



Élelmiszertudományi Kar

Konzervtechnológiai Tanszék

Xilo-oligoszacharid, egy új élelmiszer összetevő funkcionális tulajdonságai

OTDK dolgozat

Penksza Péter

II. évf. MSc hallgató

Témavezető:

Dr. Juhász Réka

egyetemi adjunktus

Budapest

2014.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1. Nem emészthető oligoszacharidok	4
2.1.1. Inulin és a frukto-oligoszacharidok (FOS).....	8
2.1.2. A xilo-oligoszacharidok (XOS)	8
2.2. Reológiai módszerek áttekintése	11
2.2.1. Rotációs módszerek	13
2.2.2. Oszcillációs módszerek.....	13
2.3. Gyümölcszelék.....	15
3. Célkitűzés.....	17
4. Anyag és módszer	18
4.1. Kutatások helyszíne.....	18
4.2. A kutatás során felhasznált anyagok	18
4.3. A kutatások menete	18
4.4. Vizsgálati módszerek.....	19
4.4.1. Alapvizsgálatok.....	19
4.4.2. Reológiai vizsgálatok.....	19
4.5. Gyümölcstermék előállítás	22
4.6. Érzékszervi vizsgálat	22
4.7. Statisztikai értékelés	22
5. Eredmények és értékelés	23
5.1. Alapvizsgálatok	23
5.2. Az XOS és az FOS reológiai tulajdonságai.....	26
5.3. Az XOS oldatok viszkozitásának koncentráció függése	28
5.4. Szinergens állománykialakító hatás vizsgálata.....	32
5.5. Hőmérsékletfüggés	37
5.6. Érzékszervi vizsgálat	38
6. Összefoglalás.....	41
7. Irodalomjegyzék.....	42
8. Melléklet.....	47

1. Bevezetés

Az élelmiszeriparban egyre nagyobb a törekvés olyan funkcionális élelmiszerek előállítására, melyek hozzáadott rostokat tartalmaznak olyan mennyiségben, hogy az a hagyományos élelmiszerek ízétől, illatától és állományától jelentősen ne térjen el. Étkezési vagy diétás rostnak nevezzük azokat a növényi eredetű, oldható vagy oldhatatlan szénhidrátokat, amelyek a szervezet enzimeit nem képesek bontani.

Táplálkozás élettani szempontból a rostok szerepe az, hogy abszorbeálják a vizet, az ionos komponenseket és egyes anyagcsere termékeket (pl. epesavak) az emésztés során; egyenletessé teszik a felszívódási folyamatot, csökkentik az emésztendő komponensek tranzit idejét a bélcsatornában. Bizonyos rostok a bélflóra hasznos baktériumainak (probiotikumok) a szaporodását elősegítik, ezért prebiotikumoknak tekinthetők (Gibson és Roberfroid 1995).

A diétás rostok közé sorolhatjuk a cellulózt, lignint, hemicellulózt, pektint, növényi gumikat és nyálkákat, melyek poliszacharidok, illetve néhány kisebb polimerizációfokú szénhidrátot, melyeket összefoglaló néven nem emészthető oligoszacharidoknak (non digestible oligosaccharides, NDO) nevezünk. Az NDO-k közül egyre több Európában, illetve Magyarországon is jól ismert, mint például az inulin hidrolízisével előállítható frukto-oligoszacharidok (FOS), vagy a keményítő részleges hidrolízisével előállítható izomalto-oligoszacharidok (IMO).

A növényi melléktermékekben (bagassz, kukoricacsutka) található lignocellulózok egyik összetevője a xilán, melynek hidrolízisével előállítható xilo-oligoszacharidok (XOS) szintén az NDO-k közé tartoznak. Az XOS Magyarországon és Európában még nem ismert új élelmiszer összetevő, melynek engedélyeztetése folyamatban van, és amelynek alkalmazása a Távol-Keleten (Japán, Korea, Kína) két évtizedes múltra tekint vissza. Az XOS-t főleg étrendkiegészítőkben, funkcionális élelmiszerekben, illetve szinbiotikus - pro- és prebiotikumokat is tartalmazó - tejtermékekben alkalmazzák. Kevésbé ismert azonban, hogy gyümölcstermékekben (zselék, lekvárok, édesipari töltelékek stb.) milyen módon alkalmazható.

TDK munkám a gyümölcsalapú élelmiszeripari termékek fejlesztését megalapozó mérésekre irányul, ezért azt vizsgálom, hogy az XOS milyen alapvető technológiai funkciókkal rendelkezik, különös tekintettel reológiai tulajdonságaira, továbbá egy gyümölcszselé terméken keresztül az érzékszervi jellemzőkre gyakorolt hatását is vizsgálom.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Nem emészthető oligoszacharidok

A szénvegyületek azon csoportját, amelynek jellemző összegképlete $C_n(H_2O)_m$ szénhidrátoknak nevezzük. A név eredete onnan származik, hogy az összegképlet alapján azt feltételezték, hogy ezek az anyagok a szén vízzel alkotott vegyületei, vagyis a szén „hidrátjai”. A természetben a legelterjedtebb szerves vegyületek, valamennyi élő sejtben megtalálhatóak részben, mint energiaszolgáltatók, részben pedig kiinduló anyagokként szolgálnak más szerves vegyületek felépítéséhez. A szénhidrátokat polimerizációfok alapján lehet osztályozni. Ennek alapján monoszacharidokat vagy egyszerű cukrokat, oligoszacharidokat, és poliszacharidokat különböztetünk meg (Gasztonyi 1979). A jelen kutatás középpontjában az oligoszacharidok találhatók, ezért ezen vegyületeket fogom részletesebben tárgyalni.

A monoszacharidok vagy más néven egyszerű cukrok szobahőmérsékleten kristályos formában jelennek meg, vízben oldhatóak, kémiaiilag tiszta állapotban fehérek. Többségük édes ízérzetet ad. A monoszacharidok kémiaiilag poli-hidroxi-oxovegyületek, melyek polialkoholoknak tekinthetőek, mert alkoholos hidroxil csoportokat tartalmaznak. Csoportosításuk a szerint történik, hogy mennyi szénatom alkotja a láncot. Ez alapján megkülönböztetünk triózokat(3), tetrózokat(4), pentózokat(5), hexozókat(6) és heptózokat(7), melyek közül legnagyobb számban a hexozók és a pentózok fordulnak elő. Ezek cukoregységeknek tekinthetők, mivel hidrolízissel további kisebb molekulájú szénhidrátokra már nem bonthatók. Továbbá az oxigén kötési módja alapján aldehid- vagy keto- csoporttal rendelkező a molekulákat - aldózokat és ketózokat - különböztetünk meg. Az egyszerű cukrok nyitott vagy gyűrűs formában is előfordulhatnak. Vizes oldatban mindkét forma egyensúlyban van egymással, viszont kristályos állapotban energetikai stabilitás miatt mindig gyűrűs formában fordulnak elő. Példa a legjelentősebb monoszacharidokra, a szénatom számmal feltüntetve: gliceraldehid(3), dihidroxi-aceton(3), eritróz(4), ribóz(5), xilóz(5), arabinóz(5), glükóz(6), fruktóz(6), mannóz(6), szorbóz(6), heptulóz(7).

A poliszacharidok nagyszámú monoszacharid egységből álló összetett vegyületek. Ezek a molekulák egyenes vagy csavarodó, elágazó vagy elágazódás nélküli molekulaláncként fordulnak elő. Legnagyobb hányadban azonos monoszacharidokból épülnek fel. Tulajdonságaikat is nagyban ezek az alkotóelemek határozzák meg, továbbá az,

hogy a láncok hány egységből állnak, milyen módon kapcsolódnak a molekulák, vagyis hogy melyik szénatomok között alakul ki éterkötés. Hidrolízissel oligoszacharidokra, illetve monoszacharid egységekre bonthatóak. Porszerű megjelenésűek, vízben vagy csak kolloidálisan vagy egyáltalán nem oldhatóak. Nem édesek. A természetben a növények vázanyagaként és tartalék tápanyagként fordulnak elő leginkább. Legnagyobb mennyiségben előforduló poliszacharidok: cellulóz, keményítő, glikogén, pektin, inulin (Salgó 2001).

Az oligoszacharidok 2-10 közötti - egyes irodalmak szerint 2-19 - monoszacharid egységből épülnek fel. Ezek alapján azt lehet mondani, hogy az alacsony polimerázíófokkal rendelkező molekulák tartoznak ebbe a besorolási csoportba. A monoszacharidokból egy-egy molekula víz kilépésével keletkeznek, hidrolízissel egyszerű cukrokra bonthatóak. Szobahőmérsékleten kristályosak, vízben jól oldódnak, kémiaailag tiszta állapotban fehér színűek (Voragen 1998).

Táplálkozásélettani szempontból megkülönböztethetünk emészthető és nem emészthető oligoszacharidokat. A nem emészthető oligoszacharidok esetén a monoszacharidok kiralitás központjai olyan konfigurációban helyezkednek el vagy olyan kötéssel rendelkeznek, amelyeket az emberi emésztő enzimek nem képesek bontani (Roberfroid és Slavin 2000). A nem emészthető oligoszacharidok (innenről: NDO=non digestible oligosaccharide) elősegítik az emberi tápcsatornában található bélflóra pozitív irányba történő fejlődését, emiatt prebiotikumnak tekinthetőek. Sako et al. (1999) megállapítása alapján a kereskedelmi forgalomban kapható prebiotikus NDO-k 13 csoportba sorolhatók (1. táblázat).

1. táblázat: Nem emészthető oligoszacharidok (Gu=glükóz, Fr= fruktóz, Ga= galaktóz, Xy=xilóz) Sako et al. (1999) nyomán

Elnevezés	rövidítés	Molekulaszerkezet
Ciklodextrinek		(Gu) _n
Frukto-oligoszacharidok	FOS	(Fr) _n -Gu
Galakto-oligoszacharidok	GOS	(Ga) _n -Gu
Gentio-oligoszacharidok		(Gu) _n
Glycosylsucrose		(Gu) _n -Fr
Isomalto-oligoszacharidok	IMO	(Gu) _n
Izomaltóz (palatinóz)		(Gu-Fr) _n
Lactosucrose		Ga-Gu-Fr
Laktóz		Ga-Fr
Malto-oligoszacharidok	MOS	(Gu) _n
Raffinóz		Ga-Gu-Fr
Szójabab oligoszacharidok	SBO	(Ga) _n -Gu-Fr
Xilo-oligoszacharidok	XOS	(Xy) _n

A kémiai tulajdonságokat befolyásolja a molekulalánc hossza, az alkotó monoszacharidok elrendeződése és az elágazások száma. Az NDO-kat egy, kettő vagy akár három eltérő egyszerű cukor is alkothatja.

Ezek a funkcionális oligoszacharidok igen elterjedtek, a környezetünkben fellelhetők hétköznapi élelmiszerekben. Megtalálhatóak különböző koncentrációban például: a tejben, mézben, szójababban, cukornád szirupban, gyümölcsökben, zöldségekben, például a hagymában, articsókában, fokhagymában, cikóriában, csicsókában, banánban, paradicsomban és a gabonafélékben (Mussatto és Mancilha 2007).

A nem emészthető oligoszacharidok sokrétű kedvező fizikai tulajdonságaik miatt az élelmiszeripar több területén sikeresen felhasználhatóak. Jellemzően édes ízérzetet adók, édesítőerejük 0,3-0,6 a szacharózhoz viszonyítva. Ez a hatás nagyban függ attól, hogy az adott molekula szénlánc hány elemből áll, továbbá, hogy milyen tisztaságban alkalmazzák, mert a hatást nagyban befolyásolhatja az alacsonyabb szénláncú változatok jelenléte. Az NDO-k kedvező tulajdonsága, hogy a szájban lévő baktériumok nem tudják felhasználni és ezért nem okoznak fogszuvasodást. Az élelmiszereknél növelhetik a testességet, nem fedik el az egyéb ízkomponenseket, továbbá nem rendelkeznek markáns utóízzel, mint a mesterséges édesítőszer (pl: aszpartám). Az oligoszacharidok minél nagyobb polimerizációfokkal rendelkeznek, annál inkább képesek az élelmiszer struktúráját, állagát, viszkozitását pozitív irányba módosítani, vagyis képesek azokat krémesebbé, lágyabbá, testesebbé alakítani. Természetesen ezeknek a mértékét számos környezeti paraméter befolyásolhatja, ami minden egyes molekulacsoportnál más és más (Voragen 1998, Roberfroid és Slavin 2000). Az NDO-k iránt leginkább az egészségre gyakorolt hatásuk miatt növekszik jelentősen az érdeklődés az utóbbi években. Miután ezek az anyagok a szervezet számára emészthetetlenek, így változatlanul jutnak el a vékonybélből a vastagbélbe, tehát rostként funkcionálnak. Számos tanulmány készült (Delzenne és Roberfroid, 1994, Manning és Gibson 2004, Bielecka et al. 2002, Roberfroid és Slavin 2000, Sako et al. 1999), amelyek szerint az NDO-k az alábbi pozitív élettani hatással rendelkeznek:

Jelentősen módosítják a vastagbél mikroflóráját, mivel ezek az oligoszacharidok szubsztrátként szolgálnak és serkentik az anaerob baktériumok szaporodását, főként a bifidobaktériumokét. A megfelelő baktérium flóra gátolja a rothasztó és a patogén baktériumok növekedését a vastagbélben. Emellett a vastagbélben a pH-érték csökkenését is maguk után vonják. Az alacsonyabb pH-érték azért fontos, mert egyes patogén baktériumfajok növekedését gátolja, miközben a *Bifidobacteria* fajoknak és más

tejsavbaktériumoknak serkenti a növekedését. Ezáltal elősegítik bizonyos hasznos tápanyagok termelését, mint például a B₁, B₂, B₆ és B₁₂ vitaminok, a nikotinsav (B₃) és a folsav (B₉). Stimulálják a vastagbél mozgását, serkentik a sejtermelődést, a só- és vízfelszívódást, ezáltal megteremtve az egészséges béltartalom ozmotikus viszonyait. Közvetett hasznuk továbbá, hogy fokozzák a vas, a kalcium és a magnézium felszívódását. A kalcium felszívódás növekedésének hatására csökken a csontritkulás kockázata, mivel ez elősegíti a csontsűrűség és a csonttömeg növekedését is. Továbbá jótékony hatásuk van a szénhidrátok és a lipidek metabolizmusára, csökkentik a koleszterin-, a triglicerid- és a foszfolipidek koncentrációját a vérben, így csökkentve annak kockázatát, hogy a cukorbetegség és az elhízás kialakuljon. Nem utolsó sorban pedig csökkentik a vastagbélrák kialakulásának kockázatát azáltal, hogy elősegítik a széklet fiziológiai paramétereinek, mint például a pH, ammónia-, p-krezol-, és indolszint optimális beállítását.

Mindebből következik, hogy a NDO-knak az egészséges életmód kialakításában, fenntartásában vagy esetleg a visszaállításában közvetve vagy közvetlenül óriási hatásuk van. A kutatások alapján napi 3-15 grammos mennyiség bevitele a humán széklet mikroflórájában jelentős kedvező változásokat okozhat (Biacs 2000, Meyer et al. 2009).

A nem emészthető oligoszacharidok felhasználásai az élelmiszeriparban, és az egyéb ágazatokban megnőtt. Az elmúlt évtizedekben több NDO is előtérbe került, mint funkcionális élelmiszer, és ezeknek az ipari alkalmazása folyamatosan növekszik. Felhasználásukra a legnagyobb igény az alábbi ágazatokban van: italgyártás (kávé, tea, gyümölcslevek, egészséges és alkoholos italok); tejtermékek (fermentált tejek, instant-, tej-, és jégkrémporok, továbbá prebiotikus joghurtok és szinbiotikus termékek, melyek pre- és probiotikum keverékeket tartalmaznak /Gibson és Roberfroid 1995/); desszertek, sütő- és cukrászipari termékek, krémek és húspástétomok (Voragen 1998).

