfelelőjét a 4. táblázat tartalmazza. Az összefoglaló táblázatokban piros színnel van jelölve azok a változó, ahol szignifikáns hatás tapasztalható.

4. táblázat: STATISTICA program jelöléseinek értelmezése

intercept	tengelymetszet
error	hiba
SS	hibák négyzetösszege
D.F.	szabadsági fokok száma
MS	átlagnégyzet
F	F-próba értéke
p	valószínűség
means	átlagok
std.dev	szórás

3. Eredmények ismertetése

3.1. Szárítási folyamat

A statisztikai hipotézisvizsgálatban nullhipotézisként feltettem, hogy a különböző magasságokra rakott tálcákon aszalt termékek minősége (érzékszervi értéke, állománya, végső nedvességtartalma, cukortartalma) különbözik egymástól. A statisztika programmal végzett számítások alapján semelyik minőségi jellemzőben nem mutatkozik eltérés a hőmérséklet hatására. Azaz 95 %-os konfidenciaszinten az aszalóban kialakult szárítási hőmérséklet (függőleges irányban) nem különbözik egymástól annyira, hogy jelentős befolyással bírjon, ezért a nullhipotézis elvetendő. Ugyanakkor megfontolandó, hogy ha a nullhipotézist elvetjük, pedig igaz, akkor elsőfajú hibát (α) követünk el (ennek értékét az általános statisztikai elvárások szerint 5 %-nak választottam). Ha a nullhipotézist elfogadnám, pedig nem igaz, akkor másodfajú hibát (β) követnék el. Az elsőfajú hiba felülről becsülhető a szignifikancia szinttel, a másodfajú hiba azonban nem, mivel nem tudjuk megmondani annak a valószínűségét, hogy egy igaznak elfogadott állítás mégsem az (Kemény, 2004).

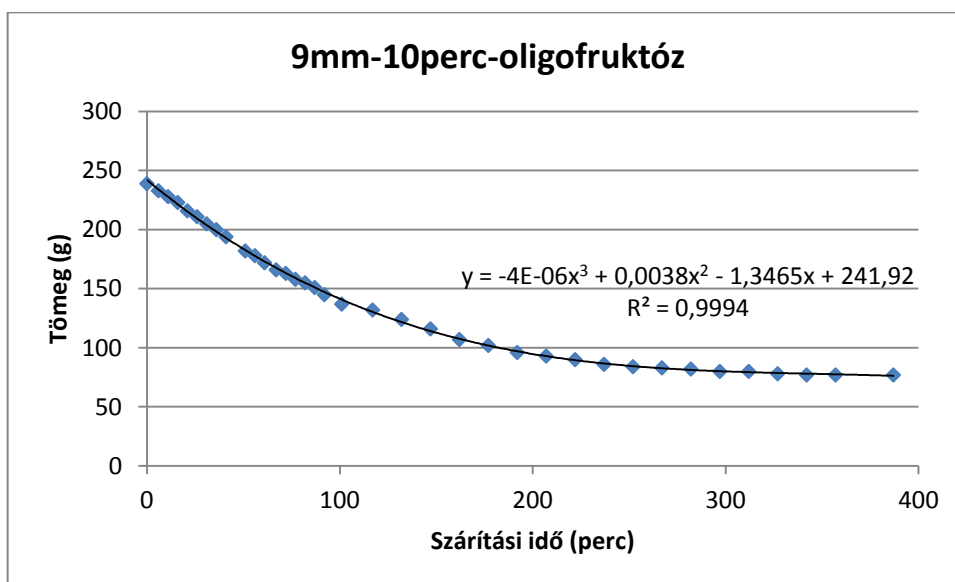
A hőmérséklet a szárítási folyamat sebessége és lefutása, valamint a termék minősége szempontjából is az egyik legfontosabb tényező. Ennek megfelelően annak ismerete, nyomonkövetése nem nélkülözhető. Számos szárító-aszaló berendezés geometriája és a légtechnikai megoldása azt eredményezi, hogy a térben hőmérséklet-gradiens alakul ki, azaz a belső térben különböző hőmérsékletű terek léteznek, aminek következménye a különböző sebességű száradás és így különböző minőségű termék létrejötte a szárítótéren belül. Az alkalmazott aszaló-berendezésben ezért alapvető kérdésként merült fel a hőmérsékleti különbségek vizsgálata, mert a meleg szárítólevegő bevezetés helyétől a szárítandó anyagok nagyon különböző távolságra helyezkedtek el. A hőmérséklet-eltéréseket varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgálva megállapítottam, hogy a levegő-bevezetéstől eltérő távolságra elhelyezkedő tálcák között nincsen szignifikáns eltérés az almaszeletek hőmérsékletét illetően. Ennek oka részben az aszaló geometriája, másrészt a minták laza elhelyezése és két tálca szabadon tartása, amelyek következtében úgy alakult a légáramlás, hogy a befűvott levegő turbulensen haladt, és a szárítótér minden részében hasonló (szignifikánsan nem különböző) hőmérsékleti és légnedvesség érték alakult ki.

A statisztikai hipotézisvizsgálatban nullhipotézisként feltettem, hogy a különböző magasságokra rakott tálcákon aszalt termékek minősége (érzékszervi értéke, állománya, végső nedvességtartalma, cukortartalma) különbözik egymástól. A statisztika programmal végzett számítások alapján semelyik minőségi jellemzőben nem mutatkozik eltérés a hőmérséklet hatására. Azaz 95 %-os konfidenciaszinten az aszalóban kialakult szárítási hőmérséklet (független irányban) nem különbözik egymástól annyira, hogy jelentős befolyással bírjon, ezért a nullhipotézist elvettem.

Az 9. ábra a szárítási folyamat lefutását mutatja a közvetlen mért adatok

$$x=t \text{ (idő [perc])} - f(x)=m \text{ (mintatömeg [g])}$$

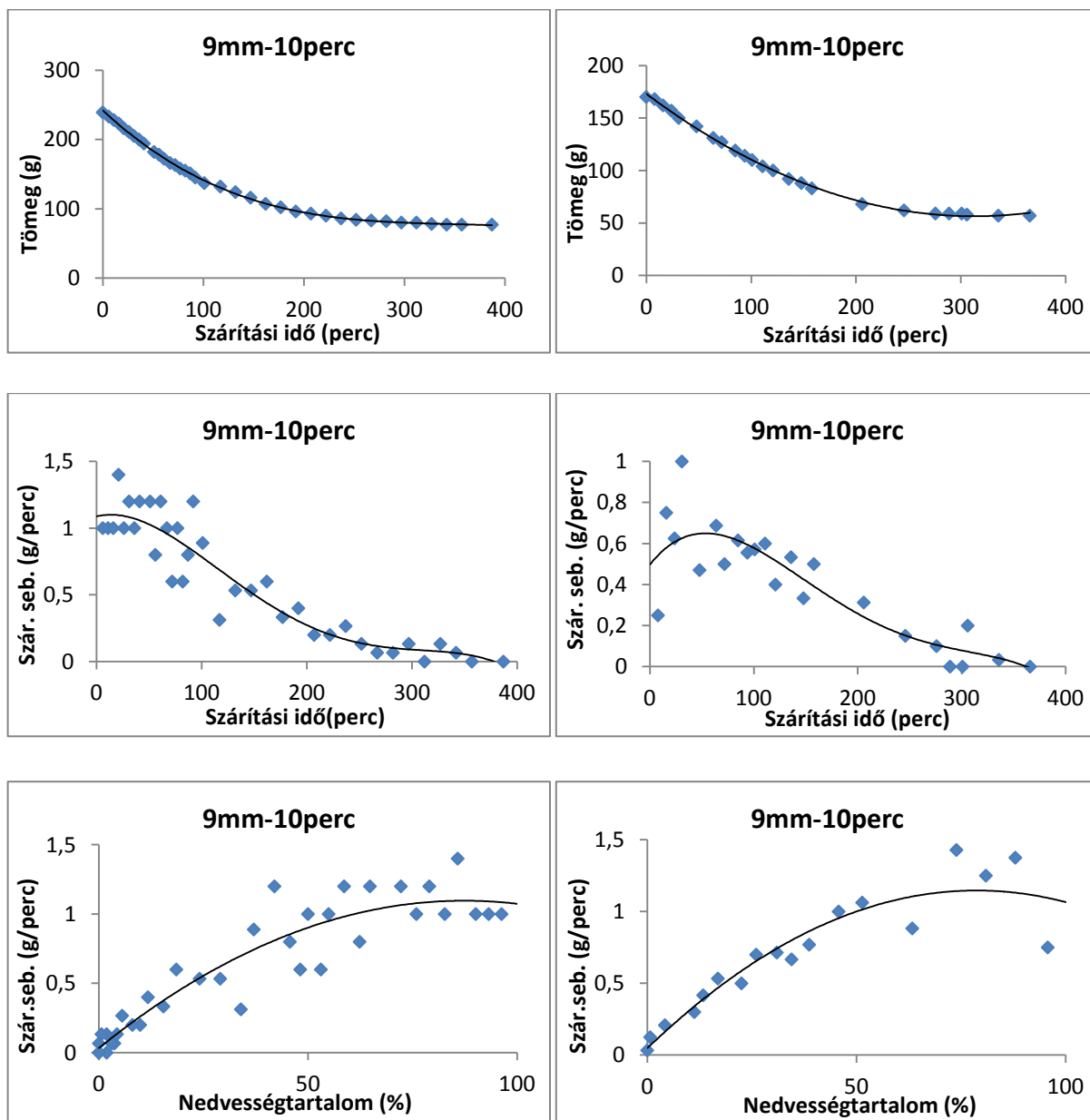
koordinátarendszerben történő ábrázolásával:



9. ábra: Az almaszeletek tömege az aszalás idejének függvényében ábrázolva

A szárítási sebesség csökken a szárítás előrehaladtával, mivel a folyamat végén a szabad víz elpárolgása után a kötött (aggregált) víz eltávolítása több időt vesz igénybe, illetve a víz párolgási sebességét a felületről a felületi nedvességnek az utánpótlása határozza meg, amely a szelet belsejéből történő diffúzió eredménye. A folyamat végén a tömeg állandó értéket vesz fel, egy állandó, de a körülményektől (anyagi tulajdonságtól és levegő hőmérséklettől, légnedvesség tartalomtól) függő szinten. A szeletvastagság növekedésével természetesen egyre hosszabb időre volt szükség a termékek tömegállandóságának beállításáig.