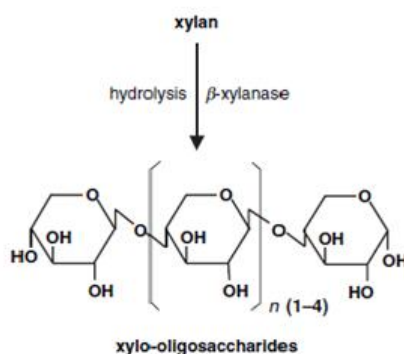
A nem emészthető oligoszacharidok közül a jelen munka során használt frukto-oligoszacharidok (FOS) és xilo-oligoszacharidok (XOS) főbb jellemzői kerülnek részletesebb bemutatásra.

2.1.1. Az inulin és a frukto-oligoszacharidok (FOS)

A frukto-oligoszacharidokat $\beta(2-1')$ glikozidkötéssel kapcsolódó fruktóz molekulák alkotják. A lánczáró vegyület egy glükóz molekula, a D-glükopiranoz. Az oligoszacharidokra jellemző tulajdonság a fruktóz molekulák számától függ a láncban, amelyet n -el jelölünk. Az első szacharóz molekulától $n > 5$ -től lánchosszúságú vegyületeket számítva már inulinnak nevezzük és poliszacharid besorolásba kerülnek. A lánchossz, az inulin esetében akár az $n=200$ -at is elérheti. Az inulin a természetben, növényekben található meg, raktározó tápanyag szerepet tölt be, hasonlóan a keményítőhöz. Az inulin az alábbi növényekben fordul elő: a hagymákban (1-5%), a fokhagymában (4-12%), a banánban (0,2%), továbbá előfordul még jelentős százalékban a cikória gyöktörzsében (15-20%) és a csicsóka gumójában is (2%) (Angeli et al. 2000, Szabó 2010). Növényélettani szempontból azonos szerepet tölt be a keményítővel, de a tulajdonságaik sokban különböznek. Az élelmiszeriparban alapanyagnak leginkább a cikóriából vonnak ki inulint (Boeckner et al. 2000). Nagyipari előállítása az 1990-es évektől kezdődött Hollandiában és Belgiumban. Az inulin fontos, mert kiválthatja az alacsony zsírtartalmú élelmiszerekben az egészségre káros komponenseket, mert rendelkezik az azokra jellemző reológiai, állományalakító tulajdonságokkal. Felhasználhatósága, édesítő tulajdonsága miatt, mint cukorpótló is alkalmazható. Állományjavító tulajdonsága mellett az inulinnak jelentős még a prebiotikus hatása is. Ezen nem emészthető szénhidrátot alkalmaznak a tej- és sütőipari termékek, gabonakészítmények, italok, alacsony zsírtartalmú ételek, a jégkrém előállításához és az édesiparban (Franck 2000, Meyer et al. 2007).

2.1.2. A xilo-oligoszacharidok (XOS)

A xilo-oligoszacharidok xilóz egységekből épülnek fel, $\beta(1-4)$ kötésekkel, polimerizációfokuk pedig 2-10 közötti (1. ábra). Xilo-oligoszacharidok kivonhatóak többek között a gabona korpából, az árpahüvelyből, söripari gabona maradékból (törköly), mandulahéjból, bambuszból és kukoricacsutkákból is (Katapodis és Christakopoulos 2005). Előállításuk xilán enzimes hidrolízisével lignocellulózokból történik (Vázquez et al. 2000).



1. ábra: A xilo-oligoszacharidok kémiai szerkezete (Crittenden et al. 2006)

A mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban ma a lignocellulóz anyagok képviselik a legnagyobb mennyiségben előforduló szerves maradékokat, hulladékot a világon. A szerves hulladékokat legegyszerűbben étetéssel vagy komposztálással hasznosítják, de egyre nő az érdeklődés a más irányú hasznosítás iránt is: a keletkező poliszacharidok lehetnek élelmiszeripari termékek, bioetanol vagy biológiailag lebontható csomagolások alapanyagai.

A hazai érdekeltségű mezőgazdasági maradványoknak a fő kémiai összetételét 33-44%-ban cellulóz, 20-29%-ban ligninek, 19-21%-ban pedig xilán adja (Akpınar et al. 2009a, 2009b). A kukoricacsutka vizsgálatait azt mutatják, hogy annak xilo-oligoszacharid tartalma igen magas, 30-35% (Garrote et al. 2002, Yang et al. 2005), így a kukoricacsutka az XOS gyártás egyik fő alapanyaga.

Az XOS kivonása lignocellulózból összetett, költséges folyamat és eltérő technológiai utak választhatók (Vázquez et al. 2000). Az első lépés a xilán extrakciós kivonása a lignocellulózból, kémiai előkezeléssel kombinálva. Az előkezelés lehet autohidrolízis és savas vagy lúgos hidrolízis. A második lépés során a xilanáz enzimmal folytatják a hidrolízist vagy pedig újból egy savas hidrolízist alkalmaznak. Végül kation- és anioncsere segítségével tisztítják a terméket (Moure et al. 2006).

A xilo-oligoszacharidok tiszta állapotban fehér por formájában jelennek meg, 2-10 xilóz molekula alkotja, melyek $\beta(1-4)$ kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz (Mäkeläinen et al. 2010, Vázquez et al. 2000). Az XOS fizikai tulajdonságai is nagyban függenek attól, hogy milyen szénláncú oligoszacharidok alkotják, milyen az éppen aktuálisan vizsgált vegyület polimerizációs foka (Mäkeläinen et al. 2010, Vázquez et al. 2000).

Az XOS molekulák széles pH tartományban (2,5-8,0), így például még a viszonylag alacsony pH-értékű gyomornedvben is stabilak maradnak. Továbbá 100 ° C-os hőmérsékleten sem sérül a szerkezetük. Bár ezek a viszonyok egy ember gyomrában igen ritkán fordulnak elő, de élelmiszer előállítás során ez előfordulhat, ami pedig előnyt jelent más, az ipari

gyakorlatban már elterjedt NDO-kal szemben, mint pl. az FOS vagy az inulin (Bhat 1998, Modler 1994).

A xilo-oligoszacharidok reológiai tulajdonságairól viszonylag kevés információ található a szakirodalomban. Park et al. (2001) tanulmánya alapján a 70%-os XOS oldat viszkozitása 930cP 20°C-on és 90cP 60°C-on, tehát a szacharóznál nagyobb, míg más NDO-knál kisebb viszkozitással rendelkezik. Joghurtokkal végzett vizsgálataik során Mumtaz et al. (2008) azt találták, hogy az XOS javítja a zselatin állománykialakító, viszkozitás növelő hatását.

Az XOS molekulák nem emészthetők, mivel az emberi szervezet nem rendelkezik a szükséges enzimekkel, amik a β -kötéseket képesek lennének hidrolizálni, így ezek a molekulák prebiotikumnak és oldható rostnak számítanak, amik nem degradálódnak a gyomorban és eléri a vastagbelet. Ezért az XOS molekulák is beletartoznak az NDO csoportba, vagyis egészségügyi szempontból számos pozitív tulajdonsággal rendelkeznek (Choque Delgado et al. 2011, Nabarlatz et al. 2007, Vázquez et al. 2000).

A biológiai aktivitásuk nagyban függ az XOS molekulatömegétől, polimerizációs fokától is (Hughes et al. 2007). Optimális esetben, ha az XOS molekulák négy-nél kevesebb monomer egységből épülnek fel, akkor fejtik ki leginkább prebiotikus hatásukat. A bifidobaktériumok ebben a formában képesek XOS molekulákat felvenni és jótékony hatásukat kifejteni (Gullón et al. 2008). Összehasonlítva a többi NDO-val, a *Bifidobacterium*-ok a hexozóknál jobban kedvelik a xilooligomereket, a raffinózt és a fruktooligomereket. Továbbá in vitro körülmények között a xilooligomerek a raffinózzal megegyező, az FOS-oknál pedig jóval hatásosabb szaporodási rátát mutattak (Jaskari 1998).

A xilo-oligoszacharidokat élelmiszer összetevőként leginkább Ázsiában - elsősorban Japánban és Kínában - használják. A japán Suntory Ltd. az első cég, amely enzimes hidrolízissel előállított XOS-t hozott forgalomba. 2004-ben évi 650 tonnát állítottak elő (Mäkeläinen et al. 2009). A Japán Egészségügyi, Munkaügyi és Népjóléti Minisztérium az XOS-t a gasztointesztinális hatásai miatt elfogadta a „FOSHU” (Foods for Specified Health Uses: Egészségre ható élelmiszerek kb. funkcionális élelmiszer összetevők) között, napi 1-3 g javasolt beviteli értékkel (www1). Az XOS-t jelenleg a kínai Shandong Longlive Biotechnology Co. is gyártja kukoricacsutkából (Mäkeläinen et al. 2009).

Ázsiában számos élelmiszerben (tejtermékek, funkcionális italok, levesek, szójatej, pezsgőtabletta, rágógumi, cukorka) használják az XOS-t, mint funkcionális összetevőt (Mäkeläinen et al. 2009).

Tejtermékekben használják szinbiotikus - azaz probiotikus mikrobákat és prebiotikumokat együttesen tartalmazó - termékek előállítására. Az első XOS-t tartalmazó szinbiotikus termék a japán „Bikkle” volt, amelyet 1993 óta forgalmaznak, és ami *Bifidobacterium* fajokat, xilo-oligoszacharidokat, savó eredetű ásványi anyagokat, és oolong tea kivonatot tartalmaz (Mäkeläinen et al. 2009). Pakisztánban bivalytejből készült 3% zsírtartalmú joghurtot készítettek különböző XOS koncentrációk mellett. Az XOS 3,5%-ig nem befolyásolta az ízt és az illatot, és zselatinnal, mint állománykialakítóval kombinálva megfelelő állagú joghurtot állítottak elő (Mumtaz et al. 2008). Kínában tejporral készült probiotikus italt (Li és Xu 2012a), multifunkcionális probiotikum keverékkel és steviol glikoziddal készített joghurtot (Lhiu és Zeng 2010), jégkrémet (Li és Xu 2012b), tejitalt (Zhang 2010) szabadalmaztattak, melyek 0,5-1% mennyiségben tartalmazzák XOS-t.

Funkcionális italokban más biológiailag aktív anyagokkal kombinálva használják fel, mely termékekről számos szabadalom született, melyekre példa a cukormentes fehérjeital, (Li et al. 2012a), a cukormentes (Li et al. 2012b), illetve vércukorszint csökkentő (Chen et al. 2012) szójatej.

Rost funkciója miatt az XOS a sütőiparban is felhasználható akár funkcionális kenyér, (Liu et al. 2010) tészta- vagy kekszgyártásra (LV X 2010, Rehman et al. 2008). Továbbá jelentős az étrend kiegészítőként való felhasználása is (Mäkeläinen et al. 2009).

A xilo-oligoszacharidok (XOS) tulajdonságai közül jelen dolgozatban elsősorban az állománykialakító hatását vizsgáltam, így az alábbiakban az alkalmazott reológiai módszerek alapjait tekintem át.

2.2. Reológiai módszerek áttekintése

A reológia a külső erők hatására az anyagban bekövetkező alakváltozásokkal (deformáció) foglalkozó tudományág. A reológiai mérések a vizsgált minta típusától, halmazállapotától függően rendkívül sokfélék lehetnek. A jelen dolgozatomban a rotációs és oszcillációs reometriával foglalkozom, ezért ezek alapjait mutatom az alábbiakban.

A rotációs méréseknél két különböző sebességgel forgó mérőelem (lap-lap, kúp-lap, koncentrikus hengerek stb.) közé helyezik a mintát, ami által egy meghatározott deformációsebességet vagy nyírófeszültséget hoznak létre. A két elem közül az egyik általában áll, míg a másik előre meghatározott sebességgel forog. A rotációs viszkoziméterek segítségével a newtoni és a nem newtoni folyadékok megismerésében lehetnek kutatások.

Az oszcillációs reológiai méréseknél a mérőtest tengelyét adott frekvenciával és amplitúdóval, sinusfüggvény szerint oszcillálva mozgatjuk. Ezen módszerek segítségével a viszkoelasztikus szilárd vagy folyékony anyagok vizsgálhatók, továbbá kis viszkozitású folyadékok, polimer oldatok, paszták, gélek és merev szilárd anyagok esetén is alkalmazható objektív mérésekre (Mezger 2006).

A kutatásom során használt mérőelemek az alábbiak:

1., Koncentrikus hengerek

Két típust különböztetünk meg: Searle-: a belső henger mozgásban van, a külső áll, míg a Couette típusnál az ellentétes felállás van érvényben. Ezen mérőeszközök esetén a viszkozitás a forgatónyomaték (M [Nm]) és a forgási tengelytől való távolság (r [m]) függvénye. Abban az esetben, ha a rés elég alacsony, a nyírófeszültség és a forgatónyomaték viszonya csak a mozgó henger méreteitől fog függeni, amely állandó, így a nyomaték mérésevel a nyírófeszültség számolható.

A deformációsebesség a szögsebesség (n [1/min]), a forgási tengelytől való távolság és a belső henger alakjának a függvénye. A fordulatszám mérésevel válik számolhatóvá a deformáció sebessége, mivel a hengerek geometriája állandó, de csak abban az esetben, ha elég keskeny rés van a két henger között.

2., Lap-lap mérőrendszerek

Ezen rendszerek két lapból állnak, amely közül az alsó áll, míg a felső mozog. A felső lap méretét a kör átmérője jellemzi (R [mm]). Továbbá a mérőrendszert jellemzi még a két lap közötti távolság (h [mm]). A h függ a minta tulajdonságától, annál kisebb távolságot kell kiválasztani, minél kisebb a minta viszkozitása.

A nyírófeszültség a forgatónyomaték függvénye:

$$\tau = C_{pp} * M \quad [\text{Nm}]$$

C_{pp} egy konstans, ami arányos a felső lap átmérőjével

A deformációsebesség a szögsebesség függvénye:

$$\gamma = \omega/\alpha = C * n \quad [1/s]$$

C egy állandó és arányos a lap átmérőjével és a réstávolsággal

A gyakorlat számára ez azt jelenti, hogy a γ közvetlenül kiszámítható a fordulatszámból.

2.2.1. Rotációs módszerek

A newtoni és a nem newtoni folyadékok folyásgörbéjének meghatározásához rotációs viszkozimétereket használnak. Ezen görbét kétféle módszerrel lehet meghatározni: mérhető a nyírófeszültség a deformációsebesség függvényében (CSR: controlled shear rate method) vagy a deformációsebesség a nyírófeszültség függvényében (CSS: controlled shear stress method). A gyakorlatban a CSR az elterjedtebb, mivel mérés technikailag könnyebben kivitelezhető.

Alapfogalmak:

- Nyírófeszültség

Definíciója: $\tau = F/A$ [Pa], ahol: $F[N]$ = nyíróerő, $A[m^2]$ = nyírási felület

- Deformációsebesség (sebesség gradiens, nyírási gradiens)

Definíciója: $\dot{\gamma} = v/h$ [1/s], ahol $v [m/s]$ = sebesség, $h [m]$ = a mérőelemek közötti távolság

- Viskozitás

Definíciója: Newton törvénye alapján: $\eta = \tau/\dot{\gamma}$ [Pas], ahol $\tau [Pa]$ = nyírófeszültség, $\dot{\gamma} [1/s]$ = deformációsebesség

Newtoni folyadékoknak nevezzük azokat az ideális viszkózus anyagokat, amelyek esetében a deformációsebesség és a nyírófeszültség között lineáris összefüggés van, a viszkozitás értéke minden deformációsebesség esetén állandó lesz. A folyásgörbe az origón áthaladó egyenes.

Nem Newtoni folyadékoknak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek viszkozitása függ a deformációsebességtől. Ennek következtében a viszkozitást adott deformációsebesség értéknél adhatjuk meg. A folyásgörbe ebben az esetben vagy nem lineáris vagy nem halad át az origón. Ez annak tulajdonítható be, hogy a tulajdonságok függenek attól, hogy milyen fajta deformációnak, milyen erőhatásnak tesszük ki, továbbá hogy mennyi ideig vetjük alá ezeknek a hatásoknak (Mezger 2006).

reológiai alapmodellek...

2.2.2. Oszcillációs módszerek

A viszkoelasztikus anyagok rugalmas és viszkózus jellemzőinek meghatározására oszcillációs mérési módszereket alkalmaznak, melyek során a szilárd, rugalmas anyagokra

jellemző rugalmassági, vagy tárolási modulust (G' , Pa) és a viszkózus anyagokra jellemző veszteségi modulust (G'' , Pa) határozzák meg. A mérések során a deformáció és a nyírófeszültség időben szinusz függvény szerint változik és a következő egyenletek alapján írható le:

Alapegyenletek

Deformációt(γ) az idő függvényében a sinus görbe írja le:

$$\gamma(t) = \gamma_0 * \sin \omega t$$

Deformációsebesség az idő függvényében:

$$\gamma'(t) = \gamma_0 * \cos \omega t = \gamma'_0 * \sin(\omega t + 90^\circ) \quad [1/s]$$

Ideális viszkózus anyagok esetén a nyírófeszültség:

$$\tau(t) = \eta * \gamma'(t) \quad [Nm]$$

η [Pa.s] = komplex viszkozitás, folyási ellenállásnak tekinthető

Ideális elasztikus anyagok esetén a nyírófeszültség:

$$\tau(t) = G * \gamma$$

ahol a G [Pa] komplex modulus, az anyag szilárdságának tekinthető.

A veszteségi modulus G'' a deformációsebességgel, míg a rugalmassági modulus G' a deformációval egyenesen arányos (Mezger 2006).

Az oszcillációs mérés technika főbb mérési módszerei az amplitúdó söprés, a frekvenciasöprés és a hőmérsékletfüggés vizsgálat.

1, Amplitúdó söprés módszere

Ennek a módszernek a lényege, hogy állandó szögsebesség és növekvő kitérés mellett határozható meg a nyírófeszültség, amely segítségével meghatározható a rugalmassági és a veszteségi modulus értéke. A rugalmassági (G') és a veszteségi modulus (G'') értéke a kitérés vagy a nyírófeszültség függvényében ábrázolható. A rugalmassági modulus a vizsgált anyag elasztikus, a veszteségi pedig a viszkózus tulajdonságokat jellemzi (Mezger 2006).

A mérés kezdetén a két modulus értéke a nyugalmi állapotot tükrözi. Majd növekvő deformáció hatására a pontok csökkenésnek indulnak. Az a kitérés, ahol a G' értékek a kiindulási értékhez képest 95%-kal csökkennek, a lineáris viszkoelasztikus tartomány végének nevezzük. A gyakorlatban azt jelenti, hogy ezen határ alatt fellépő erő hatására a minta irreverzibilis változást nem szenved. Ez a pont a minta erősségét, szilárdságát jellemzi. A két modulus metszés pontjától a minta viszkoelasztikus szilárd anyag helyett folyadékként viselkedik. A viszkozitás, kitérés és egyéb a mintára jellemző paraméterek ebből a pontból

olvashatóak le. A modulus értékek ezután csökkenő tendenciát mutatnak. Élelmiszeripari alkalmazás szempontjából fontos tényezőket lehet leolvasni az erre a szakaszra illesztett egyenesekről. Ezen értékek mutatják, hogy az anyag növekvő deformáció hatására mekkora ellenállást mutat (Juhász et al. 2011).

2, Frekvencia söprés módszere

Ezen módszer során állandó kitérés és változó frekvencia mellett végezzük a vizsgálatokat. Általában a szögsebesség vagy logaritmus függvényében ábrázolandó a tárolási és a veszteségi modulus. Ennél a módszernél az anyag időfüggő viselkedéséről szerezhető információ. Frekvencia változtatásával érhető ez el: alacsonynál a hosszú távú stabilitásról, a magas frekvenciánál pedig a rövid távú tárolásról szerezhetők információk. A görbék lefutásának módjáról és a G' és G'' arányáról következtetni lehet a minta szerkezetére (Mezger 2006).

3., Hőmérsékletfüggés vizsgálata

Állandó szögsebesség, állandó amplitúdó és változó hőmérséklet mellett végezzük a vizsgálatok. A veszteségi és a tárolás modulus a hőmérséklet függvényében ábrázolható (Juhász et al. 2011).

2.3. Gyümölcszelék

A gyümölcstermékekre vonatkozó követelményeket MÉ-1-3-2001/113 számú élelmiszerkönyvi előírás tartalmazza.

A termék megnevezésében fel kell tüntetni az előállításához felhasznált gyümölcsök nevét, a bemért tömegük szerinti csökkenő sorrendben. Három- vagy többféle gyümölcs alapanyag felhasználása esetén a termék megnevezésében szereplő gyümölcsök felsorolása helyett a „Vegyes gyümölcs” vagy ehhez hasonló kifejezés, vagy a felhasznált gyümölcsök számszerű megadása használható. A termékjelölésnek tartalmaznia kell a gyümölcsstartalomra utaló kifejezést a „Készült... g gyümölcs/100 g” feltüntetésével, ahol a végtermékre vonatkoztatva kell megadni a mennyiségeket. A gyümölcsstartalom alatt a termék gyártásához felhasznált gyümölcs mennyiségét kell érteni, a kivonat készítéséhez felhasznált víz nélkül.

A jelölésnek tartalmaznia kell: „Összes cukortartalom g/100 g”, ahol a késztermékben 20°C-on, refraktométerrel, ± 3 ref.% pontossággal meghatározott értéket kell

feltüntetni. A cukortartalmat azonban nem szükséges feltüntetni abban az esetben, ha a Magyar Élelmiszerkönyvnek az élelmiszerek tápérték jelöléséről szóló 1-1-90/496 számú előírása szerinti tápértékjelölésben ez szerepel.

A jelöléseket a termék nevével azonos látómezőben, jól láthatóan kell feltüntetni. A termék kén-dioxid-tartalmát 10 mg/kg-ot meghaladó mennyiség esetén a termék összetevőinek felsorolásában is meg kell adni (MÉ-1-3-2001/113).

Zselé

A zselé cukor, gyümölcsle és/vagy egy vagy többféle gyümölcs vizes kivonatának megfelelően zselés keveréke. 1000 g késztermék előállításához felhasznált gyümölcsle és/vagy vizes kivonat mennyisége nem lehet kevesebb, mint a dzsem előállításához előírt mennyiség. Ezeket a mennyiségeket a kivonat készítéséhez felhasznált víz mennyisége nélkül kell számítani.

Extrazselé

Extrazselé esetében az 1000 g késztermék előállításához felhasznált gyümölcsle és/vagy vizes kivonat mennyisége nem lehet kevesebb, mint az extradzsem előállításához előírt mennyiség. Ezeket a mennyiségeket a kivonat készítéséhez felhasznált víz mennyisége nélkül kell számítani. Alma, körte, szilva, sárgadinnye, görögdinnye, szőlő, sütőtök, uborka és paradicsom más gyümölccsel keverve nem használható az extrazselé előállításához (MÉ-1-3-2001/113).

3. Célkitűzés

TDK munkám célja, hogy a xilo-oligoszacharidok, mint új nem emészthető oligoszacharidok, alapvető technológiai tulajdonságait feltérképezsem annak érdekében, hogy az XOS felhasználásával tervezett termék- és gyártástechnológia fejlesztési munkákat megalapozzam. Kísérleteim során három különböző XOS termék (70% és 95% XOS tartalmú por, illetve 70% XOS tartalmú szirup) jellemzőit vizsgáltam:

- alaptulajdonságok (megjelenés, szárazanyag tartalom, vízaktivitás, oldódás, szín, turbiditás)
- reológiai tulajdonságok (különböző termékek oldatai közti különbségek, viszkozitás koncentráció- és hőmérsékletfüggése)

Ezt követően arra voltam kíváncsi, hogy az XOS termékek vizes oldatokban milyen hatással vannak az állománykialakítók reológiai viselkedésére, így zselatinnal, pektinnel és xantánnal való esetleges szinergens hatást vizsgáltam.

Végül arra kerestem a választ, hogy egy gyümölcszselé termék érzékszervi tulajdonságait hogyan befolyásolja az XOS hozzáadása.

4. Anyag és módszer

4.1. Kutatások helyszíne

Méréseimet a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Konzervtechnológiai Tanszék Laboratóriumában végeztem.

4.2. A kutatás során felhasznált alapanyagok

A kutatásaim során háromféle xilo-oligoszacharidot vizsgáltam, melyeket a Longlive Europe Ltd. bocsátott a rendelkezésemre. Kontrollként frukto-oligoszacharidot használtam, melyet a Magyar Cukor Zrt. biztosított a kísérletekhez (2. táblázat).

2. táblázat: A kísérleti anyagok

	Jellemzők	kód
xilo-oligoszacharid	por, 70% XOS tartalom	70P
	szirup, 70% XOS tartalom	70L
	por, 95% XOS tartalom	95P
frukto-oligoszacharid	szirup, 85% FOS tartalom	FOS

Az állománykialakítókkal mutatott esetleges szinergens hatás reológiai vizsgálataim során kereskedelmi forgalomban kapható zselatint, pektint és xantánt használtam fel.

A gyümölcszselé előállításához almasűrítményt alkalmaztam, ami a SIÓ-ECKES Kft.-től érkezett.

4.3. A kutatások menete

Első lépésként a különböző XOS típusok alaptulajdonságait vizsgáltam: szárazanyag tartalom, vízaktivitás, oldódás, az oldatok színe, turbiditása, viszkozitása. Ezt követően reológiai vizsgálatokat hajtottam végre, melynek során az egyes típusok tömény oldatainak viszkozitását, illetve a viszkozitásának koncentrációfüggését hasonlítottam össze. Majd a kutatás arra fókuszált, hogy az XOS mutat-e szinergens hatást három igen elterjedt állománykialakítóval (pektin, xantán, zselatin). A kutatás záró szakasza pedig egy termék előállítása volt, amikor a legeredményesebb állománykialakító segítségével egy gyümölcszselét készítettem és vettem érzékszervi vizsgálat alá.

4.4. Vizsgálati módszerek

A különböző XOS(70L, 70P, 95P) típusokból víz segítségével az alábbi koncentrációjú oldatokat készítettem el: 0,5%, 5%, 50% és 70%. Az így elkészített mintákból végeztem el az alapvizsgálatokat (4.4.1.) és a reológiai vizsgálatokat (4.4.2.).

4.4.1. Alapvizsgálatok

Oldódás: Az egyes XOS típusok oldódását szemrevételezés alapján jellemeztem.

Refrakció: Az XOS oldatok vízzel oldható szárazanyag tartalmát Atago DBX 55 típusú digitális refraktométerrel mértem, három párhuzamos mérést végezve.

Szárazanyag tartalom: Az XOS porok szárazanyag tartalmát úgy határoztam meg, hogy 105°C-os szárítószekrényben két óra alatt súlyállandóságig szárítottam a mintákat és a tömegvesztés alapján számoltam ki a nedvességtartalmat.

Vízaktivitás: A vízaktivitást Novasina Labmaster-aw típusú műszerrel határoztam meg 25°C-os hőmérsékleten.

Turbiditás: A turbiditást HACH 2100P típusú turbiditmérővel mértem meg.

Szín: A minták színét Konica Minolta CR 400 típusú digitális színmérővel mértem, amely C.I.E.Lab rendszer szerint határozza meg a minták színét.

4.4.2. Reológiai vizsgálatok

4.4.2.1. Az XOS típusok reológiai tulajdonságainak összehasonlító vizsgálata

Az első vizsgálati sorozatban a három XOS típus (95P, 70P és 70L) került összehasonlításra az FOS-al. A 4 mintát úgy készítettem el, hogy mindegyik 70%-ban tartalmazza az adott oligoszacharid terméket. A vizsgálatokat 20°C-on végeztem el, ezzel kívántam modellezni a szobahőmérsékleti viszonyokat. Ezt követően minták folyásgörbéit felvettem, amelyeknek a mérési módszereinek a paramétereit 4.4.2.5. alfejezetben részletezem.

4.4.2.2. A koncentráció és a viszkozitás összefüggéseinek vizsgálata

A második vizsgálati sorozatban a 95P, a 70P és 70L-ből készítettem egy hígítási sort. Az alábbi koncentrációjú oldatokat készítettem el csapvízzel: 0,5%, 5%, 50% és 70%. Ez azt

jelenti, hogy az XOS minták ekkora tömegszázalékban voltak jelen az elkészített oldatokban. Majd az oldatokat reológiai módszerrel hasonlítottam össze 20°C-on. A vizsgálat módszerét és a paramétereit a 4.4.2.5. alfejezetben részletezem.

4.4.2.3. A hőmérsékletváltozás hatása az XOS oldatok reológiai tulajdonságaira

Ezen kísérlet során a 95P és a 70L került összehasonlításra az FOS-dal. A három mintát úgy készítettem el, hogy mindegyik oldat 50%-ban tartalmazza az adott oligoszacharidot tartalmazó készítményt. A mérés a reométeren rotációs üzemmódban zajlott, állandó 400 1/sec deformációsebesség mellett. 4-től 90°C-ig terjedő hőmérsékleten mértem a minták nyírófeszültségének változását.

4.4.2.4. Szinergens állománykialakító hatás vizsgálata

Ebben a vizsgálati sorozatban azt vizsgáltam, hogy vizes oldatokban az XOS mutat-e szinergens hatást más állománykialakítókkal.

Első lépésként elkészítettem egy 63 ref%-os cukor oldatot, majd ehhez adagoltam pektint 1,5%, zselatint 5%, vagy xantánt 1% mennyiségben, a szokásos élelmiszeripari felhasználási szinteknek megfelelően. A pektin esetén az oldat pH-ját citromsavval 3,0-ra állítottam be, ami elősegítette a megfelelő gél állapot létrejöttét. Majd ezután a mintákhoz 1g 70L-t vagy 95P-t adagoltam, továbbá mindegyik állománykialakító esetén készült egy referencia minta ami nem tartalmazott xilo-oligoszacharidot. A minták összetételét és a dolgozatban használt kódjait a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Az XOS állománykialakítókkal mutatott szinergens hatásának vizsgálatához készített minták összetétele

KÓD	állománykialakító típusa, (felhasznált mennyiség)	cukoroldat (63 ref%)	70L	95P
PE0	pektin (1,5 g)	100 ml	--	--
PEL		100 ml	1 g	--
PEP		100 ml	--	1 g
Zs0	zselatin (5 g)	100 ml	--	--
ZsL		100 ml	1 g	--
ZsP		100 ml	--	1 g
XA0	xantán (1 g)	100 ml	--	--
XAL		100 ml	1 g	--
XAP		100 ml	--	1 g

Megjegyzés a kód jelmagyarázatához: PE=pektin, Zs= zselatin, X= xantán; 0= nincs oligoszacharid, L= 70L van az oldathoz adva, P= 95P van az oldathoz adva

Az így elkészített minták reológiai tulajdonságait a pektines és a xantános minták esetén rotációs, a zselatinos minták esetén oszcillációs módszerrel vizsgáltam.