A fentieknek megfelelően szárítás során a kezdeti felmelegedés után a szárítási sebesség a szárítás elején éri el a legnagyobb értékét, majd utána fokozatosan csökken, végül a tömegállandóságot elérve 0 értéket vesz föl. Ez a folyamat követhető nyomon a szárítási sebesség görbén, amelyet szokás ábrázolni mind a szárítási idő, mind a termék nedvességtartalmának függvényében (10. ábra).



10. ábra: Szacharózos (bal oldal) és oligofruktóz (jobb oldal) almaszeletek szárítási görbéi

A 2.3.1. fejezetben leírtak szerint a szárítási folyamatot a szárítási görbe deriválásával kapott szárítási sebesség görbe értelmezésével végeztem, azt az anyagnedvesség függvényében ábrázolva, és másodfokú függvénnyel közelítve, a függvényt és azok három paraméterét használtam a statisztikai összehasonlító elemzés (ANOVA) során. A módszer fő hátránya, hogy a deriválás miatt a kiküszöbölhetetlen mérési pontatlanságokat jelentősen felerősíti, és ezért az ábrázolás során a számított pontok varianciája látszólag igen magas. Ez a felerősített variancia azonban csak akkor jelentene komoly hátrányt, ha az értékelés során emiatt a vizsgált faktorok közötti különbségek nem lennének érzékelhetők. Mivel számos szignifikáns eltérést tapasztaltam egyes faktorok különböző szintjei között, ezért úgy ítélt meg, hogy az így átszámított adatok alkalmasak a hatások jellemzésére, az esetleges különbségek észlelésére és bemutatására.

Az nedvességtartalom - szárítási sebesség függvény-pontokra másodfokú polinomot illesztettem. Az illeszkedés megfelelő, jól mutatja azt a valamennyi szárítási folyamatra is jellemző tulajdonságot, hogy a szárítási görbe nagyon precíz ($R^2=0,99$ illeszkedésű), a szárítási sebesség görbék illeszkedése mégis jóval elmarad az előzőekhez képest. A nedvességtartalom - szárítási sebesség- görbék három együtthatójával végzett statisztikai elemzést külön-külön végeztem el az „a”, „b” és „c” görbeparaméterekre (5. , 6. , 7. táblázat). Az egyik együttható nagyságára sem gyakoroltak szignifikáns hatást a gyártás során alkalmazott paraméterek.

5. táblázat: Főhatás analízis „a”-ra (ANOVA)

FŐHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	0,000000	1	0,000000	1,257596	0,269965
szeletvastagság (mm)	0,000000	2	0,000000	0,268721	0,765965
blansírozási idő (perc)	0,000001	2	0,000000	1,160980	0,325285
aszalási hőmérséklet (tálca)	0,000000	2	0,000000	0,608140	0,550177
cukorkomponens	0,000000	1	0,000000	1,329961	0,256855
Error	0,000012	34	0,000000		

6. táblázat: Főhatás analízis „b”-re (ANOVA)

FŐHATÁS analízis	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	0,018438	1	0,018438	25,53046	0,000015
szeletvastagság (mm)	0,000171	2	0,000086	0,11857	0,888554
blansírozási idő (perc)	0,002277	2	0,001138	1,57628	0,221478
aszalási hőmérséklet (tálca)	0,000078	2	0,000039	0,05429	0,947237
cukorkomponens	0,001585	1	0,001585	2,19449	0,147715
Error	0,024555	34	0,000722		

7. táblázat: Főhatás analízis „c”-re (ANOVA)

FŐHATÁS analízis	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	0,227498	1	0,227498	5,361384	0,026753
szeletvastagság (mm)	0,009459	2	0,004730	0,111461	0,894852
blansírozási idő (perc)	0,052929	2	0,026465	0,623683	0,541986
aszalási hőmérséklet (tálca)	0,051552	2	0,025776	0,607461	0,550538
cukorkomponens	0,045586	1	0,045586	1,074323	0,307287
Error	1,442709	34	0,042433		

3.2. Állományvizsgálat

3.2.1. Állományvizsgálat módszertani fejlesztésének eredményei

Az anyagok (jelen esetben élelmiszer) állomány-vizsgálata során ún. állománygörbét lehet értelmezni, amely egy olyan időfüggvény, amelyet a mintára ható deformációs erő (húzás, nyomás, vágás, stb.) hatására a minta ellenállásából adódó erő mérésével (rögzítésével) kapunk. Az aszalt alma állományvizsgálatára vonatkozóan nincsenek validált, vagy akár csak széles körben elterjedt módszerek, még nem született erre vonatkozó publikáció sem. A célkitűzésben foglaltaknak megfelelően a vizsgálati módszer kidolgozására

is szükség volt. Állományvizsgálat esetén háromféle fejlesztésre, részfeladat megoldására van szükség egy módszer kialakításakor. Az egyes részfeladatok önmagukban is több paraméter optimalizálását, kiválasztását jelentik, ugyanakkor a részfeladatok egymással is kölcsönhatásban vannak, egymástól függően optimalizálhatók, ez a fejlesztést bonyolulttá és a kifejlesztett módszert nehezen validálhatóvá teszi. Az első részfeladat a termékből vizsgálandó mintát (megfelelő mérettel és geometriával) kialakítani, a második részfeladat az állományvizsgálat során alkalmazandó mérőfej geometriájának, méretének, típusának kiválasztása, továbbá a mintára alkalmazandó deformációs körülmények (deformáció-sebesség, ismétlésszám és sebesség, stb.) meghatározása; míg a harmadik részfeladat a meghatározott állománygörbe jellemzőinek értékelésére a megfelelő görbejellemzőt kiválasztani, és arra az olyan értékelő szoftvert megírni, amely a további statisztikai feldolgozásra alkalmas.

A készített termékek állományára általánosan jellemző, hogy törhetők és vághatók is lehetnek. A termékek további jellemzői, hogy azonos minták ismétléseinek állományában is jelentős eltérések lehetnek (részben a technológia során bekövetkező eltérő hatások, részben a minta eredeti szövetszerkezetében és molekuláris összetételében meglevő különbségek miatt). Emellett az állomány időben változó lehet annak következtében, hogy képes nedvességet felvenni vagy leadni tárolás, vizsgálat során is (a külső körülmények függvényében), amely jelentősen befolyásolhatja az állományt is. Ezért meg kellett vizsgálni, hogy valamilyen törés típusú vagy inkább vágási jellegű teszttel lehet-e olyan értékelést végezni, amely az állományra jellemző és a termékek közötti különbségeket is mutató eredményhez vezet. Bármely állományvizsgáló módszer megbízhatóságának és hatékonyságának fő feltételei, hogy lehessen vele megfelelő mintaszámmal dolgozni, másrészt az ismétlések szórása elfogadhatóan alacsony legyen.

A 2.1. és 2.3.2. pontokban ismertetett TA-XTplus berendezéssel végzett állományvizsgálat során először egy törésteszt lehetőségét vizsgáltam tompa élű törőelemmel. A törésteszt eredményei nem csak az adott termékek minőségét tükrözték, hanem a rehidratáltság mértékét is. A mérés elején sorra került almaszirmokra a törés, a végén sorra kerültekre pedig a hajlás volt a jellemző, mivel a minták egy jelentős része csak meghajlott, de nem tört el a felvett nedvesség okozta rugalmasság-növekedés következtében. Így a törésteszt nem bizonyult reprodukálhatónak a mérés során bekövetkezett hidratálódással együtt járó rugalmasság-növekedés miatt.