4.4.2.5. A reológiai vizsgálatok módszerei és paraméterei

A mérést Physica MCR 51, Anton-Paar reométerrel végeztem.

A rotációs mérések során koncentrikus hengeres mérőrendszerrel dolgoztam, amely CC27 hengerből és CC27 mérőfejből áll. A hőmérséklet beállítását C-PTD termosztáló egységgel valósítottam meg. A minták folyásgörbáját (nyírófeszültség a deformációsebesség függvényében) 20°C-os hőmérsékleten 1-1200 1/sec-os deformációsebesség tartományban mind növekvő, mind csökkenő deformációsebesség mellett vettem fel. A deformációsebesség a vizsgált minta tulajdonságaitól függően változott. Nagyobb viszkozitású minták esetén 1-400 1/sec-os méréstartományt választottam, kisebb viszkozitású minta esetében 200-1200 1/sec-os tartományig történt a mérés. Minden mintánál a mérést háromszor ismételtam meg.

Az oszcillációs mérések során lap-lap mérőrendszerrel dolgoztam, PP50/S mérőfejjel, ahol a lap átmérője 50. A két lap közti réstávolság 1 mm volt. A hőmérséklet beállítását P-PTD termosztáló egységgel valósítottam meg. A mintákat amplitúdó söprés módszerével vizsgáltam, melynek során a szögsebesség állandó 10 rad/s volt, az amplitúdó (kitérés) pedig 0,01-200% között változott. A kitérést a két mérőlap közötti távolság százalékában fejeztem ki. Az amplitúdó söprés reogramokon a minták tárolási (G' , Pa) és veszteségi modulusát (G'' , Pa) ábrázoltam a nyírófeszültség függvényében.

Az adatok kiértékelésekor a Rheoplus v32 szoftverrel dolgoztam. A rotációs mérési adatokra a Herschel-Bulkley modellt illesztettem:

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n, \text{ ahol}$$

τ = nyírófeszültség [Pa]

τ_0 = folyáshatár [Pa]

$\dot{\gamma}$ = deformációsebesség [1/s]

K = konzisztencia index, vagy látszólagos viszkozitás

n = folyás index

A modell használata általános, és segítségével meghatározható, hogy az adott minta rendelkezik-e folyáshatárral, valamint, hogy a vizsgált minta melyik reológiai típushoz tartozik.

Az oszcillációs mérési adatok kiértékelése során a reogramokról a minták LVE értékét, azaz a lineáris viszkoleasztikus tartomány végét határoztam meg, amely az a nyírófeszültség érték, amelyet kezdeti G' érték 5%-os csökkenésekor olvashatunk le a reogramról.

4.5. Gyümölcsstermék előállítás

Az XOS termékek viselkedését gyümölcsstermékekben, illetve érzékszervi tulajdonságokat befolyásoló hatását almazselé készítése során vizsgáltam.

Az almazselé alapját egy 70 ref%-os almasűrítmény szolgáltatta. A sűrítmenyből hígítást készítettem 40 %ref-ra, majd a vízdoldható szárazanyag tartalmát kristálycukorral állítottam be 60ref%-ra.

Ennek a mintának a pH-ját étkezési citromsavval 3,04-re állítottam be. Ezen lépésekre azért volt szükség, mert csak 60 ref% felett és 3,3 pH alatt képes a pektin kifejteni hatását. Azért a pektinre esett a választás, mert a méréseim alapján ez az állománykialakító tudta a legnagyobb mértékben a viszkozitást növelni. A mintát ezt követően felmelegítettem és három egyenlő részre osztottam. Az elsőbe csak pektint adagoltam 2%-ban, ez lett a kontroll minta. A következő két mintába 1 és 3% 95P XOS-t adagoltam a pektin mellett. A mintákat a bírálat előtt 24 órás pihentetésre hűtőbe helyeztem, erre a megfelelő állomány kialakítás miatt volt szükség (Gábor 1987).

4.6. Érzékszervi vizsgálat

Az elkészült mintákat háromjegyű számkód jelzésekkel láttam el, majd egy 20 fős bírálói panellal végeztem el az érzékszervi minősítést. A bírálóknak 7 tulajdonság (szín, külső megjelenés, illat, állag, homogenitás, íz és az édes-savanyú íz intenzitás) alapján kellett a két XOS-sal készült mintát összehasonlítani a kontroll mintával, ami prebiotikum mentes volt. A bírálóknak egy számegyenesen kellett a mintákat elhelyezni, aminek a két végén az ellentétes tulajdonságok voltak, közepén pedig a kontroll mintát jelképező nulla állt. A nullától a skála végéig ± 5 értékre lehetett sorolni a mintákat. A bírálati lap a melléklet 1. ábráján látható.

4.7. Statisztikai értékelés

A különböző XOS típusok, illetve az FOS oldatok látszólagos viszkozitása (K) közötti különbségeket egytényezős varianciaanalízis módszerével vizsgáltam, 95%-os konfidencia szinten. Az egyes típusok közötti különbségeket, valamint a szinergens állománykialakító hatás, illetve az érzékszervi vizsgálatok során az XOS adagolás hatását kétmintás t-próbával vizsgáltam, 95%-os konfidencia szinten. A statisztikai értékelésekhez a Microsoft Excel software-t használtam.

5. Eredmények és értékelés

A xilo-oligoszacharidok az európai, illetve magyarországi piacon még nem jelentek meg kereskedelmi forgalomban, ezért volt szükség a konkrét technológiai kísérletek előtt elvégezni alpméréseket, hogy megismerjük ennek az oligoszacharidnak az alapvető fizikai tulajdonságait.

5.1. Alapvizsgálatok

Szemrevételezés alapján a két különböző összetételű XOS por fehér színű, finom por, míg az XOS szirup sűrűn folyó, tükrös, világossárga folyadék. A porok között megjelenésre, színre, állagra semmilyen különbséget nem lehetett észlelni.

4. táblázat Az XOS termékek alaptulajdonságai

Minta	szárazanyag tartalom (g/100g)	Vízaktivitás a_w
70L	77,37±0,054	0,815
70P	97,13±0,092	0,854
95P	96,27±0,015	0,797

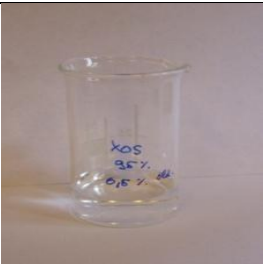
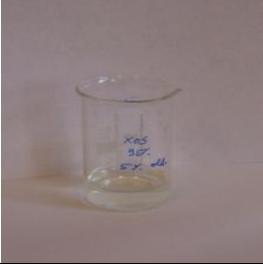
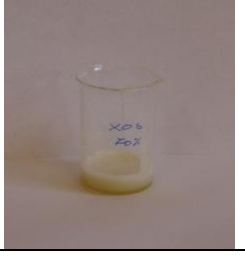
A minták vízaktivitása 0,797-0,854 közötti értékeket mutatott, vagyis a baktériumok szaporodásához szükséges 0,95-ös vízaktivitásnál kisebb, de a mikrobiológiai stabilitáshoz szükségesnél (0,60) nagyobb volt (4. táblázat). A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a penészek, illetve egyes élesztők elszaporodása előfordulhat az XOS minták tárolása során. A 95P-nek volt a legalacsonyabb, míg a 70L-nek a legnagyobb a vízaktivitása. Az eredmény magyarázata az, hogy a 95P minta szárazanyag tartalma nagyobb volt, XOS az oldatban, amely jelentősebb vízmegkötő képességgel rendelkezett. A 70P minta nagyobb értékkel rendelkezett, ami azt jelzi, hogy a kísérőanyagoknak rosszabb vízmegkötő hatása van, mint az XOS-nek.

A minták oldhatóság vizsgálatával kapcsolatban az alábbi megfigyeléseket tettem: a 70P és 95P jelű 70% és 95% XOS tartalmú porok hideg vízben, rövid kevertetés után maradéktalanul feloldódnak 0,5-70g/100g oldat koncentrációtartományban. A 70P jelű minta, különösen 50% feletti koncentráció esetén erősen habzik, a keletkező hab egyhetes tárolás során sem ülepedett le. A 95P jelű minta szintén felhabzik az oldás során, azonban a hab körülbelül az 1 óra pihentetés alatt leülepszik. Mindkét pormintára jellemző, hogy 25%

koncentráció felett a keletkező oldat sárgás színű. Forró vizes oldódás nem teljes, a minták összecsomósodnak.

A 70P és 95P mintákból egy hígítási sort készítettem, amelyek fényképekkel mellékelve az 5. táblázatban láthatók.

5. táblázat Különböző koncentrációjú XOS oldatok

Bemért por mennyisége g/100 g oldat	95P	70P
0,5		
5		
50		
60		
70		

A két minta hígítási sorának minden tagja tükrös volt. Opálosodás nem volt tapasztalható a habosodást leszámítva. A 0,5% és az 5%-os minták színében nem lehet érzékelni az XOS jelenlétét. Viszont a képeken jól megfigyelhető, hogy az 50%-os koncentráció felett sötétsárgás színe lett az oldatoknak. Ezzel párhuzamosan a habosodás jelensége is felfedezhető, ami a 95P minták esetében csak a legtöményebb koncentrációnál jelentkezik, de ott se tartósan. Ezzel ellentétben a 70P-vel készített oldatoknál már az 50%-osnál habréteg keletkezett, ami a koncentráció növelésével még inkább erőteljessé vált.

A szemrevételezést követően műszeresen is mérés alá vettem a mintákat. A mért színértékek a 6. táblázatban találhatók, a turbiditás értékekkel együtt.

6. táblázat: Az XOS termékekből készült oldatok szín és turbiditás értékei

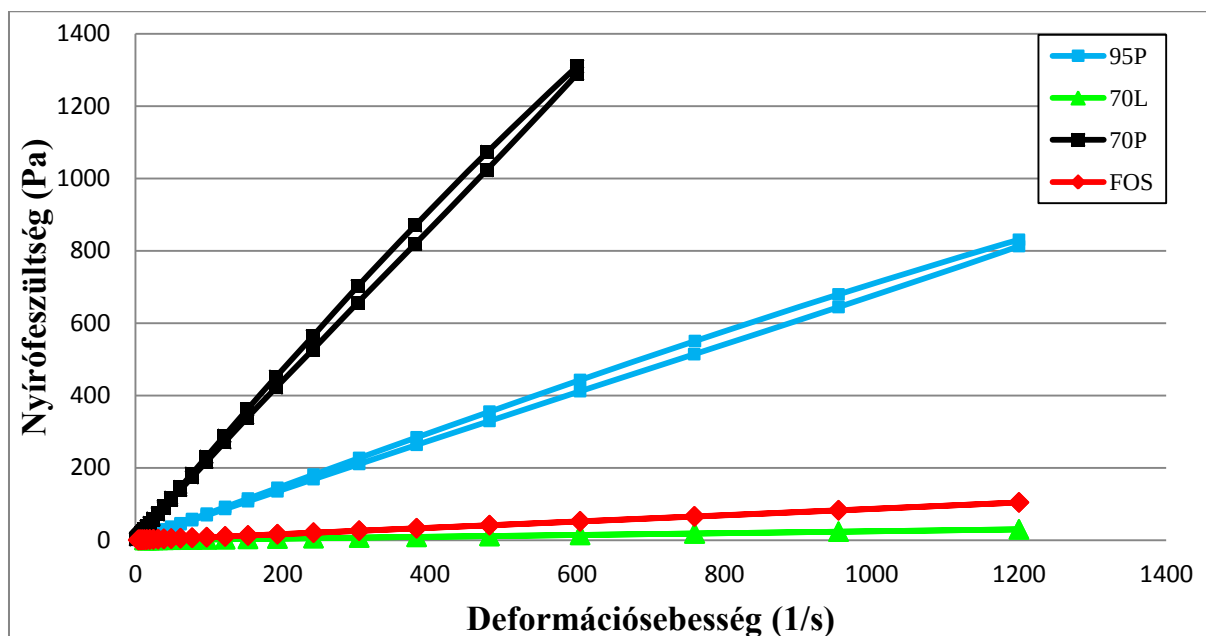
Minták		Szín			Turbiditás
	Bemért mennyiség	L*	a*	b*	NTU
70P	70 g minta /100 g oldat	50,29±1,243	-1,42±0,332	24,62±4,31	159±24,8
70L		40,8±0,58	-1,68±0,025	10,51±0,35	151±3,4
95P		37,2±0,71	4,33±0,65	27,09±1,31	153±3,05

A színméréssel kapcsolatban az alábbi konzekvenciák vonhatóak le: az L* értéke a minták világosságát mutatja. Minél nagyobb ez az érték, annál világosabb a minta. A 70P rendelkezett a legnagyobb értékkel, vagyis a kísérőanyag világosítja a mintát. A legtöményebb 95P-s minta lett a legsötétebb. Az a*(zöld/vörös) esetén a két 70-es minta rendelkezik alacsonyabb értékkel, a 95P mintával szemben színe közelebb van a zöldes tartományhoz. A b* esetében, ami a kék/sárga szín intenzitás mértékét jelöli, megállapítható, hogy a legintenzívebben sárga a 95P, míg legkevésbé a 70P szirup volt.

A turbiditás értékek közel azonos tartományba estek, a 70P-nek volt a legnagyobb értéke, amit viszont nagy szórás is jellemezett, vagyis ez a minta volt leginkább zavaros, aminek oka a minta habosodására vezethető vissza.

5.2. Az XOS és az FOS reológiai tulajdonságai

A három különböző típusú XOS-el készült minta reológiai összehasonlítása során az első kísérlet sorozatban 70 (m/m)%-os oldatokat 20 °C-on hasonlítottam össze az ugyanolyan koncentrációban elkészített FOS-os mintával. A folyásgörbék a 2. ábrán láthatók, míg a mért, számolt paramétereket a 7. táblázat foglalja össze.



2. ábra: A különböző típusú 70%-os XOS-os minták és a kontroll FOS minták folyásgörbéi

Mind a 4 folyásgörbe lineáris lefutású, ami azt jelzi, hogy a mérés végéig egyenletes növekedést mutatnak, csak eltérő mértékben. A legalacsonyabb értékekkel a 70L minta rendelkezett, amihez a kontroll minta (FOS) nagyon hasonló lefutást és értékeket mutatott. A 95P minta nyírófeszültség értékei az adott deformációsebesség mellett jelentősen nagyobbak, mint az előző két mintáé, viszont ennek az értékeit is felülmúlta a 70P-s minta. A 95P és a 70L minta folyásgörbéi csökkenő deformációsebesség mellett alacsonyabb nyírófeszültség értékekkel rendelkeznek, vagyis hiszterézist mutatnak. Ezek a minták tixotróp tulajdonsággal rendelkeznek, vagyis időfüggő viselkedést, illetve szerkezeti viszkozitást mutatnak, azaz különböző mechanikai hatásokra (pl: keverés, rázás) viszkozitásuk, állományuk változik.

A folyásgörbékre Herschel-Bulkey modellt illesztettem. Ennek a modellnek a használata általános, melynek paraméterei alapján meghatározható a minták reológiai típusa, a folyáshatára és a látszólagos viszkozitása (7. táblázat).

7. táblázat: A tömény 70%-os XOS-os minták és a kontroll FOS minták folyásgörbéinek paraméterei a Herschel-Bulkley model alapján

	τ_o	K (Pa.s)	n	R^2
FOS	0	0,0857±0,005	0,999	0,999
70L	0	0,0133±0,003	1,100	0,995
95P	0	0,7828±0,004	0,985	0,998
70P	0	2,5157±0,009	0,980	0,999

A korrelációs koefficiens (R^2) értékekből látható, hogy mind a 4 esetben a modell nagyon pontosan illeszkedett a folyásgörbére, ugyanis mindig 0,99 fölötti értéket kaptam. A τ_o érték minden esetben a nulla volt, ezért nem értelmezhetőek, a minták folyáshatárral nem rendelkeznek, vagyis nem plasztikus anyagok. A folyás index értéke alapján a minták lehetnek newtoni folyadékok ($n=1$), nyírásra vékonyodó, pszeudoplasztikus anyagok ($n<1$) vagy nyírásra vastagodó, dilatáns anyagok ($n>1$). A folyás index értékek (n) 1 körüliek, vagyis newtoni folyadékoknak tekinthetőek.

A látszólagos viszkozitás (K) értékek a varianciaanalízis alapján szignifikáns különbséget mutattak ($p=8,19 \cdot 10^{-19}$), tehát a nem emészthető oligoszacharidok típusa befolyásolja a reológiai tulajdonságokat. Az egyes típusokat egymással összehasonlítva student-féle t-próba segítségével szintén megállapítható, hogy az egyes típusok között szignifikáns különbség van (8. táblázat).

8. táblázat: A student-féle t-próba valószínűségi értékei (p) a 70%-os XOS-os minták és kontroll FOS minták látszólagos viszkozitás (K, Pa.s) értékeinek összehasonlítása során

	95P	70P	70L
FOS	<0.0001	<0.0001	<0.0001
95P		<0.0001	<0.0001
70P			<0.0001

A számolt látszólagos viszkozitás, azaz K értékeinél hasonló sorrendet állapíthatunk meg, mint a folyásgörbék esetében. A 70P-s minta viszkozitása két nagyságrenddel nagyobb, mint a legkisebb, 70L-s mintáé. Az FOS kontroll mintánál, pedig növekvő sorrendben, a 95P és a 70L is nagyobb értékkel rendelkezik.

Az elvégzett mérésekből számolt értékek alapján a 95P és a 70L-s minta nagyobb viszkozitást mutat, mint az FOS kontroll. A legalacsonyabb értékkel a 70P-s minta rendelkezik. A 95P minta viszkozitása jelentősen meghaladja a 70% XOS tartalmú termékekből készült oldatok viszkozitását, ami arra utal, hogy az XOS koncentrációjától függ

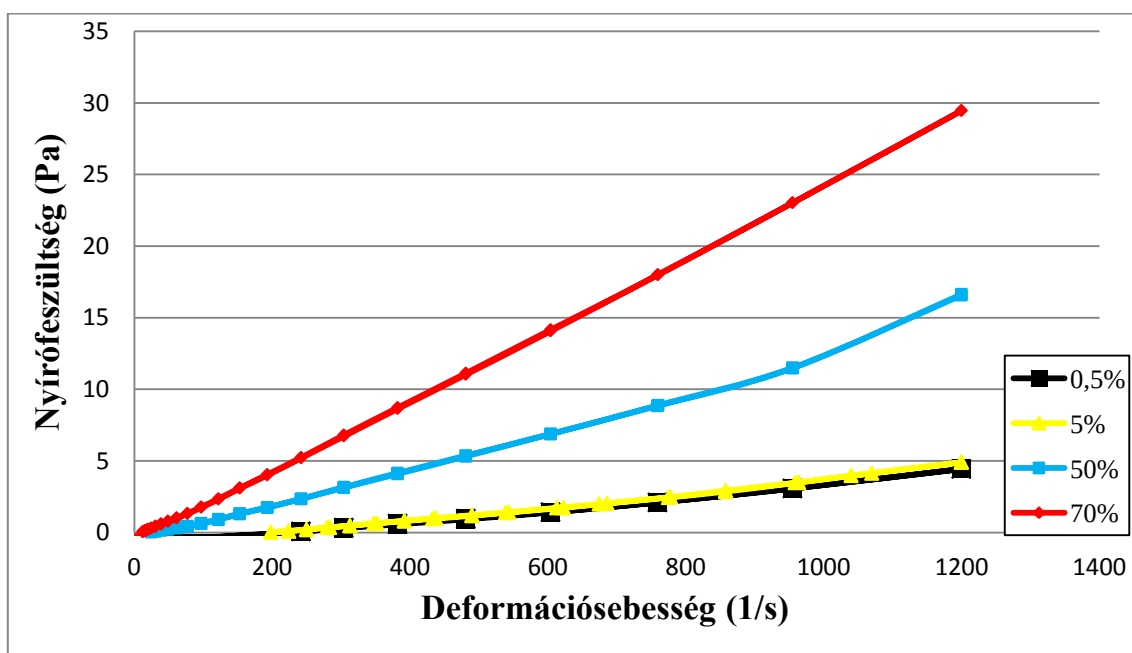
a reológiai tulajdonság. Az XOS mennyisége a 70L-ben és a 70P-ben megegyező, így elmondható, hogy a kísérőanyagok jellege is befolyásolja a termék viszkozitását.

Összességében megállapítható, hogy a xilo-oligoszacharid a frukto-oligoszacharid mintánál jobb állománykialakító képességgel rendelkezik.

5.3. Az XOS oldatok viszkozitásának koncentráció függése

A második kísérletsorozat során az XOS-os készítményeket 4 különböző koncentrációban állítottam össze (0,5, 5, 50 és 70%). A mérés célja az volt, hogy eltérő koncentrációban a minták viszkozitása hogyan változik. A koncentrációk kiválasztásában az alkalmazási lehetőségek játszottak szerepet. Az 50 és 70%-os koncentrációk a tömény, illetve hosszabb eltartásra szánt mintákat modellezzik, míg az 5 és 0,5%-os minták az élelmiszerekben felhasználandó koncentrációt tükrözik. A méréseket azonos körülmények között 20 °C-on és 1200 1/sec-os deformációsebességig végeztem el.

A 70L-ből készült minták folyásgörbéi a 3. ábrán láthatók.

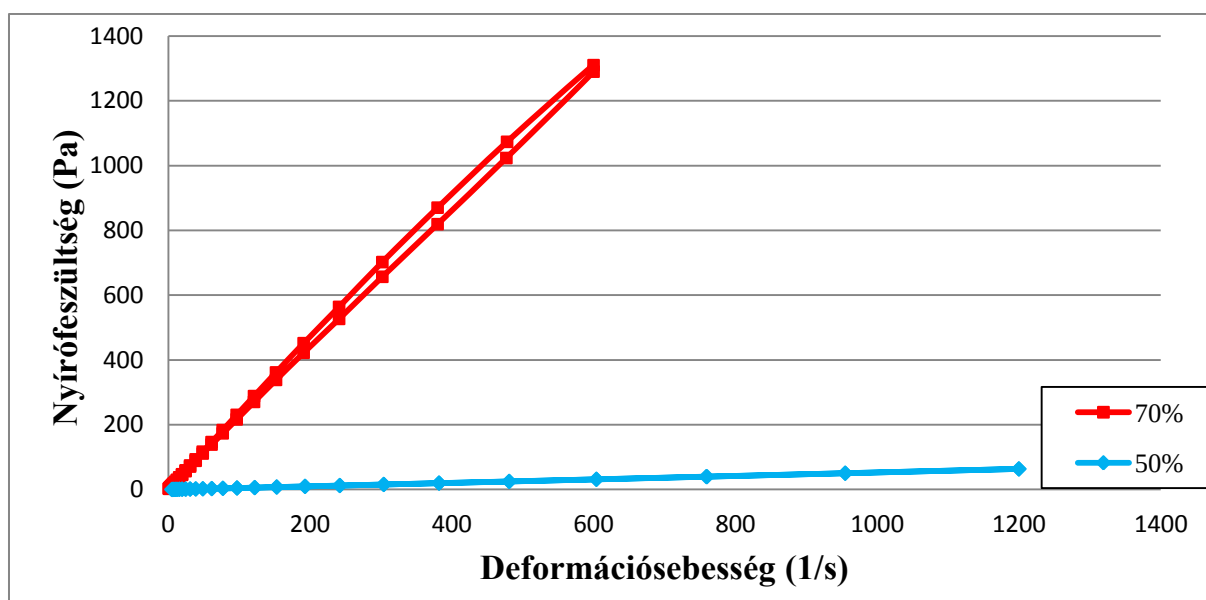


3. ábra: Az XOS 70L-ből készített különböző koncentrációjú minták folyásgörbéi

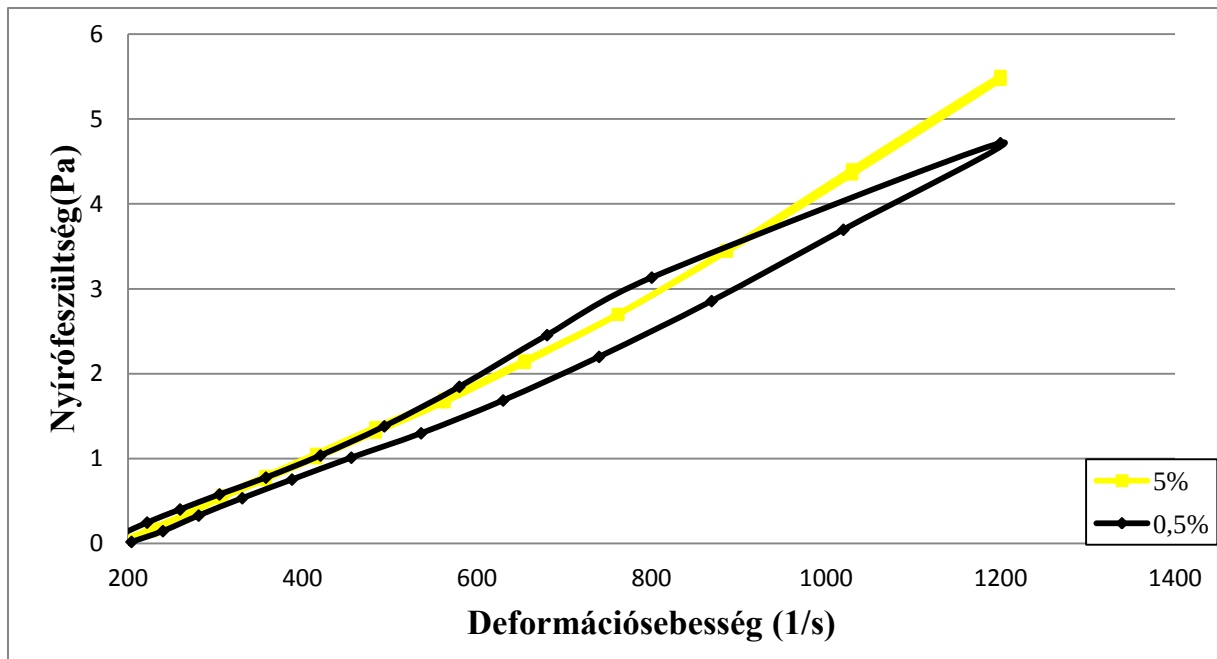
A folyásgörbék a mérés kezdetétől szétválnak és a mérés végig növekvő tendenciát mutatnak. A legnagyobb nyírófeszültséggel a legtöményebb 70%-os, míg a legalacsonyabb értékekkel a 0,5 és 5%-os oldatok rendelkeznek. A 70%-os minta folyásgörbéje a mérés tartományában végig lineáris volt, míg az 50, 5 és 0,5%-os minták 700 1/sec-os

deformációsebesség értéknél meredekebbé váltak, vagyis ebben a tartományban nagyobb deformációsebesség jelentősebb nyírófeszültség növekedést eredményeztek. A mérés során az 5%-os minta a 0,5%-oshoz képest nem különült el jelentősen. A minták folyásgörbéi hiszterézist nem mutattak.

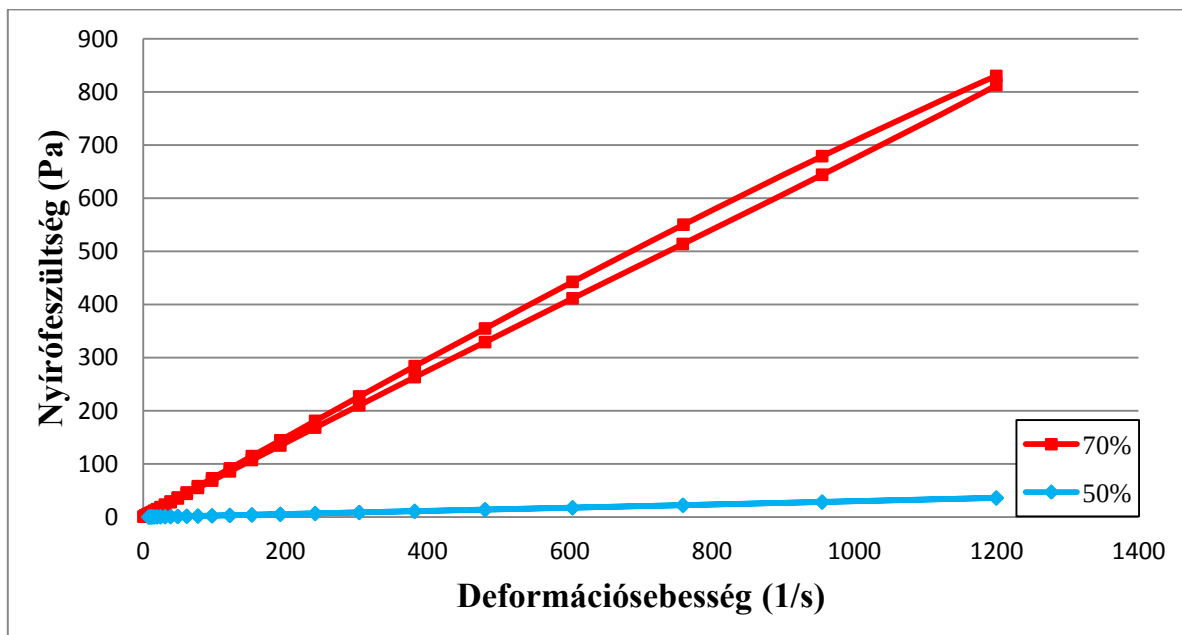
A 70P porból készített különböző koncentrációjú oldatok folyásgörbéi lineáris lefutásúak (4a-4b. ábra). A 70%-os minta kivételével a görbéi együtt futnak, de 400 1/sec-os deformációsebesség értéktől elválják az 50%-os minta az 5 és 0,5%-ostól. A 70%-os oldat nyírófeszültség értéke a legnagyobb, a végső mérési pontban két nagyságrenddel múlja felül a többi mintát. Továbbá ezen és a 0,5%-os folyásgörbén hiszterézis figyelhető meg, ami az időfüggő reológiai viselkedésre utal. Megállapítható, hogy a 70%-os XOS porban jelenlevő kiegészítőanyagok jelentősen növelik a minta viszkozitását, de ez csak egy meghatározott koncentráció felett érvényesül.