Másik módszerként a fentiek alapján egy vágásteszt lehetőségét vizsgáltam. Többféle méretű, geometriájú mintát vizsgáltam. A negyedelt almaszeleteken történő egyirányú vágás eredményei között túl nagy szórást tapasztaltam, valószínűleg a kissé eltérő vágáshossz, vastagság, szerkezet miatt, így a vizsgálandó almaminták alakját egységessé tettem. Magozó segítségével piskóta alakú kb. 12mm*3mm méretű próbatesteket vágtam ki az almaszeletekből. A statisztikai elemzés helyességének alapja a megfelelő mintavétel. Mind az adatsereg mennyisége, mind a minősége egyaránt hangsúlyos. Az általam kidolgozott eljárásban minden paraméter-kombinációhoz tartozó termékből 15-15 próbatestet vágtam ki sugárirányban. A mérés során a vágóél vágófelülettől számított távolságát a termékek maximális vastagsága határozta meg. A vágóél mozgási sebességének és a mérési pontok sűrűségének megválasztása tette lehetővé a precíz állománygörbe kirajzolódását, elemzését. A kialakított módszer esetében a mérés indításának feltételeként a minta 1mN erővel történő ellenállását választottam, a deformáció-sebességet 1 mm/sec, a mintavételi sebességet 500 pps értékre állítottam. A vágóél kezdeti pozíciójának beállításához kalibrálásra volt szükség, aminek során úgy állítottam be, hogy a vágófelületre érintett vágóélet a megadott távolságra (5mm) emelte fel. A vágásteszt esetében nem mutatkozott lényeges eltérés az egyes minták állománygörbéiben, ezért ezt a módszert alkalmaztam aszalt alma állományvizsgálatára.

Az állománygörbe jellemzően a 11. ábrán látható alakú. A vágóélnek a mintához történő közelítése során a görbe az $f(x)=0$ értéken állandó, és a mintával történő érintkezéssel kezd el emelkedni. Az érintkezés kezdetén vágás (irreverzibilis deformáció) a mintán nem következik be, az csak rugalmasan (reverzibilisen) deformálódik, ekkor az ellenállás folyamatosan emelkedik. A következő szakaszban akkora erővel nyomja az éles penge, hogy elkezd át vágni a felületet, ekkor a deformáció növekedése ellenére az ellenállás állandó értéket mutat, majd további deformáció (mélyebb vágás) esetén a vágással szembeni ellenállás folyamatosan növekszik, mindaddig, amíg a minta teljes átvágása be nem következik. Az állománygörbén az alakjának megfelelően elvileg számos jellemző érték meghatározható (felület vágása során mérhető erő, átvágás időpontja, stb.), azonban ezek közül több nem minden állománygörbén jelenik meg, mások pedig túl nagy varianciával rendelkeznek, ezért nem alkalmasak az állomány jellemzésére.

A vizsgált termékek előzőek szerint meghatározott állománygörbéinek értelmezéséhez az alábbi három új fogalmat választottam és értelmeztem az alábbiak szerint. Úgy ítélt meg, hogy ezek alkalmasak az aszalt alma állományvizsgálatának értékelésére (11. ábra):

➤ maximális átvágási erő:

A minta teljes átvágásához szükséges erő: az állománygörbe legnagyobb értéke.

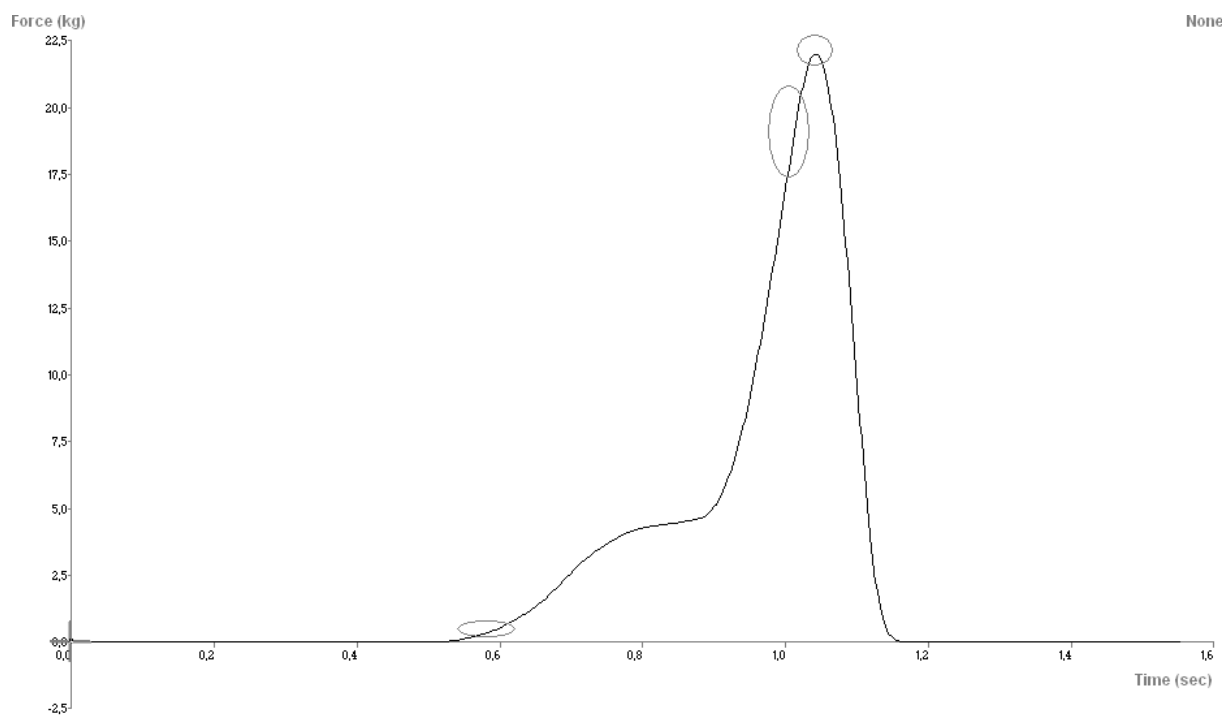
➤ rugalmassági modulus:

A deformáció elején a minta rugalmasan összenyomódik, vágás, azaz irreverzibilis deformáció nem történik. A szárítás folyamán kialakult (vagy éppen ki nem alakult) kéreg átvágása előtt, azaz a felület átvágásáig még a minta rugalmas (reverzibilis) összenyomása során bekövetkező ellenállás a deformáció egységnyi értékére vonatkoztatva tekinthető rugalmassági modulusnak: az állománygörbének abban a szakaszában meghatározható meredekség, ahol még csak reverzibilis változás történik a mintán. Az értékelés folyamán a kéreg vastagságát irodalmi adatok hiányában magam definiáltam az állománygörbe alakja és paraméterei alapján. 200-500 g tartományban a deformáció minden esetben reverzibilis, a görbék folyamatos és egyenletes emelkedést mutatnak, a meredekség jól meghatározható.

➤ deformációs modulus:

A deformációs modulus értékének definiálásánál az állománygörbének a maximumhoz közel eső viszonylag egyenes részét vettem figyelembe, a gradienst a maximális (átvágáshoz szükséges) erő 90 és 95%-a közötti tartományban definiáltam, és számoltam ki. Ebben a tartományban minden esetben már irreverzibilisen változott a minta. Ez a jellemző az aszalt alma állományának vághatóságáról szolgál információval.

A kiválasztott jellemzők meghatározására, számítására a mérőszoftver macro-programozásának lehetőségét használtam fel, amihez először el kellett sajátítani a programozási utasítások használatának módszerét, lehetőségeit.



11. ábra: Általános állománygörbe

Program			[R]	[F]	[?]	[A]	[!]	[C]
Clear Graph Results								
Redraw								
Search Forwards								
Go to Min. Time								
Go to...Force	200	g						
Drop Anchor								
Go to...Force	500	g						
Drop Anchor								
Select Anchor	1	Anch...		X			X	
Select Anchor	2	Anch...		X			X	
Gradient				X				
Go to Abs. +ve Value	Force	Curr...		X				
Mark Value Force				X				
Mark Value Distance				X				
Search Backwards								
Percent of Max...Force	95 %							
Drop Anchor								
Percent of Max...Force	90 %							
Drop Anchor								
Select Anchor	4	Anch...		X			X	
Select Anchor	3	Anch...		X			X	
Gradient				X				

12. ábra: Általam írt macro-program

Az 12. ábra mutatja a megírt és az értékeléshez alkalmazott macro-programot, ami tartalmazza a rugalmassági modulus, a deformációs modulus és a maximális átvágási erő számításához szükséges utasításokat. A macro-t minden állománygörbén lefuttattam, majd összegeztem az eredményeket és konvertáltam egy excel táblázatba. 15 ismétléssel dolgoztam, és ezek értékelésekor az outlier (átlagtól nagyon eltérő, hibásnak feltételezett mérési eredmény) értékeket nem vettem figyelembe, majd a megmaradt adatokból átlagot, szórást, és relatív szórást számoltam, továbbá ezeket az értékeket konvertáltam tovább a Statistica program számára is.

3.2.2. Állományvizsgálat eredményei

Az állomány jellemzésére alkalmasnak látszó jellemzőket, a rugalmassági modulus, deformációs modulus és maximális átvágási erő értékeket a 8. táblázatban foglaltam össze. A rugalmassági modulus esetében viszonylag nagy relatív szórásértékeket kaptam (15-25%-ot), a deformációs modulus és a maximális átvágási erő értékeinél viszont a relatív szórás csupán 1-5% volt.