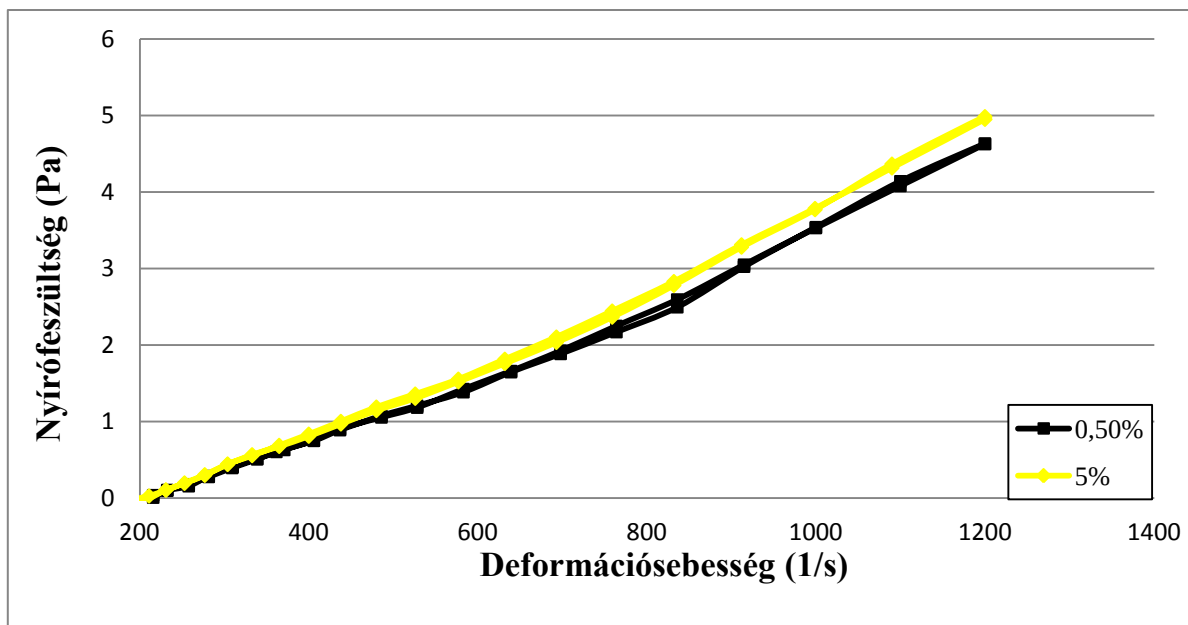
4.a ábra: Az XOS 70P-ből készített 50 és 70%-os minták folyásgörbéi



4.b ábra: Az XOS 70P-ből készített 5 és 0,5%-os minták folyásgörbéi

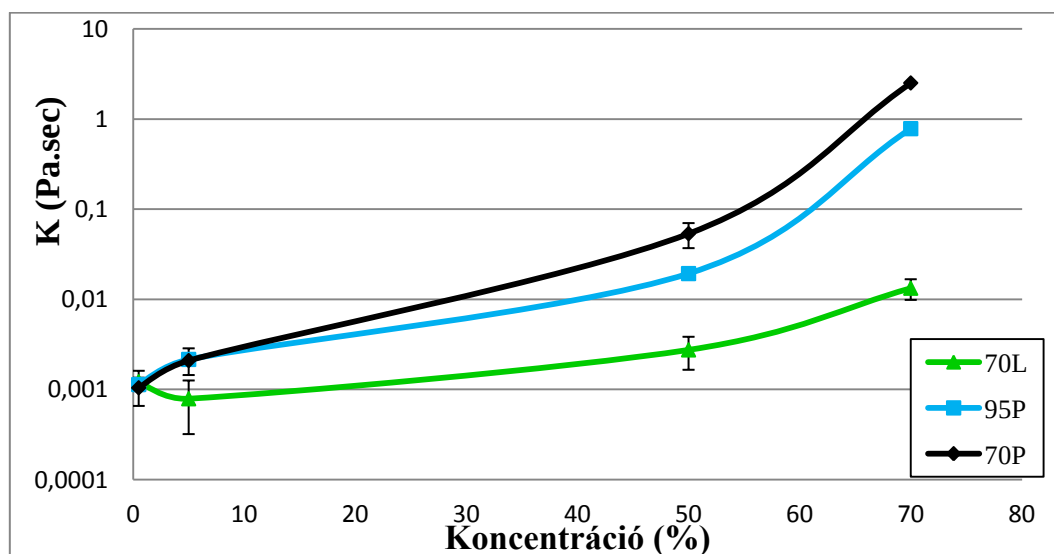


5.a ábra: Az XOS 95P-ből készített 50 és 70%-os minták folyásgörbéi



5.b ábra: Az XOS 95P-ből készített 5 és 0,5%-os minták folyásgörbéi

A 95P porból készített minták esetében is ugyanaz a jelenség tapasztalható, mint a 70P-ből készültekénél (5a-5b. ábra). A 70%-os oldat nyírófeszültség értékei már kis deformációsebességnél különválnak a többi folyásgörbétől, és meredeken növekszenek az utolsó mérési pontig. Csökkenő deformációsebesség mellett alacsonyabb nyírófeszültség értékeket kaptam, vagyis a minták itt is hiszterézissel rendelkeznek. Mind a négy koncentrációnál a folyásgörbe lineáris lefutású. Az 5 és a 0,5%-os oldatok a mérési tartomány végéig közösen futnak, csak az 50%-os minta tér el kis mértékben a 700 1/sec-os deformációsebességnél.



6. ábra: A három koncentrációsorozat konzisztencia értékei

A 6. ábrán a három kiindulási termékből készült oldat látszólagos viszkozitás értékei láthatók. Mindhárom esetben elmondható, hogy közel azonos lefutás jellemzi a típusokat. Enyhe, közel lineáris növekedést mutatnak az 50%-os értékig, majd ezt követően meredeken növekednek. Legnagyobb mértékben a 70L-es minta, legkevésbé a 70P minta oldatainak a viszkozitása nőtt a koncentráció növelésével. A 95P és a 70L kiindulási híg oldathoz képest három, míg a 70L értéknél csak egy nagyságrenddel nőtt a viszkozitás. Az eredményekből megállapítható, hogy az XOS típusok közül a 70P jelű, 70% XOS tartalmú por rendelkezik a legerősebb állománykialakító hatással, amely valószínűleg részben annak köszönhető, hogy ez a minta kísérőanyagként maltodextrint tartalmaz.

Ezeknek a méréseknek az eredményei gyártástechnológiai szempontból hasznosíthatók, mivel az egyes XOS típusok viszkozitása akár nagyságrendi különbségeket is mutathat, így az adott élelmiszerben való alkalmazás, illetve az anyagszállítás tervezése során a kiválasztásnál ezt a szempontot is figyelembe kell venni. Továbbá nem elhanyagolható, hogy az adott élelmiszernek, amelybe potenciálisan belekerülhet, milyen módon változtatja az állományát.

További kísérletsorozatomban három elterjedt és közismert állománykialakító segítségével vizsgálom annak a lehetőségét, hogy az XOS képes-e a termék állagán változtatni.

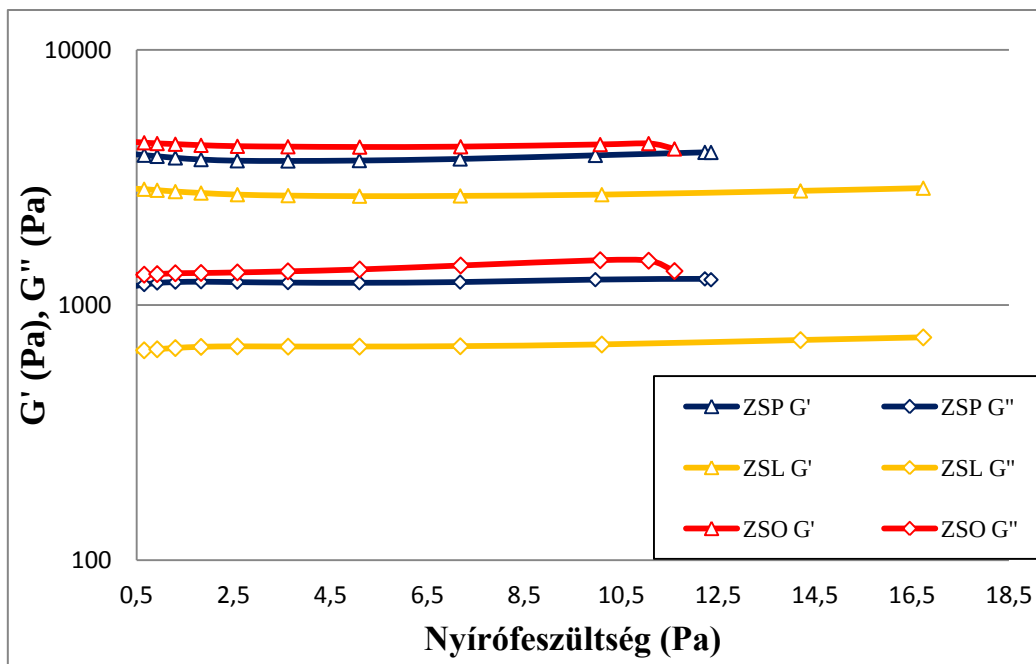
5.4. Szinergens állománykialakító hatás vizsgálata

A harmadik kísérletsorozat célja az volt, hogy az XOS termékeket 3 elterjedt, nem csak az iparban, hanem a háztartásokban is előforduló állománykialakítóval, a zselatinnal, a pektinnel és a xantánnal keverve végezzek méréseket.

A mérés elvégzésének irodalmi alapját (Mumtaz et al. 2008) alapozta meg, ugyanis megállapította, hogy az XOS zselatin jelenléte mellett szignifikánsan javította a vizsgált joghurt állományát, a sima zselatinos mintához képest. A minták összeállítását és kódjait a 3. táblázat tartalmazza.

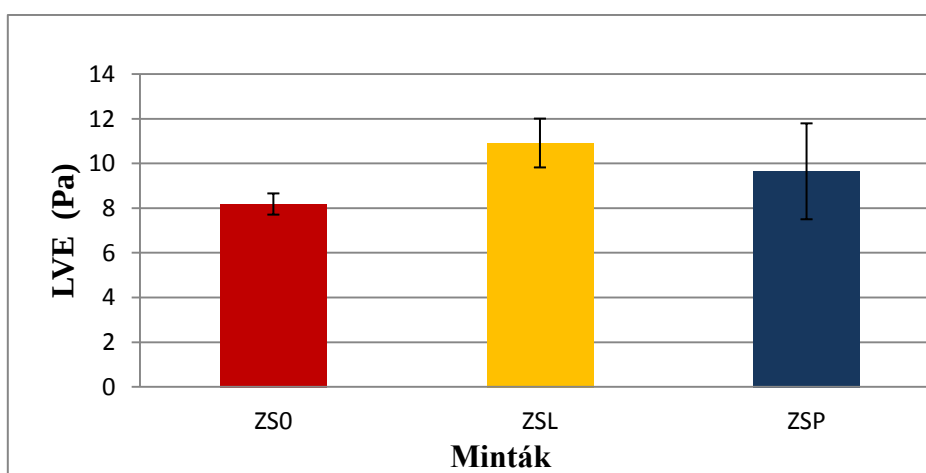
A vizsgálatban a pektinnel és a xantánnal készített mintákat rotációs, míg a zselatinnal készítéseket oszcillációs üzemmódban mértem meg. A konzisztencia értékeket (K) és az LVE értékeket a Herschel-Bulkley modell segítségével kaptam meg.

A zselatinnal és az XOS-sal készített minták reogramjai a 7.a. ábrán és az arról leolvasott LVE értékek a 7b. ábrán láthatók.



7.a ábra: A zselatinnal és az XOS-sal készített minták reogramjai

A reogramok lefutásukat tekintve azonos tendenciát mutatnak (7.a ábra). A mérés kezdeti tartományán alacsony nyírófeszültség értéknél nagy G' és G'' értékekkel rendelkeznek. 1 Pa-os nyírófeszültség értéktől mindegyik reogram vízszintes, lineáris a mérési tartomány végéig. A G' és G'' reogramok nem keresztezik egymást, vagyis a minták gél állapotban maradtak, nem váltottak át folyékony halmazállapotba. A kontroll minta értékei a legnagyobbak, de mértékadó különbséget nem mutatnak a porral készült mintáktól. A legalacsonyabb értékekkel a sziruppal készült gél rendelkezett.



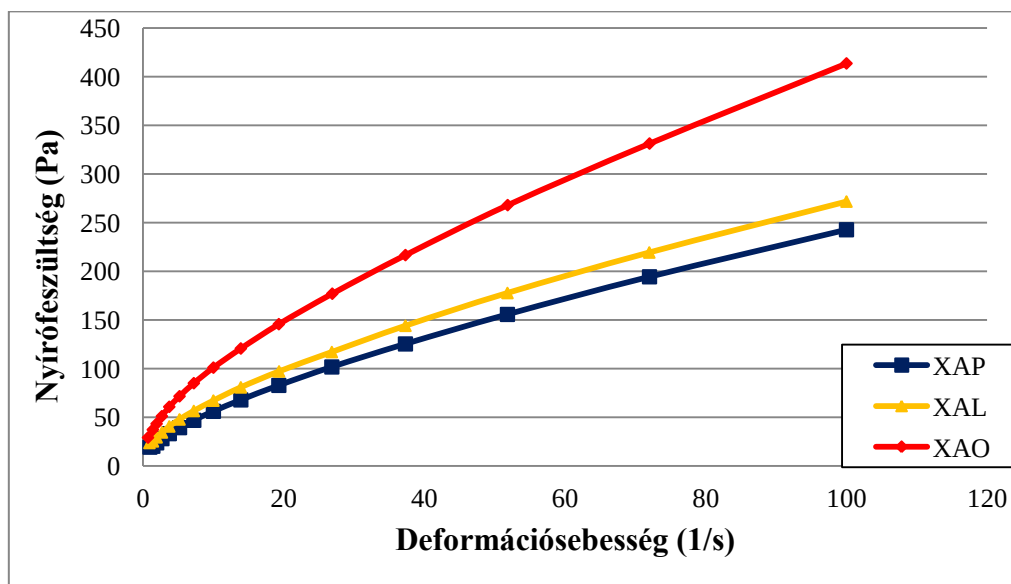
7.b ábra: A zselatinnal és az XOS-sal készített minták LVE (nyírófeszültség a lineáris viszkoelasztikus tartomány végén) értékei

A zselatinnal készült minták esetén a t-próba eredményei alapján a 70L szignifikánsan növelte ($p=0,016$), míg a 95P nem befolyásolta ($p=0,313$) az LVE értéket a kontrollhoz képest

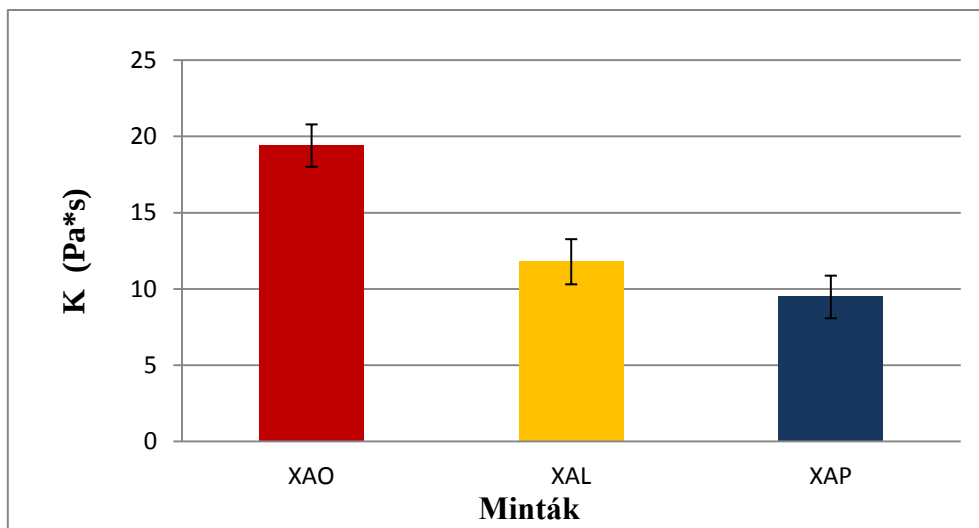
A legalacsonyabb LVE értékkel a kontroll minta, a ZS0 rendelkezett, ami nem tartalmazott XOS-t. A legnagyobb értéket pedig a sziruppal készült ZSL minta mutatott (7.b ábra). A mérés alapján megállapítható, hogy az XOS szirup adagolása szignifikánsan képes a zselatinnal együtt javítani az adott élelmiszeripari termék viszkozitását. Ez a megfigyelés összhangban áll a publikált eredményekkel, miszerint az XOS és a zselatin szinergens hatást mutatnak joghurtokban (Mumtaz et al. 2008).

A xantánnal készült minták konzisztencia értékei és folyásgörbéi a 8.a-8.b ábrán láthatóak. A folyásgörbék lefutása azonos, az értékek 10 1/sec-os deformációsebességig meredeken növekednek, majd ezt követően a mérési tartomány végéig kisebb, de egyenletes növekvő szakasz látható. A görbék nyírófeszültség értékei is alátámasztják a konzisztencia értékeknél látott tendenciát, a kontroll minta rendelkezik a legnagyobb értékekkel, míg a porral készült minta a legalacsonyabbakkal (8.a ábra).

A xantánnal készült minták esetén: a mind a 70L, mind a 95P adagolása szignifikánsan csökkentette a látszólagos viszkozitást a csak xantánt tartalmazó kontrollhoz képest ($p=0,0012$ és $0,0009$).



8.a ábra: A xantánnal és az XOS-sal készített minták folyásgörbéi

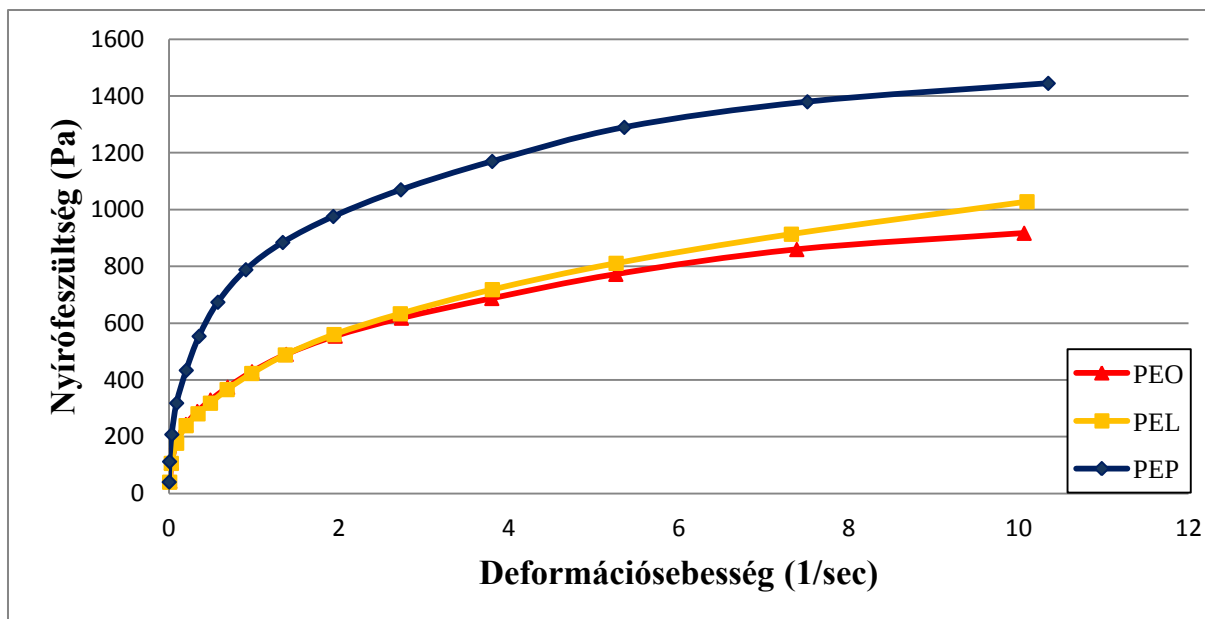


8.b ábra: A xantánnal és az XOS-sal készített minták konzisztencia értékei

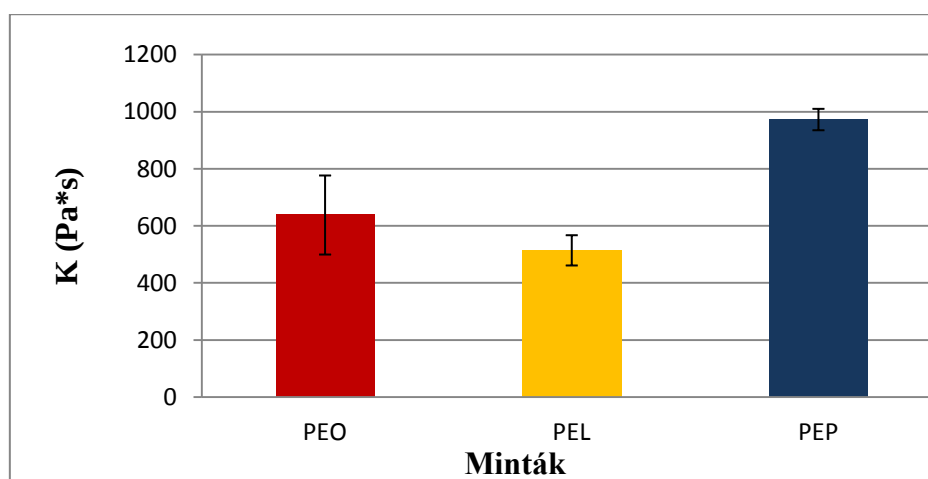
A legnagyobb konzisztencia értékkel a kontroll minta rendelkezik, ami csak xantánt tartalmaz. Ezt követően a sziruppal készült, majd a porral készült minta eredményei következnek. Megállapítható, hogy az XOS jelenléte a xantán mellett rontotta az állomány kialakító képességet (8.b ábra).

Az oldatok összeállítási körülményei során azt tapasztaltam, hogy az XOS szirup a xantán port egyáltalán nem nedvesítette, a por nehezen oldódott, a minta homogenizálása nagy energiát igényelt. A műszeres eredmények igazolják ezt az empirikus tapasztalatot. Valószínűleg az XOS rontja a xantán vízfelvevő képességét, ezért az XOS és a xantán együttes alkalmazásánál ezt figyelembe kell venni.

A pektinnel és XOS-sal készült minták folyásgörbéi és konzisztencia értékei (K) a 9.a-9.b ábrán láthatók.



9.a ábra: A pektinnel és az XOS-sal készített minták folyásgörbéi



9.b ábra: A pektinnel és az XOS-sal készített minták konzisztencia értékei

A folyásgörbék lefutásukat tekintve telítési görbére emlékeztetnek, a mérési tartomány végéhez közelítve a görbe meredeksége csökken. A nyírófeszültség értékek alapján az XOS 95P porral készült minta rendelkezik a legnagyobb értékekkel. A másik két minta görbéje megközelítőleg 3,0 1/sec-os deformációsebesség mellett válik szét, és ezen belül a szirupból készült minta növekedési rátája jelentősebb.

A pektinnel készült minták látszólagos viszkozitás (K , Pa.s) értékeit t-próbával összehasonlítva megállapítható, hogy a kontroll és a 70L-el készült minta között nincs szignifikáns különbség ($p=0,22$), míg a 95P-vel készült minta szignifikánsan nagyobb ($p=0,049$) viszkozitással rendelkezik, mint a kontroll.

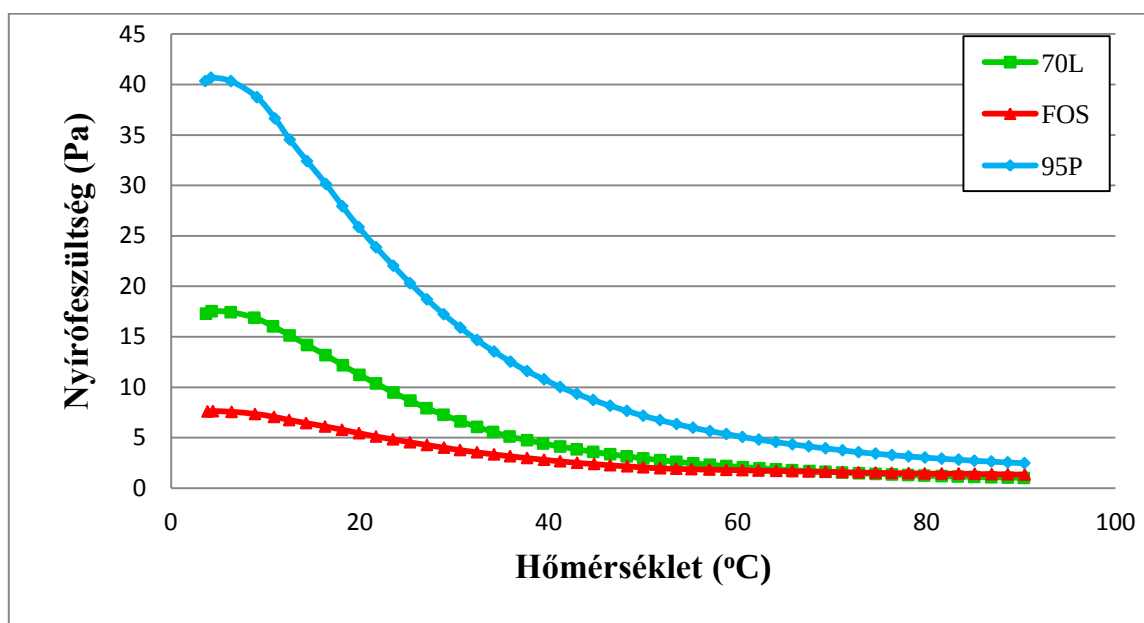
A legnagyobb konzisztencia értékkel a porral elkészített, míg a legalacsonyabb értékkel a sziruppal készült pektines minta rendelkezett.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az XOS erősíti a pektin gélképző, állománykialakító hatását. Mivel az XOS 95P használata esetén kedvezőbb hatást értem el, mint a 70L használata esetén, valószínűsíthető, hogy a nagyobb XOS koncentráció pozitívan hat a termékek állományára. Ennek az eredménynek az alapján az almazselé termék elkészítéséhez a pektint választottam állománykialakítónak.

5.5. Hőmérsékletfüggés

Park et al. (2001) szerint, az XOS növekvő hőmérséklet mellett stabilabb, jobban tartja a viszkozitás értékeit, mint a szacharóz.

Ennél a kísérletsorozatnál frukto-oligoszacharidot használtam kontrollnak. Az 10. ábrán látható a minták viszkozitásának hőmérsékletfüggése.



10. ábra: Az XOS 70L, 95P és az FOS hőmérsékletfüggése

A mérés kezdetén a legnagyobb nyírófeszültség értékkel a 95P minta rendelkezett, míg a legalacsonyabb értékkel az FOS. Az FOS minta 50 °C-ig egyenletesen csökken, ott egy állandó értéket vesz fel és tartja azt a mérés végéig. A 70L-es és a 95P-s minta az első mérési pontokban még növekedő nyírófeszültséggel rendelkeztek, majd a hőmérséklet további

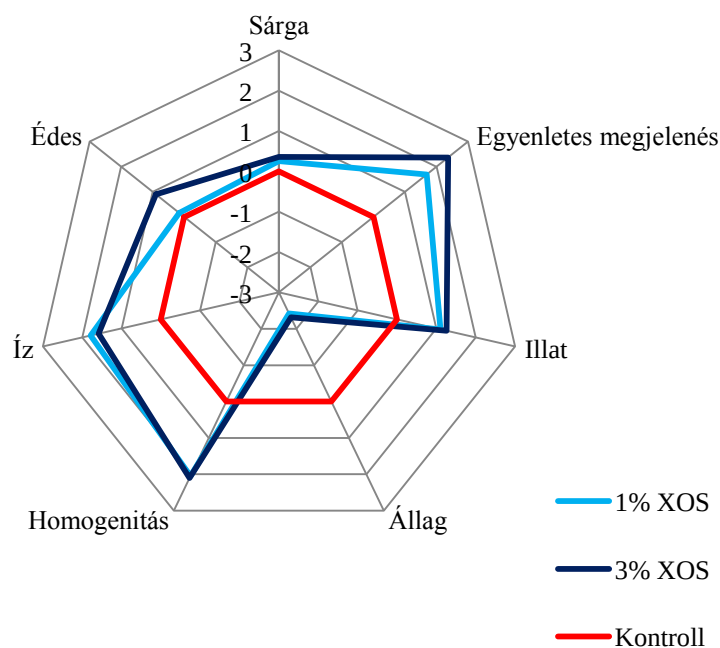
növelésére intenzív nyírófeszültség csökkenéssel reagáltak, ami megközelítőleg 30°C-ig tartott. Ezt követően mind a két görbe folyamatos, kisebb meredekségű csökkenést mutatott. A 70L-es minta 60°C-tól azonos értékekkel rendelkezik, mint az FOS minta, míg a 95P végig a két mintánál nagyobb eredményekkel rendelkezik. Végeredményben megállapítható, hogy habár a mérés egész tartományában nagyobb nyírófeszültség értékekkel rendelkeztek az XOS-os minták, mint az FOS, a hőmérsékleti terhelés hatására nagyobb csökkenést mutattak.

Azt, hogy ez a tény pozitív vagy negatív az XOS-ra nézve, az a felhasználástól függ: hűtő- és szobahőmérsékleten az XOS jobban növeli az élelmiszerek viszkozitását, mint az FOS, viszont nagyobb hőmérsékleten (például készételek vagy sodók esetén) nincs jelentős különbség a kétféle oligo-szacharid állománykialakító hatása között.

5.6. Érzékszervi vizsgálat

Az érzékszervi vizsgálat eredményeit a 11. ábrán foglalom össze. Az XOS-os mintákhoz a 95P-t használtam fel, egy, illetve három százalékos mennyiségben.

Habár az érzékszervi bírálói lapon lévő skálák pozitív és negatív irányba is 5-5 egységgel voltak megtöltve, a bírálati eredményekből ± 3 -nál nem volt nagyobb érték, ezért nincs feltüntetve a pókháló diagramon ennél nagyobb számegység. Piros színnel a kontroll minta látható, vagyis a 0 érték, amihez a bírálók viszonyították a másik két mintát.



11. ábra: Az érzékszervi vizsgálat eredményei

A minták érzékszervi tulajdonságaira adott pontszámokat student-féle t-próba segítségével hasonlítottam össze a kontroll és az XOS-sel 1, illetve 3%-ban dúsított minták esetén. A p valószínűségi értékeket a 9. táblázat mutatja be. A statisztikai próba eredményei alapján a szín, illetve édes íz tekintetében az XOS adagolása nem okozott szignifikáns változást.

9. táblázat Az XOS-el készült almazselék érzékszervi tulajdonságainak összehasonlítása t-próbával

			kontrol vs. XOS 1%	kontrol vs. XOS 3%
megjelenés	fehérebb	sárgább	0.555	0.439
	habosabb	egyenletesebb	0.001	<0.001
illat	jellegtelen	almára jellemző	0.009	0.016
	folyékony	szilárd	<0.001	<0.001
állomány	csomós	egyenletes	<0.001	<0.001
	jellegtelen	almás	<0.001	<0.001
íz	savanyú	édes	0.767	0.076

Az XOS-sel készült minták megítélése összességében kedvezőbb volt, mint a kontrollé, az állag kivételével. Egyik vizsgálati szempontnál sem volt jelentős különbség a különböző XOS koncentrációjú minták között. Az XOS tartalmú minták kimagasló eredményt értek el az egyenletesség, homogenitás és az íz kategóriában a kontrollhoz képest.

A nem emészthető oligoszacharidok jelenléte az élelmiszerekben azt a célt szolgálná, hogy rost, illetve prebiotikus hatásánál fogva növelje azok táplálkozásélettani értékét. Ezért előnyös, ha az oligoszacharid nem befolyásolja az érzékszervi tulajdonságokat, mivel így várhatóan többféle élelmiszeripari termékben használható fel, mivel nem befolyásolja a termék fogyasztói megítélését. Az XOS esetén annak enyhe édes íze érzékelhető volt, ami a fogyasztók a gyümölcs zselé esetén kedvezőnek ítélték.