8. táblázat: Állománygörbe paraméterei (s: szeletvastagság, b: blansírozási idő)

s (mm)	b (min)	cukor	rug. mod. (g/sec)		def.mod. (g/sec)		max.erő (g)	
			átlag	rel.szór.	átlag	rel.szór.	átlag	rel.szór.
3	2	Sz	7,4	26%	66,8	3%	11,9	9%
3	6	Sz	9,2	19%	65,8	5%	13,8	5%
3	10	Sz	17,6	17%	129,8	2%	20,0	2%
6	2	Sz	0,4	30%	13,6	9%	8,5	6%
6	6	Sz	1,5	26%	13,5	15%	8,1	6%
6	10	Sz	11,0	20%	138,2	2%	21,6	2%
9	2	Sz	7,2	3%	119,3	6%	20,0	4%
9	6	Sz	0,4	27%	15,7	3%	7,6	3%
9	10	Sz	7,5	22%	137,5	3%	20,9	3%
3	2	OF	1,4	17%	17,5	3%	29,3	3%
3	6	OF	1,5	20%	16,7	1%	27,7	1%
3	10	OF	10,3	33%	90,4	2%	21,8	1%
6	2	OF	0,5	13%	18,1	1%	30,4	1%
6	6	OF	9,0	26%	125,5	1%	19,4	2%
6	10	OF	9,8	21%	126,2	1%	19,1	3%
9	2	OF	0,4	43%	16,4	1%	27,9	0%
9	6	OF	7,6	17%	126,0	1%	19,2	3%
9	10	OF	0,6	26%	16,5	1%	27,6	2%

A rugalmassági modulus ANOVA táblázatai:

9. táblázat: Főhatás analízis rugalmassági modulusra

FŐHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	1465,346	1	1465,346	53,64196	0,000000
szeletvastagság (mm)	101,144	2	50,572	1,85128	0,172519
blansírozási idő (perc)	289,422	2	144,711	5,29744	0,009938
aszalás hőmérséklete (tálca)	26,004	2	13,002	0,47597	0,625359
cukorkomponens	62,406	1	62,406	2,28451	0,139911
Error	928,784	34	27,317		

A rugalmassági modulusra szignifikáns hatással van a blansírozás ideje (9. táblázat), ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a blansírozási idő növelése növeli a rugalmassági modulus értékét, főleg a 6-10 perces időszakban. Ezt úgy lehet értelmezni, hogy a termék deformációval szembeni ellenállása a több ideig blansírozott almaszelet esetében jobban nő (13. ábra bal diagram).

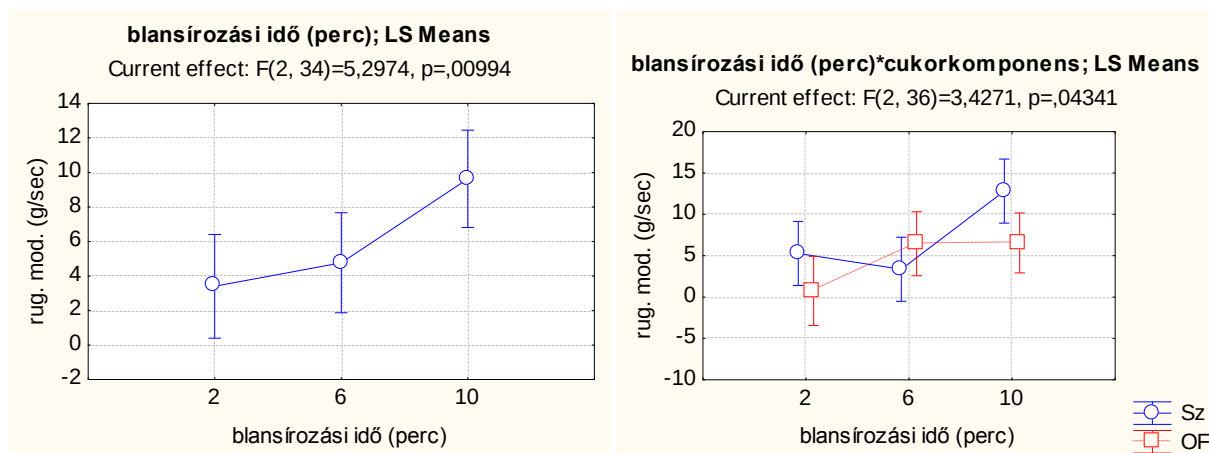
10. táblázat: Kölcsönhatás analízis rugalmassági modulusra

KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	1439,313	1	1439,313	56,44519	0,000000
blansírozási idő (perc)	334,378	2	167,189	6,55661	0,003731
cukorkomponens	68,959	1	68,959	2,70434	0,108781
blansírozási idő (perc)*cukorkomponens	174,778	2	87,389	3,42712	0,043407
Error	917,975	36	25,499		

A kölcsönhatás szignifikáns jellege azt jelenti, hogy a blansírozási idő és a RM közötti pozitív összefüggés eltérő a szacharózzal illetve az oligofruktózzal kezelt termék esetén (10. táblázat). Konkrétan: szacharózos mintánál a 2-6 perces időszakban a blansírozásnak nincs hatása RM értékére, csak 6 perc után a 6-10 perc közötti időszakban van megfigyelhető növekedés RM értékében. Ezzel szemben az OF kezelés esetén a 2-6 perc közötti blansírozás során van inkább emelkedés, míg 6-10 perces időszakban a RM értéke nem változik szignifikánsan (13. ábra jobb diagram).

Az ozmotikum minősége nem szignifikáns hatású a RM értékére, mert az egyes blansírozási időkhöz tartozó értékekben nincs különbség a cukorkomponens függvényében, akárcsak a teljes átlag esetében sem. Csak a változás tendenciájában figyelhető meg az eltérés (kölsönhatás analízis) a kétféle ozmotikum között.

A fenti táblázat alapján kiderül, hogy a blansírozási időre az alkalmazott cukorkomponens is hatással van.



13. ábra: Blansírozási idő főhatása (bal) és kölcsönhatása (jobb)

A rugalmassági modulus tehát a blansírozási idő növelésével nő, viszont míg a szacharózos esetben inkább a hosszú idejű blansírozással tudtam elérni az állomány változását, addig az oligofruktózos minták esetében már a rövid ideig tartó blansírozás is nagyfokú eltérést mutatott a rugalmassági modulus tekintetében.

A deformációs modulus ANOVA táblázata:

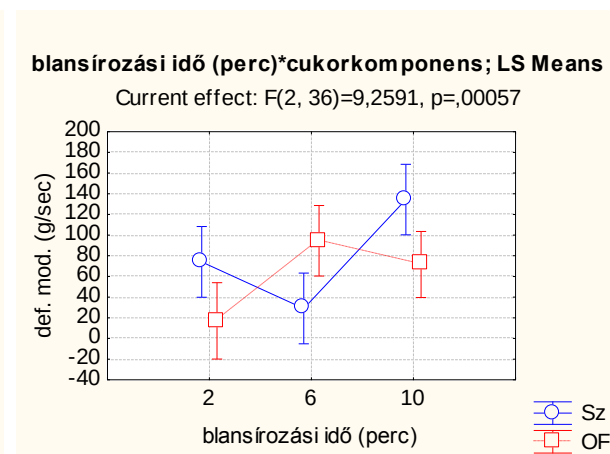
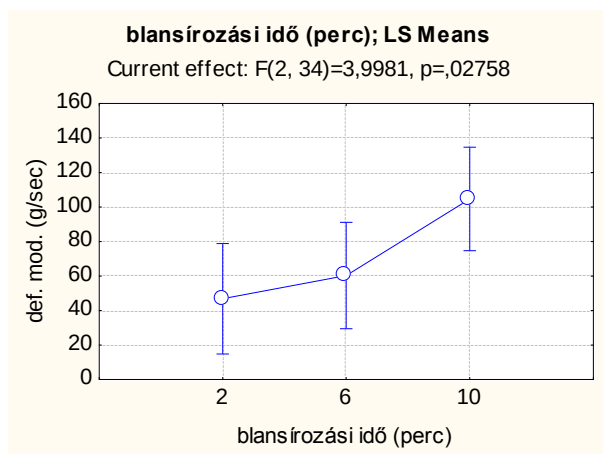
11. táblázat: Főhatás analízis deformációs modulusra

FŐHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	207471,5	1	207471,5	66,98945	0,000000
szeletvastagság (mm)	1238,1	2	619,1	0,19988	0,819783
blansírozási idő (perc)	24764,9	2	12382,4	3,99810	0,027579
aszalási hőmérséklet (tálca)	2467,1	2	1233,6	0,39830	0,674555

12. táblázat: Kölcsönhatás analízis deformációs modulusra

KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	205131,1	1	205131,1	103,2740	0,000000
blansírozási idő (perc)	24811,0	2	12405,5	6,2456	0,004694
cukorkomponens	3425,7	1	3425,7	1,7247	0,197402
blansírozási idő (perc)*cukorkomponens	36782,4	2	18391,2	9,2591	0,000570
Error	71506,1	36	1986,3		

A deformációs modulusra szintén a blansírozási idő gyakorolta a legnagyobb hatást (11. táblázat). A blansírozási idő szignifikáns kölcsönhatása itt is a cukorkomponenssel mutatkozott (12. táblázat). A blansírozási idő növekedésével egyértelműen nőtt a deformációs modulus (14. ábra bal diagram).

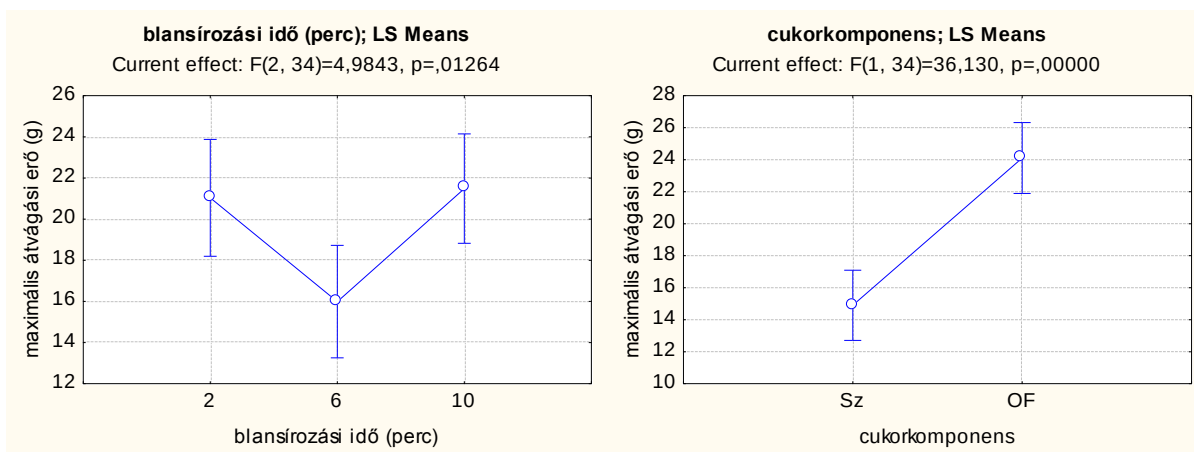


14. ábra: Deformációs modulus főhatás (bal) és kölcsönhatás (jobb) analízise

A rugalmassági modulus esetében részletezett változással megegyező mechanizmus játszódtott le a cukorral való kölcsönhatás vizsgálatakor. Az oligofruktóz és a szacharóz 6 perces blansírozási időnél e különbség itt még jobban megmutatkozott a deformációs modulusok változásában (14. ábra jobb diagram).

A maximális átvágási erő ANOVA táblázata:

A maximális átvágási erőre 95%-os konfidenciaszinten mind a blansírozási idő, mind a cukorkomponens minősége hatást gyakorolt (15. ábra).



15. ábra: A blansírozási idő és a cukor típusának hatása az átvágáshoz szükséges erőre

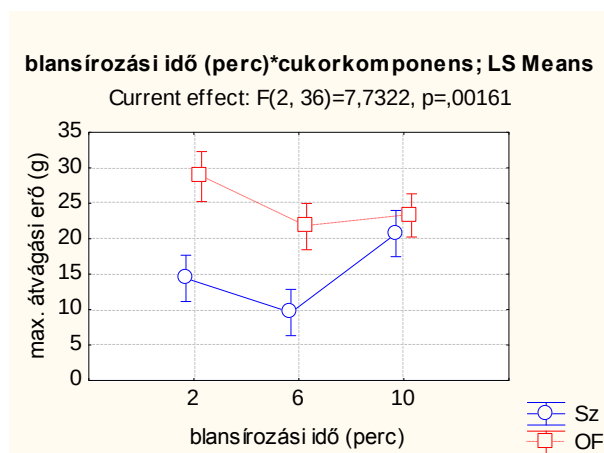
13. táblázat: Főhatás analízis maximális átvágási erőre

FŐHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	15826,58	1	15826,58	649,5096	0,000000
szeletvastagság (mm)	95,59	2	47,79	1,9614	0,156256
blansírozási idő (perc)	242,91	2	121,45	4,9843	0,012639
aszalási hőmérséklet (tálca)	2,36	2	1,18	0,0483	0,952890
cukorkomponens	880,38	1	880,38	36,1301	0,000001
Error	828,48	34	24,37		

A két szignifikáns hatású paraméter közül a cukor típusa sokkal jelentősebb és egyértelmű hatást gyakorol a minta maximális átvágási erejére, mint a blansírozási idő (13. táblázat, 15. ábra).

A főhatás-elemzésben szignifikánsnak talált paraméterek kölcsönhatása is szignifikáns lett (15. ábra). A kölcsönhatás úgy értelmezhető, hogy szacharóz esetében az átvágáshoz szükséges erőt a hőkezelés a 2-6 perces időszakban csökkenti szignifikánsan 30 g értékről 25 g alá, és a további hőkezelés már nem csökkenti ezt tovább. Az OF-os minták esetében azonban ebben az időszakban a keménységet csökkentő hatás nem szignifikáns mértékű, viszont a hosszabb ideig tartó hőkezelés hatására nemcsak állandó nem marad, hanem a

10 g-os értékről 20 g fölé, tehát kb. kétszeresére emelkedik a minták átvágásához szükséges erő (16. ábra). Összességében ez azt jelenti, hogy a blansírozás hatására a szacharózos minták keménysége egy viszonylag magas értékről csökken le 20-25 g értékre, míg az OF-os minták esetében egy alacsony értékről (10-15 g) megemelkedik ugyanarra az értékre (20-25 g).



16. ábra: A blansírozási idő és a cukor minőségének kölcsönhatása az átvágási erőre

14. táblázat: Kölcsönhatás vizsgálat eredménye a maximális átvágási erőre

KÖLCSONHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	15213,30	1	15213,30	279,9164	0,000000
blansírozási idő (perc)	325,89	2	162,95	2,9981	0,063621
aszalási hőmérséklet (tálca)	11,84	2	5,92	0,1089	0,897104
blans. idő (perc)*hóm. (tálca)	48,07	4	12,02	0,2211	0,924729
Error	1793,53	33	54,35		

A blansírozási idő és az aszalási hőmérséklet kölcsönhatását vizsgálva, a blansírozási idő éppen túllépte a 0,05-ös konfidencia-küszöböt (14. táblázat). Ugyanez elmondható a blansírozási idő és a szeletvastagság kölcsönhatására (15. táblázat).

15. táblázat: Kölcsönhatás vizsgálat maximális átvágási erőre

KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	14958,43	1	14958,43	325,6328	0,000000
szeletvastagság (mm)	144,23	2	72,12	1,5699	0,223205
blansírozási idő (perc)	267,88	2	133,94	2,9158	0,068224
szeletvastagság (mm)*blans. idő (perc)	201,25	4	50,31	1,0953	0,375105
Error	1515,90	33	45,94		

16. táblázat: Kölcsönhatás vizsgálat maximális átvágási erőre

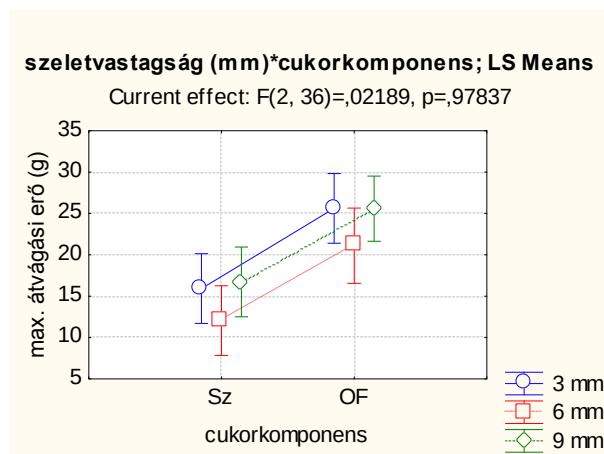
KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	15992,04	1	15992,04	458,8410	0,000000
aszalási hőmérséklet (tálca)	5,28	2	2,64	0,0757	0,927231
cukorkomponens	911,82	1	911,82	26,1617	0,000011
hőm. (tálca)*cukorkomponens	3,82	2	1,91	0,0548	0,946757
Error	1254,71	36	34,85		

A cukorkomponens hatása más paraméterek kölcsönhatásával együtt vizsgálva is szignifikáns maradt (13., 16., 17. táblázat). Ez is azt a már említett állítást igazolja, hogy a cukorkomponens minősége van a legnagyobb hatással a maximális átvágási erőre.

17. táblázat: Kölcsönhatás vizsgálat maximális átvágási erőre

KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	15872,95	1	15872,95	524,6151	0,000000
szeletvastagság (mm)	173,57	2	86,78	2,8682	0,069849
cukorkomponens	883,55	1	883,55	29,2021	0,000004
szeletvastagság (mm)*cukorkomponens	1,32	2	0,66	0,0219	0,978365
Error	1089,23	36	30,26		

A szeletvastagság hatása a cukorkomponenssel együtt vizsgálva már majdnem szignifikánsnak mutatkozik, de éppen nem éri el a 0,05-ös kritikus értéket (17. ábra).



17. ábra: A szeletvastagság és a cukor minőségének kölcsönhatása az átvágási erőre

3.3. Nedvességtartalom

A szacharózos minták nedvességtartalmát az oligofruktózzal dúsítottakkal összevetve a szacharózos minták jobban kiszáradtak (18. táblázat). Az oligofruktóz minták a száradás során kevesebb vizet engedtek távozni, esetleg elképzelhető, hogy a jól záródó dobozban történő tárolás ellenére észrevehető mértékben visszanedvesedtek. Mindkét lehetőség azt mutatja, hogy az oligofruktóz tartalmú termék nagyobb mértékben nedvsszívó tulajdonságú, amit csomagolás, tárolás, raktározás, szállítás során feltétlenül figyelembe kell venni.

18. táblázat: Minták nedvességtartalma

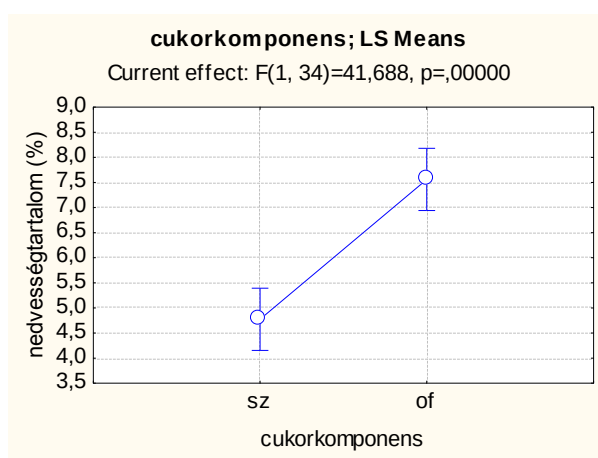
s (mm)	b (min)	nedv.tart. Sz (%)	nedv.tart. OF (%)
3	2	5,90	7,35
3	6	3,73	9,07
3	10	3,78	8,16
6	2	5,33	7,19
6	6	4,04	6,26
6	10	4,77	7,05
9	2	3,49	7,26
9	6	6,31	6,61
9	10	7,15	9,62

Nedvességtartalom ANOVA-táblázatai:

A statisztikai értékelés alapján a minták nedvességtartalma csak az alkalmazott cukorkomponens minőségétől függ (95%-os konfidenciaszinten) (19. táblázat).

19. táblázat: Főhatás analízis nedvességtartalomra

FŐHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	1597,537	1	1597,537	817,6109	0,000000
szeletvastagság (mm)	9,632	2	4,816	2,4647	0,100097
blansírozási idő (perc)	3,301	2	1,651	0,8448	0,438478
aszalási hőmérséklet (tálca)	10,866	2	5,433	2,7806	0,076134
cukorkomponens	81,454	1	81,454	41,6879	0,000000
Error	66,433	34	1,954		



18. ábra: Cukorkomponens és aszalási hőmérséklet hatása a nedvességtartalomra

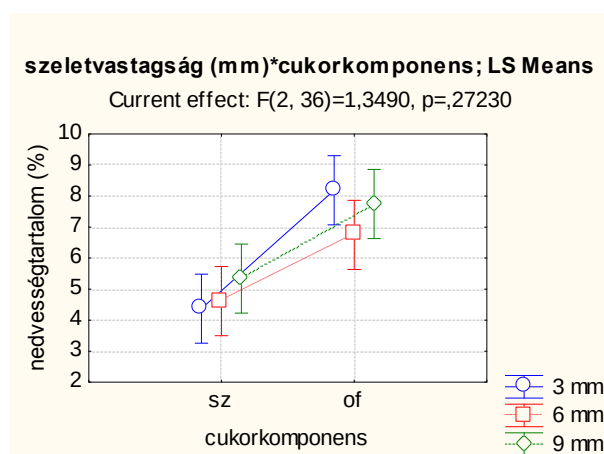
Az eltérő cukortartalmú minták egyensúlyi nedvességtartalma jól láthatóan eltér egymástól, mivel a két szórástartomány között több, mint 1% nedvességtartalombeli különbség mutatkozott (18. ábra).

20. táblázat: A blansírozási idő és cukorkomponens kölcsönhatás vizsgálat eredményei nedvességtartalom értékekben

KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	1597,537	1	1597,537	706,4675	0,000000
blansírozási idő (perc)	4,764	2	2,382	1,0533	0,359278
cukorkomponens	81,454	1	81,454	36,0210	0,000001
blansírozási idő (perc)*cukorkomponens	1,059	2	0,529	0,2341	0,792492
Error	81,407	36	2,261		

21. táblázat: A szeletvastagság és cukorkomponens kölcsönhatás vizsgálat eredménye nedvességtartalom értékekben

KÖLCSÖNHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	1597,537	1	1597,537	756,0233	0,000000
szeletvastagság (mm)	5,457	2	2,729	1,2913	0,287332
cukorkomponens	81,454	1	81,454	38,5477	0,000000
szeletvastagság (mm)*cukorkomponens	5,701	2	2,851	1,3490	0,272301
Error	76,071	36	2,113		



19. ábra: Szeletvastagság és cukorkomponens kölcsönhatása nedvességtartalomra

A nedvességtartalmat 95%-os konfidenciaszinten csak a cukorkomponens típusa befolyásolja, mivel más független változóval nem mutat kölcsönhatást (19., 20. és 21. táblázat). Nincsen különbség a különböző szeletvastagságú minták nedvességtartalmában (mind szacharózos, mind oligofruktózos esetben) a szeletvastagságtól függetlenül csak a cukortípustól függő külön tartományba esik (19. ábra).

3.4. Cukorösszetétel

A folyadékkromatográfia eredményei igazolják, hogy az ozmotikus dehidratálás hatására került a mintába oligofruktóz. (A 22. táblázat %-os adatai tömegszázalékban értendők.)

22. táblázat: Oligofruktózt tartalmazó minták cukorösszetétele

s (mm)	b (min)	összes OF (%)	komp %				
			trimer	tetramer	pentamer	hexamer	heptamer
3	2	7,76	2,63	2,44	1,59	0,80	0,30
3	6	15,33	5,19	4,83	2,85	1,90	0,57
3	10	9,91	3,35	3,12	1,91	1,08	0,45
6	2	10,82	3,67	3,41	1,93	1,25	0,58
6	6	12,96	4,39	4,08	2,49	1,39	0,62
6	10	12,47	4,22	3,93	2,25	1,32	0,75
9	2	11,38	3,86	3,59	2,13	1,06	0,75
9	6	12,47	4,22	3,93	2,15	1,38	0,79
9	10	11,46	3,88	3,61	1,99	1,39	0,59

A cukorösszetétel ANOVA-táblázata:

23. táblázat: Főhatás analízis cukorösszetételre

FŐHATÁS analízis	SS	D.F.	MS	F	p
Intercept	2597,503	1	2597,503	133,2204	0,000000
szeletvastagság (mm)	5,598	2	2,799	0,1436	0,867630
blansírozási idő (perc)	44,161	2	22,080	1,1325	0,352062
aszalási hőmérséklet (tálca)	5,699	2	2,850	0,1462	0,865426
Error	253,471	13	19,498		

A kapott termékek oligofruktóz tartalma olyannyira változó, hogy főhatásként egyik változtatott paraméter sem szignifikáns hatású (23. táblázat). Az alkalmazott eltérő körülményektől a felvett OF mennyisége nem függ jelentős mértékben, a különböző mintáknál általában 8-15 % között van, ami azt jelenti, hogy az eredeti cukortartalmat mintegy kétszeresére növelte az OD alkalmazása, és az összes cukortartalomnak ezzel mintegy a fele oligofruktóz lett.

3.5. Érzékszervi vizsgálat

Az érzékszervi vizsgálatoknak több célja is volt. Egyrészt információt gyűjtöttem arról, hogy a fogyasztóknak milyen elvárásai vannak egy aszalt-szárított almaszirommal szemben, másrészt arra vonatkozott a vizsgálat, hogy megkülönböztethetők-e a különböző eljárással készült termékek.

A termékkel szembeni elvárásokat hasonlóan definiálták a vizsgálatot végző bírálók. Mindannyian az alma természetes édes-savanykás ízét szerették volna érezni a terméken kismértékű édesítéssel. Külső megjelenés tekintetében a fő szempont az egységes szín volt, ami lehetőleg mentes a barna foltoktól. Az állomány tekintetében két csoportra oszlottak a vélemények: legtöbben a roppanóságot említették meg elvárásként, de néhányan inkább a puha terméket helyezték előtérbe. Bírálóim véleménye megegyezett abban a tekintetben, hogy a könnyen rágható szeleteket találták megfelelőnek.

A 10 bíráló által adott pontszámok alapján az alábbi relatív szórásértékeket határoztam meg. A 24. táblázatban látható, hogy általában 20-25%-ban tért el a bírálók véleménye, ez alól kivételt képeznek az állománnyal kapcsolatos kérdések, ahol a vélemények jobban megoszlottak.

24. táblázat: Bírálati pontszámok relatív szórása

minta	3mm 10perc	3mm 2perc	3mm 2perc	9mm 2perc	átlag
elvárt állomány	58%	35%	43%	25%	40%
elvárt íz	35%	16%	18%	25%	24%
elvárt szín	29%	12%	19%	31%	23%
kellemes ízű	44%	14%	17%	22%	24%
mennyire édes	26%	20%	20%	23%	22%
mennyire roppanós	53%	52%	67%	51%	56%

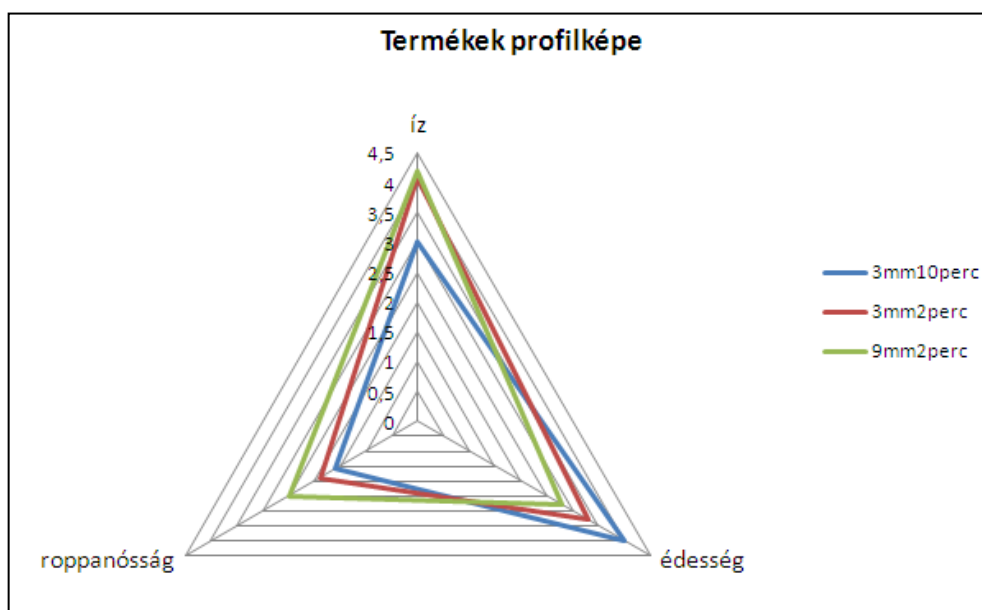
Az első három kérdésre adott válaszokból számolt súlyozott összpontszámok alapján a 3mm-re szeletelt 2 percig blansírozott almát tekintették íz, szín, illetve állomány tekintetében az elvárthoz legközelebb állónak. A 25. és 26. táblázatokban a 3-3 jellemző átlagát illetve szórását számoltam ki az egyes mintákra. A 25. táblázatnál ez tekinthető összpontszámnak, mivel a maximálisan jó termékre adható pontszám az 5 pont volt.

25. táblázat: Minősítés

minta	3mm 10perc	3mm 2perc	9mm 2perc
elvárt állomány	2,8	3,2	3,3
elvárt íz	3,2	4,3	4,2
elvárt szín	3,3	4,4	3,7
összpontszám	3,03	3,82	3,75
szórás	0,3	0,7	0,5

26. táblázat: Profilanalízis

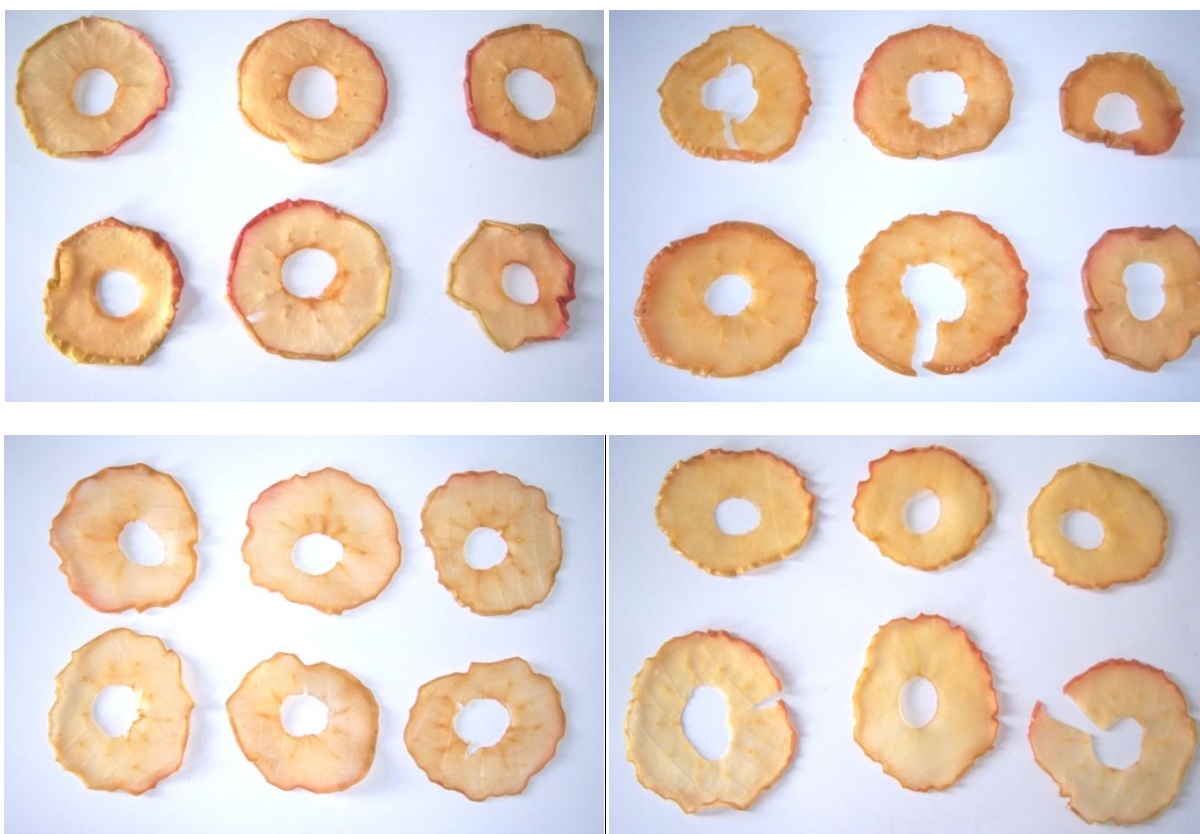
minta	3mm10perc	3mm2perc	9mm2perc
íz	3	4,1	4,2
édesség	4	3,3	2,8
roppanósság	1,6	1,9	2,5
átlag	2,9	3,1	3,2
szórás	1,2	1,1	0,9



20. ábra: Vizsgált termékek profilképe

A 26. táblázatban a pontszámok egy profilanalízisnek felelnek meg, amit a 20. ábra szemléltet. Az átlagos pontszám a 3 pont volt, és az ettől való eltérés mértékét jelenti az ennél kisebb, illetve nagyobb pontszám. Ez alapján íz szempontjából mindegyik alma jobb volt, mint az elvárt átlag, a vártnál kicsit kevésbé voltak roppanósak, illetve összességében a 9mm2perc beállítással készített alma nyerte el legjobban a bírálók tetszését.

A hármes-próba eredménye az, hogy az 10 bíráló közül 8 fő helyesen állapította meg, hogy melyik két minta azonos. Ahhoz, hogy a két minta közötti eltérést szignifikánsnak lehessen tekinteni, legalább 7 (6,23) bírálónak kellett helyesen válaszolni, ami azt jelenti, hogy a vizsgált kétféle cukrozású termék között a bírálók véleménye alapján jelentős (szignifikáns) az eltérés. A bírálók 80%-a különbséget tudott tenni, hogy oligofruktózos vagy szacharózos mintát kóstol-e. A 8 helyes választ adó bíráló közül 3 a szacharózt, 5 az oligofruktózt jelölte meg jobbnak, tehát kb. 60%-nak az oligofruktózzal készített almaszirmok ízlettek jobban. A próbához felhasznált almaszirmokat a 21. ábra mutatja.



21. ábra: Azonos paraméter-beállításokkal készített szacharózos (bal) illetve oligofruktózos (jobb) almaszirmok

4. Eredményekből levont következtetések

A statisztika-programban végrehajtottam egy korrelációs értékelést a függő változók között, majd az eredményeket 3d-s ábrán szemléltettem.

27. táblázat: Szárítási sebesség függvény görbeparamétereinek korreláció-vizsgálata

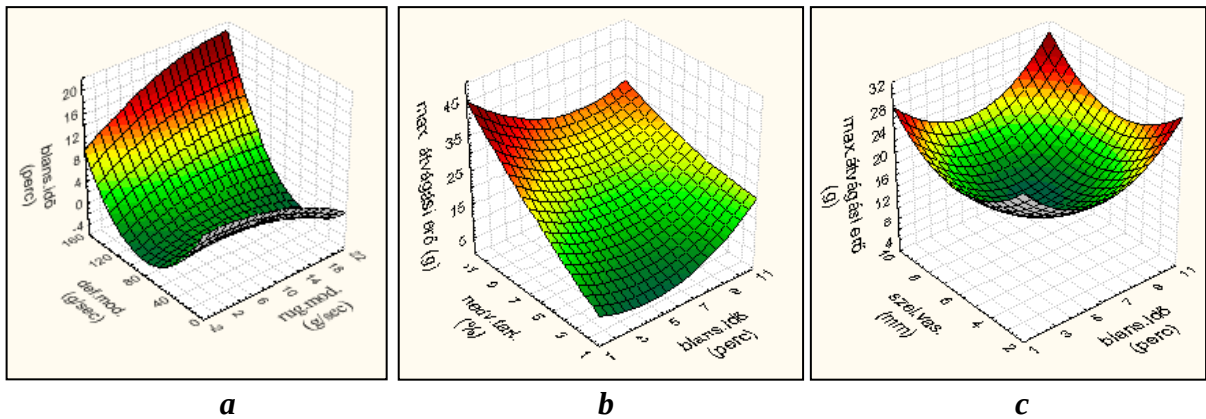
	a	b	c
a	1,000000	-0,972199	0,977395
b	-0,972199	1,000000	-0,943084
c	0,977395	-0,943084	1,000000

A szárítási sebesség görbeparaméterek korrelációs táblázatán a korrelációs cellákat tekintve szoros korreláció figyelhető meg, ami nem meglepő, hiszen egy-egy görbe egyenletében szereplő együtthatók kapcsolatát írják le. A piros szín itt is a szignifikanciát hivatott hangsúlyozni. A 'b' paraméter mind az 'a', mind a 'c' paraméterrel fordítottan korrelál (27. táblázat).

28. táblázat: Nedvességtartalom és az állománygörbe korrelációjának vizsgálata

	nedv.tart. (%)	rug.mod. (g/sec)	def.mod. (g/sec)	max.vág.erő (g)
nedv.tart.	1,000	-0,2338	-0,2000	0,6045
rug.mod.	-0,233	1,0000	0,8618	0,0156
def.mod.	-0,200	0,8618	1,0000	0,0530
max.vág.erő	0,604	0,0156	0,0530	1,0000

A nedvességtartalom és az állománygörbe paramétereinek összefüggését vizsgálva egy igen gyengének tűnő, ám mégis szignifikáns korrelációt állapítottam meg a nedvességtartalom és a maximális átvágási erő között. Tekintetbe véve azonban a minták jellegét és az ehhez képest viszonylag kis mintaszámot, ez a korreláció ilyen mérések esetében igen magasnak tekinthető. A rugalmassági modulus és a deformációs modulus közötti pozitív korreláció erősebb, mint a nedvességtartalom-átvágási erő közötti korreláció, ami érthető, ha tekintetbe vesszük, hogy mindkét paraméter a minták állományjellemzője (28. táblázat).



22. ábra: A rugalmassági modulus, a deformációs modulus és a blansírozási idő összefüggése (a), a blansírozási idő, a szeletvastagság és az átvágáshoz szükséges erő összefüggése (b), a blansírozási idő, nedvességtartalom és az átvágáshoz szükséges erő összefüggése (c),

A 22. ábra 'a' diagramján látható görbült felület mutatja, hogy a blansírozási idő a deformációs modulusra nagyobb hatást gyakorol, mint a rugalmassági modulusra, de mindkettő nőtt a blansírozási idő növekedésével.

A maximális átvágási erő a blansírozási idő növelésével nő. A közel lineáris felület mutatja ezt a főhatást, a kevés görbület pedig a nedvességtartalommal való korrelációt. Minél kisebb a nedvességtartalom, annál kisebb az átvágáshoz szükséges erő, azaz puhább, vághatóbb, rághatóbb a termék, és ez a hatás erőteljesebb az alacsony blansírozási idővel készített termékeknél (22. ábra 'b' diagram).

A szeletvastagság és a blansírozás időtartamának maximális átvágási erőre gyakorolt hatása látható a 'c' ábrán. A felület mind a két tengely mentén görbül, csak a szeletvastagságnál kisebb minimumot mutat a függvény, mint a blansírozás időtartama esetében. Összességében az állapítható meg, hogy a közepes szeletvastagságnál és blansírozási időnél lehet a legpuhább terméket előállítani (22. ábra 'c' diagram).

IV. Összefoglalás

A korszerű és egészségtudatos táplálkozás egyik lehetséges jövőbeni alapját a frukto-oligoszacharid család képezi. A gyümölcsök szárítási műveletei lehetőséget teremtenek a funkcionális komponenssel való dúsításra, így munkám során frukto-oligoszacharidokat juttattam be diffúzióval az alma gyümölcsmátrixába. A funkcionális élelmiszerekkel, ezen belül a pre-, pro- és szinbiotikumokkal kapcsolatban jelentős kutatások folynak, számtalan publikáció foglalkozik táplálkozás-élettani és orvosi-élettani hatásaival, előfordulásával és felhasználási lehetőségeivel, korlátaival. Munkám célja oligofruktózzal dúsított almaszirmok előállítási technológiáján belül a funkcionális komponens bevitelének műveleti optimalizálása, komparatív vizsgálata szacharózzal előkezelt almaszirmokkal. A termék-előállítás során háromfaktoros kompozíciós kísérleti tervben a szeletvastagság, a hőkezelés ideje és a felhasznált cukorkomponens a változtatott paraméterek, az aszalási hőmérséklet állandó értéke mellett. Az aszalt alma egyik legfontosabb minőségi jellemzője az állománya, amelynek vizsgálatára vonatkozóan nincsen validált vagy széles körben elterjedt módszer, ezért végeztem módszerfejlesztést. Definiáltam három fogalmat: maximális átvágási erőt, deformációs modulust és a rugalmassági modulust speciálisan aszalt termékekre vonatkoztatva. A kidolgozott mérési-értékelési eljárás alkalmasnak bizonyult az eltérő paraméterekkel előállított minták közötti különbségek és hasonlóságok statisztikai értékelésére. A blansírozás ideje szignifikáns hatást gyakorolt a rugalmassági modulusra és a deformációs modulusra. A szacharóz esetében inkább a hosszabb idejű hőkezelés okozott állománybeli változást, míg az oligofruktóz minták esetében már a rövid ideig tartó is. Az almaszövet átvágásához szükséges erőre az állománygörbe más jellemzőivel szemben nem a blansírozási idő, hanem a cukorkomponens minősége hatott leginkább. A nedvességtartalmat csak a cukorkomponens típusa befolyásolta, az oligofruktóz nagyobb vízkötő-képessége magasabb végső egyensúlyi nedvességtartalmat eredményezett. Az állománymérés módszerének kidolgozása mellett legfontosabb általános eredménynek tekinthető, hogy az oligofruktózzal történő dúsítással is előállítható jó minőségű termék és az előállítás nem igényel jelentős változtatást a műveleti paraméterek beállításában, ami a gyártó számára lehetőséget teremt a termék bevezetéséhez az egészséges táplálkozás felé mutató piacokon.

V. Irodalomjegyzék

Boudhrioua, N., Michon, C., Cuvelier, G., Bonazzi C. (2002); Influence of ripeness and air temperature on changes in banana texture during drying. *Journal of Food Engineering*, **55**, 115–121

Courtin, C.M., Swennen, K., Verjans, P., Delcour, J.A. (2009); Heat and pH stability of prebiotic arabinoxylooligosaccharides, xylooligosaccharides and fructooligosaccharides. *Food Chemistry*, **112**, 831-837.

Dermesonlouoglou, E.K., Pourgouri, S., Taoukis, P., (2008); Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **9**, 542-549

de Vrese, M., Schrezenmeir, J. (2008); Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics, *Advances in Biochemical Engineering*, **111**, 1-66

Kemény S. (2004); Statisztikai elemzés a STATISTICA programmal (Jegyzet, BME)

Knorr, D., Stute, R., Eshtiagi, M.N., Boguslawski, S. (1996); High-pressure treatment of vegetables. *Process Technology Proceedings*, **12**, 271-276

Levi, A., Ben-Shalom, N., Plat, D., Reid S.D. (1988); Effect of Blanching and Drying on Pectin Constituents and Related Characteristics of Dehydrated Peaches. *Journal of Food Science*, **53**, 4-9

L'homme, C., Puigserver, A., Biagini A. (2003); Effect of food-processing on the degradation of fructooligosaccharides in fruit. *Food Chemistry*, **82**, 533-537

Mandala, I.G., Anagnostaras, E.F., Olikonomou C.K. (2004) Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, **69**, 307–316

Matusek, A., Czukor, B., Merész, P. (2008); Comparison of sucrose and fructooligosaccharides as osmotic agents in apple. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **9**, 365-373

Matusek, A., Merész, P., Le, T.K.D., Örsi, F. (2009); Effect of temperature and pH on the degradation of fructo-oligosaccharides. *European Food Research and Technology*, **228**, 355-365

Merész P. (2010); Membrántranszport-folyamatok (Jegyzet, BME)

Meyer, D., Stasse-Wolthuis, M. (2009); The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. *European Journal of Clinical Nutrition*, **63**, 1277-1289

Park, K.J., Bin, A., Pedro F., Brod, R. (2002); Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering* **56**, 97–103

Polgár, M. (2003); A probiotikumok és prebiotikumok hatása a bélflóra kialakulásában. *Hippocrates családi orvosi és foglalkozás-egészségügyi folyóirat*, **5**: 120

Quemener, B., Thibault, J.F., Coussement, P. (1994); Determination of Inulin and Oligofructose in Food Products, and Integration in the AOAC Method for Measurement of Total Dietary Fibre. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **27**, 125-132

Roberfroid, B., (2000); Chicory fructooligosaccharides and the gastrointestinal tract. *Nutrition*, **16**, 677-679

Sabater-Molina, M., Larque, E., Torrella, F., Zamora, S. (2009); Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *Journal of Physiology and Biochemistry*, **65**, 315-328

Salazar, P., Garcia, M.L., Selgas, M.D. (2009); Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry fermented sausages with different fat levels. *International Journal of Food Science and Technology*, **44**, 1100-1107

Szenes, E. ; Oláh, M. (1991); Konzervipari kézikönyv, (Mezőgazdasági Kiadó, Budapest), 217-226

Uyen, N.A.N. (2006); Nyersanyag tulajdonságai és kezelési módszerek hatása az alma diffúziós tulajdonságaira (Diplomamunka, BME)

Varga J. (1999); Élelmiszeripari műveletek I. (Jegyzet, BME)

Xu, Q., Chao, Y., Wang, Q. (2009); Health benefit application of functional oligosaccharides. *Carbohydrate Polymers*, **77**, 435–441

Yeo, S.K., Ooi, L.G., Lim, T.J., Liong, M.T. (2009); Antihypertensive Properties of Plant-Based Prebiotics, *International Journal of Molecular Sciences*, **10**, 3517-3530

http://www.tu-berlin.de/fb15/institute/lmt1/dahlem/html/body_p2.html (2002.09.27.)

<http://www.oeti.hu> (2010.04.25.)

<http://www.orafti.com> (2010.04.25.)