Meglepő módon az XOS-sel készített minták állaga elmaradt a kontroll mintáéval szemben, melynek oka az lehet, hogy az XOS és az almasűrítményből származó komponensek (cukrok, szeves savak) együttesen kedvezőtlenül befolyásolják a pektin gélképző tulajdonságait. Ez a megfigyelt jelenség szükségessé teszi a további kutatásokat az XOS élelmiszerekben kifejtett hatására vonatkozóan.

6. Összefoglalás

A dolgozatom célja az volt, hogy egy eddig Magyarországon és az Európai Unióban nem használatos, jelenleg engedélyezés alatt álló prebiotikum és élelmi rost tulajdonságokkal rendelkező, nem emészthető oligoszacharid, a xilo-oligoszacharid (XOS) fizikai paramétereit feltérképezzem. Továbbá hogy vizsgáljam, hogy milyen mértékben módosíthatja egyes élelmiszerek érzékszervi tulajdonságait.

Három különböző xilo-oligoszacharid termék alapvizsgálata (szín, vízakaktivitás, turbiditás, megjelenés, oldhatóság) során arra jutottam, hogy az XOS vízben jól oldódik és alacsony koncentrációban nem befolyásolja jelentősen a vizes oldatok színét, nem okoz zavarosságot. Megjelenésben nem rendelkezik szélsőséges tulajdonságokkal.

A reológiai kísérletsorozatok alapján megállapítottam hogy valamennyi XOS jobb reológiai tulajdonsággal bír, mint a már elterjedten használt frukto-oligoszacharid (FOS), továbbá a legnagyobb viszkozitással a 70P rendelkezik. A koncentrációfüggés vizsgálat során (0,5-70m/m%) is a 70P minta viszkozitása nőtt a legnagyobb mértékben a koncentráció növelésével. Az XOS minták a teljes mérési tartományban növekvő hőmérséklet mellett jobb állománykialakító képességgel rendelkeztek, mint az FOS. Hőmérsékleti terhelés hatására viszont nagyobb csökkenést mutattak az XOS minták.

Háromféle állománykialakító mellett vizsgáltam meg az XOS szinergens hatását. Azt tapasztaltam, hogy míg a xantán és a zselatin mellett nem vagy csak kevéssé, addig a pektinnel nagymértékben javította az állományt.

Almazselé terméket állítottam elő pektin és 1-3% XOS felhasználásával. Az érzékszervi vizsgálat során az összeállított termék fogadtatása pozitív volt. Egy paraméter kivételével minden szempontból kedvezőbb volt az XOS-os termékek megítélése, mint a kontroll mintáé. Az XOS adagolása növelte az illat, az íz intenzitását, valamint a homogenitást, nem befolyásolta a termékek színét.

Eredményeim alapján a prebiotikus, élelmirost hatású xilo-oligoszacharid alkalmasnak tűnik arra, hogy különböző élelmiszeripari termékek táplálkozás élettani értéket növelje. Mivel a termék megjelenésére nincs negatív hatással, és állománykialakító képességét is pozitív irányba javíthatja, ezért az ipar számára optimális, széleskörű felhasználási lehetőséget biztosít.

7. Irodalomjegyzék

- Akpınar, O., Erdogan, K., Bostanci, S. (2009a): Enzymatic production of xylooligosaccharide from selected agricultural wastes. *Food and Bioproducts Processing* 87: 145-151.
- Akpınar, O., Erdogan, K., Bostanci, S. (2009b): Production of xylo-oligosaccharides by controlled acid hydrolysis of lignocellulosic materials. *Carbohydrate Research* 344: 660-666.
- Angeli I., Barat J., Molnár L. (2000): A gyógyító csicsóka. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Bhat, M. K. (1998): Oligosaccharides as functional food ingredients and their role in improving the nutritional quality of human food and health. *Recent Research Developments in Agricultural & Food Chemistry* 2: 787-802.
- Biacs P. (2000): Inulin és oligofruktóz táplálkozásai jelentősége, élelmiszeripari alkalmazása. *Élelmezés Ipar* 54(11): 350-352.
- Bielecka, M., Biedrzycka, E., Majkowska, A., Juskiewicz, J., Wróblewska, M. (2002): Effect of non-digestible oligosaccharides on gut microecosystem in rats. *Food Research International* 35: 139-144.
- Boeckner, L. S., Schnepf, M. I., Tungland, B. C. (2000): Inulin: a review of nutritional and health implications. *Advances in Food and Nutrition Research* 43: 1-63.
- Chen, G., Li, X., Niu, A. (2012): Soymilk for reducing blood glucose and lipids comprises fresh milk, bean flour, cane sugar, active composition comprising xylo-oligosaccharide and L-arabinose, composite emulsion stabilizer, and water. Patent Number(s): CN102630753-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): SUZHOU XIANKUO BIOTECHNOLOGY CO LTD (SUZH-Non-standard), Derwent Primary Accession Number: 2012-P96577 [01]
- Choque Delgado, G. T., Tamashiro, W. M. S. C., Junior, M. R. M., Moreno, Y. M. F., Pastore, G. M. (2011): The putative effects of prebiotics as immunomodulatory agents. *Food Research International* 40: 3167-3173.
- Crittenden, E. (2006): Emerging prebiotic carbohydrates. In: Gibson G. R., Rastall R. A., John Wiley Sons Ltd., Chichester (eds.): *Prebitocs: Development and Applications*. England, pp. 120.
- Delzenne, N. M., Roberfroid, M. R. (1994): Physiological effects of nondigestible oligosaccharides. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 27: 1-6.

- Franck, A. (2000): Food applications of prebiotics. In: G. Gibson, F. Angus (eds.): LFRA ingredient handbook: Prebiotic and probiotics. Surrey, UK: Leatherhead Publishers. pp. 1-18.
- Gábor, M. (1987): Az élelmiszer-előállítás kolloidikai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Garrote, G., Dominguez, H., Parajó, J. C. (2002): Autohydrolysis of corncob: study of non-isothermal operation for xylo-oligosaccharide production. *Journal of Food Engineering* 52: 211-218.
- Gasztonyi K. (1979): Élelmiszerkémia alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Gibson, G. R., Roberfroid, M. B. (1995): Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition* 125: 1401-1412.
- Gullón, P., Moura, P., Esteves, M., Girio, F. M., Domínguez, H., Parajó, J. C. (2008): Assessment on the fermentability of xylo-oligosaccharides from rice husks by probiotic bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 7482-7487.
- Hughes, S. A., Shewry, P. R., Li, L., Gibson, G. R., Sanz, M. L., Rastall, R. A. (2007): In vitro fermentation by human fecal microflora of wheat arabinoxylans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 4589-4595.
- Jaskari, J., Kontula, P., Siitonen, A., Jousimies-Somer, H., Mattila-Sandholm, T. Poutanen, K. (1998) 'Oat β -glucan and Xylan Hydrolysates as Selective Substrates for Bifidobacterium and Lactobacillus Strains' in *Appl. Microbiol. Biotechnol* 49: 175-181.
- Juhász R., Zeke I. Cs., Balla Cs., Barta J. (2011): Oszcillációs reometria alkalmazása az élelmiszervizsgálatokban. *Élelmiszervizsgálati Közlemények* 57(3): 169-180.
- Katapodis P, Christakopoulos P. (2005): Xylanases as a tool for the production of novel phytopharmaceuticals. *NutraCos* 4: 17-21.
- Li, G., Lu, X., Ma, L., Qiu, C., Wang, C. (2012a): Producing sugarless double protein beverage involves dissolving lead powder, skimmed milk powder and soybean isolated protein by dry mixing and heating to dissolve, homogenizing, sterilizing, cooling, inoculating, fermenting and cooling. Patent Number(s): CN102429015-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): SHANGRONG TECHNOLOGY CO LTD SUZHOU IND P (SHAN-Non-standard)Derwent Primary Accession Number: 2012-F49429 [36]

- Li, G., Lu, X., Ma, L., Qiu, C., Wang, C. (2012b): Preparation of sugarless sweet soybean milk comprises soaking soybean, cleaning and decorticating, adding baking soda, abradant and filter, adding nutrasweet, soymilk oil, and soymilk essence, homogenizing, and sterilizing. Patent Number(s): CN102550689-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): SHANGRONG TECHNOLOGY CO LTD SUZHOU IND P (SHAN-Non-standard), Derwent Primary Accession Number: 2012-M26329 [64]
- Li, G., Xu, J. (2012a): Preparing probiotic beverage involves mixing defatted nonreactive milk powder, xylo-oligosaccharide, healthy sugar and glucose; and performing Maillard reaction on the base of technology of low sugar fermentation. Patent Number(s): CN102524390-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): SHANGRONG TECHNOLOGY CO LTD SUZHOU IND P (SHAN-Non-standard) Derwent Primary Accession Number: 2012-K53260 [56]
- Li, G., Xu, J. (2012b): Production of ice cream by dissolving nonfat dried milk and defatted soybean flour into hot water, and staying warm, dry-mixing, constantly stirring, heating, cooling and aging, expanding, sterilizing, and refrigerating. Patent Number(s): CN102524505-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): SHANGRONG TECHNOLOGY CO LTD SUZHOU IND P (SHAN-Non-standard) Derwent Primary Accession Number: 2012-K43729 [60]
- Liu, Q, Zeng, X. (2010): Multifunctional yogurt e.g. for strengthening immunity, comprises antibiotic-free fresh milk, xylitol, stevioside, probiotics such as xylo-oligosaccharide, wild pawpaw juice, composite stabilizing agent and composite probiotics. Patent Number(s): CN101611738-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): ZUNYI DAIRY CO LTD (ZUNY-Non-standard), Derwent Primary Accession Number: 2010-A78413 [42]
- Liu, X., Guo, S., Peng, J., Ning, H., Qu, L., Jia, F. (2010): Food additive useful for expelling toxin and preserving countenance in bread process, instant noodle process, and in biscuit process, comprises maize peel, wheat bran, lecithin, sea-buckthorn, red jujube, medlar, mulberry, and almond, Patent Number(s): CN101695372-A ; CN101695372-B, Patent Assignee Name(s) and Code(s): TAIYUAN JIUPIAN FOOD DEV CO LTD (TAIY-Non-standard), Derwent Primary Accession Number: 2010-E78656 [44]
- LV X. (2012): Biscuit, comprises specific percent of whole wheat flour, specific percent sunflower seed, specific percent of acid, specific percent of xylo-oligosaccharide, specific percent of senna and specific percent of edible salt, Patent Number(s):

- CN102334530-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): LV X(LVXX-Individual),
Derwent Primary Accession Number: 2012-C43200 [15]
- Mäkeläinen H., Juntunen M., Hasselwander O. (2009): Prebiotic potential of xylo-oligosaccharides pp.245-258. in: Prebiotics and Probiotics Science and Technology, Eds: Charalampopoulos D., Rastall. R.A., Springer Science + Business Media LLC., New York.
- Mäkeläinen, H., Forssten, S., Saarinen, M., Stowell, J., Rautonen, N., Ouwehand, A. C. (2010): Xylo-oligosaccharides enhance the growth of bifidobacteria and *Bifidobacterium lactis* in a simulated colon model. *Beneficial Microbes* 1: 81-91.
- Manning, T. S., Gibson, G. R. (2004). Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* 18: 287-298.
- 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.
- Meyer, P. D., De Wolf, J., Olivier, P. (2007): Inulin und Fructooligosaccharide. In: K. Rosenplenter, U. Nöhle (eds.): *Handbuch Süßungsmittel*. Hamburg, Germany: Behr's Verlag. pp. 155-193.
- Mezger, T. G. (2006): *The Rheology Handbook*. Vincentz Network, Hannover.
- MÉ-1-3-2001/113: A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/113 számú előírása az emberi fogyasztásra szánt gyümölcsdzsem, zselé, marmelád és cukrozott gesztenyekrém termékekről.
- Modler, H. W. (1994): 'Bifidogenic Factors-Sources, Metabolism and Applications' in *Int. Dairy J.* 4: 383-407.
- Moure, A., Gullón, P., Domínguez, H., Parajó, J. C. (2006): Advances in the manufacture, purification and applications of xylo-oligosaccharides as food additives and nutraceuticals. *Process Biochemistry* 41: 1913-1923.
- Mumtaz, S., Rehman, U. S., Huma, N., Jamil, A., Nawaz, H. (2008): Xylooligosaccharide enriched yoghurt: physicochemical and sensory evaluation. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(4): 566-569.
- Mussatto, S. I., Mancilha, I. M. (2007): Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers* 68: 587-597.
- Nabarlatz, D., Ebringerová, A., Montané, D. (2007): Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides. *Carbohydrate Polymers* 69: 20-28.

- Park, Y. J., Lee J. W., Lee C. S., Rhew, B. K., Yang, C. K. (2001): Physicochemical properties of xylooligosaccharide as food material. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33(1): 19-23.
- Rehman, SU., Babu, I., Zahoor, T., Nawaz, H., Bhatti, I. A., Latif, F., Mumtaz, S., (2008): Extraction of xylooligosaccharides from hard-shell almond variety ('Wirin') and their utilisation in cookies. *Journal of Food Science and Technology-Mysore* 45(6): 527-530.
- Roberfroid, M., Slavin, J. (2000): Nondigestible oligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40: 461-480.
- Sako, T., Matsumoto, K., Tanaka, R. (1999): Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. *International Dairy Journal* 9: 69-80.
- Salgó A. (2001): *Élelmiszerkémia és táplálkozástan I. Műegyetemi Kiadó, Budapest.*
- Szabó L. Gy. (szerk.) (2010): *A csicsóka. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő.*
- Vázquez, M. J., Alonso, J. L., Domínguez, H., Parajó, J. C. (2000): Xylo-oligosaccharides: Manufacture and applications. *Trends in Food Science & Technology* 11: 387-393.
- Voragen, A. G. J. (1998): Technological aspects of functional food-related carbohydrates. *Trends in Food Science & Technology* 9: 328-335.
- Yang, R., Xu, S., Wang, Z., Yang, W. (2005): Aqueous extraction of corncob xylan and production of xylo-oligosaccharides. *Food Science and Technology* 38: 677-682.
- Zhang, S. (2010): Drinking milk containing chitosan useful as health beverage, prepared by mixing fresh milk, chitosan and xylo-oligosaccharides, dissolving and bottling to obtain beverage, Patent Number(s): CN101653172-A, Patent Assignee Name(s) and Code(s): ZHANG S(ZHAN-Individual), Derwent Primary Accession Number: 2010-C52835 [34]

www1: Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare,
www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/fhc/02.html).

8. Melléklet

1. ábra: Az almazselék érzékszervi bírálati lapja

Érzékszervi bírálat Prebiotikus almazselé

Külső: jelölje az alábbi számegegyenesen, hogy a kódszámmal ellátott minták a kontrolhoz képest milyen külleműek! A „nulla” a kontrolt képviseli.

sárgább										0
inhomogénebb-habosabb					0					egyenletesebb

Illat. Jelölje az alábbi számegegyenesen, hogy a kódszámmal ellátott minták a kontrolhoz képest milyen illatuak! A „nulla” a kontrol minta illat jellegét mutatja.

Üres, jellegtelen					0					intenzívebb alma

Mellékillet, ha érzékelhető :
.....
.....
.....

Állomány. Jelölje az alábbi számegegyenesen, hogy a kódszámmal ellátott minták a kontrolhoz képest milyen állományúak! A „nulla” a kontrol minta állományát jelenti.

folyékonyabb										0
csomós										0

Íz. Jelölje az alábbi számegegyenesen, hogy a kódszámmal ellátott minták a kontrolhoz képest milyen ízűek! A „nulla” a kontrol minta ízét jelenti.

Üres, jellegtelen										0
savanyúbb íz										0

Megjegyzés: