



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

ÉLELMISZERTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

# **XILO-OLIGOSZACHARIDOK TECHNOFUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGAI**

DOI: 10.54598/003040

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

PENKSZA PÉTER

Budapest

2022

## Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**A doktori iskola megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**Tudományága:** Élelmiszertudományok

Vezetője: Simonné Dr. Sarkadi Livia,

Egyetemi tanár, DSc

Magyar Agrár és Élet Tudományi Egyetem

Témavezető: Hermánné Dr. Juhász Réka

Egyetemi docens, PhD

Dietetikai és Táplálkozástudományi Tanszék

Semmelweis Egyetem

Szakmai konzulens: Dr. Sipos László

Egyetemi docens, PhD

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Árkezelési, Kereskedelmi, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszék

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

### **A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:**

A jelölt a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor

figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezetők jóváhagyása

## Tartalomjegyzék

Rövidítések.....	5
1. Bevezetés.....	7
2. Célkitűzés.....	9
3. Irodalmi áttekintés.....	10
3.1. Szénhidrátok (monoszacharidok, szacharóz, poliszacharidok, élelmirostok).....	10
3.2. Nem emészthető oligoszacharidok.....	12
3.3. Inulin és frukto-oligoszacharidok.....	15
3.4. Xilo-oligoszacharidok (XOS).....	18
3.4.1. Az XOS kémiai és fizikai tulajdonságai.....	18
3.4.2. Az XOS táplálkozás-élettani hatásai.....	20
3.4.3. Az XOS előállítása.....	26
3.4.4. Az XOS élelmiszeripari alkalmazása a világban.....	29
3.4.5. Az XOS piaca, potenciális jövője.....	30
3.5. Állománykialakítók.....	31
3.5.1. Zselatin.....	31
3.5.2. Szentjánoskenyérmag liszt.....	32
3.5.3. Xantán.....	33
3.6. A keksz.....	34
3.7. Reológiai alapok.....	34
3.7.1. Állományprofil-analízis.....	35
3.7.2. Rotációs mérés technikák.....	36
3.7.3. Oszillációs mérés technika.....	40
4. Anyag és módszer.....	44
4.1. Felhasznált anyagok.....	45
4.2. A kísérletek menete, a vizsgálati minták összetétele.....	46
4.3. Kísérletek módszerei.....	49
4.3.1. 1. Kísérlet – Alapvizsgálatok.....	49
4.3.2. 2. Kísérlet – Kölcsönhatás vizsgálata állománykialakítókkal.....	50
4.3.3. 3. Kísérlet – XOS alkalmazása kekszben.....	51
4.4. Statisztikai módszerek.....	53
5. Eredmények és azok megbeszélése.....	54
5.1. Az 1. kísérlet (alapvizsgálatok) eredményei.....	54
5.1.1. Alap fizikai vizsgálatok.....	54

5.1.2. A koncentráció változtatásának hatása a xilo-oligoszacharidok, a frukto-oligoszacharidok és a szacharóz viszkozitási tulajdonságaira vizes oldatban .....	56
5.1.3. A hőmérséklet változtatásának hatása a xilo-oligoszacharidok, a frukto-oligoszacharidok és a szacharóz vizes oldatainak viszkozitási tulajdonságaira. ....	59
5.2. 2. kísérlet – Kölcsönhatások vizsgálata állománykialakítókkal .....	61
5.2.1. Zselatin és az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben .....	61
5.2.2. Szentjánoskenyérmag liszt és az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben.....	66
5.2.3. Xantán és az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben.....	67
5.2.4. Szentjánoskenyérmag liszt - xantán keverék az az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben .....	68
5.3. 3. kísérlet – XOS alkalmazása kekszben .....	70
5.3.1. A kekszek fizikai tulajdonságai.....	71
5.3.2. A kekszek érzékszervi tulajdonságai.....	77
6. Következtetések és javaslatok .....	80
7. Új tudományos eredmények.....	82
7.1. Új Élelmiszer (Novel Food) szabályozás .....	84
1. Összefoglalás.....	88
2. Summary .....	90
3. Mellékletek.....	92
M1. Melléklet: Irodalomjegyzék.....	92
M2. Melléklet: Az XOS termékekben előforduló szacharidok leírása és molekulaképlete .....	105
M3. Melléklet: Az XOS összetevőinek kémiai felépítése.....	106
M4. Melléklet: A kísérletek során felhasznált anyagok összesítése .....	107
M5. Melléklet: A 95P és 70P XOS porok megjelenése oldatokban .....	108
M6. Melléklet: A szacharóz, a FOS, az XOS 70P, 70L és 95P vizes oldatainak viszkozitás értékei növekvő hőmérséklet függvényében. Vizsgált hőfokonként a mintákat Kruskal-Wallis statisztikai teszttel összehasonlítva .....	109
M7. Melléklet: A zselatinnal készült vizes oldatok tárolási és a veszteségi modulus értékei .....	112
M8. Melléklet: A szentjánoskenyérmag liszttel készült vizes oldatok tárolási és veszteségi modulus értékei .....	115
M9. Melléklet: A xantánnal készült vizes oldatok tárolási és a veszteség modulus értékei .....	118
M10. Melléklet: A szentjánoskenyérmag liszt és xantán keverékkel készült vizes oldatok tárolási és a veszteség modulus értékei .....	120
M11. Melléklet: Az érzékszervi bírálócsoport (panel) megbízhatósága.....	123

## Rövidítések

Rövidítés	Angol elnevezés	Magyar elnevezés
70L	Syrup, containing 70% (w/w) XOS	szirup, 70 (m/m)% XOS-t tartalmaz
70P	Powder, containing 70% (w/w) XOS	por, 70 (m/m)% XOS-t tartalmaz
95P	Powder, containing 95% (w w) XOS	por, 95 (m/m)% XOS-t tartalmaz
A	Arabinose	arabinóz
ANOVA	Analysis of variance	varianciaanalízis
a*	Chromaticity coordinates red (+) and green (-) in CIE Lab color space	CIELab színtér vörös (+), zöld (-) színtényező
AOAC	Association of Analytical Communities, Official Methods of Analysis	Analitikai Közösség Egyesülete, Hivatalos Elemzési Módszerek
AXOS	Arabinoxyloligosaccharides	arabinoxilo-oligoszaharidok
Bx	Brix value	vízoldható szárazanyag tartalom (g/100g) refraktométerrel történő mérést követően
b*	chromaticity coordinates yellow (+) and blue (-) in CIE Lab color space	CIELab színtér sárga (+), kék (-) színtényező
CAS	Chemical Abstracts Service	CAS által megadott vegyi anyagok regisztrációs száma
CFU	Colony-forming unit	telepképző egység
DP	Degree of Polymerization	polimerizációs fok
$\Delta E^*_{ab}$	color difference in CIE Lab color space	a CIELab színtérben két pont között számított színíngerkülönbség
FDA	Federal Food and Drug Administration	Szövetségi Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal
FDA-BAM	Bacterial Analytical Manual,	Bakteriális analitikai kézikönyv
FOS	Fructooligosaccharides	frukto-oligoszaharidok
FOSHU	Food for Specified Health Use	Meghatározott egészségügyi használatra szánt élelmiszerek
Fu	Fructose	fruktóz
Ga	Galactose	galaktóz
GE	gelatin	zselatin
GRAS	Generally Recognized as Safe	Általában biztonságosnak elismert

Gu	Glucose	glükóz
L*	lightness	CIELab színtér világossági tényező
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	nagy teljesítményű folyadékkromatográfia
IMO	Isomaltooligosaccharide	izomalto-oligoszacharidok
MHLW	Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan	Japán Egészségügyi, Munkaügyi és Jóléti Minisztérium
ND	not detected	nem detektált
NDO	Non-digestible oligosaccharides	nem emészthető oligoszacharidok
SCF	Scientific Committee on Food	Európai Unió Élelmiszerügyi Tudományos Bizottsága
SCFA	Short-chain fatty acids	rövid szénláncú zsírsavak
Suc	Sucrose	szacharóz
LBG	Locust bean gum	szentjánoskenyérmag liszt
UL	Tolerable Upper Intake Level	megengedhető napi beviteli érték
X	Xanthan Gum	xantán
X <sub>2</sub>	Xylobiose	xilobióz
X <sub>3</sub>	Xylotriose	xilotrióz
XOS	Xylo-Oligosaccharides	xilo-oligoszacharidok

# 1. Bevezetés

Napjainkban a megnövekedett egészségügyi és a fogyasztói tudatosság fényében egyre nagyobb figyelem fordul a funkcionális -, illetve a bioaktív anyagokban gazdag élelmiszerek iránt. Ezek „*A megelőzés jobb, mint a gyógyítás*” elven működnek, és előnyösek az emberi élet minőségének javításával és a várható élettartam növelésével kapcsolatban. Számos civilizációs, nem fertőző betegség például: cukorbetegség, vastagbél daganat, elhízás kialakulásában az egyik legjelentősebb faktor a nem megfelelő, rostban szegény táplálkozás. Ennek következtében az élelmiszeriparban egyre nagyobb a törekvés olyan funkcionális élelmiszerek előállítására, melyek olyan mennyiségben tartalmazzak hozzáadott rostokat, hogy azok kifejtsek pozitív élettani hatásukat és közben lehetőleg a hagyományos élelmiszerek ízétől, illatától és állományától jelentősen ne térjenek el.

Étkezési vagy diétás rostnak nevezzük azokat a növényi eredetű, oldható vagy oldhatatlan szénhidrátokat, amelyek a szervezet emésztő enzimjeivel nem emészthetőek (Williams et al. 2017). Táplálkozásélettani szempontból a rostok szerepe az, hogy abszorbeálják a vizet, az ionos komponenseket és az egyes anyagcsere termékeket az emésztés során, egyenletessé tegyék a felszívódási folyamatot és csökkentsék az emésztendő komponensek tranzit idejét a bélsatornában. Bizonyos rostok a bélflóra hasznos baktériumainak (probiotikumok) a szaporodását elősegítik, ezért prebiotikumoknak tekinthetők. A rostok fogyasztása hozzájárul egészségügyi problémák, mint vastagbélrák, 2-es típusú cukorbetegség, elhízás és kardiovaszkuláris betegségek megelőzéséhez (Singh et al. 2017). A hazai rostbevitel növelése és népszerűsítése azért is lényegbevágó lenne, mert a hazai lakosság legutolsó 2014-es Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálatok felmérésében azt mutatták ki, hogy a lakosság rostbevitelének szignifikánsan csökkent az azt megelőző évekhez képest. Az ajánlás napi 25g feletti bevitel, ezzel szemben a nők napi 21,1g-ot, míg a férfiak napi 24,7g-ot fogyasztottak el élelmi rostból (Sarkadi et al. 2017).

Az élelmi 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) nevezzük. A nem emészthető oligoszacharidok 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). Ezek a molekulák nemcsak rostként

funkcionálnak, hanem mint prebiotikumok, amelyek az emberi tápcsatornán változatlan formában keresztüljutnak és az emberi bélrendszerben a jótékony bélbaktériumok szaporodását szelektíven elősegítik (Gibson és Roberfroid 1995). Élelmiszer technológiai szempontból azért izgalmas a kis molekulaméretű oligoszacharidok rostként való adagolásának vizsgálata, mert szemben a nagyméretű poliszacharidokkal, amelyek jelentősen képesek a termék megjelenését, szerkezetét módosítani (pl. cellulóz, pektin) a nem emészthető oligoszacharidok akár „észrevétlenül” is növelhetik az adott élelmiszer beltartalmi értékeit.

A növényi melléktermékekben (kukoricacsutka, bagassz) található lignocellulózok egyik összetevője a xilán, melynek hidrolízisével előállítható xilo-oligoszacharidok (XOS) szintén a nem emészthető oligoszacharidok közé tartoznak. Az XOS Magyarországon és Európában még nem ismert, új élelmiszer összetevő volt, melynek engedélyeztetése 2018-ban lezajlott (2018/1648 EU rendelet), 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 az európai tradicionális élelmiszerekben milyen módon alkalmazható. Az XOS előnye a többi NDO-val szemben, hogy olcsó, bőséges és megújuló természetű mezőgazdasági növényi maradványokból állítható elő (Vazquez et al. 2000).

Miután ez az élelmiszerösszetevő nem rendelkezik európai múlttal, élelmiszeripari felhasználási tapasztalattal, legfőbb célom az volt a kutatásaim során, hogy megismerjem, leírjam ennek az oligoszacharidnak a reológiai viselkedését. Megvizsgáljam, hogyan reagál az élelmiszeripari feldolgozástechnológiák során, illetve élelmiszertermékekben eltérő reológiai viselkedést mutat-e más szénhidrátokhoz képest.



## 2. Célkitűzés

### **Fő tudományos célkitűzésem:**

A xilo-oligoszacharidok (XOS), mint új nem emészthető oligoszacharidok, alapvető technológiai tulajdonságainak feltérképezése annak érdekében, hogy az XOS felhasználásával tervezett termék- és gyártás technológiafejlesztési munkákat előkészítsem. Célom volt továbbá, hogy kutatásaimmal hozzájáruljak az XOS Novel Food engedélyezés tudományos hátterének megalapozásához.

### **A fő tudományos célkitűzés alcélkitűzései:**

1. Célom volt, hogy az XOS-nek, mint egy új élelmiszernek, ami még nem került semmilyen vizsgálat alá, az alapvető fizikai tulajdonságainak (oldhatóság, szín, turbiditás) megismerése.
2. Mivel nem rendelkezünk ismeretekkel, célom volt annak tisztázása, hogy az XOS vizes közegben milyen reológiai tulajdonságokkal rendelkezik, és ezek milyen hatással lehetnek a rosttal dúsított élelmiszerek termékfejlesztéseire és gyártástechnológiájukra.
3. Célom volt annak vizsgálata, hogy az XOS jelenléte az iparban használt állománykialakítók gélesedési tulajdonságait módosítja-e bármiféle módon.
4. Célom volt egy, az európai étrend alapvető élelmiszerében történő XOS adagolásának hatását megvizsgálni, hogy hogyan befolyásolja annak fizikai-érzékszervi tulajdonságait.

### 3. Irodalmi áttekintés

#### 3.1. Szénhidrátok (monoszacharidok, szacharóz, poliszacharidok, élelmirostok)

A szénvegyületek azon csoportját nevezzük szénhidrátoknak, amelyeknek jellemző összegképlete  $C_n(H_2O)_m$ . A szénhidrát elnevezés mögött az összegképlet alapján az a feltételezés állt, hogy ezek a vegyületek a szén vízzel alkotott hidrátjai.

A szénhidrátok a természetben a legelterjedtebb szerves vegyületek közé tartoznak. Valamennyi élő sejtben megtalálhatóak részben, mint energiaszolgáltatók, részben pedig más szerves vegyületek felépítésében kiindulási anyagok. A szénhidrátokat polimerizáció fokuk alapján lehet osztályozni. Így monoszacharidokat vagy egyszerű cukrokat, oligoszacharidokat, és poliszacharidokat különböztetünk meg (Gasztonyi 1979, Kajtár 2009).

A monoszacharidok vagy más néven egyszerű cukrok szobahőmérsékleten kristályos formájúak, vízben oldhatóak, és kémiaiilag tiszta állapotban fehérek. Többségük édes ízérzetet ad. A monoszacharidok kémiaiilag poli-hidroxi-oxovegyületek, melyek polialkoholoknak tekinthetőek, mert alkoholos hidroxil csoportokat tartalmaznak. Csoportosításuk aszerint történik, hogy mennyi szénatom alkotja a láncot. Ez alapján megkülönböztetünk triózokat (3), tetrózokat (4), pentózokat (5), hexózokat (6) és heptózokat (7), melyek közül legnagyobb számban a hexózok és pentózok fordulnak elő. Ezek cukoregységeknek tekinthetők, mivel hidrolízissel további kisebb molekulájú szénhidrátokra már nem bonthatók. Az oxigén kötési módja alapján aldehid- vagy keto- csoporttal rendelkező molekulákat, -aldózokat és ketózokat- különböztetünk meg. Az egyszerű cukrok nyitott vagy gyűrűs formában is előfordulhatnak. Vizes oldatban a két forma egyensúlyban van egymással, viszont kristályos állapotban energetikai stabilitás miatt mindig gyűrűs formában található meg. A legjelentősebb monoszacharidokra a szénatom számmal feltüntetve: glicerin-aldehid (3), dihidroxi-aceton (3), eritróz (4), ribóz (5), xilóz (5), arabinóz (5), glükóz (6), fruktóz (6), mannóz (6), szorbóz (6), heptulóz (7) (Gasztonyi 1979, Kajtár 2009).

Mivel dolgozatomban több kísérletben is kontrollként szerepel a szacharóz, ezért a diszacharidok közül ezt a szénhidrátot mutatom be részletesen. A szacharóz egy  $\beta$ -D-fruktóz és egy  $\alpha$ -D-glükózból álló nem redukáló diszacharid. A szacharóz, habár elsődlegesen édesítőként alkalmazzák, számos egyéb szerepet is betölt. Élelmiszeripari alkalmazásai közül érdemes kiemelni néhányat. Azáltal, hogy vizet köt meg, fontos szerepet játszik a zselésedési és csirizedési folyamatok késleltetésében kémiaiilag kelesztett tésztákban. Meggátolja a glutén

teljes hidratálását mind a vegyi úton, mind az élesztő felhasználásával kelesztett tészták esetében is, ezáltal hozzájárul a nagyobb térfogat és jobb állomány eléréséhez. Hozzájárul a cukrászati termékek tésztájának krémességéhez, valamint a tojásfehérjehab stabilizáláshoz, ezen túl karamellizálódik a termékekben és segíti a karamell szín és íz kialakulását. Mivel vizet köt meg, segíti a termékek nedvességét megtartani. A szacharóz tud túltelített oldatban lenni és üvegesedni cukrászati termékekben, megakadályozni tojásfehérjék denaturációját és csökkenteni a jégkrémek fagyáspontját is. Húsételekben és saláta szószokban fokozza és kiegyensúlyozza a paradicsom, ecet és citrusfélék ízét. Jelenléte biztosítja a szilárd állapotot gyümölcs dzsemek, lekvárok, marmaládok és zselék esetében és csökkenti vízaktivitásukat. Ezen tulajdonságok pótlása komoly kihívás, amelyet többé-kevésbé az izocukrok és cukoralkoholok tudnak helyettesíteni, de nem maradéktalanul és nem olyan mértékben (Pennington és Baker 1990, Mathouthi és Reiser 1995, BeMiller 2007).

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, és tulajdonságaikat is nagyban ezek az alkotóelemek határozzák meg, továbbá az, hogy a láncok hány egységből állnak, azok milyen módon kapcsolódnak össze, vagyis, hogy melyik szénatomok között alakul ki éterkötés. A poliszacharidok hidrolízissel oligoszacharidokra, illetve monoszacharid egységekre bonthatók. Porszerű megjelenésűek, vízben vagy csak kolloidálisan vagy egyáltalán nem oldhatók. Nem édesek. Természetes állapotukban leginkább a növények vázanyagaként és tartalék tápanyagként fordulnak elő. Legnagyobb mennyiségben megtalálható poliszacharidok a következők: cellulóz, keményítő, glikogén, pektin, inulin (Salgó 2001).

Élelmi rostoknak azokat a szénhidrát alapú növényi összetevőket hívjuk, amelyek ellenállnak az emberi emésztő szervrendszer bontási folyamatainak. Osztályozásuk többféleképpen is lehetséges aszerint, hogy a növényben milyen szerepet töltött be az adott anyag, milyen fajta poliszacharid, illetve milyen emésztési folyamatokat indítanak be vagy akár milyen fiziológiai osztályozásba sorolható. A leginkább elterjedt osztályozási forma az oldhatóságuk alapján történő megkülönböztetés, *in vitro* vizes környezetben és az emberi enzimrendszerre történő fermentálhatóságuk alapján. Ennek alapján két nagy csoportot különíthetünk el, a vízben oldhatatlan, avagy nehezen fermentálható rostok (cellulóz, hemicellulóz, lignin, stb.), míg a másik csoport a vízben oldható, erjeszthető rostok (pektin, guargumi, xantán, stb.) (Dhingra et al. 2011).

Az élelmi rostok számos funkcióval és tulajdonsággal rendelkeznek, és más-más hatást képesek kifejteni, míg áthaladnak az emésztő szervrendszeren. Ezek a tulajdonságok nagyban függenek a molekulák fizikai-kémiai tulajdonságaitól. Legfontosabb tulajdonságok: részecske méret, molekula felület karakterisztikája, hidratációs tulajdonságok, ionok és szerves molekulákhoz való kötődési képesség (Williams et al. 2017).

A magas rosttartalmú élelmiszerek, mint például a gabonafélék, gyümölcsök és zöldségek pozitív hatást gyakorolnak az emberi egészségre, számos betegség kialakulásának a megelőzésében játszanak fontos szerepet. Többek között ez annak tudható be, hogy növelik a széklet mennyiségének tömegét, csökkentik a bél tranzit idejét, csökkentik a koleszterin és glikémiás szintet, továbbá a mutagén és karcinogén anyagok kiürítésében is fontos szerepet játszanak. Elősegítik az egészséges bélflóra kialakítását, kiegyensúlyozzák a bél pH -ját és stimulálják a bélben rövid láncú zsírsavak fermentációját. Tehát megállapítható, hogy ezen élelmiszerek rendszeres fogyasztása hozzájárulhat a vastagbélrákos megbetegedések kialakulásának megelőzéséhez (Williams et al. 2017).

A rostok képesek az élelmiszereknek megváltoztatni az alapvető fizikai, kémiai és az érzékszervi tulajdonságait. Jelenlétük az élelmiszerben megváltoztatja annak állományát, viszkozitását, ízét, illatát vagy akár szín jellemzőit és megjelenését sütést követően. Adagolásuk során ezért számítani kell arra, hogy az eredeti terméktől eltérő technofunkcionális tulajdonsággal fog rendelkezni a rosttal dúsított funkcionális élelmiszer. Egyik legáltalánosabb jelenség, hogy a rostok adagolása során a poliszacharidok vízmegkötő képességük miatt jelentős viszkozitásbeli változást okoznak az élelmiszerben, ezáltal sűrítő, gélesítő és állománykialakító hatást is kiválthatnak. Egészségre gyakorolt pozitív hatást az irodalmi adatok alapján akkor fognak kiváltani, ha napi szinten 20-35 g rostot viszünk be a szervezetünkbe. Ez a mennyiség a rost típusától függően változhat (Dhingra et al. 2011).

### **3.2. Nem emészthető oligoszacharidok**

Az élelmi rostok egyik csoportját az **oligoszacharidok** alkotják. Ezek a szénhidrátok megtalálhatóak természetes formában élelmiszerekben, előállíthatóak kémiai vagy enzimes bontással poliszacharidokból vagy szintézissel egyszerű cukrokból. Az oligoszacharidok Salgó (2001) szerint 2-10, Voragen (1998) szerint 2-19 monoszacharid egységből épülnek fel. Ezek alapján az alacsony polimerizációs fokkal rendelkező molekulák tartoznak ebbe a csoportba.

Szobahőmérsékleten kristályosak, vízben jól oldódnak, kémiailag tiszta állapotban fehér színűek.

Táplálkozásélettani szempontból megkülönböztethetünk nem emészthető és emészthető oligoszacharidokat. A nem emészthető oligoszacharidok (NDO=non digestible oligosaccharide) esetén a monoszacharidok anomerikus szén atomjai olyan konfigurációban helyezkednek el, hogy a közöttük fennálló kötéseket az emberi emésztőszervrendszer enzimejei nem képesek bontani (Roberfroid és Slavin 2000). A nem emészthető oligoszacharidok kimerítik a prebiotikumok definícióját, hiszen olyan szerves vegyületek, amelyek az emberi tápcsatornán változatlan formában átjutnak és az emberi bélrendszerben a jótékony bélbaktériumok szaporodását szelektíven elősegítik (Gibson és Roberfroid 1995). Sako és munkatársai (1999) megállapítása alapján a kereskedelmi forgalomban 13 prebiotikus NDO kapható, amelyek a mai napig megőrizték ezt a státuszukat (1. táblázat).

1. táblázat: Nem emészthető oligoszacharidok összefoglaló táblázata

(Sako et al. 1999. nyomán)

Megnevezés	Molekuláris szerkezete
Ciklodextrinek	(Gu) <sub>n</sub>
Frukto-oligoszacharidok	(Fr) <sub>n</sub> -Gu
Galakto-oligoszacharidok	(Ga) <sub>n</sub> -Gu
Gentio-oligosaszharidok	(Gu) <sub>n</sub>
Glicosil	(Gu) <sub>n</sub> -Fr
Isomalto-oligoszacharidok	(Gu) <sub>n</sub>
Isomaltóz (vagy palatinóz)	(Gu-Fr) <sub>n</sub>
Lactoszukróz	Ga-Gu-Fr
Laktóz	Ga-Fr
Malto-oligoszacharidok	(Gu) <sub>n</sub>
Raffinóz	Ga-Gu-Fr
Szója-oligoszacharidok	(Ga) <sub>n</sub> -Gu-Fr
Xilo-oligosacharidok	(X) <sub>n</sub>
Arabinoxilo-oligoszacharidok	A-(X) <sub>n</sub>

A kémiai tulajdonságokat befolyásolja a molekulalánc hossza, az alkotó monoszacharidok pozíciója 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 felelhető hétköznapi élelmiszerekben. Megtalálhatóak különböző koncentrációban például a tejben, mézben, szójababban, cukornád szirupban, gyümölcsökben, zöldségekben, hagymában, articsókában, fokhagymában, cikóriában, csicsókában, banánban,

paradicsomban és a gabonafélékben (Mussatto és Mancilha 2007, Swennen et al. 2006, Kothari et al. 2014).

A nem emészthető oligoszacharidok sokrétű kedvező fizikai tulajdonságaik miatt az élelmiszeripar több területén sikeresen használhatók fel. Jellemzően édes ízérzetet adnak, édesítő erejük 0,3-0,6 a szacharózhoz viszonyítva. Ez a hatás nagyban függ attól, hogy az adott molekula szénláncá hány monomerből 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 hasznosítani és ezért nem okoznak fogszuvasodást. Az élelmiszereknél növelhetik a testesség érzékszervi tulajdonságait, nem fedik el az egyéb ízkomponenseket, továbbá nem rendelkeznek markáns utóízzel, mint a mesterséges édesítőszer, mint például aszpartám (Mussatto és Mancilha 2007, Swennen et al. 2006, Kothari et al. 2014).

Az oligoszacharidok minél nagyobb polimerizációfokkal rendelkeznek, annál inkább képesek az élelmiszer struktúráját, állagát, viszkozitását módosítani, vagyis képesek azokat krémesebbé, testesebbé alakítani. Ennek a mértékét számos környezeti paraméter befolyásolhatja, ami minden egyes molekulacsoportnál más és más tényezőt jelent (Voragen 1998, Roberfroid és Slavin 2000). Az NDO-k iránti érdeklődés leginkább az egészségre gyakorolt pozitív hatásuk miatt növekszik. Korábban is voltak jelentős kutatások ezeknek az anyagoknak a területén (Delzenne és Roberfroid, 1994, Sako et al. 1999), de az érdeklődés az utóbbi évtizedekben jelentősen megnőtt irántuk. Ennek oka a prebiotikus tulajdonságaik bizonyítása azzal (Manning és Gibson 2004, Bielecka et al. 2002, Roberfroid és Slavin 2000), hogy ezek az oligoszacharidok szubsztrátként szolgálnak és serkentik az anaerob baktériumok szaporodását, főként a bifidobaktériumokét. A megfelelő baktériumflóra gátolja a rothasztó és a patogén baktériumok növekedését a vastagbélben. Emellett a vastagbélben a pH-érték csökkenését is okozhatják, ami azért fontos, mert alacsonyabb pH-érték az egyes patogén baktériumfajok növekedését gátolja, miközben a *Bifidobacteria* fajoknak és más tejsavbaktériumoknak serkenti a szaporodását. Ezáltal elősegítik bizonyos hasznos tápanyagok, mint például a B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> és B<sub>12</sub> vitaminok, a nikotinsav (B<sub>3</sub>) és a folsav (B<sub>9</sub>) termelését. Stimulálják a vastagbél mozgását, serkentik a bélfal sejtjeinek a termelését, a só és víz felszívódást, ezáltal megteremtve az egészséges béltartalom ozmotikus viszonyait. Közvetett hasznuk továbbá, hogy fokozzák a vas, a kalcium és a magnézium felszívódást. A kalcium felszívódás növekedésének hatására csökken a csonttrikulás kockázata, mivel az elősegíti a csontsűrűség és a csonttömeg növekedését. Jótékony hatásuk van a szénhidrátok és a lipidek

metabolizmusára is és csökkentik a koleszterin-, triglicerid- és 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 nem emészthető oligoszacharidoknak az egészséges életmód kialakításában, fenntartásában vagy esetleg visszaállításában közvetve vagy közvetlen óriási szerepük van. A kutatások alapján napi 3-15 gramm mennyiség bevitele a humán széklet mikroflórájában jelentős kedvező változásokat okozhat (Biacs 2000, Meyer et al. 2009). A nem emészthető oligoszacharidok felhasználása az élelmiszeriparban, és az egyéb ágazatokban megnőtt (gyógyászat, kozmetika és takarmányipar). Az elmúlt évtizedekben több nem emészthető oligoszacharid is előtérbe került, mint funkcionális élelmiszer, és ezeknek az ipari alkalmazása folyamatosan növekszik. A legnagyobb igény az alábbi ágazatokban van:

- italgyártás: kávé, tea, gyümölcslevek, egészséges és alkoholos italok;
- tejtermékek: fermentált tejek, instant-, tej-, és jégkrémporok;
- prebiotikus joghurtok és szinbiotikus termékek, melyek pre- és probiotikum keverékeket tartalmaznak
- desszertek, sütő- és cukrászipari termékek, krémek és húspástétomok

(Gibson és Roberfroid 1995, Voragen 1998).

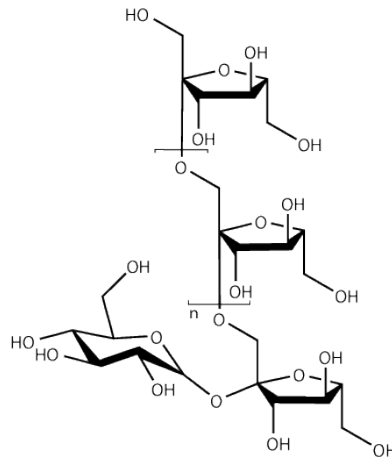
### 3.3. Inulin és frukto-oligoszacharidok

Az inulin és a frukto-oligoszacharidok dolgozatom szempontjából igen meghatározó anyagok, mivel az inulin jelenleg a legnépszerűbb prebiotikum, amit már nagy mennyiségben használnak fel az európai élelmiszerekben is. Továbbá az első prebiotikus rost, amire termékben történő felhasználása során kijelenthető a prebiotikus egészségügyi állítás (Theis 2018).

XOS-sel történő kutatásaimat megelőzően az inulinnal és annak egyik potenciális alapanyagával, a csicsóka (*Helianthus tuberosus*) gumójával végeztem kísérleteket és vizsgáltam természetes állománykialakító képességét (Penksza et al 2013, Sárosi et al. 2013), amelynek eredményei elvezettek doktori disszertációm témájához.

A fruktánok a fruktóz-monomerek polimer láncai. Az inulin (1. ábra) egy polidiszperz szénhidrát, ami főként, ha nem csak kizárólag,  $\beta$  (2–1) fruktozil – fruktóz összeköttetésekből áll. A frukto-oligoszacharidok (FOS) változó hosszúságú polimerek keveréke, amelyek fruktóz

(általában 2-4) monomereket tartalmaznak  $\beta$ - (2,1) -glikozid kötéssel és egy  $\alpha$ - (1,1) glükozidos kötéssel kötött terminális glükóz egységgel összekapcsolódva (Bornet et al. 2002).



1. ábra: Az inulin felépítése (Bornet et al. 2002)

Az emésztő szervrendszer enzimjei nem képesek hidrolizálni az inulint (vagy FOS-t), ezért a vegyület változatlan formában jut át a szájüregen, a gyomron és a vékonybélben. A szájon át bejuttatott inulin szinte maradéktalanul ( $> 90\%$ ) jut be a vastagbélbe, ahol ezt követően az endogén vastagbél mikrobiotái által teljes mértékben metabolizálódik (Bosscher 2009). Az inulin, valamint a kisebb polimerizáció fokú FOS évszázadok óta része az emberiség napi étkezésének. A gyümölcsök közül a nektarinban (*Prunus persica* var. *nucipersica*) található meg a legnagyobb mennyiségben ( $0,89 \pm 0,031\text{g}/100\text{g}$ ), míg a zöldségek közül a mogyoróhagyma (*Allium ascalonicum*) tartalmazza a legtöbbet ( $3,32 \pm 0,108\text{ g}/100\text{g}$ ). Jelentős mennyiségű a fehér hagymában (*Allium cepa*) ( $2,24 \pm 0,092\text{ g}/100\text{g}$ ) és vöröshagymában (*Allium cepa*) ( $4,10 \pm 0,147\text{ g}/100\text{g}$ ). Három növény viszont kiemelkedő mennyiségben tartalmazza ezt a szénhidrátot, a csicsóka (*Helianthus tuberosus*) ( $8,99 \pm 0,238\text{ g}/100\text{ g}$ ), a cikóriagyökér (*Cichorium intybus*) ( $8,40 \pm 0,186\text{ g}/100\text{ g}$ ) és a fokhagyma (*Allium sativum*) ( $7,51 \pm 0,209\text{ g}/100\text{ g}$ ) (Jovanovic-Malinovska et al. 2014). Jelentősebb inulin és oligofruktóz tartalmú élelmiszerek a sütőipari termékek és a reggeli gabonapelyhek. Az inulint gyakran használják fel alacsony zsírtartalmú tejtermékek, például tejsitalok, friss sajtok, joghurtok, krémek, mártások és tejipari desszertek gyártása során. Egyéb alacsony zsírtartalmú termékekben is népszerű még, úgy, mint a vajszerű termékekben, tejkészítményekben, krémsajtokban és feldolgozott sajtokban. Az FOS-t gyakran adagolják tejtermékekben a hozzáadott gyümölcskészítményekhez történő beépítés útján, például gyümölcsjoghurtokban.



Ipari felhasználásra kerül még a fagyasztott desszertekben és étrendkiegészítőkben is. Az ilyen élelmiszertermékekben az FOS-t gyakran alkalmazzák cukorpótlóként is édes íze miatt. A rövid szénláncú FOS kalóriaértéke 1,5 kcal/g (Franck 2002).

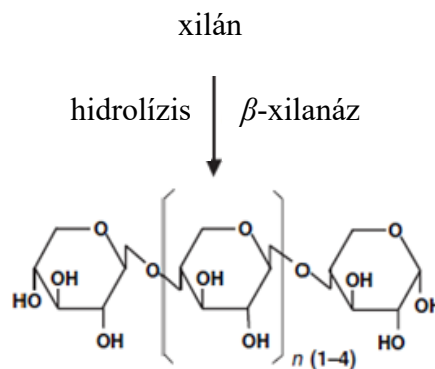
Becslések szerint egy észak-amerikai állampolgár átlag napi 1-4 g inulint vagy FOS-ot fogyaszt. Nyugat-Európában az átlagos bevitel napi 3 és 10 g között változik, de időnként nagyobb a bevitel, például egy inulinban igen gazdag, például hagymaleves fogyasztása során, ilyenkor a bevitel meghaladhatja a 10 g-ot is. Ez szemlélteti, hogy a normál étrend során is előfordulhat, hogy a szervezet nagy mennyiségű inulin forráshoz jut (Franck 2002, Bosscher 2009).

A rostok fogyasztásával kapcsolatban fontos kiemelni, hogy mivel az emberi szervezetben változatlan formában átjutnak a vastagbélbe, ahol ozmotikus hatást válthatnak ki. Ezt főként kisebb molekulák indukálják, és a víz megnövekedett jelenlétéhez vezetnek a vastagbélben, hasmenést okozva. További következmény a gázképződés, amelyek a vastagbélben végzett bakteriális erjedés eredményeként alakulnak ki. A puffadás általában ismert és elfogadott mellékhatása az élelmi rostok magasabb bevitelének (Bosscher 2009). 1998-ban az Európai Élelmiszerügyi Tudományos Bizottság (SCF) biztonságosnak értékelte az emberi fogyasztásra szánt frukto-oligoszacharidok (SCF, 1998), viszont fogyasztására vonatkozóan határokat szabott meg. A még hasmenést nem okozó, de pozitív élettani hatást kifejtő frukto-oligoszacharidok fogyasztási dózisát a férfiak esetében 0,3 g/testtömeg kg-nál (21 g/fő) és nők esetében 0,4 g/testtömeg kg-nál (28 g/fő) határozták meg. Az egészséges felnőttek 50%-ánál hasmenést okozó dózisszint becslések szerint körülbelül 0,8 g/testtömeg kg-nál fordul elő (48 g/fő) (SCF, 1998). A különböző adagokkal történt elemzések során a napi háromszor, egyenlő mennyiségben kapott 15g frukto-oligoszacharidok növelte a puffadást, és a hasi diszkomfort érzés előfordulását, összehasonlítva a szacharózt fogyasztókkal. Az emberi tolerancia tanulmányok alapján pedig az Európai Unió Élelmiszerügyi Tudományos Bizottsága arra a következtetésre jutott, hogy bár a nagy mennyiségű fogyasztásnál (30 g/nap) megfigyelhető a hashajtó hatás, de a frukto-oligoszacharidok napi 20 g fogyasztása az eddigi adatok alapján nem okoz nemkívánatos hashajtó tüneteket, hasonlóan, mint az izomaltóz, a laktit, a maltit, a mannit, a szorbit vagy a xilit. Ennek megfelelően a bizottságnak nem volt kifogása az FOS-termék felhasználása ellen, a hashajtó hatását figyelembe véve tett csak korlátozásokat. Tehát a bizottság elfogadta az FOS-ot élelmiszer-összetevőként (és nem újszerű élelmiszerként vagy élelmiszer-adalékanyagként). Az inulin szempontjából egy fontos mérföldkő, hogy 2015-ben az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) engedélyezte a

belgiumi Beneo Orafiti<sup>®</sup> elnevezésű natúr cikória inulinját. Ez volt egyben az első engedélyezett egészségre vonatkozó állítás egy prebiotikus rostra vonatkozóan (SCF, 1998, Theis 2018).

### 3.4. Xilo-oligoszacharidok (XOS)

A xilo-oligoszacharidok (XOS) 2-7 lánchosszúságú xilóz monomerekből álló oligoszacharidok, amelyekben  $\beta(1-4)$  kötéssel kapcsolódnak össze a molekulák (2. ábra, 2-3. melléklet) (Manisseri és Gudipati 2010). A XOS természetes formában jelen van a gyümölcsökben, zöldségekben, bambuszban, mézben, tejben. Az XOS a nem emészthető oligoszacharidok (NDO-k) közé tartoznak, mivel a kötéseket az emberi emésztő enzimek nem képesek lebontani. Az XOS a prebiotikumok csoportba is beletartoznak, mivel képesek stimulálni a bél bifidobaktérium számának növekedését, amint in vitro és humán tesztekkel is bizonyítottak (Okazaki et al. 1991a-b, Joo et al. 1998, Pandey et al. 2015).



2. ábra: Az XOS felépítése (Crittenden et al., 2006)

#### 3.4.1. Az XOS kémiai és fizikai tulajdonságai

Az XOS legfontosabb fizikai- kémiai tulajdonságaira vonatkozóan számos tudományos publikációt közöltek, amit az alábbiakban mutatok be.

Az XOS-szirup alacsony fagyásponttal rendelkezik, még  $-20^{\circ}\text{C}$ -on is folyékony halmazállapotú (Bhat 1998). Az XOS kiváló hő- és pH-stabilitással rendelkezik vizes oldatokban (Courtin et al. 2009). Hőstabilitási kísérleteket végeztek a különféle emészthetetlen oligoszacharidokon, az AXOS, XOS és FOS stabilitásának összehasonlítására. Az NDO készítményeket feloldották 2,0, 3,0, 7,0 és 11,0 pH-értékű univerzális pufferekben, így 0,15 V/V% NDO koncentrációjú oldatot kaptak. Mindegyik NDO-oldatot vízben tartották  $100^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten és egy fűtőtömbben  $121^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten különböző időtartamokra (0, 5, 10,

15, 20, 30 és 60 perc). Ezután az oldatokat lehűtötték és meghatározták a nem cellulóz eredetű cukor- és a redukáló cukor -tartalmát. Az összes oldatot 4 és 37 °C-on tárolták, és meghatározott időközönként mintát vettek belőlük (0, 8 és 18 hétig 4°C-on és 0, 1, 3, 7, 14, 30 és 60 napig 37°C-os hőmérsékleten). A mintákban a nem cellulóz eredetű - és redukáló cukrokból végezték az elemzést (Courtin et al. 2009). Az XOS alacsony pH mellett stabilnak bizonyult. Az XOS termékekben az összes jelen lévő glikozidos kötés 21%-át és 9%-át hidrolizálták, pH=2,0, illetve 3,0-nál. Az XOS készítmény pH=2,0, 60 percig, 100 °C-os hőmérsékleten történő inkubálása az összes arabinózkötés 73%-nak hidrolízisét eredményezte, de az összes xilóz-kötésnek csak a 14%-a hidrolizálódott. A pH=3,0 történt vizsgálat során pedig még ennél is kisebb mértékben ment végbe a xilóz kötések hidrolizációja. Ez az eredmény az FOS-nál sokkal kedvezőbb volt, míg az AXOS stabilabb maradt savas közegben. Lúgos pH-n (pH=11,0) azonban az XOS készítmény bomlásnak indult, amely során 73%-a bomlott le 60 percig tartó inkubálás után 100 °C-on. Mind a FOS mind pedig az AXOS stabilabb maradt lúgos tartományban. Az XOS készítmény magas pH-n történő bomlása „lúgos hámozás” típusú, ami a szénhidrát gerinc redukáló végén a glikozidos kötések lehasadásához vezetett. A reakció magasabb hőmérsékleten (60-100 °C) ment végbe (Cancilla et al. 1998, Knill és Kennedy 2003, Whistler és BeMiller 1958).

Tehát megállapítható, hogy az XOS előnyös tulajdonsága, hogy széles pH-tartományban (2,5-8,0) stabil, ami előny más nem emészthető oligoszacharidokkal szemben, például az FOS-sal összehasonlítva. Ez azért különösen fontos, mert savas tartományban, még a gyomornedv viszonylag alacsony pH-ja mellett is stabilak tudnak maradni. Az XOS nagy stabilitással rendelkezik a hővel szemben is, mivel még 100 °C-on sem mutatta bomlás jeleit (Vazquez et al. 2000, Courtin et al. 2009).

Az XOS-t jól jellemzi a nedvességmegtartás. Az XOS nedvesség retenciós képességét úgy határozták meg, hogy 25 °C-on és 75% relatív páratartalom mellett 71 napig volt tárolva. Az XOS megtartotta az eredeti tömeg több mint 95%-át, összehasonlításban a szacharóz 28%-ot veszített ugyanennyi idő alatt (Park et al. 2001).

Az XOS érzékszervi tulajdonságai megfelelőek ahhoz, hogy több élelmiszer-készítményben felhasználják. A xilo-oligoszacharidok további előnye, hogy az illata elfogadható és emellett nem rendelkeznek mellékízzel. Az XOS édesítő ereje ugyanakkor a szacharóz 30%-ával egyezik meg (Vazquez et al. 2000).

Az XOS stabilitását kínai kereskedelemben kapható élelmiszerekben is tesztelték. Két csecsemőtej tételt havonta teszteltek három hónapig, és az XOS-tartalom (600 mg/100g) szignifikáns változását nem tapasztalták. Kínai mamutfenyő (*Metasequoia glyptostroboides*) pollen granulátumban is havonta tesztelték 24 hónapig, és az XOS-mennyiség (30 mg/100 g) nem mutatott szignifikáns változást. Tejben történő vizsgálat során 0,5–4,0 g/100 g XOS-tartalommal 4 hétig tárolták, és a kezdeti XOS-tartalom 83%-át mérték a vizsgált időszak végén. A 2 g/100 g XOS-tartalmú joghurt 16 napos tárolása után az XOS kezdeti mennyiségének a 95,5%-a volt jelen a termékben. A tejpport 5 hónapig tárolták, és az XOS a kezdeti mennyiség (2 g/100 g) 97,6%-át tartalmazta (Longlive FDA GRAS report XOS 2018).

A 70%-os szárazanyag tartalmú XOS terméknek a vizsgálata során kiderült, hogy a viszkozitása 20 °C-on 930 cP és 60 °C-on 90 cP, ami magasabb volt, mint a cukoré, de alacsonyabb, mint más oligoszacharidoké (Park et al. 2001). Alapvető jó stabilitási tulajdonságai miatt, élelmiszeripari alkalmazása ígéretes. Park et al. (2001) publikációja hívta fel a figyelmet arra, hogy milyen kevés ismerettel rendelkezünk ezen oligoszacharidok viszkozitást növelő képességeiről, melyek egy termék előállítására és végső állományára, megjelenésére alapvető hatással vannak.

### **3.4.2. Az XOS táplálkozás-élettani hatásai**

Az XOS élelmiszerként és prebiotikumként is felhasználható, amelynek kutatási eredményeit külön táblázatban foglaltam össze (2. táblázat).

Az XOS egészségre gyakorolt hatása elsősorban a gyomor-bélrendszeri flóra hatásaival függ össze. Az emberekben végzett vizsgálatok bizonyították, hogy az XOS egy potencionális szénforrás a jótékony baktériumok számára. Az XOS egyik legfontosabb tulajdonsága az, hogy stimulálja a bél bifidobaktériumainak a mennyiségét (Dohnalek et al. 1998). A bifidobaktériumok egyik legjelentősebb jótékony hatása az emberi egészségre Okazaki et al. (1990) vizsgálatai alapján a rothasztó baktériumok aktivitásának elnyomása volt, amit Jaskari et al. (1998) és Fujikawa et al. (1991) is megerősített. A patogén baktériumok szaporodásának szelektív gátlása is fontos jellemzője az XOS-nak (Suwa et al. 1999, Okazaki et al. 1990b). Ezen túl a rövid láncú szerves savak (tejsav, ecetsav, stb.) képződését is segítik (Jeong et al. 1998), amivel csökkentik a gyomor-bél traktus pH-ját (Campbell et al. 1997a, Okazaki et al. 1990a), valamint a tápanyagok emésztését és felszívódását is elősegítik. Ezek a tulajdonságok képesek az emésztőrendszeri fertőzések megelőzésére, a hasmenés ismétlődési időtartamának

csökkentésére (Joo et al. 1998), és a széklet víztartalmának normális szinten tartására (Okazaki et al. 1990a), késleltetve a gyomor ürítését (Ziemer és Gibson 1998).

2. táblázat: Az XOS-sel kapcsolatos emésztőszervrendszeri kutatások összefoglalása

Kutatás	XOS adagolásának hatása	Baktérium
Suwa et al. 1999	X2 és X3 felhasználásának bizonyítása	<i>Bifidobacterium ssp. B. adolescentis</i>
	X2 felhasználásának bizonyítása	<i>B. adolescentis</i> , a <i>B. infantis</i> és a <i>B. longum</i>
	Szájon át történő bevitel pozitív hatása Megnövekedett sejtszám patkányok béltraktusában	<i>B. bifidum</i> <i>Bifidobacterium ssp.</i>
Suwa et al. 1999, Okazaki et al. 1990a, b	Nem képesek az XOS-t felhasználni Humán fogyasztásnak nem volt negatív hatása	<i>Staphylococcus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium ssp.</i>
Okazaki et al. 1990a, b	XOS fermentálásának bizonyítása	<i>L. fermentum</i>
Okazaki et al. 1991a	Szájon át történő X2 fogyasztást követően nem mutatták ki emberi székletben X2-t	
Campbell et al. 1997a, b	Megnövekedett sejtszám patkányok székletében	<i>Bifidobaktériumok</i>
Bo-Kyoung et al. 2002	Hatékonyabb növekedés XOS-es táptalajon, mint más szénforráson	<i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
	XOS gátolta a növekedést	<i>Clostridium perfringens</i> , <i>Bacteroides fragilis</i> , <i>E. coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>
	Savtermelésének gátlása XOS jelenlétében	<i>Streptococcus mutans</i>
Kajihara et al. 2000	Májcirózisban szenvedők székletében megnőtt a bifidobaktériumok száma	
Rycroft et al. 2001	Megegyező gáz képződés humán bélbaktériumokkal mint a FOS	
Kabel et al. 2002	Emberi székletben jobban fermentálódott, mint AXOS	
Hsu 2004	Vakbélben megnövekedett sejtszám patkányok esetében	<i>Bifidobacterium</i>
	Vakbélben csökkent sejtszám patkányok esetében	<i>E. coli</i>
Tateyama et al. 2005	Várandós anyukák nem tapasztaltak negatív hatást fogyasztás során	
Santos et al. 2006	Megnövekedett sejtszám vastagbélben egerekben	<i>Bifidobacteriumok</i> , <i>Lactobacillusok</i> , <i>Bacteroides</i>

	Csökkent sejtszám a vastagbélben, egerekben	<i>Enterobacteriaceák</i>
	Megnövekedett sejtszáma a csípőbélben	<i>Bifidobacteriumok</i>
Moura et al. 2007	Prebiotikus hatás malacok esetén csípőbélben, hüvelyben és vastagbélben	<i>Lactobacillusok</i>
Chung et al. 2007	Idősek nem tapasztaltak negatív hatást fogyasztás során	
Na és Kim, 2007	Megnövekedett laktát és bifidobaktériumok szint	

### 3.5.2.1. *In vitro* kísérletek

In vitro vizsgálatok bizonyították, hogy a *Bifidobacterium ssp.* és *B. adolescentis* képesek mind a xilobióz (X2) mind a xilotrióz (X3) felhasználására, míg az X2-et mint fő komponenst tartalmazó keveréket a *B. adolescentis*, a *B. infantis* és a *B. longum* képes felhasználni.

Bo-Kyoung et al. (2002) az XOS hatását vizsgálta, amikor a bélbaktériumok in vitro növekedését figyelte. A különféle baktériumfajokat tenyésztettek különböző szénforrásokon: m-PYF, XOS, FOS, IMO és szacharóz tartalmú táptalajokon. Az egészséget elősegítő mikroorganizmusok, mint például a *Bifidobacterium bifidum*, a *Bifidobacterium infantis*, a *Bifidobacterium longum*, a *Lactobacillus casei* és a *Lactobacillus acidophilus* sokkal hatékonyabban növekedtek az XOS-t tartalmazó táptalajon, mint más szénforrásokat tartalmazókon. Az XOS gátolta a *Clostridium perfringens*, a *Bacteroides fragilis*, az *E. coli*, a *Staphylococcus aureus* és a *Salmonella typhimurium* növekedését.

Az XOS hatására *Streptococcus mutans* jelenlétében megmaradt a tenyészet pH-ja, aminek az a jelentősége, hogy gátolja a fogszuvasodást a baktériumokkal szemben pH = 5,0 felett (Bo-Kyoung et al. 2002).

### 3.5.2.2. Állatokon végzett kísérletek

Patkányokkal végzett in vivo vizsgálatok során kapott eredmények azt bizonyították, hogy az XOS beadása megnövekedett mennyiségű *Bifidobacterium ssp*-t eredményezett a gyomor-bél traktusban (Suwa et al. 1999). Ha előzőleg nem kezelt, egészséges patkányokat 14 napon át 5,4% XOS tartalmú normál táplálékkal táplálták, növekedett a széklet és a bél bifidobaktérium száma, és megnőtt a széklet és a széklet összes anaerob baktériumainak száma is (Campbell et al. 1997a, b). Megnövekedett a vakbél bifidobaktérium sejtszáma és csökkent az *E. coli* sejtszáma, amikor vastagbélrákot elősegítő gyógyszerrel (1,2-dimetil-hidrazin) kezelt patkányokat 5,4% XOS tartalmú normál táplálékkal tápláltak 35 napig (Hsu et al. 2004).

Patkányok felhasználásával *in vivo* kapott eredmények azt mutatták, hogy az XOS beadásának hatására megnövekedett a rövid szénláncú zsírsav molekulák molekulák száma (Campbell et al. 1997a,b, Imaizumi et al. 1991). A rövid szénláncú zsírsav (acetát) szintjének emelkedését figyelték meg, amikor patkányokat kezeltek cukorbetegséget kiváltó gyógyszerrel (streptozotocin), és 7,5% XOS-t adagoltak a rendszeres étrendjükbe 35 napig (Imaizumi et al. 1991). Egészséges patkányokat 14 napon át 5,4% XOS normál táplálékkal táplálták, aminek hatására megnövekedett a vastagbélben egyes rövid szénláncú zsírsav (acetát, butirát, propionát, laktát) mennyisége (Campbell et al. 1997a).

Santos et al. (2006) kísérletében egészséges egereket 0,95% XOS-os diétával etettek 6 hónapon keresztül. Ennek eredményeként megnövekedett a bifidobaktérium, *Lactobacillus*, *Bacteroides* baktériumok és a teljes anaerob baktériumok száma a vastagbélben, és csökkent az *Enterobacteriaceák* és a szulfitot redukáló baktériumok száma a vastagbélben, továbbá megnőtt a bifidobaktérium száma a csípőbélben.

Moura et al. (2007) huszonnégy elválasztott malacot táplált 4 héten át alaptáplálással, kiegészítve XOS-sel (20 g/kg). A csípőbélből, a hüvelyből és a vastagbélből gyűjtött mintákat az anaerob sejtszám elemzése céljából XOS glükóz, xilóz vagy arabinóz tartalmazó tápközegbe oltották. Az eredmények prebiotikus hatást mutattak a laktobacillusokra, a bifidobakteriumokra azonban nem.

### **3.5.2.3. Humán kísérletek**

Az XOS-t a *B. bifidum* könnyen felhasználja, így az XOS szájon át történő bevitele elősegíti a *B. bifidum* sejtszám növekedését a bélben (Suwa et al. 1999). Ezzel szemben a *Staphylococcus*, az *Escherichia coli* és sok *Clostridium ssp.* nem képes felhasználni az XOS-t (Suwa et al. 1999, Okazaki et al. 1990a, b). A *Lactobacillus fermentum* fajon kívül a legtöbb *Lactobacillus* faj ritkán képes az XOS felhasználására. A bakteroidok alacsonyabb szinten használják az XOS-t, mint a glükózt (Okazaki et al. 1991a,b).

#### *Prebiotikus hatás*

Az egyik nemzetközi kutatás során azt tapasztalták, hogy a szájon át történő beadást követő 24 órán belül a lenyelt xilobióz nem választódott ki sem az ürülékbe, sem a vizeletbe. Mivel a xilobióz sem nyállal, sem a vékonybél enzimeivel, sem a gyomornedvvel, sem a bél nyálkahártyájának homogenizálásával nem hidrolizálható, ezért ez a tény azt sugallta, hogy bélbaktériumok használják fel (Okazaki et al. 1991a,b).

Az XOS in vitro fermentálódott négy önkéntes felnőtt székletének oltóanyagában, több bél törzsével összehasonlítva az elágazó AXOS-hez képest. A fermentáció első 40 órájában főként acetát és laktát képződött (Kabel et al. 2002). Az emésztőképességről korlátozott adatok állnak rendelkezésre. A humán széklet baktériumai által termelt gázmennyiség a 24 órás in vitro fermentáció során hasonló volt az FOS és XOS esetében (Rycroft et al. 2001), és az egészséges alanyokban a fogyasztás során nem számoltak be káros hatásokról (Okazaki et al. 1990 a,b), ideértve a terhes nőket (Tateyama et al. 2005) és az időseket is (Chung et al. 2007).

Okazaki et al. (1990b) vizsgálatában 9 egészséges, 50 és 60 év közötti alany vett részt a kísérletben. 3,9 g XOS-t fogyasztottak 3 héten keresztül. Megfigyelték, hogy a bifidobaktériumok száma nőtt a székletben, az összes baktériumszám nem változott, és a széklet rövid láncú zsírsav szintje megnőtt.

Egy másik humán kísérletben 14 májcirrózisban, továbbá enyhe májelégtelenségben szenvedő beteget kezeltek napi 2,8 g XOS-val. Megfigyelték a bifidobaktériumok fokozott szintjét a széklet mintákban (Kajihara et al. 2000).

Na és Kim (2007) a bifidobaktériumok szintjét figyelték meg 14 egészséges fiatal, 23 és 26 év közötti nő, napi 1,4 vagy 2,8 g XOS-sel történő táplálása során 28 napig. Megnövekedett SCFA (laktát) szintet tapasztaltak, és megállapították, hogy az XOS befolyásolja a test funkcióit azáltal, hogy pozitív sejtes vagy élettani hatást vált ki, teljesítve ezáltal a prebiotikumokkal szemben támasztott követelményeket. Ennek következtében az XOS-t a „funkcionális élelmiszerek” aktív összetevőjeként definiálták, mivel megjelenése hasonló a hagyományos ételekhez, a normál étrend részeként fogyasztható, de élettani előnyökkel járnak és/vagy csökkentik a krónikus betegségek kockázatát (Clydesdale 1997).

#### *Egyéb pozitív élettani hatások*

Egyes humán vizsgálat során az XOS hatását a bél mikrobiótájára és a gyomor-bél rendszer működésére gyakorolt hatást egyidejűleg vizsgálták. A 4 héten át tartó 4,2g XOS étrend-kiegészítő alkalmazása alatt és után a székrekedéses terhes nők állapota jelentősen javult a székletürítés gyakoriságában és a széklet konzisztenciájában. Az XOS adagolása előtt az alanyok átlagosan hetente csak egyszer ürítettek. A vizsgálat alatt és után a székletürítés gyakorisága hetente 6-7 szeresére nőtt (Tateyama et al. 2005). Iino (1997) és munkatársai ehhez a kutatási eredményhez hasonló, felnőtt nőkkel kapcsolatos megállapításokról számoltak be. Emésztő szervrendszeri fertőzések gyakorisága és a hasi tünetek egyidejűleg javultak a megnövekedett bifidobaktériumok számával, és 2-4 héttel az XOS bevitelének befejezése után



is. Kobayashi et al. (1991) megállapították, hogy napi 2 g XOS adagolás csökkentette a hasmenés gyakoriságát férfiakban.

Az XOS további kedvező hatásaként igazolták, hogy a bélhámsejtek kismértékű növekedését is elősegítette (Howard et al. 1995). Másik vizsgálat eredményei alapján az XOS késleltetően hat az epesav felszívódására az IMO-val és az FOS-sal összehasonlítva in vitro kísérletekben. Mivel a diszacharidáz aktivitás az XOS csoportban alacsonyabb volt, mint a többi étrendi oligoszacharid csoportnál, az emésztőrendszer szénhidrát hidrolízise lelassulhat, és a vércukorszint hatékonyan szabályozható az XOS segítségével (Joo et al. 1998).

A kutatásokat összegezve megállapítható, hogy a megfelelő dózisban bevitt XOS segít az egészséges béltraktus kialakulásában, csökkenti a hasmenés kialakulását és hozzájárulhat rendszeres székletürítéshez székrekedés esetén. A minimális napi XOS bevitelt Makelainen et al. (2009) az egészségügyi hatások eléréséhez legalább 1 grammal határozta meg. Az egészséges napi XOS bevitel esetében nincs megfigyelt káros hatás a 0,12 g/ttkg/nap szintig, amit az FDA GRAS XOS jelentése, Gao et al. (2012b), Moure et al. (2006) és Oku et al. (2002) megfigyeléseik alapján ajánlott az XOS elfogadható napi beviteli mennyiségként (ADI) megállapítani.

#### **3.5.2.4. XOS tápértéke**

Tápérték jelölés szempontjából az XOS javasolt kalóriaértéke 2,0 kcal/g, amely a következő közzétett tanulmányokon alapul, amelyet a következőkben összefoglalom. Roberfroid (1999) alapján az összes emészthetetlen oligoszacharidra, amely nagyrészt teljesen fermentálódik a vastagbélben 1,5 (6,3) kcal/g (kJ/g) értéket ad. Nakanishi et al. (2004) munkája alapján a japán élelmiszer és tápanyag-összetétel címkézési szabványainak táblázata magyarázza meg az élelmi rost és a nem emészthető szacharidok energiakonverziós tényezőit, ebbe a csoportba tartozik például a mannit, maltitol, izomaltitol, maltotriitol, laktit, frukto-oligoszacharidok és xilo-oligoszacharidok. Ennek alapján a nem emészthető szacharidok 2 kcal/g energiakonverziós tényezőt kapnak. A teljesen emészthető szénhidrátok 4 kcal/g értékkel rendelkeznek (pl. glükóz, fruktóz, stb). A FAO / WHO (1998) az élelmi rost átlagos energia értékére is a 8 kJ vagy 2 kcal/g használatát javasolta, és ezt az ajánlást illesztették be az EU jogszabályaiba (1169/2011/ EU rendelet).

Összegezve megállapítható, hogy az XOS mind élelmirostként, mind prebiotikumként is alkalmazható, továbbá felhasználható még egy adott élelmiszer energiataralmának csökkentése céljából is.

### 3.4.3. Az XOS előállítása

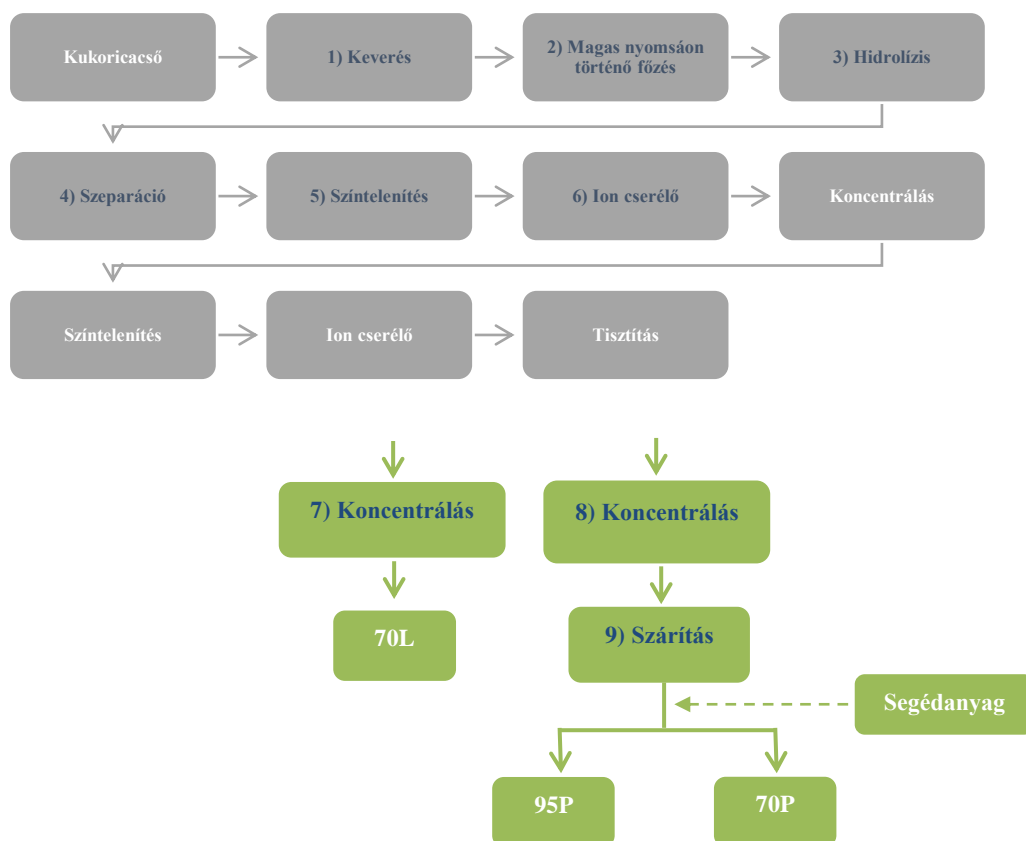
Az XOS előállításának jellemző alapanyagai a xilánban gazdag ipari melléktermékek, úgymint a kukoricacsutka, a szalma, a különböző magvak, termések héja, a maláta és a korpa (Vazquez et al. 2000, Alonso et al. 2003, Belorkar és Gupta 2016). Az élelmiszeripari felhasználásra szánt nagy tisztaságú XOS termékek legalább 70–95% XOS-t tartalmaznak (Samanta et al. 2007, Izumi et al. 2005). A növényekben jelen lévő xilán olyan poliszacharid, ami főleg anhidro-D-xilóz egységekből áll, de ritkán D-glükuronsav egységet is tartalmaz. A xilán szerkezete változó, a lineáris 1,4- $\beta$ -kötésű polixilóz láncoktól az erősen elágazó heteropoliszacharidokig fordul elő. A xilán általános tulajdonságai a vízben való oldhatatlanság, alkáli oldatban való oldhatóság, könnyen végbemenő hidrolízis, és a nagy negatív optikai forgatási képesség. A xilánok mutatják a legnagyobb aktivitást a polimer xilánnal szemben, a hidrolízis reakciósebessége általában csökken az oligomer szubsztrátok lánchosszának csökkenésével. A xilobióz hidrolízise a legtöbb esetben elhanyagolható vagy legalábbis korlátozott. A xilán hidrolíziséből képződő fő termékek a xilobióz, a xilotrióz és a két-négy xilozil-csoport szubsztituált oligomerjei (Kheng és Omar 2005).

Az elmúlt évtizedekben számos eredményes előállítási folyamatot fejlesztettek az XOS gyártására, ahol a legjobb módszerek, katalizátorok és szubsztrátok még nem egyértelműek így ez még mindig fejlődő területnek számít. Ennek bizonyítéka az a tény, hogy jelenleg csak néhány vállalat rendelkezik „Általában Biztonságosnak Elismert” (Generally Recognized as Safe, GRAS) tanúsítvánnyal az XOS gyártásához. Általánosságban megállapítható, hogy két fő gyártási módszert alkalmaznak. Az ipari XOS előállítása során a legjellemzőbb gyakorlat a xilán hidrolízise lignocellulóz tartalmú biomasszából. Az egyes típus során a lignocellulóz alapú biomasszából XOS gyártás céljából az alapanyagot autohidrolízisnek teszik ki, amely során vízgőzzel végzett hőkezelést alkalmaznak vagy folyékony vizet magas hőmérsékleten, nyomás alatt adagolnak a biomasszához. Ilyen körülmények között hidroxónium ionok keletkeznek a víz autoionizációjának hatására. Ez depolimerizációt vált ki a hemicellulózban, így XOS szabadul fel. Az acetilcsoportok jelenléte miatt ecetsav adagolása szükséges az autohidrolízis során, aminek a hatására fokozódik hidronium ionok képződése. Ennek a módszernek a fő előnye, hogy kis mértékben vagy egyáltalán nem igényel korrozív kémiai vegyületeket, ezért környezetvédelmi szempontból kedvezőbb a folyamat. Ugyanakkor magas energetikai követelményeket támaszt a gyártással szemben, így zöld jellege nagyban függ a felhasznált energia mennyiségétől. A második gyártási módszer során két lépésben hajtják

vége a folyamatokat, kombinálva a termikus, fizikai vagy kémiai folyamatokat enzimátikus módszerekkel. Az első szakaszban egy előkezelés történik, ami általában termikus, savas vagy lúgos, és ennek során hemicellulóz szabadul fel a biomasszából. A második lépésben általában egy enzimátikus hidrolízist alkalmaznak, ahol a hemicellulózban lévő xilánt XOS-re bontják. Jelenleg ez a kétlépcsős gyártás technológia a leginkább alkalmazott eljárás az XOS előállításához (Santibáñez et al. 2021).

A Longlive vállalat az XOS-t a lehetséges kiindulási alapanyagok közül a kukoricacsőből (*Zea mays* subsp. *mays*) állítja elő hidrolízissel, a *Trichoderma reesei*-ből izolált xilanáz enzim (EC 3.2.1.8.) alkalmazásával, amelyet gondos tisztítási eljárás követ. A Longlive vállalat XOS termelés technológiai lépései két fő részből áll: előállítási és tisztítási folyamatból. A technológiai lépéseket ábrában is összefoglaltam (3. ábra).

A feldolgozási technológia két fő lépésből áll: előállítási és tisztítási folyamatból.



3. ábra: Az XOS előállításának folyamata (forrás: LONGLIVE FDA GRAS report)

Gyártási folyamat további részletei a cég tulajdonát képezik, és ipari titoktartás vonatkozik rá.

A Longlive vállalat által forgalmazott XOS termékek szirup vagy por formájában kaphatók. Az XOS por formájának nedvességtartalma kevesebb, mint 5%. A szirup szárazanyag-tartalma meghaladja a 70%-ot. Az XOS termékek szárazanyag-tartalma szénhidrátokból és a gyártási folyamatból megmaradó fehérjéből áll (mennyiség kevesebb, mint 1%). Az XOS-termékek oligoszacharid eloszlása meglehetősen stabil, a xilobióz az összes szénhidrát 30%-át képviseli, míg a polimerizációs molekulák fokozatosan csökkenő arányában jelennek meg: 15-20% xilotrióz, 10-15% xilotetróz, 5-8% xilopentóz és 3-5% xilohexóz.

3. táblázat: A három XOS termék összetétele

Specifikáció paraméterei	XOS 95P		XOS 70P		XOS 70L	
	specifikáció	mért érték	specifikáció	mért érték	specifikáció	mért érték
Nedvességtartalom	≤6.0%	1,81	≤6.0%	2,27	Szárazanyag tartalom 70-75%	71,7
Fehérje	<1%	0,07	<1%	0,09	<1%	0,12
Összes szénhidrát	≥95%	98,04	≥70%	97,57	≥70%	74,84
Hamu	≤0.3%	0,08	≤0.3%	0,07	≤0.3%	0,05
Abszorbancia (420nm)	<0.1	/	/	/	<0.1	<0.1
Áteresztőképesség	/	/	/	/	≥70%	89,57
pH	3.5-5.0	4,03	3.5-5.0	4,21	3.5-5.0	4,54
XOS tartalom	≥95%	95,18	≥70%	71,54	≥70%	71,83
XOS DP2 (xilobióz)	27-45%	40,02	23-40%	25,65	25-40%	31,09667
XOS DP3 (xilotrióz)	27-35%	27,96	18-30%	21,21	18-30%	18,55
XOS DP4 (xilotetróz)	10-20%	14,71	10-20%	9,63	8-20%	11,58
XOS DP5 (xilopentóz)	3-11%	7,91	5-10%	6,98	3-10%	6,26
XOS DP6 (xilohexóz)	1-5%	4,55	1-5%	4,43	1-5%	3,67
réz, ppm	≤5.0	<5.0	≤5.0	<5.0	≤5.0	<5.0
ólom, ppm	≤0.5	<0.5	≤0.5	<0.5	≤0.5	<0.5
arzén, ppm	≤0,3	<0,3	≤0,3	<0,3	≤0,3	<0,3
Bél baktérium (cfu/g)	≤1000	10	≤1000	<10	≤1000	<10
Salmonella	0	0	0	0	0	0
E.coli, MPN/100g	0	0	0	0	0	0
Élesztő (cfu/g)	≤25	<10	≤25	<10	≤25	<10
Penész (cfu/g)	≤25	<10	≤25	<10	≤25	10

Az XOS 70L szirupforma átlátszó, sárga színű, nagy viszkozitású folyadék, szemcsék nélkül. Az XOS 70P és az XOS 95P por formája fehér. Az XOS szirup, az XOS 70P és az XOS 95P porokra jellemző, hogy alacsony vízakivitással rendelkeznek (0,717, 0,797, 0,815), ami a

baktériumokkal szembeni ellenállóképességük tekintetében fontos a tárolás során. Az 3. táblázatban 3 különböző gyártás átlagos eredményeit foglalom össze, amelyek a Longlive vállalat által garantált gyártói specifikációi alapján lettek összegezve.

#### XOS analitikai meghatározása

A Longlive vállalat az XOS termékekben előforduló oligoszacharidok mennyiségi és minőségi meghatározására egy HPLC módszert dolgozott ki. A mérés során két ligandumcserélő kromatográfias oszlop van összekötve, egy szulfonált sztirol-divinil-benzol-kopolimer ioncserélő gyantával töltött, és egy Na<sup>+</sup> ellenionnal töltött. Ez a rendszer megkönnyítette az oligo- és a monoszacharid komponensek szétválasztását. Az analitikai tisztaságú vizet mozgó fázisként használták, és differenciális refrakció detektort alkalmaztak a retenciós idő és a csúcsterület meghatározására. A szénhidrát komponensek minőségi meghatározása során a szénhidrátok xilózhoz viszonyított retenciós idejét vették alapul, míg az egyes szénhidrátok mennyiségét külső standard módszerrel határozták meg, referencia anyagként xilózt és az egyes szénhidrátok xilózhoz viszonyított súlykorrekciós tényezőjének a segítségével (LONGLIVE FDA GRAS report XOS 2018).

#### **3.4.4. Az XOS élelmiszeripari alkalmazása a világban**

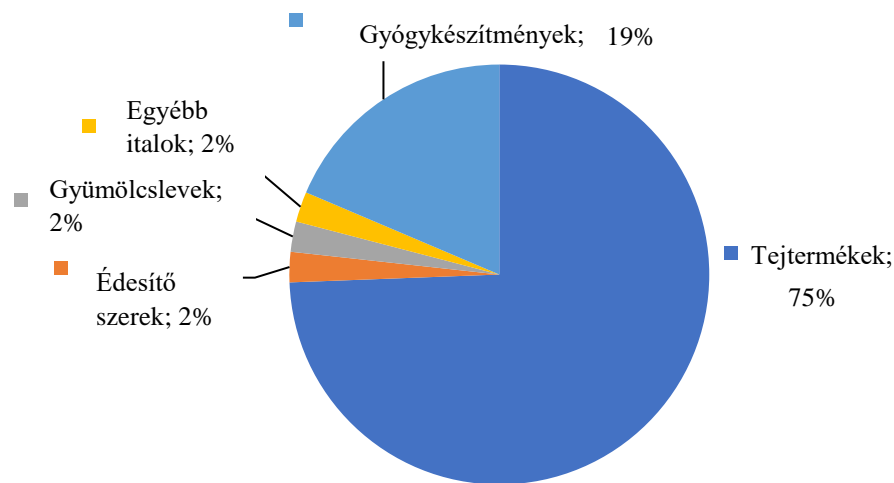
A XOS-t főként Ázsiában, elsősorban Japánban használták élelmiszer-összetevőként, és a Suntory Limited (Japán) volt az első kereskedelmi tevékenységet is végző nagyméretű gyártó, amely a xilán enzimatis hidrolízisét alkalmazta. Az XOS gyártási mennyiségét 2004-ben évente 650 tonnára becsülték (Taniguchi 2004). 1997 óta 32 termékbevezetést (beleértve az új készítményeket és fajtákat is) rögzítettek a Mintel globális új termékek adatbázisában (Mintel 2008). L’Hermine és Lundquist (1998) arról számolt be, hogy körülbelül 60 vállalat több mint 100 termékben használta az XOS-ot, és jónéhány termék FOSHU (Specifikus egészségügyi felhasználásra szánt élelmiszerek) engedélyt is kapott.

Az XOS-t kereskedelmi forgalomban használják élelmiszer-összetevőként Japánban, ahol a szabályozás eltér az észak-amerikaitól és az európaiaktól. A „funkcionális élelmiszer” helyett 1991-ben Japánban bevezették a FOSHU („Specifikus egészségügyi felhasználásra szánt élelmiszerek”) fogalmát. A FOSHU élelmiszerek várhatóan pozitív hatással lesznek az egészségre az élelmiszerek bizonyos alkotóelemei miatt. Ezeknek a meghatározott egészségügyi felhasználásra szánt élelmiszereknek az étrend javításának támogatásával elő kell

mozdítaniuk a jobb egészségi állapot elérését, és nem jelenthetnek egészségügyi vagy higiéniai kockázatot (Japan Scan 2000). 2000 óta az XOS-ot a Shandong Longlive Bio-Technology vállalat kínai gyártója is eladásra kínálja. A vállalat GRAS tanúsítványt kapott 2013-ban és azóta a termékeit forgalmazzák is az országban. 2016-ban a Longlive European Food Division az XOS új élelmiszerként történő forgalmazását kérte az Európai Unióban azon az alapon, hogy az XOS biztonsága összhangban áll a (EU) 2015/2283 európai rendelettel. Ezt a kérvényt hivatalosan 2018-ban fogadták el. A közelmúltban a Prenexus Health vállalat (USA) is GRAS tanúsítványt is kapott az XOS előállításához.

### **3.4.5. Az XOS piaca, potenciális jövője**

A prebiotikumok piaca dinamikus, és a becslések szerint 2023-ra eléri a 7,37 milliárd dolláros értéket (Amorim et al. 2019). Az XOS piaca pedig várhatóan 2025-re eléri a 130 millió dollárt, a 2018. évi 94 millió dollárhoz képest, és ebben az időszakban az összesített éves növekedési ráta megközelítőleg 4,1% lesz (Singh et al. 2019). Napjainkban az ázsiai piac a legkiterjedtebb, Japán a legjelentősebb termelő és XOS fogyasztó globális szinten (de Freitas et al., 2019). Az XOS piaci árát tekintve 25000-50000 USD/t között mozog a tisztaság szintjétől függően (Han et al., 2020). Ha figyelembe vesszük a prebiotikumok pozitív élettani hatásának eléréséhez szükséges minimális dózis mennyiségét, ami 1,4–2,8 g/nap, akkor az XOS az egyik legversenyképesebb az ajánlott adag/ár költség miatt (Amorim et al. 2019). Az XOS számos ázsiai kereskedelemben kapható élelmiszer-termék ismert alkotóeleme. Legjellemzőbb élelmiszeripari termékek a tejtermékek, italok, egészségügyi élelmiszerek, beleértve a kekszeket, a gyümölcszeléket, a gyümölcsleveket, a rágógumikat és az étrend-kiegészítőket. A Mintel (2008) adatbázisa szerint Kínában körülbelül 180 féle XOS-tartalmú termék található, köztük 100 féle általános élelmiszer és 80 féle étrend kiegészítő (4. ábra).



4. ábra: Az XOS-t tartalmazó termékek megoszlása Kínában (Mintel 2008)

### 3.5. Állománykialakítók

Ebben a fejezetben az élelmiszeriparban elterjedt állománykialakítókat mutatok be, egy állati egy növényi és egy mikrobiális eredetű. Ezeknek az anyagoknak az a célja, hogy megváltoztassák a termék sűrűségét, viszkozitását, gélesedési tulajdonságait. Jelenleg az iparban állati, növényi, mikrobiális és szintetikus eredetű állománykialakítók vannak forgalomban. Széleskörben elterjedtek, gyakorlatilag az élelmiszeripar minden területén jelen vannak.

#### 3.5.1. Zselatin

A zselatin (GE) gélesítő képessége miatt az élelmiszeripar egyik kulcsfontosságú adalékanyaga. A speciális tulajdonságai miatt nagy mennyiségben használja fel desszertek előállításához, többek között a habképző képessége, a tisztasága, valamint az élelmiszer szerkezet stabilizáló hatása miatt. Népszerű húskonzervek felhasználásában is, mivel a zselatin megátolja a nedvesség veszteséget és a főzés során jó hőátadó közeget biztosít. Kiváló filmképző képességének és összetételének köszönhetően népszerű az ehető filmként és bevonó anyagként történő felhasználása is (Alipal et al. 2021).

A zselatint a kollagénből, mint kiindulási fehérjéből nyerik olyan folyamatok révén, amelyek a másodlagos és magasabb struktúrákat felbontják a polipeptid gerincének különböző fokú hidrolízisével. A zselatin elnevezés a latin „gelata” szóból származik, amely a zselatin legjellegzetesebb tulajdonságát, azaz a vízben történő gélképződést írja le. A kollagénben és a

zselatinban az alkotó aminosavak relatív aránya és sorrendje lényegében megegyezik, de a két fehérje fizikai tulajdonságai jelentősen eltérnek. A kollagén az állati szervezetekben előforduló tömött rostoknak a fő alkotóeleme, mint például a porcoknak, az inaknak, az izmokat és izomrostokat körülvevő átlátszó hüvelyeknek, a bőrnek és a csontnak (összein) a fehérjemátrixa. Míg a kollagén vízben oldhatatlan, a zselatin könnyen oldódik vízben, ha a natív kollagén denaturációs hőmérséklete fölé melegítjük. A kollagén pusztán zsugorodik, és elveszíti vízmegtartó képességét azonos körülmények között. A zselatint emlősökből és halakból is elő lehet állítani, de ezeknek a zselatinoknak a fizikai tulajdonságai eltérőek. A zselatin egyedi tulajdonságai függhetnek a gyártási eljárástól, valamint, hogy milyen élőlényből származik (Haug és Draget 2009, Boran et al. 2010). A zselatin fontos tulajdonsága, hogy a polipeptidláncok nagy rugalmassággal bírnak, és az aminosavak nem-véletlenszerű szekvenciában fordulnak elő, ami szokatlan a gélképző anyagok között (Karim és Bhat 2009). A zselatin gélekben az intermolekuláris kapcsolódásért a hidrogénkötések a felelősek, amelyek a géleket termikusan reverzibilissé teszik. A zselatin gél az átlagos emberi testhőmérséklet (36°C) alatt olvad, ami a jól ismert „szájban olvadó” tulajdonságot adja (Djabourov 1988).

### 3.5.2. Szentjánoskenyérmag liszt

A szentjánoskenyérmag liszt (locust bean gum, LBG) egy fehér vagy krémes fehér por, amelyet a hüvelyesek családjába tartozó szentjánoskenyér (*Ceratonia siliqua* L.) mag endospermiumának őrléséből nyernek (Ensminger et al. 1994). Az LBG a galaktomannánok csoportjába tartozik, heterogén poliszacharid, amelyet egy  $\beta$ -(1-4) -d-mannán gerinc alkot, egyetlen d-galaktóz ággal összekapcsolt  $\beta$  -(1-6) kötéssel (Cerqueira et al. 2011). Az LBG átlagos mannóz:galaktóz aránya 3:5, amely a legnagyobb a kereskedelemben kapható galaktomannánok között. A mannózlánc galaktóz-szubsztitúciójának mértéke befolyásolja a galaktomannán vízdékonyságát (Maier et al. 1993).

Az LBG az elsőként felhasznált adalékanyag a galaktomannánok közül. Ipari felhasználása elterjedt a papír-, a textil-, a gyógyszer-, a kozmetikai- és az élelmiszeriparban. Előnye, hogy viszonylag alacsony koncentrációban is képes nagy viszkózitást elérni vizes oldatokban, továbbá, hogy képes az emulziók stabilizálására és a zsír helyettesítésére számos élelmiszerben. Mivel nem ionos természetű, nem befolyásolja a közeg pH-ja, a sók és a hőkezelés sem. A szentjánoskenyérmag liszt használható más hidrokolloidokkal, például karragénnal és xantángumival kombinálva, mivel szinergikus hatást mutat ezekkel az anyagokkal, ezáltal rugalmasabb és erősebb gél képez (Goycoolea et al. 1995).



Az LBG számos élelmiszeripari felhasználásra alkalmas, mivel krémes érzetet biztosít a szájban. Általában tejtermékekhez, szószókhöz adagolják, hogy krémességet és kenhetőséget biztosítson. Különösen hasznos azon élelmiszer termékekben, ahol a szinerézis megelőzése a cél. Az LBG-t vízmegkötő képessége miatt előszeretettel adagolják fagyaltokhoz és jégkrémekhez, mivel jelenlétében lelassul és csökken a jégkristály képződés mértéke, ezáltal a lelassul a fázisváltás a fagyaltban. Az LBG-t a joghurtgyártásban is alkalmazzák, mivel csökkenti a szinerézist és bizonyos szinteken növeli a joghurt vízmegtartó képességét (Ünal et al. 2003).

Az utóbbi időben az LBG-t ehető filmekben is felhasználják, mivel növeli a filmek vízgőzáteresztő képességet, oxigén áteresztő képességét, szakítószilárdságát és nyúlási képességét (Cerqueria et al. 2011, Barak és Mudgil 2014).

### **3.5.3. Xantán**

A xantángumi (X) egy exocelluláris természetes poliszacharid, amelyet a *Xanthomonas* sp. termel. Az 1950-es években fedezték fel az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának Északi Regionális Kutató Laboratóriumában (ARS Culture Collection, NRRL). Molekuláris szerkezete lineáris glükózlánchoz kapcsolódó béta 1-4 glikozidos kötésekkel áll; minden alternatív glükózzmaradék C(3) helyzetében két mannózegység között egy töltött triszacharid oldallánc található, amely egy glükuronsavmaradékot tartalmaz. Az élelmiszeriparban gyakran használt xantán forró vagy hideg vízben való oldhatósága, széles skálájú állománykialakító képessége miatt, a hőmérséklet változás ellenére stabil viszkozitás megtartó képessége és a különböző savrendszerek melletti stabilitása miatt igen népszerű (Casas et al. 2000). A xantán és a szentjánoskenyérmag liszt keveréke közismerten szinergens kölcsönhatásban van vizes oldatban, és ennek következtében a viszkozitás erőteljes növekedése vagy gélképződés figyelhető meg (Dea et al. 1977, Mannion et al. 1992, Morris és Foster, 1994; Tako és Nakamura 1984). A xantán gumit számos élelmiszerben használják többek között az emulzió stabilizálás kialakítása, a hőmérséklet stabilitása, az élelmiszer-összetevőkkel való kompatibilitása és pszeudoplasztikus reológiai tulajdonságai miatt. Népszerű az öntetek, szószó, tejtermékek, italok, sütőipari termékek gyártása során, de előszeretettel használják fel a takarmány-, a kozmetikai- és a gyógyszeriparban is. Használják textilnyomtató pasztákban, kerámia mázakban, szuszpenziós robbanékony készítményekben és rozsdaeltávolítóknak. Az oldatok nagy viszkozitása és a polimer vízben való oldhatósága miatt a kőolajiparban is

elterjedt, ahol általánosan fűrófolyadékokban és fokozott olajkinyerési folyamatokban használják (García-Ochoa et al. 2000).

### 3.6. A keksz

A Magyar élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius) Tartós édesipari lisztes készítmények fejezete (2-84) alapján a keksz definíciója: *„Búzalisztből, esetenként egyéb gabonaőrleményből, zsiradékból, cukorból, ízesítőanyagok hozzáadását követően egyneműsített, lazított, formázott, sütéssel készült tartós édesipari lisztes készítmény. A vegyszeres lazításhoz kémiai lazítószereket használnak fel. A termék édes vagy sós, dúsított, töltetlen vagy töltött, bevonat nélküli, részben vagy teljesen bevont, díszített változatban készülhet.”* Összetétel alapján megkülönböztetünk vajas, omlós, sós és háztartási kekszeket (AACCC 1980, MAGYAR ÉLELMISZER KÖNYV 2-84). A keksz egy fontos tagja a kényelmi termékek csoportjának. Egyszerű összetétel, a termékre jellemző ropogósággal, ízzel és illattal rendelkezik. Minden korosztálynak kedvelt édessége, de kifejezetten a gyerekek számára készítik leginkább. Általában búzalisztből készülnek, továbbá cukor, valamilyen zsír és szódadikarbóna felhasználásával. Sütési és készítési paraméterei könnyen standarizálhatóak, sokszorosíthatóak. Ezen tulajdonságai miatt egyrészt könnyen végezhető cukor-lisztpótlásos kísérlet, másrészt pedig társadalmi elfogadottsága miatt az érzékszervi bírálók is feltehetőleg motiváltak maradnak a kekszek tesztelése során. Disszertációmban célszerűnek tűnt a keksz, mint termék kiválasztása kiválasztása XOS adagolásához, mivel a szakirodalomban számos példa található élelmi rostok kekszben való alkalmazásáról, és azoknak a termék megjelenésben, textúrájában, érzékszervi tulajdonságaiban bekövetkezett változásáról (Bilgiçli et al. 2007, Popov-Raljić et al. 2013, Desai et al. 2020, Pareyt et al. 2011).

### 3.7. Reológiai alapok

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, amiket az 4. táblázatban foglalok össze példák segítségével. Disszertációmban állományprofil-analízist végeztem, továbbá rotációs és oszcillációs reometriát alkalmaztam, így ezeknek az alapjait mutatom be az alábbiakban.

4. táblázat: A reológiai módszerek kiválasztása a vizsgált élelmiszer jellege szerint

Élelmiszer jellege	Folyadék	Emulzió	Gél	Krém	Szilárd (kemény)	Szilárd törhető
<b>Reológia típus</b>	newtoni folyadék	viszkoelasz-tikus folyadék	viszkoelasz-tikus folyadék	viszkoelasz-tikus szilárd	szilárd (elasztikus)	szilárd (elasztikus)
<b>Reológiai módszer</b>	rotációs viszkozimetria, Höppler-féle viszkoziméter kapilláris viszkoziméter	rotációs viszkozimetria,	rotációs viszkozimetria,  Botswick konzisztométer	oszcillációs reometria	állomány-profil analízis, penetrométer finométer	állomány-profil analízis,
<b>Példa</b>	gyümölcsle és méz tej tojáslé	majonéz salátaöntet olvasztott csokoládé	ketchup joghurt kefir lekvár puding	vaj margarin fagylalt gesztenyepüré és gyümölcsvel ő sajtkrém	kenyér sajt hús nyers zöldségű nyers gyümölcs	chips cukorka keksz gabonapehely csokoládé

### 3.7.1. Állományprofil-analízis

Az állományprofil-analízis módszere (Texture Profile Analysis: TPA) az emberi rágás mechanikai modellezésén alapul. A TPA egy általánosan elterjedt módszer a különböző élelmiszerek állományi tulajdonságainak jellemzésére (BOURNE, 1974). A vizsgálandó mintákat egymás után ismétlődő deformációnak tesszük ki az adott nyomótesttel deformálva, majd a terhelést megszüntetve (LÁSZTITY és TÖRLEY, 1987). A TPA módszer a különböző élelmiszeripari termékek állományának objektív meghatározására szolgál, így vizsgálhatunk vele zöldségeket, gyümölcsöket, tésztákat, pékárukat és kenhető, krémszerű termékeket. A mérés azt mutatja meg, hogy mekkora erő szükséges a minta adott deformációjához (összerágásához), amelyet adott sebességgel hozunk létre. Az állománymérő berendezések az idő függvényében regisztrálják a deformáló terhelést. A mért adatok alapján objektíven értékelhetőek a minták érzékszervi tulajdonságai. A görbékkel nemcsak a minták keménységére lehet következtetni, hanem a mérőfej visszahúzásánál fellépő adhéziós erőből és munkából a minták tapadósága is mérhető. A mért terhelések alapján ábrázolható a minta állományprofilja, amelyről leolvashatóak, illetve kalkulálhatóak a paraméterek, amiket az 5. táblázatban mutatok be (Mezger 2006).

5. táblázat: Az állományprofil analízis paramétereit összefoglaló táblázata

Paraméter	Mértékegység	Paraméter jelentése
Keményység	gramm	Maximális deformáló erő az első rágási ciklus során
Adhéziós erő	gramm	A mérőtest eltávolításához szükséges erő, az első rágási ciklusban mért minimum erő
Adhézió	milli Joule	A mérőtest eltávolításához szükséges munka
Kohézió	-	Adhéziós erő/keményégi erő, A két rágási ciklusban mért csúcs alatti terület hányadosa
Gumisság	gramm	Keménység * kohézió
Rugalmasság	milliméter	A termék milyen mértékben nyeri vissza alakját a rágás különböző periódusaiban
Rágósság	milli Joule	A termék aprításához szükséges munka

### 3.7.2. Rotációs mérés technikák

A rotációs méréseknél két különböző sebességgel forgó mérőelem (lap-lap, kúp-lap, koncentrikus hengerek stb.) közé kerül a minta, amit egy meghatározott deformációsebességnek vagy nyírófeszültségnek tesznek ki. A két elem közül az egyik általában áll, míg a másik előre meghatározott sebességgel forog. A rotációs viszkoziméterek a newtoni és a nem newtoni folyadékok alaposabb megismerésében játszanak fontos szerepet. Az oszcillációs reológiai mérések 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. A módszer során a mérőtest tengelyét adott frekvenciával és amplitúdóval, sinusfüggvény szerint oszcillálva mozgatjuk.

#### 1. Koncentrikus hengerek

Két típust különböztetünk meg egymástól. A Searle koncentrikus hengerénél a belső henger mozgásban van, a külső áll, míg a Couette típusnál az ellentétes felállás van érvényben. Ezen mérőeszközök esetén a forgatónyomaték ( $M$  [Nm]) függ a forgási tengelytől való távolságtól ( $r$  [m]). Abban az esetben, ha a réstávolság egy bizonyos tartomány alatt van, a nyírófeszültség és a forgatónyomaték viszonya csak a mozgó henger méreteitől függ, amely

állandó, így a nyomaték mérésével a nyírófeszültség számolható. A deformáció sebesség a szögsebesség ( $\omega$  [rad/s]), a forgási tengelytől való távolság és a belső henger alakjának a függvénye. A fordulatszám mérésével 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. Kúp-lap mérőrendszer

Ezen mérőrendszerek egy lapból és egy igen kicsi kúpszögű, majdnem sík kúpból állnak. A legtöbb esetben a kúp helyezkedik el felül, és rotációs vagy oszcillációs mozgást végez, míg a lap áll mozdulatlanul.

A kúp alakját a sugara ( $R$  [mm]) és a kúpszög ( $[\alpha]$ ) határozza meg. A mérőrendszert jellemzi még a két elem közötti legkisebb távolság ( $h$  [mm]). Ideális esetekben a  $h=0$ , de a legtöbb mérőrendszerénél 0,05 mm.

A nyírófeszültség a forgatónyomaték függvénye:

$$\tau = C_{cp} * M \text{ [Nm]} \quad / \text{ Eq.1/}$$

$C_{cp}$  egy állandó, amely arányos a kúp sugarával és a kúpszöggel.

A deformáció sebesség a szögsebesség ( $\omega$  [rad/s]) és a kúpszög függvénye:

$$\dot{\gamma} = \omega / \alpha = C * n \text{ [1/s]} \quad / \text{ Eq.2/}$$

## 3. 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:

$$\tau = C_{pp} * M \text{ [Nm]} \quad / \text{ Eq.3/}$$

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

A deformáció sebesség a szögsebesség függvénye:

$$\dot{\gamma} = \omega / \alpha = C * n \text{ [1/s]} \quad / \text{ Eq.4/}$$

C egy állandó és állandó a lap átmérője és a réstávolsága, vagyis  $\gamma$  közvetlenül kiszámítható a fordulatszámából.

#### 4. Speciális alakú keverőelemek

A tengelyeken előfordulhat korong, tű, szeg, henger vagy üreges henger. Továbbá a tengely lehet szárnyas vagy szöges.

A newtoni és a nem newtoni folyadékok folyásgörbéjének meghatározásához rotációs viszkozimétereket használnak. Két módszer terjedt el a görbék felvételére: mérhető a nyírófeszültség a deformációsebesség függvényében (CSR: controlled shear rate method) vagy a deformációsebesség a nyírófeszültség függvényében (CSS: controlled shear stress method). A könnyebb kivitelezhetőség következtében a gyakorlatban a CSR módszer az elterjedtebb

Alapfogalmak:

- Nyírófeszültség

$$\tau = F/A \text{ [Pa]} \quad / \text{Eq.5/}$$

ahol:  $F[\text{N}]$  = nyíróerő,  $A[\text{m}^2]$  = nyírási felület

- Deformáció sebesség (sebesség gradiens, nyírási gradiens)

$$\dot{\gamma} = v/h \text{ [1/s]} \quad / \text{Eq.6/}$$

ahol  $v \text{ [m/s]}$  = sebesség,  $h \text{ [m]}$  = a mérőelemek közötti távolság

- Viskozitás Newton törvénye alapján:

$$\eta = \tau/\dot{\gamma} \text{ [Pas]} \quad / \text{Eq.7/}$$

ahol  $\tau \text{ [PA]}$  = nyírófeszültség,  $\dot{\gamma} \text{ [1/s]}$  = deformáció sebesség

Newtoni folyadékoknak nevezzük azokat az ideális viszkózus anyagokat, amelyek esetében a deformáció sebesség és a nyírófeszültség között lineáris összefüggés van, a viszkozitás értéke minden deformáció sebesség esetén állandó lesz. A folyásgörbe az origón áthaladó egyenes. Nem Newtoni folyadékoknak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek viszkozitása függ a deformáció sebességtől. 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, hogy a tulajdonságok attól függenek,

hogy milyen fajta deformációnak, milyen erőhatásnak tesszük ki, továbbá, hogy mennyi ideig vetjük alá ezeknek a hatásoknak.

A folyásgörbe segítségével meghatározható a folyáshatár  $\tau_0$ , és a hatványkitevő  $n$  alapján különböztetjük meg a különböző fajtájú reológiai viselkedéseket. A Herschel-Bulkley modell /Eq.8/ használata általános, amit mérésem során is alkalmaztam és ennek segítségével meghatározható, hogy az adott minta rendelkezik-e folyáshatárral, valamint, hogy a vizsgált minta melyik reológiai típushoz tartozik.

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad \text{/Eq.8/}$$

ahol  $\tau$  nyírófeszültség [Pa],  $\tau_0$  folyáshatár [Pa],  $\dot{\gamma}$  deformációsebesség [1/s]

$K$  = konzisztencia index, vagy látszólagos viszkozitás,  $n$  folyás index

- Pszeudoplasztikus vagy nyírásra vékonyodó viselkedés jellemzője, hogy a nyírófeszültség csökkenő sebességgel növekszik a deformáció sebesség függvényében, vagyis, ha a deformáció sebességét növeljük, akkor a viszkozitás csökken. A jelenség hátterében az áll, hogy csökken a folyadék szerkezetét biztosító molekulák közötti kölcsönhatásáért felelős erő a deformációs sebesség hatására.
- Dilatáns viselkedés figyelhető meg azokban az esetekben, amikor a nyírófeszültség egyre nagyobb sebességgel növekszik, növekvő deformáció sebesség mellett. A viselkedés magyarázata, hogy a növekvő deformáció hatására a folyadék fázis kiszorul a szilárd részecskék közül és megnő a részecskék közötti súrlódás. A megnövekedett súrlódás következtében tapasztalhatunk növekvő viszkozitást a növekvő deformáció sebesség következtében.
- Tixotróp reológiai viselkedésnek nevezzük azon jelenségeket, amikor az idő függvényében csökken a nyírófeszültség állandó deformáció sebesség mellett. A vizsgált anyag intermolekuláris kölcsönhatásainak köszönhetően alakul ki ez a jelenség.
- Plasztikus viselkedés során a szilárd anyag megtartja a deformációt, azután is, hogy a deformáló erő megszűnik. A folyadékok plasztikus viselkedést akkor mutatnak, mikor nem kezdenek el folyni, míg a nyírófeszültség meg nem halad egy minimum értéket. Ezt az értéket nevezzük folyáshatárnak. A folyásgörbén az az érték, ahol a folyásgörbe metszi a nyírófeszültség tengelyt. Minél erősebb a kölcsönhatás a molekulák között, annál nagyobb

értéket fogunk kapni a folyáshatárra. Ezen érték erősen függ a hőmérséklettől. Minden anyag rendelkezik folyáshatárral, viszont a gyakorlatban csak azokat vizsgálják, nevezik így, amelyeknél mérhető ez az érték.

- Reopektikus viselkedésről beszélünk akkor, amikor a nyírófeszültség növekszik az idő előrehaladtával, állandó deformációsebesség mellett. A jelenség az intermolekuláris kölcsönhatások révén jelentkezik: nő a súrlódás az anyag szerkezetén belül az idő előrehaladtával állandó sebesség mellett.

(Mezger 2006, Juhász et al. 2011, Penksza 2012, Penksza 2014,)

### 3.7.3. Oszcillációs mérés technika

Az oszcillációs reológiai mérések során a minta két különböző sebességgel mozgatott mérőelem közé van helyezve, annak érdekében, hogy egy meghatározott deformáció jöjjön létre az anyagban. Rendszerint az egyik elem mozdulatlan, a másik pedig meghatározott sebességgel mozog. A mérőtest tengelyét adott frekvenciával és amplitúdóval, sinusfüggvény szerint oszcillálva mozgatjuk. Az oszcillációs mérésekhez rendszerint lap-lap vagy kúp-lap mérőrendszert használnak. A deformáció mértékét az úgynevezett „strain”-t, vagy kitérést a két mérőlap közötti réstávolsághoz viszonyítva, százalékos értékben adják meg. A készülék a fellépő nyírófeszültség érték alapján számítja ki a tárolási, illetve veszteségi modulus értékeket.

Tárolási modulus:  $\delta$

$$G' = \tau / \dot{\gamma} \cos \delta \quad / \text{Eq.9/}$$

ahol  $G'$  tárolási modulus [PA],  $\dot{\gamma}$  deformáció sebesség [1/s],  $\tau$  nyírófeszültség [PA],  $\delta$  fáziseltolódás szöge

Veszteségi modulus:

$$G'' = \tau / \dot{\gamma} \sin \delta \quad / \text{Eq.10/}$$

ahol  $G''$  veszteségi modulus [PA],  $\dot{\gamma}$  deformáció sebesség [1/s],  $\tau$  nyírófeszültség [PA],  $\delta$  fáziseltolódás szöge.

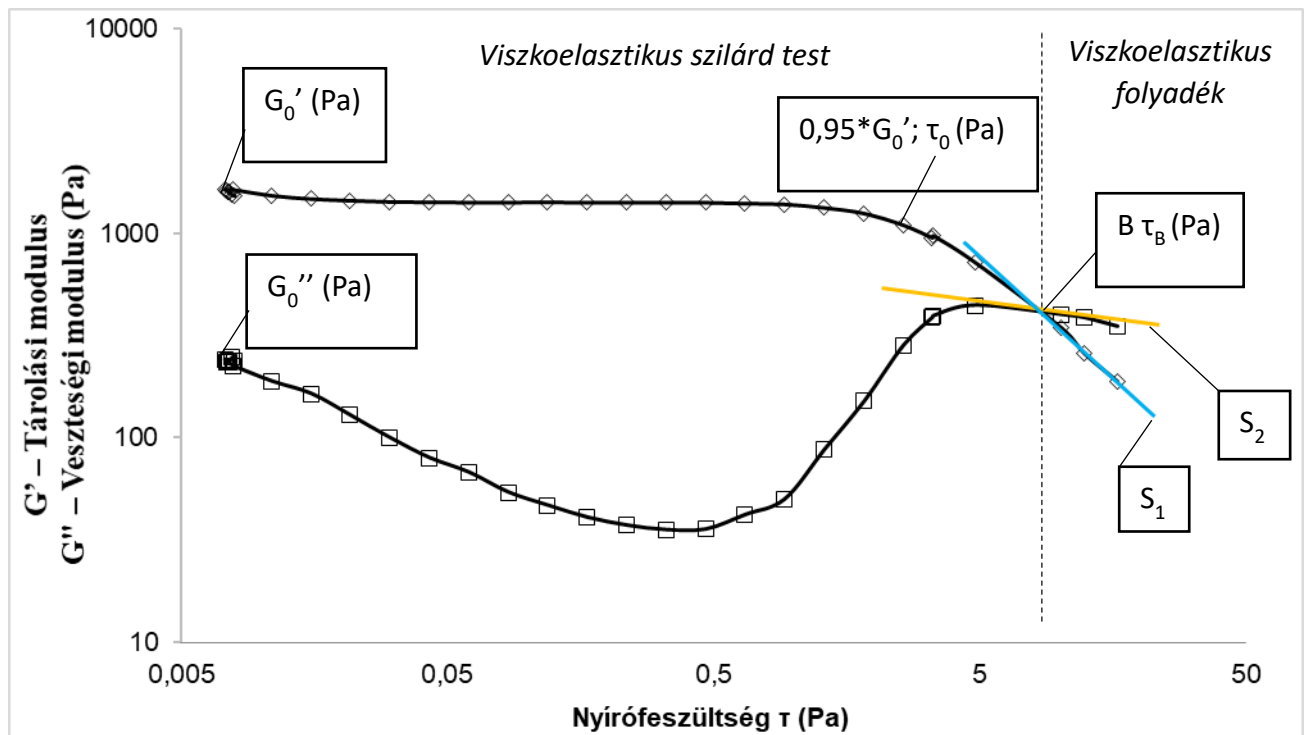
A következő fejezetekben bemutatom a főbb mérési módszereket (Mezger 2006).

#### 3.8.3.1. Amplitúdó söprés módszere

Az amplitúdó söprés módszere (amplitude sweep) során egy állandó szögsebesség és növekvő kitérés mellett mérjük a nyírófeszültséget. A nyírófeszültség értékéből pedig meg lehet



határozni a rugalmassági és veszteségi modulus értékeit. Az ábrázolás során a kitérés vagy a nyírófeszültség ( $\tau$ , [Pa]) függvényében van ábrázolva a rugalmassági ( $G'$ ) és a veszteségi modulus ( $G''$ ) érték. Az 5. ábra egy jellemző amplitúdó söprés reogramot mutat be, amelyről a leolvasott paraméterek mind a mintára jellemző értékek.



5. ábra: Krémállagú élelmiszerekre jellemző amplitúdó söprés reogram

Forrás: Saját szerkesztés Juhász et al. (2011) alapján

A rugalmassági vagy tárolási modulus ( $G'$ ) a vizsgált anyag elasztikus, míg a veszteségi modulus ( $G''$ ) a viszkózus tulajdonságát jellemzi. Az anyag viszkoelasztikus tulajdonsága kifejezhető a  $G'$  és  $G''$  paraméterek értékével és egymáshoz való viszonyával is. Ha a szilárd és gélszerű anyagok esetén a rugalmassági és a veszteségi modulus hányadosa ( $G'/G''$ ) 1-nél nagyobb értéket ad akkor szilárdnak tekinthető a vizsgált anyag, amennyiben az érték 1-nél kisebb akkor a mintára folyadékként lehet tekinteni. A két görbe metszéspontja reprezentálja a vizsgálandó minta folyáshatárát, ami anyagi jellemzőként értelmezhető. A mérés kezdeti szakaszán a kezdeti rugalmassági és a veszteségi modulus a minta nyugalmi állapotára jellemző értékek. A rugalmassági modulus ( $G'$ ) az egyre növekvő kitérés, azaz deformáló erő hatására csökkenni kezd. Azt a kitérést, ahol ezen érték a kezdeti ponthoz képest 95%-ra csökken, a lineáris viszkoelasztikus tartomány végének nevezzük, amely azt jelenti, hogy ezen határ alatt

fellépő erő hatására a vizsgált minta még nem szenved irreverzibilis változást. Ezen ponthoz tartozó nyírófeszültség értéke a minta „erősségét”, „szilárdságát” mutatja. A rugalmassági és a veszteségi modulus metszéspontjától (B) a minta viszkoleasztikus szilárd anyag helyett viszkoelasztikus folyadékként viselkedik. A metszéspontban számolható viszkozitás, kitérés és nyírófeszültség egyaránt a mintára jellemző paraméterek. A növekvő deformáló erő hatására a rugalmassági- és a veszteségi modulus értékek általában csökkenő tendenciát mutatnak. Az erre a szakaszra illesztett egyenesek meredeksége (S1, S2) szintén a mintára jellemző, az élelmiszeripari alkalmazás szempontjából fontos paraméterek. Ezek az értékek azt mutatják, hogy a minta növekvő deformáció hatására mekkora ellenállást mutat, mely a kenhetőséget modellezi, minél kevésbé meredek ez a szakasz, annál kisebb deformáló erő kell a minták elkenéséhez. Vagyis, ha a minta kenhető, lágy, akkor kismértékű meredekséget tapasztalunk, amennyiben viszont a minta vágható, kemény, szinte törik, akkor egy nagymértékű meredekséget tapasztalunk. Az amplitúdó söprés módszerével a minta viselkedését széles deformálóerő tartományban határozhatjuk meg. A lineáris viszkoelasztikus tartomány ismerete a frekvenciasöprés mérések előtt feltétlenül szükséges. (Mezger 2006, Zeke et al. 2010, Juhász et al 2011, Penksza 2012, Penksza 2014).

### **3.8.3.2. Frekvenciasöprés módszere**

A frekvenciasöprés (frequency sweep) során állandó kitérés és változó (növekvő) frekvencia mellett végzünk méréseket. A kitérés mértékét úgy kell meghatározni, hogy az biztosan a lineáris viszkoelasztikus tartományban legyen. Ehhez szükséges először a vizsgálandó anyag viszkoelasztikus tartományának a végét amplitúdó söprésrel meghatározni. Rendszerint a frekvencia vagy szögsebesség logaritmusában ábrázoljuk a tárolási és a veszteségi modulus logaritmusát. A frekvenciasöprés során a minta időfüggő viselkedéséről kaphatunk információt: a kis frekvenciánál mért eredmények a hosszútávú (pl. tárolás alatti) stabilitásról, míg a nagy frekvenciánál mért eredmények a rövidtávú (pl. szállítás alatti) viselkedésről nyújtanak felvilágosítást. Ennek a módszernek a segítségével meg lehet határozni, hogy van-e szinerézisre való hajlama a gélállapotú élelmiszereknek (pl. pudingok, lekvárok). A két görbe lefutása, egymáshoz való viszonya alapján a minta szerkezetére is következtethetünk (polimerek, polimerek keresztkötésekkel, diszperziók, gélek, stb.). A stabil diszperziókra és gélekre jellemző, hogy az elasztikus tulajdonság dominál a viszkózussal szemben ( $G' > G''$ ) a teljes frekvenciatartományban, és az arányuk jellemzően:  $G': G'' = 10:1 \rightarrow 100:1$ . Jellemző rájuk továbbá, hogy a  $G'$  és  $G''$  görbék közel párhuzamosan futnak a teljes

frekvenciatartományban, és kicsi a mereedségük (Mezger, 2006, Zeke et al 2010, Juhász et al 2011, Penksza 2012, Penksza 2014).

### **3.8.3.3. Hőmérsékletfüggés vizsgálata**

A többi reológiai módszerhez hasonlóan az oszcillációs mérés technikával is lehetőségünk van hőmérsékletfüggés (temperature sweep) vizsgálatra. Ekkor állandó szögsebesség, állandó amplitúdó (kitérés) és változó hőmérséklet mellett végzünk méréseket, majd a tárolási és a veszteségi modulust a hőmérséklet függvényében ábrázoljuk. A hőmérsékletfüggés mérése az élelmiszerek minőségének vizsgálatában fontos paraméter, a megfelelő technológia kiválasztásában is hasznos eredményeket szolgáltat, hiszen a mérés által lehet következtetni, hogy az adott összetevők, élelmiszervizkozitása hogyan változik meg akár sütés, vagy fagyasztás során, hogyan reagál fagyasztva tárolás során vagy hosszú ideig magas hőmérsékleten (pl. főzés) (Wildmoser 2004).

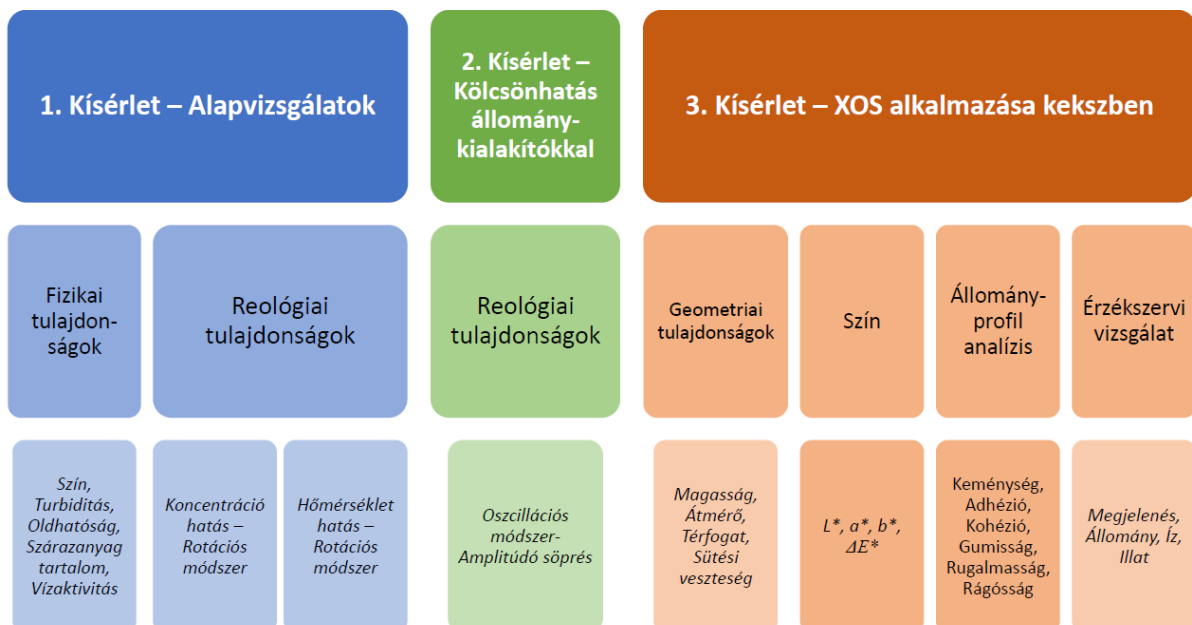
Az oszcillációs reológiai módszereket széleskörű élelmiszeripari termékek vizsgálatára használják (pl. ketchup, majonéz, gyümölcsöntetek, tejtermékek, stb.) (Gunasekaran 2000). Majonézek, salátaöntetek esetén a vizsgálatok fő célja az emulzióstabilitás tanulmányozása, illetve fejlesztése (Peressini et al. 1998, MA és Barbosa-Cánovas 1995). A gélképződés folyamatát, a gélesedést befolyásoló paramétereket különböző típusú termékek, pl. savófehérje (Bryant 2000), zselatin- (Nijenhuis 1981), és pektingélek (Lopes da Silva és Concalves 1994) esetén tanulmányozták oszcillációs módszerekkel. Cukrászati és sütőipari termékeknél, gyorsfagyasztott élelmiszereknél fontos az üvegesedési hőmérséklet ismerete, mivel az a termék stabilitását, állományát (ropogósság, viszkozitás, keménység, stb.) nagymértékben befolyásolja (Slade és Levine 1993). Az üvegesedési hőmérséklet a hagyományos módszerek pl. pásztázó kalorimetria, (differential scanning calorimetry, DSC), és mágneses magrezonancia vizsgálat (nuclear magnetic resonance, NMR) mellett oszcillációs reológiai módszerekkel is kísérletileg meghatározható (Kalichevsky et al. 1993). Az oszcillációs reológiai módszerek összességében az élelmiszervizsgálatok számos területén jól használhatók az élelmiszerek állományának objektív jellemzésére, széles deformáló erő- és széles hőmérséklet tartományban (Zeke et al. 2010).

## 4. Anyag és módszer

Doktori dolgozatom többlépcsős, egymásra épülő kísérletsorozaton alapul:

- 1. kísérlet: Az XOS alapvető fizikai tulajdonságainak vizsgálata (Alapvizsgálatok)
- 2. kísérlet: Az XOS állománykialakítókkal való kölcsönhatásainak vizsgálata vizes oldatokban
- 3. kísérlet: Az XOS, mint élelmi rost hatása kekszek fizikai és érzékszervi jellemzőire

Ezt a hármas tagolást alkalmazom a kísérleti módszerek bemutatása során és az eredmények bemutatása és értékelése fejezetekben is. Az egyes kísérletek során a minta jellegétől és a kutatási kérdéstől függően más-más analitikai vizsgálati módszerekre volt szükség. Az áttekinthetőség érdekében összefoglaló ábrát szerkesztettem, (6. ábra) amin a 3 kísérletsorozatot és az azokhoz tartozó vizsgálati módszereket mutatom be.



6. ábra: A 3 fő kísérlet során mért jellemzők és vizsgálati módszerek áttekintése

## 4.1. Felhasznált anyagok

Az 1. kísérlet során, az alapvizsgálatokban a következő 3 XOS terméket használtam (Longlive Shandong Co. Ltd, Kína):

- 95P (por alapú, 95%-ban tartalmaz XOS-t),
- 70P (por alapú, 70%-ban tartalmaz XOS-t),
- 70L (sűrítmény, 70%-ban tartalmaz XOS-t).

A kontrollként felhasznált frukto-oligoszacharid (FOS, sűrítmény, 85%-os FOS tartalommal, származási helye Orafti<sup>®</sup>, Beneo, Belgium) és a kereskedelmi forgalomban kapható szacharózt (Suc) a Magyar Cukor Zrt-től (Budapest, Magyarország) szereztem be.

A 2. kísérletben, az állománykialakítókkal való kölcsönhatások vizsgálatára irányuló reológiai mérésekhez a kereskedelemben kapható állománykialakítók közül a következőket használtam:

- zselatin (GE, sertésből származó, Bloom foka: 180, Magyarország),
- xantán gumi (X, Sigma Aldrich Hungary Ltd),
- szentjánoskenyérmag liszt (LBG, Sigma Aldrich Hungary Ltd.).

A 3. kísérletben, az XOS-sel dúsított keksszel végzett vizsgálatok során a következő anyagokat használtam fel:

- BL 55 búzaliszt (nedvességtartalom: 11,17 g / 100g; vízfelvétel: 63,3%) GoodMills (Komárom, Magyarország),
- szacharóz, Magyar Cukor Zrt (Budapest, Magyarország),
- margarin, Unilever (Budapest, Magyarország),
- nátrium-hidrogén-karbonát, Szilasfood (Kistarcsa, Magyarország),
- glükóz –oldatot 5,93g/100ml, Ed.Haas Hungaria Kft. (Győr, Magyarország )

A felhasznált anyagok jellemzőit és a dolgozatban használt kódolását az 4. mellékletben foglalom össze.

## 4.2. A kísérletek menete, a vizsgálati minták összetétele

A minta előkészítések bemutatása következik a doktori értekezés célkitűzései szerint. A vizsgálati módszerek részletes leírása a 4.3. fejezetben található.

### 1. kísérlet – Alapvizsgálatok

Kísérleteim kezdetén az XOS alapvető fizikai tulajdonságairól (oldhatóság, szín, turbiditás, pH stb.) kevés irodalmi adat állt rendelkezésre, ezért munkám első lépéseként ezeket vizsgáltam meg. Tekintve, hogy a terveim között szerepelt az XOS élelmiszertermékekben való alkalmazása, külön hangsúlyt fektettem a reológiai jellemzők vizsgálatára.

#### *Koncentráció függés*

A három különböző típusú XOS-t rotációs viszkozimetriás módszerrel vizsgáltam, hogy miképpen viselkednek különböző koncentrációjú vizes oldatokban. Kontrollnak szacharózt és FOS-t használtam. Tizenhárom különböző koncentrációjú vizes mintát készítettem el: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 és 70%-os szárazanyagtartalommal, mind az 5 szénhidrátból (XOS 70L, 70P és 95P, Suc, FOS). A reológiai mérések során a minták folyásgörbéjét vettem fel, mintánként 5 párhuzamos mérést végeztem.

#### *Hőmérséklet függés*

Vizsgáltam a hőmérsékletnövelés hatására bekövetkező reológiai változásokat a három XOS termék (70L, 70P és 95P) továbbá a két kontroll minta (FOS, szacharóz) esetén. A mintákat 50%-os szárazanyagtartalommal készítettem el. A mérést rotációs technikával végeztem állandó nyírósebesség mellett.

### 2. kísérlet - Kölcsönhatás vizsgálata állománykialakítókkal

Vizes alapú gélekben vizsgáltam az esetleges interakciókat az XOS és állománykialakító gélek között. Az állománykialakítók típusát és koncentrációját a korábbi kutatásaim alapján választottam meg. Kontroll minták elkészítése során a zselatinos minták esetén 5 g zselatint használtam, a xantánhoz és a szentjánoskenyérmag lisztes mintához 1 g-t míg a xantán és szentjánoskenyérmag liszt keverékhez 1-1 g-t. A minták összömege 100 g volt. Mindhárom típusú XOS-t (95P, 70L, 70P) 1 és 3%-ban adagoltam a mintákhoz. Az 1 és 3g XOS mennyiséget összekevertem az adott állománykialakítóval és 80°C-os desztillált vízben feloldottam. A mintákat 24 órán át szobahőmérsékleten pihentettem, hogy a gél állapot

stabilizálódjon, majd oszcillációs reológiai vizsgálatnak vettem alá. A minták azért nem azonos koncentrációban tartalmazzák az állománykialakítókat, mert előzetes méréseim során, ilyen adagolás mellett nem alakult ki a megfelelő zselés közeg.

6. táblázat: Az állománykialakítók közötti kölcsönhatás vizsgálatához elkészített minták összetétele

Minta sorszám	Állománykialakító típusa	Állománykialakító mennyisége	95P	70P	70L
1		5g	–	–	–
2		5g	1g	–	–
3		5g	3g	–	–
4	Zselatin	5g	–	1g	–
5		5g	–	3g	–
6		5g	–	–	1g
7		5g	–	–	3g
8		1g	–	–	–
9		1g	1g	–	–
10		1g	3g	–	–
11	Xantán	1g	–	1g	–
12		1g	–	3g	–
13		1g	–	–	1g
14		1g	–	–	3g
15	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	–	–	–
16	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	1g	–	–
17	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	3g	–	–
18	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	–	1g	–
19	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	–	3g	–
20	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	–	–	1g
21	Szentjánoskenyérmag liszt	1g	–	–	3g
22	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	–	–	–
23	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	1g	–	–
24	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	3g	–	–
25	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	–	1g	–
26	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	–	3g	–
27	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	–	–	1g
28	Xantán + Szentjánoskenyérmag liszt	1g+1g	–	–	3g

Továbbá nem volt céloom a különböző állománykialakítókkal készült mintákat összehasonlítani, kizárólag az XOS jelenlétének hatását vizsgáltam az adott állománykialakítóval alkotott gélben. A minták összetételét a 6. táblázatban mutatom be.

### 3. kísérlet – XOS alkalmazása kekszekben

A kekszeket az Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége (American Association of Cereal Chemists, AACC) által kidolgozott 10-50D módszer szerint készítettem (AACC, 1980). Kísérleteimben háromféle receptet használtam (kontrol, cukor részleges helyettesítése és liszt részleges helyettesítése), amelyeket az 7. táblázat mutat be.

7. táblázat: A kekszek receptúrája

	Kontrol	F70P	S70P	F70L	S70L	F95P	S95P
Liszt (g)	225,0	216,25	225,0	216,25	225,0	216,25	225,0
Cukor (g)	130,0	130,0	121,25	130,0	121,25	130,0	121,25
Rost (XOS) (g)	0	8,75	8,75	8,75	8,75	6,32	6,32
Margarin (g)	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0
Só (g)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Szódabikarbóna (g)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Desztillált víz (ml)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Glükóz szirup (ml)	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0

Jelmagyarázat: F:liszt pótlás; S: cukor pótlás 70L: Glükóz szirup (ml) (5,93g/100ml)

A kontroll minta az alapanyagokat a standardnak megfelelően tartalmazza. Az XOS-t liszt (minta kód: F70P; F70L; F95P) és cukor (minta kódja: S70P; S70L; S95P) részleges helyettesítésére használtam. Táplálkozás élettani megfontolások miatt az XOS-t 1,4% koncentrációban használtam (Na és Kim 2007).

A tézstakészítés során először a margarint és a lisztet homogenizáltam 5 percig. Ezután a többi komponenst hozzáadtam és a keverést 10 percig folytattam. A tézstát kinyújtottam (7 mm vastagra), és kör alakú sütőformázóval egyenlő méretű darabokat szaggattam (belső átmérő 50 mm), végül elektromosan melegített forgókemencében (Gierre, Milánó, Olaszország) sütöttem 10 percig 205 °C-on.



### 4.3. Kísérletek módszerei

#### 4.3.1. 1. Kísérlet – Alapvizsgálatok

Az első kísérletsorozat alapvizsgálatainak felsorolása következik.

*Oldódás:* Az egyes XOS típusok oldódását szemrevételezés alapján jellemeztem.

*Refrakció:* Az XOS oldatok vízzel oldható szárazanyag tartalmát Atago DBX 55 típusú digitális refraktométerrel mértem, öt 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 tömegveszteség alapján számoltam ki a nedvességtartalmat, öt párhuzamos mérést végezve.

*Vízaktivitás:* A vízaktivitást Novasina Labmaster-aw típusú műszerrel határoztam meg 25°C-os hőmérsékleten, öt párhuzamos mérést végezve.

*Turbiditás:* A turbiditást HACH 2100P típusú turbiditásmérővel mértem meg, öt párhuzamos mérést végezve.

*Szín:* A minták színét Konica Minolta CR 400 típusú digitális színmérővel mértem, amely CIELab rendszer szerint méri a minták színét (CIE 2004).

*Reológiai vizsgálatok:* A mérést Physica MCR 51 reométerrel végeztem (Anton-Paar, Anton-Paar Hungary Ltd, Veszprém, Magyarország). Az adatok kiértékelésekor a Rheoplus v32 szoftvert használtam.

Az egyes XOS típusok reológiai viselkedését és annak koncentráció-, illetve hőmérsékletfüggését rotációs mérés technikával, a minták folyásgörbéjének (nyírófeszültség a nyírási sebesség függvényében) felvételével vizsgáltam. A rotációs kísérletek (1. kísérlet koncentráció- és hőmérséklet függés) során koncentrikus hengeres mérőrendszerrel dolgoztam, 27 mm átmérővel rendelkező DG27 hengeres mérőrendszert használtam. DG jelentése „double gap”, vagyis két rés van a hengerek között a mérés során, kifejezetten kis viszkozitású minták mérésére alkalmas. A 27 a 27mm átmérőt jelenti A hőmérséklet beállítását C-PTD termosztáló egységgel valósítottam meg.

A minták folyásgörbéjét (nyírófeszültség a deformáció sebesség függvényében) 20°C-os hőmérsékleten 400-1200 1/sec-os deformáció sebesség tartományban mind növekvő, mind csökkenő deformáció sebesség mellett felvettem. A deformáció sebesség a vizsgált minta

tulajdonságaitól függően változott. Nagyobb viszkozitású minták esetén alacsonyabb 400 1/sec-os mérés határt választottam, kisebb viszkozitású minta esetében 1200 1/sec-os tartományig történt a mérés.

A méréseket 20 ° C-on hajtottam végre, a nyírási sebesség logaritmikusan növekedett 1–1200 1 / sec között, 160 másodperc alatt, minden mintához 32 mérési pontot rögzítve.

A Herschel-Bulkley modellt /Eq.8/ illesztettem a mérési eredményekre Rheoplus32 szoftver segítségével. A modellt alapján kiszámoltam a konzisztencia indexet ( $K$ , Pa.s<sup>n</sup>), az áramlási indexet (<sup>n</sup>), a folyáshatárt ( $\tau^0$ , Pa) és a korrelációs együtthatót ( $R^2$ ). Minden esetben öt ismétlést végeztem el, állandó hőmérsékleten.

Amikor a viszkozitást a hőmérséklet függvényében vizsgáltam, a hőmérsékletet növeltem állandó 5°C/perc hevítési sebességgel, 4–90°C intervallumban. Ebben az intervallumban 50 mérési pontot rögzítettem. A nyírási sebesség állandó volt (400 1/s). Öt ismétlést végeztem el mintánként, a mérés szempontjából kiválasztott hőmérsékleti pontokon.

#### **4.3.2. 2. Kísérlet – Kölcsönhatás vizsgálata állománykialakítókkal**

Az állománykialakítók és az XOS közötti kölcsönhatást oszcillációs technikával vizsgáltam. Az amplitúdósöprési módszert 4°C-on, állandó szögsebesség mellett (10 rad s<sup>-1</sup>) hajtottam végre, a kitérést logaritmikusan 0,01-ről 200%-ra növeltem 150 másodperc alatt, mérési pontot regisztrálva minden 5. másodpercben (30 mérési pont mérésenként). Mindegyik mintából öt párhuzamost mérést végeztem el állandó hőmérsékleten.

A tárolási ( $G'$ , Pa) és a veszteségi modulust ( $G''$ , Pa) a nyírófeszültség függvényében ( $\tau$ , Pa) regisztráltam. A minták oszcillációs mérési adatainak értékelésekor a reogram metszéspontot (Cross, Pa) a tárolási és veszteségi modulus görbék metszéspontjára, valamint a kezdeti  $G'$  és  $G''$  értékek hányadosát ( $G'_0/G''_0$ , dimenzió nélküli egység) számítottam. Ezen kívül kiszámítottam az LVE (Pa) elnevezésű paramétert, ami a lineáris viszkoelasztikus tartomány vége, vagyis az a nyírófeszültség érték, amelynél a  $G'$  csökkenése a kezdeti  $G'$  értékhez képest 5% -kal csökken. A komplex viszkozitást (Pa.s) a komplex modulus és a szögsebesség hányadosaként kaptam meg (Mezger 2006).

Az állománykialakítókkal végzett méréseknél, az oszcillációs vizsgálatoknál azért 4 °C lett kiválasztva, mert az alacsony hőmérsékleten stabilabb gélt kapunk, továbbá ezzel

alapozzam meg a joghurtok és egyéb tejtermékekben történő alkalmazását. A koncentrációfüggés mérésénél cél volt szobahőmérsékleten elvégezni a méréseket, hogy az általános technológiai körülményeket reprodukáljam.

### 4.3.3. 3. Kísérlet – XOS alkalmazása kekszben

#### 4.3.3.1. Geometriai jellemzők meghatározása

Szobahőmérsékletre történő lehűtés után a kekszek geometriai paramétereit vonalzóval lemértem (magasság, átmérő cm-ben), és ezekből a paraméterekből kiszámítottam a térfogatot. A kekszek alakjából következő mérési pontatlanságot nagyszámú ismétléssel kívántan kiküszöbölni, ezért 21 különböző kekszen végeztem el a méréseket.

$$V = r^2 * \pi * H \quad /Eq.11/$$

A sütési veszteséget ( $S_v$ ) az alábbi képlet alapján számítottam:

$$S_v = ((m_1 - m_2) / m_1) * 100 \quad /Eq.12/$$

ahol:  $m_1$  kekszek tömege a sütés előtt,  $m_2$  kekszek tömege a sütés után

#### 4.3.3.2. Színmérés

A sült kekszek felületének színét 9 párhuzamossal mérésel mértem meg, 3 kiválasztott keksz 3-3-3 pontján történt mérés. Konica Minolta CR400 színmérővel. Az eredményeket  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  értékekben kaptam meg.  $L^*$  a fényerő mértéke a feketétől (0) fehérig (100), míg  $a^*$  a vörös-zöld színét ( $a^* > 0$  jelzi a vörösséget,  $a^* < 0$  jelzi a zöldességet), és  $b^*$  a sárga-kék színét ( $b^* > 0$  jelzi a sárgáságot,  $b^* < 0$  jelzi a kékességet). A két minta közötti érzékelhető színkülönbség ( $\Delta E^*$ ) meghatározásához mind a három koordinátát felhasználva a következő képletet alkalmaztam (CIE, 2004).

$$\Delta E^*_{a,b} = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2} \quad /Eq.13/$$

#### 4.3.3.3. Állományprofil analízis

A kekszek állományát Brookfield LFRA Texture Analyzer (LFRA 4500 Texture Analyzer; Brookfield, Middleboro, USA) segítségével jellemeztem, TA43 típusú mérőfejjel (fém tű). A 9 párhuzamos mérést végeztem úgy, hogy 3 kiválasztott keksz 3-3-3 pontján

történtek meg a mérések, a színméréstől függetlenül. Az adatok rögzítését és az állományprofil elemzését TexturePro Lite v1.1 Build 4 szoftver segítségével végeztem el.

#### 4.3.3.4. Érzékszervi minősítés

Az érzékszervi minősítést a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem érzékszervi minősítő laboratóriumában végeztük el, amelynek kialakítása megfelel a szabvány követelményeinek (ISO 8589:2007). A testület 12 képzett bírálóból (6 nő és 6 férfi, 20–28 éves korban) állt, akik rendelkeznek az érzékszervi leíró elemzéshez szükséges ismeretekkel és tapasztalatokkal, amely magában foglalta az érzékszervi tulajdonságok azonosításának és a terminológia fejlesztésének technikáit és gyakorlatát. Ezek a képzett bírálók olyan képzésen vettek részt, amely megfelel a szabvány követelményeinek (ISO 8586:2012). A képzett bírálók a sütőipari termékek széles skáláját tesztelte, így a testület tagjai megfelelően képzettek voltak ezen termékek érzékszervi profilozására.

A képzett panel érzékszervi tesztek kvantitatív leíró profil (QDA) módszer (ISO 13299: 2016) alkalmazásával végezték el. A bírálócsoport 0 és 100 közötti skálán értékelte a kekszeket. A bírálók 27 tulajdonságot elemeztek, amelyek a 8. táblázatban láthatóak.

8. táblázat: Az XOS-sel készült kekszek bírálata során vizsgált érzékszervi tulajdonságok

Megjelenés	Állomány	Illatintenzitás	Íz
Világosság	Keménység	Globális	Globális
Színárnyalat	Rághatóság	Liszt	Liszt
Alak	Tapadóóság	Édes	Édes
Nagyság	Ropogóóság	Karamell	Karamell
Átmérő	Szájbevonatképzés	Margarin	Margarin
Felület		Szódabikarbóna	Szódabikarbóna
		Só	Só

Az érzékszervi kifáradás megakadályozásának érdekében fél órás szünet tartottunk a megjelenés/textúra, illat és az íz vizsgálat között. A kontrol minta minden érzékszervi tulajdonságának az értékét konszenzussal határozták meg a bírálók. Összesen hét különböző kekszmintát értékelt a panel. A tesztek két párhuzamos módszerrel végeztük az adatok megbízhatóságának biztosítása érdekében. Az tesztek 4 különböző napon tartottuk a

megfelelő ismétlések elérése érdekében, ennél fogva naponta egy kontroll mintát és három másik mintát teszteltünk. A tesztek délelőtt (10 és 12 óra között) tartottuk, mert ebben az időben a legérzékenyebb az emberi érzékelés (ISO 6658:2017).

#### 4.4. Statisztikai módszerek

A 1. és 2. kísérletben öt ismétlést hajtottam végre a reológiai mérések során.

Amennyiben a mért adatok nem normál eloszlást követnek, úgy vagy adat transzformációt hajtottunk létre, hogy az adatok normál eloszlást kövessenek, vagy a paraméteres próbák nemparaméteres megfelelőjét alkalmazzuk. Kísérletemben az egytényezős varianciánálízis (ANOVA) nemparaméteres megfelelőjét a Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztam a reológiai mérések során. A Kruskal-Wallis nemparaméteres teszt alkalmazása során az egzakt p-érték kiszámításához ( $\alpha = 0,05$ ), és Dunn féle páronkénti összehasonlítást (post-hoc teszt) Bonferroni korrekcióval alkalmaztam. Az elemzéseket az XL-Stat Sensory solution 2013.1.01 verziójú szoftverével hajtottam végre (Addinsoft, 28 West 27th Street, Suite 503, New York, NY 10001, USA).

A kekszek érzékszervi értékelését tulajdonságokként külön-külön végeztem el. Az átlagértékeket varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottam össze a termékek érzékszervi tulajdonságainak értékelésekor ( $\alpha=0,05$ ). A páronkénti összehasonlítást Tukey HSD post-hoc teszttel végeztem. Ezeket a tesztek az Addinsoft által létrehozott XL-STAT szoftverrel végeztem.

A panel teljesítményének ellenőrzését a PanelCheck szoftver munkafolyamata szerint hajtottam végre egy- és többirányú statisztikai módszerekkel. A nem szignifikáns termékhatások azonosítására: kéttényezős ANOVA,  $\alpha = 0,05$ ; azon elemek azonosítása, amelyek különböznek a panel többi részétől: Tucker-1 plot, Manhattan plot; illetve a bíráló tagok megkülönböztető képességének elemzésére pedig: F diagramok, MSE diagramok,  $p * MSE$  diagramok kerültek felhasználásra (ISO 11132: 2012, Næs et al. 2010, Tomic et al. 2010).

A képzett érzékszervi panel teljesítményét vegyes bírálói modell segítségével értékeltem. A bírálók teljesítményét (Mixed Assessor Model- Control of Assessor Performances, MAM-CAP -CAP) táblázati módszerrel elemeztem a megkülönböztetés, az egyetértés, az ismételhetség és a skálázás bírálói csoportban történő tesztelésére. A MAM-CAP táblát az R-projekt verziójában hoztam létre, 3.6.1 MAM-CAP segítségével (Peltier et al. 2013; R Core Team, 2019).

## 5. Eredmények és azok megbeszélése

Az eredmények fejezetben a már ismertetett struktúrában mutatom be a három fő kísérleti területet. Először az alapvizsgálatok eredményeit, majd az állománykialakítókkal végzett méréseket, végül pedig a kekszben történő alkalmazás eredményeit mutatom be.

### 5.1. Az 1. kísérlet (alapvizsgálatok) eredményei

#### 5.1.1. Alap fizikai vizsgálatok

Abból kifolyólag, hogy a kutatásaim megkezdésekor korlátozott mennyiségű információval rendelkezünk az XOS-sel kapcsolatban, a reológiai és a kekszben történő alkalmazást megelőzően szükséges volt a három különböző XOS termék legalapvetőbb tulajdonságainak a meghatározására. Emiatt egy körültekintő, alap fizikai tulajdonságokat feltáró vizsgálat sorozatot végeztem.

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

A minták vízakтивitása 0,797-0,854 közötti (9. táblázat), így a baktériumok szaporodásához szükséges 0,95-ös vízakтивitásnál kisebb, de a mikrobiológiai stabilitáshoz szükségesnél (0,60) nagyobb volt. A gyakorlat szempontjából 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 vízakтивitása. Az eredmény magyarázata az, hogy a 95P minta szárazanyag tartalma nagyobb volt, így jelentősebb vízmegkötő képességgel rendelkezett. A 70P minta nagyobb értékű, ami azt jelezte, hogy a kísérőanyagoknak rosszabb vízmegkötő hatása van, mint az XOS-nek.

A minták oldhatóság vizsgálata során az alábbi eredményt kaptam. A 70P és 95P jelű 70% és 95% XOS tartalmú porok hideg vízben, rövid keverés után maradéktalanul feloldódtak 0,5-70 g/100g oldat koncentráció tartományban. A 70P jelű minta, különösen 50% feletti koncentráció esetén erősen habzott, a keletkezett hab egyhetes tárolás során sem ülepedett le. A 95P jelű minta szintén felhabzott az oldás során, azonban a hab körülbelül 1 óra pihentetés után leülepedett. Mindkét pormintára jellemző volt, hogy 25% koncentráció felett a keletkező oldat sárgás színű. A forró vizes oldódás nem volt teljes, a minták összecsomósodnak.

A 70P és 95P mintákból készítettem egy hígítási sort, amelynek fényképeit az 5. mellékletben található táblázat mutatja be.

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 lehetett érzékelni az XOS jelenlétét. 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 mintánál jelentkezett, de ott se tartósan. Ezzel ellentétben a 70P-vel készített oldatoknál már az 50%-osnál keletkezett habréteg, ami a koncentráció növelésével még inkább erőteljesebbé vált.

9. táblázat: Az XOS termékek alaptulajdonságai

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

Szemrevételezést követően a mintákat objektív analitikai módszerekkel vizsgáltam. A mért szín és turbiditás értékei a 10. táblázatban találhatóak.

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

Minták	Bemért mennyiség	Szín			Turbiditás
		L*	a*	b*	NTU
70P		50,29±1,243	-1,42±0,33	24,62±4,31	159±2,5
70L	70g minta/100g oldat	40,8±0,58	-1,68±0,035	10,51±0,35	151±3,4
95P		37,2±0,71	4,33±0,65	27,09±1,31	153±3,1

A színméréssel kapcsolatban az alábbi konzekvenciák vonhatóak le. Az L\* érték a minták világosságát mutatja. Minél nagyobb ez az érték, annál világosabb a minta. A 70P rendelkezett a legnagyobb értékkel, vagyis a kísérőanyagként használt maltodextrin világosítja a mintát. A legtöményebb 95P-s minta a legsötétebb. Az a\*(zöld/vörös) esetén a két 70-es minta rendelkezik alacsonyabb értékkel, a 95P mintához viszonyítva a színe kevésbé vörös. A b\* esetében, ami a kék/sárga szín intenzitását jelöli, megállapítható, hogy a legintenzívebben sárga a 95P, míg legkevésbé a 70L szirup volt.

A turbiditás értékek közel azonos tartományba estek, de a 70P értéke volt a legnagyobb és egyben ennek volt a legnagyobb szórása is, vagyis ez a minta volt leginkább zavaros, ami a minta habosodására vezethető vissza.

### **5.1.2. A koncentráció változtatásának hatása a xilo-oligoszacharidok, a frukto-oligoszacharidok és a szacharóz viszkozitási tulajdonságaira vizes oldatban**

Az XOS vizes oldatainak reológiai tulajdonságait vizsgáltam a koncentráció függvényében, a folyásgörbék felvételével. Az egyes XOS típusok folyásgörbéit a FOS és a szacharóz eredményeihez hasonlítottam. A magas korrelációs koefficiens értékek ( $0,995 < R^2 < 0,999$ ) azt jelezték, hogy a Herschel-Bulkley modell jól illeszkedett a XOS, FOS és szacharóz vizes oldatainak a folyásgörbéihez. A folyás index ( $n$ ) értékei nem mutattak különbséget az 1-hez képest, és a folyáshatár nullának bizonyult, jelezve, hogy az összes mért minta a newtoni folyadékokhoz tartozik (Mezger 2006).

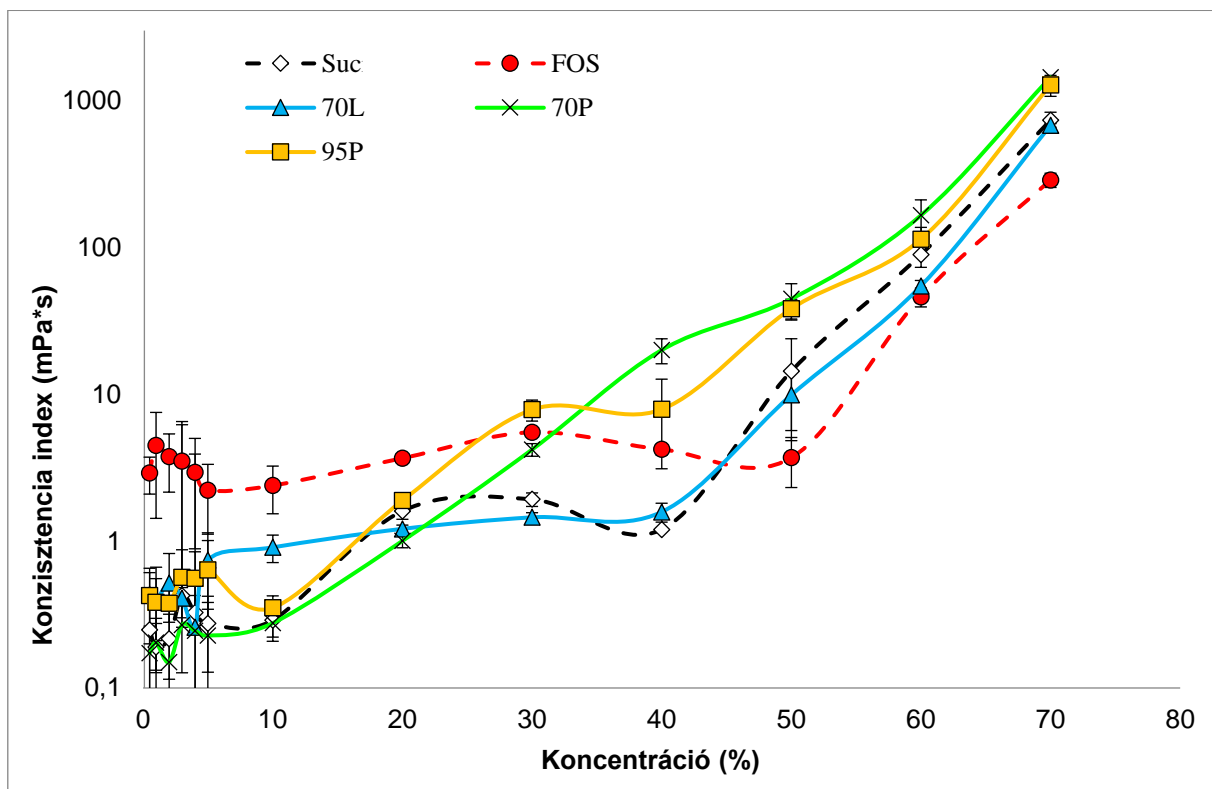
A különféle típusú szacharidok (Suc, FOS, 70L, 70P, 95P), különböző koncentrációinak konzisztencia index értékeit hasonlítottam össze Kruskal-Wallis statisztikai teszttel, Dunn-féle post hoc teszttel Bonferroni korrekcióval. Az értékelés során a szignifikáns különbségeket eléő betűk jelzik a 11. táblázatban.



11. táblázat: A különféle típusú szacharidok konzisztencia-index (Pa\*s) értékei a homogén és heterogén csoportok feltüntetésével, Kruskal-Wallis statisztikai teszttel kiértékelve

Minták	Konzentráció (%)												
	0.5	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	70
Suc	0,25±	0,19±	0,22±	0,43±	0,33±	0,27±	0,29±	1,6±	1,93±	1,2±	14,36±	89,3±	736±
	0,15 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,19 <sup>ab</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	9,53 <sup>abc</sup>	16,1 <sup>abc</sup>	9 <sup>ab</sup>
FOS	2,9±	4,48±	3,76±	3,5±	2,95±	2,22±	2,39±	3,67±	5,51±	4,21±	3,69±	46,2±	288±
	0,82 <sup>b</sup>	3,05 <sup>b</sup>	1,6 <sup>b</sup>	3,02 <sup>b</sup>	2,06 <sup>b</sup>	1,10 <sup>b</sup>	0,86 <sup>c</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,38 <sup>ab</sup>	1,38 <sup>a</sup>	6,81 <sup>a</sup>	32,1 <sup>a</sup>
70L	0,43±	0,4±	0,52±	0,41±	0,49±	0,74±	0,91±	1,21±	1,45±	1,6±	9,89±	54,8±	679±
	0,18 <sup>ab</sup>	0,27 <sup>ab</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	5,80 <sup>b</sup>	3,65 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>ab</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	4,22 <sup>ab</sup>	4,88 <sup>ab</sup>	19,1 <sup>a</sup>
70P	0,17±	0,2±	0,15±	0,26±	0,25±	0,23±	0,28±	1,01±	4,2±	20,0±	44,6±	165±	1445±
	0,09 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	3,87 <sup>b</sup>	12,0 <sup>c</sup>	45,5 <sup>c</sup>	16,7 <sup>c</sup>
95P	0,43±	0,38±	0,38±	0,57±	0,56±	0,64±	0,35±	1,89±	7,86±	7,9±	38,3±	114±	1278±
	0,23 <sup>ab</sup>	0,17 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	0,07 <sup>abc</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	1,28 <sup>a</sup>	4,79 <sup>ab</sup>	6,19 <sup>bc</sup>	23,3 <sup>bc</sup>	208 <sup>bc</sup>

<sup>a,b,c</sup>:Kruskal-Wallis teszt alapján a szignifikáns különbségeket eltérő betűk jelzik a táblázatban



7. ábra: Az XOS, az FOS és a Suc minták konzisztencia index értékei a koncentráció függvényében

A konzisztencia értéket tanulmányozva a koncentráció függvényében három különböző területet és ezáltal viselkedést figyeltem meg. Az első intervallumban alacsony koncentrációban (0,5–4% szárazanyagtartalom között) a FOS konzisztenciája szignifikánsan magasabb volt, mint az XOS három típusa és a szacharóz esetében, és az utóbbiak között nem volt szignifikáns különbség. Az eredmények azt mutatják, hogy a folyékony élelmiszertermékekben, alacsony koncentrációban a xilo-oligoszacharidok hasonló sűrítő hatásúak, mint a szacharóz, és alacsonyabb a viszkozitásuk, mint a FOS esetén. Ez alapján az XOS hatékonyan alkalmazható alacsony kalóriatartalmú italoknál az intenzív édesítőszerrel kombinálva a szacharóz állománymódosító/tesztető hatásának helyettesítésére.

A második intervallumban a 4–40% szárazanyagtartalom között az XOS por típusú termékek (95P és 70P) konzisztenciája intenzívebben nőtt, mint a másik három szacharidé (FOS, 70L és szacharóz). A 30% szárazanyagtartalom különös volt, mivel nem volt szignifikáns különbség a vizsgált anyagok között. Ezen a koncentráció szinten a folyásgörbék meredeksége enyhén változott 600 1/s nyírési sebesség mellett, és a konzisztencia értékek nagyobb szórást

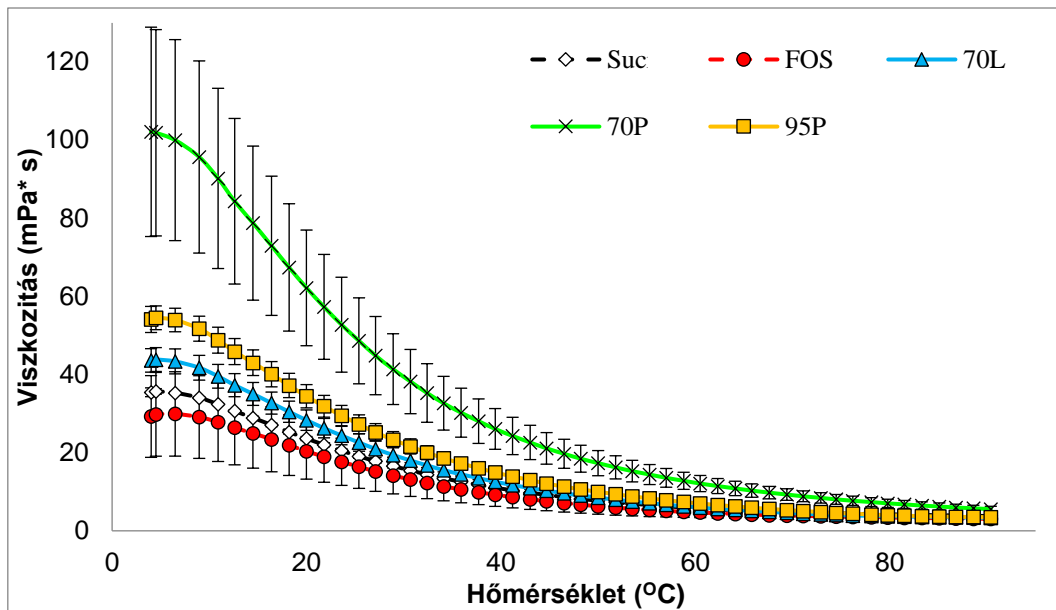
mutattak, mint más koncentrációs szinteken. Az eredmények arra utalnak, hogy alacsony és magas koncentrációban különböző az oligoszacharidok hidratációs mechanizmusa, amely a reológiai tulajdonságok megváltozását eredményezte. Megváltozott a cukor-víz arány, kevesebb víz molekula jut a hidratációs folyamatokba és ennek feltételezett hatására tapasztalható ez a viszkozitás-index érték anomália. Többszörös visszamérés során is ugyanezt a jelenséget tapasztaltam.

A harmadik intervallumban magas koncentrációban (40–70%) az XOS 70P és 95P oldatok konzisztenciája szignifikánsan magasabb volt, mint a többi szacharidé. Ennek oka lehet a por alakú termékek vízmegkötő mechanizmusainak eltérése a folyékony állagú formához képest vagy a molekulatömeg-eloszlás különbségei. A 70L és a FOS már folyékony állapotban voltak, vagyis hidratált állapotban ezért további hígítást követően (víz hozzáadása) nem tudtak annyi vizet megkötöni, így ezeknek a mintáknak viszkozitást növelő hatása csekélyebb volt. Az eredmények szerint a vizsgált oligoszacharidok viszkozitás növelő képessége erősen függ a felhasználás szintjétől: alacsony koncentrációban a FOS bizonyult a leghatékonyabbnak, a magas koncentrációban pedig az XOS viszkozitás növelő potenciálja jobb.

Az eredményeim alapján a különféle típusú oligoszacharidok víz megkötési mechanizmusa különbözik, az XOS termékek alacsony koncentrációban a szacharózzal megegyező mértékben, míg magas koncentráció esetén a 70L és 95P a több mintánál nagyobb mértékben módosították a viszkozitást. Emiatt az élelmiszeripari termékek fejlesztése során ezeket a jelenségeket figyelembe kell venni, és a recepteket ennek megfelelően kell változtatni, megalkotni.

### **5.1.3. A hőmérséklet változtatásának hatása a xilo-oligoszacharidok, a frukto-oligoszacharidok és a szacharóz vizes oldatainak viszkozitási tulajdonságaira.**

A kísérlet célja az volt, hogy a különböző élelmiszer-feldolgozási technológiák során felmerülő széles hőmérséklet skálán megvizsgáljam, hogy miképpen viselkednek a mintáim (8. ábra). A három XOS termékből, a FOS és a szacharózból készült minták viszkozitási értékeit Kruskal-Wallis statisztikai módszerrel összehasonlítottam, amelyeket 50 különböző, egyre növekvő hőmérsékleten mértem meg. A homogén hőmérséklet-tartomány csoportokat a 11. táblázat tartalmazza, a további részletes statisztikai eredményeket az 6. melléklet tartalmazza.



8. ábra: XOS termékek, FOS és a szacharóz vizes oldatának viszkozitása a hőmérséklet függvényében

Az összes oligoszacharid viszkozitása az XOS 70P kivételével állandó volt 4 és 10°C között, majd a mérés végéig csökkent. A viszkozitás csökkenése intenzívebb volt 10-50°C-on, mint 50-90°C között. Az XOS 70P viszkozitása a legmagasabbnak, a FOS viszkozitása a vizsgált hőmérsékleti tartományban a legalacsonyabbnak bizonyult. Az öt vizsgált cukortípus viszkozitás értékei közötti különbségek a hőmérséklet emelkedésével csökkentek. Az XOS 70P viszkozitása 4-90°C közötti hőmérsékleten FOS viszkozitásánál, illetve 4-60°C között a szacharóz viszkozitásánál szignifikánsan magasabb volt (12. táblázat).

12. táblázat: Hőmérséklet tartományok, ahol szignifikáns különbség volt a vizsgált minták viszkozitás értékei között

Minta pár	Hőmérséklet tartomány (°C)
Fos - 95P	4 - 4,4
Suc - 70P	4 - 64,1
Fos - 70P	4 - 90,4
95P - 70P	86,8 - 90,4

Park et al. (2001) szerint az XOS viszkozitása stabilabb a hőmérsékletváltozással szemben, mint a szacharózé. Eredményeim azt mutatták, hogy bár az XOS minták viszkozitási értékei magasabbak voltak alacsony hőmérsékleten, mint a szacharóz és az FOS értékei, a

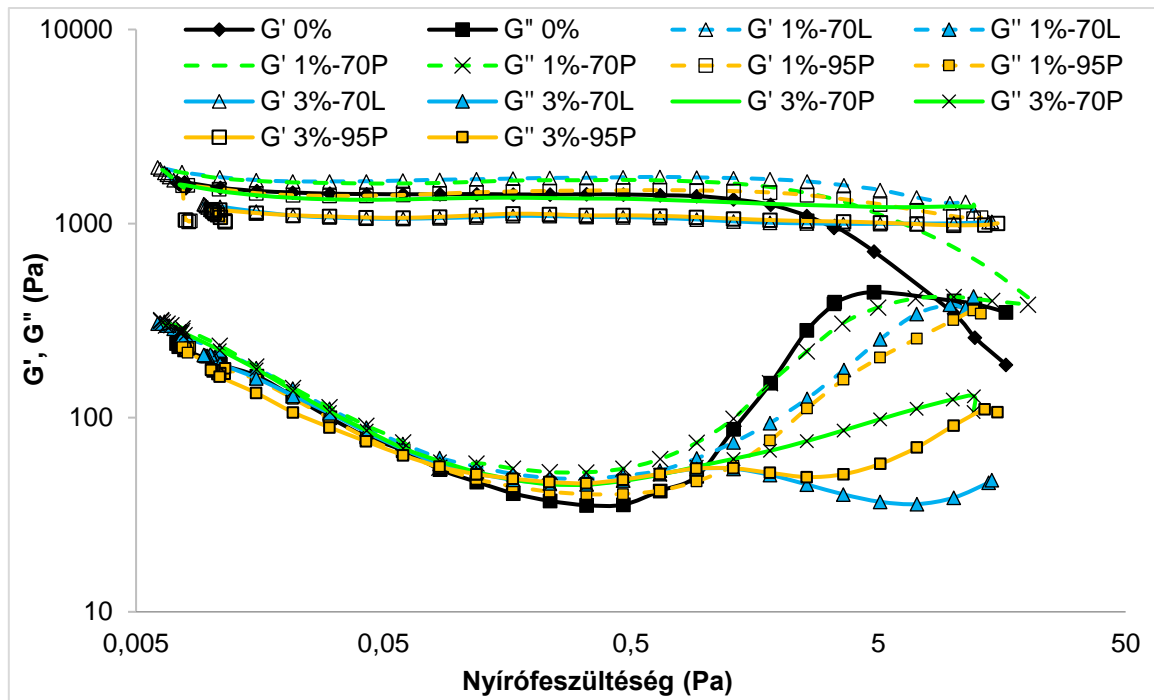
szacharóz és a FOS viszkozitása kisebb mértékben változott a hőmérséklet növekedésével. Összefoglalóan tehát megállapítható, hogy alacsony hőmérsékleten vagy szobahőmérsékleten (például tejtermékekben, italokban) az XOS az élelmiszerek viszkozitását jobban képes növelni, mint az FOS vagy szacharóz. Viszont magasabb hőmérsékleten (például fogyasztásra kész ételekben vagy pudingokban) nincs szignifikáns különbség a vizsgált anyagok viszkozitást módosító hatása között.

## **5.2. 2. kísérlet – Kölcsönhatások vizsgálata állománykialakítókkal**

A második kísérlet sorozatomban azt vizsgáltam, hogy az XOS milyen hatást gyakorolhat az iparban népszerű és elterjedt állománykialakítók reológiai tulajdonságaira. Választásom egy állati eredetű, fehérje alapú gélképzőre, a zselatinra, egy növényi eredetű, szénhidrát alapú állománykialakítóra, a szentjánoskenyérmag lisztre, és egy mikrobiális eredetű, szénhidrát alapú állománykialakítóra, a xantánra esett. A szentjánoskenyérmag liszt és a xantán erősítik egymás viszkozitásnövelő hatását, ezért gyakran kombinálva használják az élelmiszeriparban.

### **5.2.1. Zselatin és az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben**

A zselatinnal készült gélek amplitúdó söprés reogramjait a 9. ábra, a zselatinnal készült gélek nyírófeszültség függvényében mutatott komplex viszkozitási eredményeit pedig a 10. ábra mutatja be. A különféle típusú XOS-sel rendelkező zselatin gélek  $G'$  és  $G''$  értékeit összehasonlítottam egymással mind a 31 nyírófeszültség értéknél Kruskal-Wallis statisztikai módszerrel, Dunn-féle páronkénti összehasonlítással, Bonferroni korrekcióval. A  $G'$  és  $G''$  értékeket homogén csoportjaik feltüntetésével és a további részletes statisztikai eredményekkel az 7. melléklet tartalmazza.

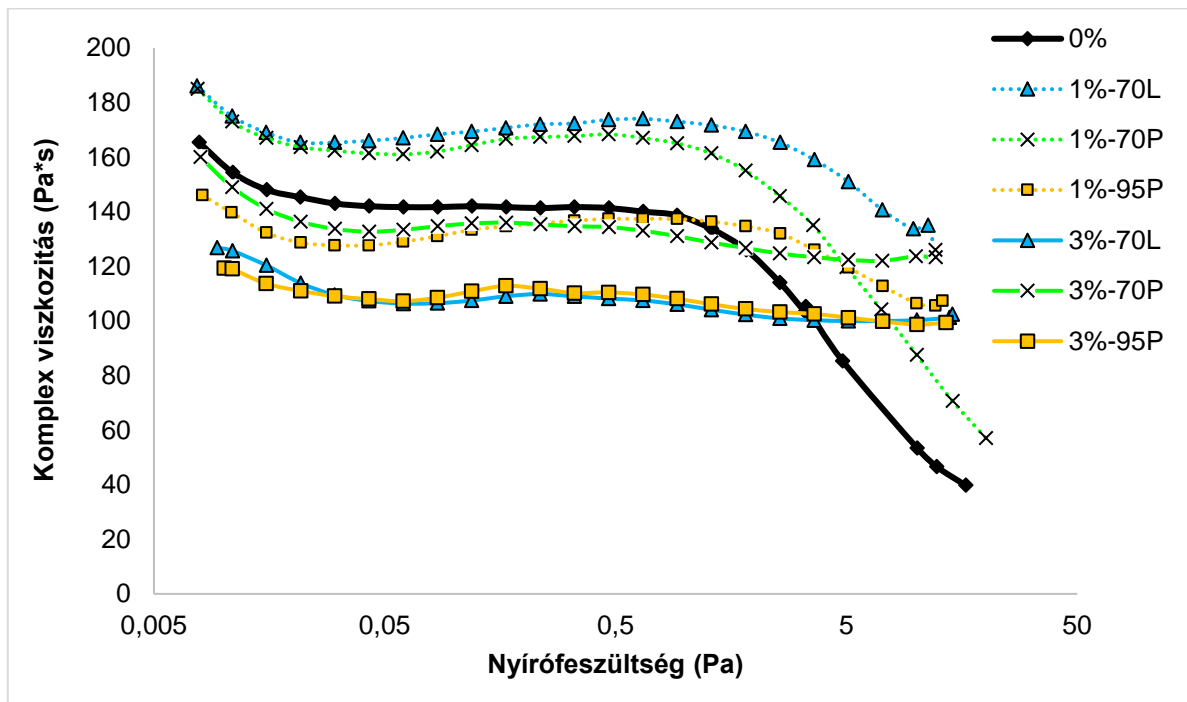


9. ábra: Zselatinnal és különböző típusú xilo-oligoszacharidokkal készült vizes gélek amplitúdó söprés reogramjai

A  $G'$  értékek az 1000–2000 Pa tartományban változtak, míg a  $G''$  értékek 35–444 Pa között. A  $G':G''$  arány 1-10 tartományban volt, ami azt mutatja, hogy a gélképződés sikeresen végbe ment (Mezger 2006). A kezdeti tárolási és veszteségmodulok ( $G'_0/G''_0$ ) hányadosa (13. táblázat) a kontrol és az XOS-t tartalmazó zselatin gélekben nem mutatott szignifikáns különbséget, jelezve, hogy az XOS hozzáadása nem befolyásolta a gél kezdeti szilárdságát. A 12. táblázat a többi állománykialakító esetén még bemutatja a lineáris viszkoelasztikus tartomány vége (LVE) és a metszéspont (Cross) paraméterek értékeit, de mivel a zselatinnal készült mintáknál ezek nem voltak mérhetőek, vagy csak a kontrol mintára volt jellemző, ezért nem lettek bemutatva.

A vizsgált minták  $G'$  értéke állandó volt 1 Pa nyírófeszültségig, majd a kontroll minta esetén az értékek csökkenésnek indultak, az XOS-t tartalmazó minták közül ezt a viselkedést csak a 70P 1% mutatta magasabb nyírófeszültség értéknél. A  $G''$  értékek folyamatosan csökkentek a 0,01 - 1 Pa nyírófeszültség intervallumban. Az 1 Pa nyírófeszültségen túl a 0 és 1% XOS-os zselatin gélek  $G''$  értéke erősen csökkent, míg a 3% XOS-os zselatin gélek esetén a  $G''$  enyhén növekedett. A 3% 70L-vel készült mintának volt a legnagyobb tárolási modulus értéke, míg a 70P és 95P 3%-os mintái kisebb értéket mutatott, mint a másik három 1% XOS-t tartalmú minta.

Az összes XOS tartalmú minta reogramja hasonló lefutási mintázattal rendelkezett. Metszéspont (Cross) kizárólag a kontroll zselatin gél reogramján figyelhető meg (9. ábra, 13. táblázat). Ez az eredmény arra utal, hogy míg a zselatin gél egy adott nyíróerő hatására folyékonyvá vált, addig az XOS adagolás növelte a zselatin gélek mechanikai stabilitását, azok a teljes vizsgált nyírófeszültség tartományban szilárd gélként viselkedtek.



10. ábra: Zselatinnal és különböző típusú xilo-oligoszacharidokkal készült vizes gélek komplex viszkozitás értékei

Az 1% XOS-ot tartalmazó zselatin gélek komplex viszkozitása a nyírófeszültség függvényében (10. ábra) magasabb volt a 0,01–1 Pa nyírófeszültség-intervallumban, mint a 3% XOS-os mintáké. 1 Pa nyírófeszültség felett az 1% XOS-tartalmú minták és a kontroll minta komplex viszkozitása mutatott csökkenő tendenciát, míg a többi minta komplex viszkozitás értéke megközelítőleg állandó értékekkel rendelkezett növekvő nyírófeszültség mellett.

Az 1%-os 70L és 70P rendelkezett a mérés tartomány elején a legnagyobb komplex viszkozitás értékekkel, vagyis ezek a minták képezték a plasztikusabb géleket a többi mintához képest. A komplex viszkozitási görbék meredekségének csökkenése az 1–10 Pa tartományban a növekvő XOS mennyiség függvényében (13. ábra) azt mutatja, hogy az XOS hozzáadása miatt megnőtt a mechanikai igénybevétellel szembeni stabilitás.

Eredményeimből azt a következtetést tudom levonni, hogy az XOS adagolása alacsony koncentrációnál nem eredményez erősebb kezdeti gélstabilitást, míg a magasabb XOS koncentráció a gélstabilitást teszi a növekvő nyírófeszültség ellen, vagyis nagyobb szárazanyagtartalom mellett erősebb gélstabilitást kaptam.

Más cukrokkal és cukoralkoholokkal történő kutatások során Kasapis és Al-Marhoobi (2003) arról számoltak be, hogy 7%-os (m/m) zselatin gélek gélstabilitását növelték a vizsgált szénhidrátok. Ezt azzal magyarázták, hogy a cukrok és cukoralkoholok kívül esnek a fehérje doménjéről, így csökkentik a fehérje-cukor határfelületet, amely stabilizálja a fehérje gél rendszerét (Gekko és Timasheff 1981; Kasapis és Al-Marhoobi 2005). Mumtaz és munkatársai (2008) kutatásukban az megfigyelték meg, hogy az XOS adagolása joghurtokban 3,5%-os koncentrációig zselatinnal kombinálva növelte a termék viszkozitását. Kutatásaim eredményei az irodalomban található tapasztalatokkal összhangban vannak a szénhidrát alapú XOS képes a zselatin gélstabilitását alacsony koncentrációban növelni.



13. táblázat: A kontroll és az XOS-t tartalmazó élelmiszer adalékanyagok amplitúdósöprés paraméterei

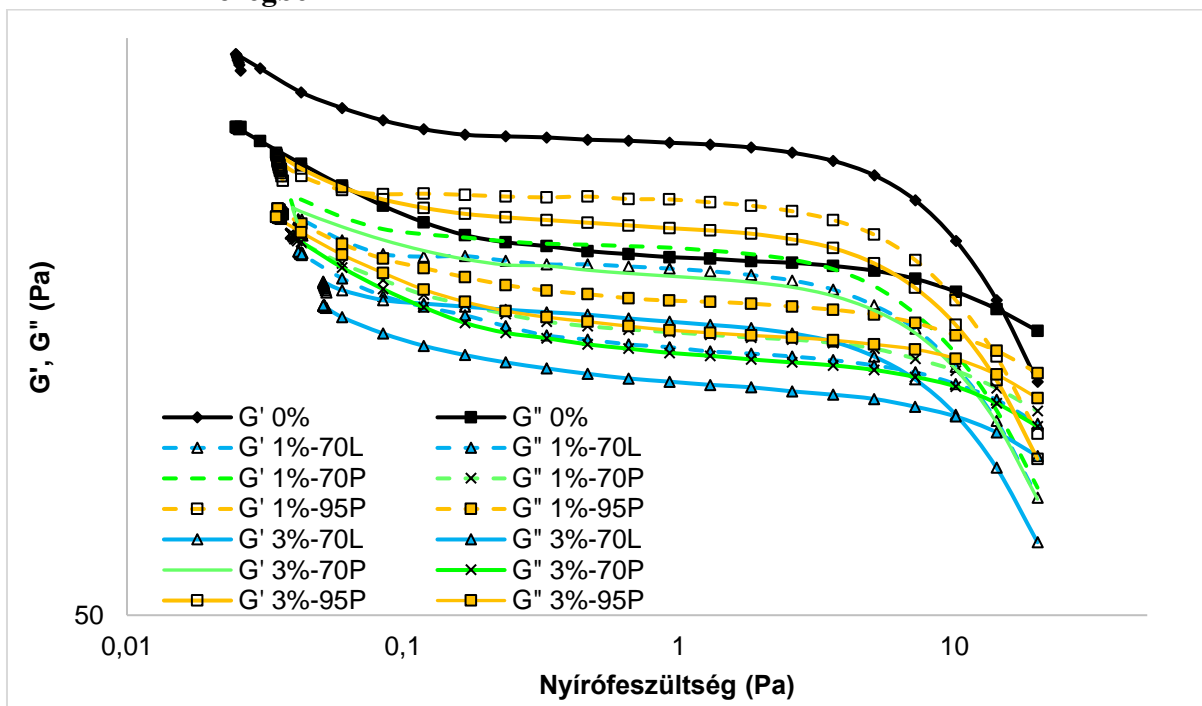
XOS		LBG			LBG+X			X			GE
típus	%	LVE X±SD	Cross X±SD	G'₀/G''₀ X±SD	LVE X±SD	Cross X±SD	G'₀/G''₀ X±SD	LVE X±SD	Cross X±SD	G'₀/G''₀ X±SD	G'₀/G''₀ X±SD
-	0%	53± 1,61 <sup>c</sup>	316± 15,17 <sup>c</sup>	1,32± 0,015 <sup>b</sup>	97± 3,46 <sup>c</sup>	840± 48,2 <sup>c</sup>	6,22± 0,75 <sup>c</sup>	12± 4,58 <sup>a</sup>	55± 2,53 <sup>abc</sup>	2,74± 0,31 <sup>a</sup>	22,2± 5,68 <sup>a</sup>
70L	1%	30± 1,02 <sup>abc</sup>	187± 6,99 <sup>ab</sup>	1,15± 0,032 <sup>a</sup>	54± 3,91 <sup>abc</sup>	446± 18,2 <sup>a</sup>	4,19± 0,64 <sup>abc</sup>	16± 4,71 <sup>abc</sup>	54± 2,58 <sup>abc</sup>	2,60± 0,25 <sup>a</sup>	23,4± 4,60 <sup>c</sup>
	3%	25± 0,21 <sup>a</sup>	148± 3,49 <sup>a</sup>	1,10± 0,04 <sup>a</sup>	50± 2,13 <sup>a</sup>	456± 24,3 <sup>ab</sup>	4,78± 0,32 <sup>abc</sup>	32± 0,96 <sup>bc</sup>	57± 0,36 <sup>bc</sup>	2,63± 0,25 <sup>a</sup>	15,4± 0,68 <sup>ab</sup>
70P	1%	31± 2,64 <sup>abc</sup>	195± 5,07 <sup>abc</sup>	1,18± 0,04 <sup>ab</sup>	54± 6,63 <sup>abc</sup>	495± 70,7 <sup>ab</sup>	3,86± 0,31 <sup>ab</sup>	21± 6,64 <sup>abc</sup>	54± 0,11 <sup>ab</sup>	2,68± 0,15 <sup>a</sup>	21,6± 0,61 <sup>bc</sup>
	3%	29± 0,93 <sup>ab</sup>	186± 1,94 <sup>ab</sup>	1,16± 0,034 <sup>ab</sup>	53± 1,10 <sup>ab</sup>	521± 45,4 <sup>abc</sup>	3,68± 0,16 <sup>a</sup>	14± 2,81 <sup>bc</sup>	52± 0,67 <sup>a</sup>	2,46± 0,37 <sup>a</sup>	19,4± 4,19 <sup>abc</sup>
95P	1%	40± 2,42 <sup>bc</sup>	252± 7,80 <sup>bc</sup>	1,22± 0,09 <sup>ab</sup>	65± 1,07 <sup>bc</sup>	605± 46,7 <sup>abc</sup>	4,04± 0,22 <sup>abc</sup>	15± 2,34 <sup>ab</sup>	56± 0,72 <sup>abc</sup>	2,43± 0,10 <sup>a</sup>	20,8± 1,40 <sup>bc</sup>
	3%	34± 2,42 <sup>bc</sup>	229± 8,37 <sup>bc</sup>	1,28± 0,034 <sup>b</sup>	73± 5,31 <sup>bc</sup>	656± 83,6 <sup>bc</sup>	5,34± 0,41 <sup>bc</sup>	24± 7,43 <sup>c</sup>	58± 0,42 <sup>c</sup>	2,56 ±,08 <sup>a</sup>	19,4± 3,53 <sup>abc</sup>

Jelmagyarázat: LVE: a lineáris viszkoelasztikus tartomány vége (Pa); Cross (Pa): a tárolási és veszteségi modulus görbék metszéspontja (Crossover); G'₀ / G''₀: kezdeti G' (tárolási modulus, Pa) és G'' (veszteségi modulus, Pa) arány; 70L: xilo-oligoszacharidok folyadékban 70% XOS-tartalommal, 70P: xilo-oligoszacharidok por formájában, 70% XOS-tartalommal, 95P: xilo-oligoszacharidok por formájában, 95% XOS-tartalommal. X: xantán, LBG: szentjánoskenyérmag liszt, GE: zselatin<sup>abc</sup> Kruskal-Wallis teszt alapján a szignifikáns különbségeket eltérő betűk jelzik a táblázatban

## Szénhidrát alapú állománykialakítók

A szentjánoskenyérmas liszttel készült minták (LBG) amplitúdó söprés görbéit a 11. ábrán, a xantánnal készült gélek (X) amplitúdó söprés görbéit a 12. ábrán, míg a szentjánoskenyérmas liszt és xantán közös alkalmazásával készített gélek (LBG+X) amplitúdó söprés görbéi a 13 ábrán mutatom be. Az értékeket összehasonlítottam egymással 31 nyírófeszültség pontban, Kruskal-Wallis statisztikai teszt módszerrel. Az LBG, X és LBG+X  $G'$  tárolási és  $G''$  veszteségi modulus értékeit homogén és heterogén csoportjuk feltüntetésével a 8-9-10. melléklet tartalmazza.

### 5.2.2. Szentjánoskenyérmas liszt és az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben

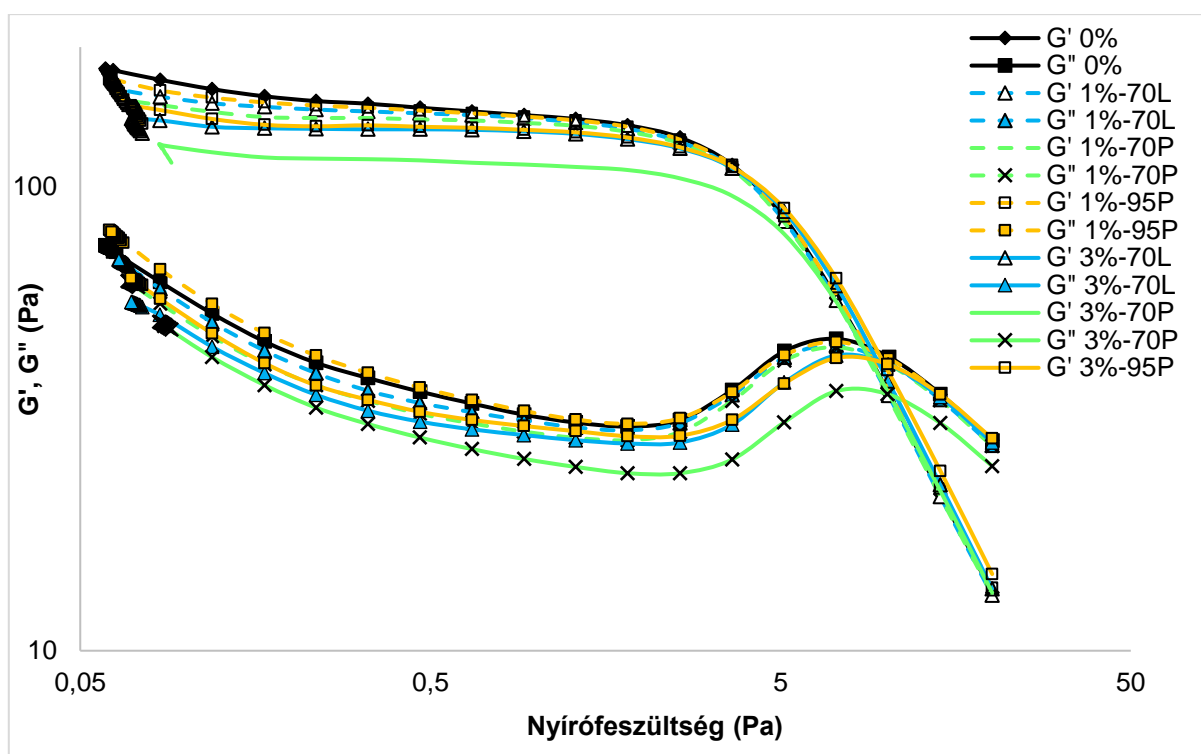


11. ábra: A szentjánoskenyérmas liszttel és különböző típusú xilo-oligoszacharidokkal készült vizes gélek amplitúdó söprés reogramjai

A szentjánoskenyérmas liszttel készült gélek amplitúdó söprés reogramjai (10. ábra) hasonló mintázatot mutattak, csökkenő  $G'$  és  $G''$  értékkel 0,1-10 Pa nyírófeszültség értékek között. A reogram metszéspont a különböző minták esetében 10-100 Pa között jelentkezett.  $G'$  és  $G''$  értékek azonos tartományban voltak, 60-400 Pa között. Az XOS-tartalmú mintáknak alacsonyabb  $G'$  és  $G''$  értékekkel rendelkeztek, mint a kontroll minta. A minták kezdeti tárolási és veszteségi modulus arányának ( $G'_0/G''_0$ ) vizsgálata során az 95P minta és a kontroll minta értéke megegyezett (1,32), míg a 70L és 70P minták esetében szignifikánsan alacsonyabb volt

az érték (12. táblázat). A  $G'_0$  és  $G''_0$  arányának csökkenése a keménység csökkenését jelzi alacsony deformációs erő esetén. Az LVE és a metszéspont paraméterei szignifikánsan alacsonyabbak voltak XOS-tartalmú LBG-géleknél, mint a kontrollban (13. táblázat), ami az LBG-gélszerkezet stabilitásának csökkenését mutatja az XOS-hozzáadás miatt. Tehát az XOS nem tud kölcsönhatásba lépni az LBG-vel, azonban a vizet elvonja az oldatból, így az LBG-nek csökkenti az állomány módosító képességét. Az XOS ugyanolyan hatással van a szentjánoskenyérmag liszttel készült gélek reológiai viselkedésére, mint a szacharóz, mert megköti a vizet, késleltetve ezáltal a gélesedés folyamatát (BeMiller 2007).

### 5.2.3. Xantán és az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben

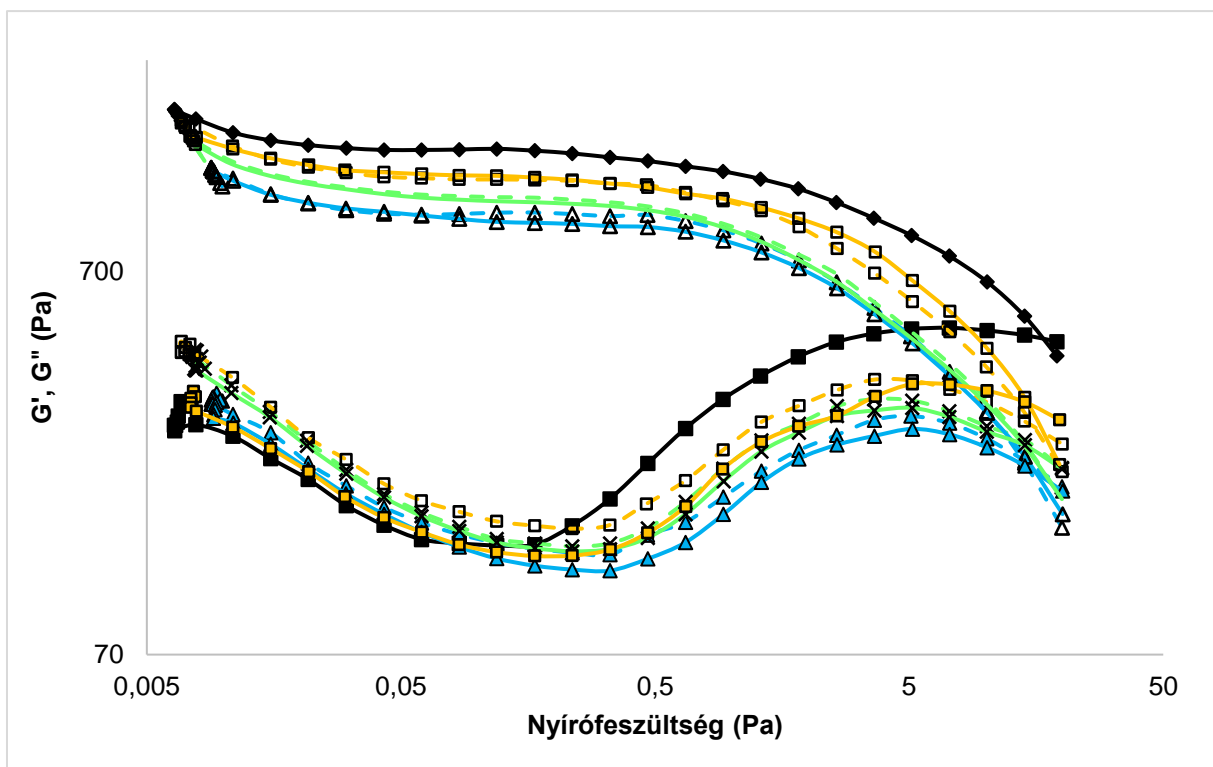


12. ábra: A xantánnal és különböző típusú xilo-oligoszacharidokkal készült vizes gélek amplitúdó söprés reogramjai

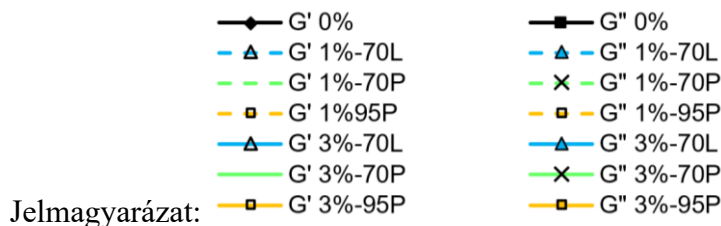
A xantánnal készült gélek (X) amplitúdó söprés reogramjainak lefutása egymáshoz képest (12. ábra) hasonló mintázattal rendelkeztek. A  $G'$  értékek enyhe csökkenést mutattak 0,1-2,5 Pa nyírófeszültség értékek között, ezután erőteljes csökkenés jelentkezett, majd a metszéspont következett. A reogramok hasonló  $G'$  és  $G''$  értékeket mutattak 10-200 Pa tartományban. A 3% 70P minta alakította ki a leggyengébb gél szerkezetet, ennek magyarázat a mintában jelenlévő maltodextrin lehet, ami maga is jelentős mennyiségben köt meg vizet, és

ezzel gátolja a xantán gélesedési mechanizmusait. Az XOS-t tartalmazó xantán gélek  $G'$  és  $G''$  aránya és a metszéspont értékek nem mutattak szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest (13. táblázat). Az LVE paraméter hasonlóan alakult az összes vizsgált xantán gélben, kivéve a 70L 3%-nál, ahol kontroll értékénél nagyobb eredményt kaptam. Összefoglalóan megállapítható, hogy az XOS hozzáadása nem befolyásolta a xantán gélek keménységét vagy stabilitását szignifikánsan. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a xantán töltéssel rendelkező molekula, és az oldalláncok polarizációja miatt könnyen oldódik, a különféle oligoszacharid koncentrációk ezáltal nem befolyásolják a gélesedési képességét (García-Ochoa et al. 2000). Ráadásul ilyen kis mennyiségű XOS nem növelte szignifikánsan a xantán gél viszkozitását sem.

#### 5.2.4. Szentjánoskenyérmag liszt - xantán keverék az az XOS kölcsönhatásának vizsgálata vizes közegben



13. ábra: A xantán és szentjánoskenyérmag liszt keverékével és különböző típusú xilozidokkal készült vizes gélek amplitúdó sörpés reogramjai



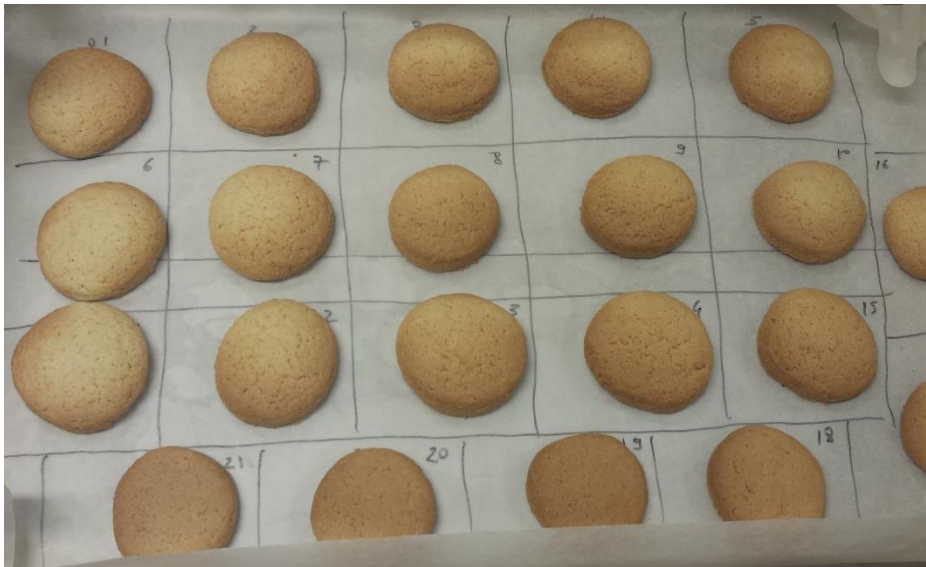
Hasonló tendenciákat figyeltem meg az LBG és X kombinációjú géleknél, mint az önmagában LBG-vel előállított gélek esetében. A különböző XOS-sel készült minták és a kontrol minta reogramjai hasonló lefutással rendelkeztek, és nem mutattak különbséget a  $G'$  értékek 110-1450 Pa között, 100-400 Pa között, és a metszéspontok. A kontroll magasabb  $G'$  és  $G''$  értékeket, magasabb kezdeti  $G'_0$  és  $G''_0$  arányt, magasabb LVE és metszéspont értékeket mutatott, mint az XOS-t tartalmazó LBG + X gélek (13. táblázat). Kivételként csak a 70L 3% és a 95P 3% gélek mintáinak a kezdeti keménység értékei mutattak, ezek szignifikánsan nem különböztek a kontroll minta értékeitől.

Ezen eredmények alapján megállapítható, hogy az XOS hozzáadása az LBG + X gélekhez negatívan befolyásolta a keménységet és a stabilitást a kialakuló gélekben. Ennek valószínűsíthető oka, hogy az XOS vízmegkötő képessége miatt csökkenti az LBG gél kialakítási képességét, miközben a X nem érzékeny az 1 és 3% koncentrációkra, kivéve, ha a minta nagyobb mennyiségű maltodextrint tartalmaz. Vagyis figyelembe kell venni, hogy az XOS termék formája és összetétele hatással lesz a gél kialakításra. Ez a tapasztalat összefügg az alacsony molekulatömegű vegyületekkel, például a szacharózzal, amelyről az irodalom azt mondja, hogy csökkenti az LBG gélek viszkozitását (Elfak et al. 1977), mert jelenlétével az oldatban nem teremti meg optimális körülményeket a gélesedésre, vagy a polimer-polimer asszociációra hat negatívan (Richardson et al., 1998).

Élelmiszerek fejlesztése esetén figyelembe kell venni, hogy az XOS termék formája és összetétele hatással lesz az alkalmazott állománykialakító gélképző tulajdonságára. Méréseim alapján összefoglalóan megállapítható, hogy bizonyos esetekben erősítheti a gélek bizonyos tulajdonságait, mint tapasztaltam a zselatinnal készült gélek esetén, vagy nincs hatással rájuk, mint a xantánnal esetében vagy egyenesen rontja azok tulajdonságait, mint a szentjánoskenyérmag liszttel készült minták vizsgálata során tapasztaltam. Így általános konzekvenciát nem lehet levonni, hogy az XOS milyen módon befolyásolja az állománykialakítók viselkedését. Szükséges nem csak külön-külön vizsgálni az egyes állománykialakítókkal való interakciókat, hanem figyelmet kell fordítani az egyes XOS termékekre is mivel máshogy reagálhatnak, hiszen különböző összetétellel, megjelenéssel rendelkeznek. Kutatásaimmal igazoltam, hogy ez különbséget okozott a zselésedési folyamatokban.

### 5.3. 3. kísérlet – XOS alkalmazása kekszben

A 3. kísérletsorozat célja annak vizsgálata volt, hogy egy a hazai kultúrkörben nagy népszerűségnek örvendő élelmiszerben, mint a kekszben, hogyan fog viselkedni az XOS, milyen hatást gyakorolhat a termékek fizikai és érzékszervi tulajdonságaira. Kutatásom alapját Bilgiçli et al. (2007) és Pareyt et al. (2011) munkái alapozták meg. Kísérleteik során különböző élelmi rostokat adagoltak kekszhez és azt vizsgálták, hogy ennek hatására hogyan változik a keksz külső alakja, illetve állománya. Eredményeik alapján arra számítottam, hogy az XOS is hatással lesz a keksz megjelenésére, szignifikáns megjelenésbeli változásokat fog mutatni a kontroll mintákhoz képest. Célom volt tovább, hogy nem egyszerűen hozzáadagolom a kekszhez az XOS-t, hanem funkcionális élelmiszer lévén a lisztet és a cukrot kívántam részben helyettesíteni az oligoszacharidokkal. A mérési módszert úgy állítottam össze, hogy egyrészt egy műszeres mérésorozattal kívántam az adagolás változásait nyomon követni és ezzel párhuzamosan egy érzékszervi vizsgálatot végezni, hogy a képzett érzékszervi bírálók milyen érzékszervi profillal jellemzik a különböző receptúrájú mintákat, illetve érzékelnek-e különbséget a rost dúsított keksz és kontroll minták között. Külön célom az érzékszervi és műszeres eredmények párhuzamba állítása. A méréseket és az érzékszervi vizsgálatokat megelőzve, ahogy az 1. és 2. képen látható, hogy szignifikáns különbségek fognak adódni.



1. kép: Kontroll keksz sütést követően



2. kép: XOS 95P-t tartalmazó kekszek sütést követően

### 5.3.1. A kekszek fizikai tulajdonságai

A kekszek szabvány szerinti (AACC 1980) összetétellel és azonos sütési körülmények között készültek el, annak érdekében, hogy az eltérő XOS adagolás hatása kimutatható legyen. A minták mért értékei mellett párhuzamosan az érzékszervi bírálaton kapott pontszámmal együtt vizsgálom a kapott eredményeket.

#### 5.3.1.1. A kekszek színe

A kekszek megjelenése és színe elsősorban a fogyasztók általi elfogadhatóság szempontjából fontos, továbbá indikátor a sütés minőségének meghatározására is. A kekszek színét erősen befolyásolta az XOS hozzáadása, amit mind az érzékszervi értékelés, mind a műszeres mérések is igazoltak (14. táblázat).

Az XOS adagolás hatására a minták  $L^*$  értéke csökkent, vagyis sötétebbek lettek a kekszek, szignifikáns változás a 70P-t és a 70L-t tartalmazó kekszek mutattak, a 95P használatakor nem tapasztaltam szignifikáns változást. A vörös/zöld szín tényező ( $a^*$ ) pozitív értékeket (1,45–7,88) adott a minták esetében, amelyek jól mutatják, hogy a kekszek vöröses színűek voltak. A vörös színintenzitás szignifikánsan növekedett a 70P-vel és a 70L-vel adagolt mintáknál.

14. táblázat: A különböző típusú XOS mintákkal készült és a kontroll kekszek szín értékei és a kontrollhoz képest számított  $\Delta E^*_{ab}$  eredményei és az azokhoz kapcsolódó érzékszervi vizsgálat pontszámjai

Mérési módszer	Vizsgált paraméter	Kontroll	F70L	F70P	F95P	S70L	S70P	S95P
		X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	X $\pm$ SD
CIELab szín mérés	L*	73,4 $\pm 1,87^c$	65,7 $\pm 2,84^{ab}$	67,2 $\pm 2,34^{ab}$	69,7 $\pm 3,26^{bc}$	64,6 $\pm 1,16^a$	67,1 $\pm 2,55^{ab}$	68,8 $\pm 2,51^{bc}$
	a*	1,45 $\pm 1,96^a$	5,77 $\pm 1,40^{bc}$	5,78 $\pm 1,76^{bc}$	4,66 $\pm 2,50^{ab}$	7,88 $\pm 0,65^c$	6,25 $\pm 1,84^{bc}$	4,94 $\pm 1,49^{ab}$
	b*	31,4 $\pm 1,78^a$	35,5 $\pm 1,12^{ab}$	37,6 $\pm 0,74^c$	36,6 $\pm 0,78^{bc}$	37,6 $\pm 0,72^c$	37,1 $\pm 1,03^{bc}$	36,2 $\pm 1,11^{bc}$
	$\Delta E^*_{\alpha\beta}$	-	9,73 (nagy)	9,77 (nagy)	7,14 (nagy)	12,53 (nagy)	9,75 (nagy)	7,50 (nagy)
Érzékszervi pontszámok	világosság	30,0 <sup>d</sup>	70,7 $\pm 2,53^c$	68,4 $\pm 2,73^c$	78,8 $\pm 2,98^b$	79,2 $\pm 3,28^b$	86,4 $\pm 3,37^a$	87 $\pm 3,14^b$
	színárnyalat	10,0 <sup>e</sup>	60,1 $\pm 3,56^d$	61,7 $\pm 2,14^d$	72 $\pm 2,94^c$	79 $\pm 2,09^b$	81,6 $\pm 2,7^a$	80,1 $\pm 0,6^{ab}$

$\Delta E^*_{ab}$  szinkülönbség kritikus értékek:  $\Delta E^*_{ab} < 1,5$ : nem érzékelhető;  $1,5 < \Delta E^*_{ab} < 3,0$ : érzékelhető;  $3,0 < \Delta E^*_{ab} < 6,0$ : jól érzékelhető;  $6,0 < \Delta E^*_{ab}$ : nagy különbség; S:XOS, mint cukor pótló, F: XOS mint liszt pótló

<sup>a,b,c</sup> a Tukey-HSD teszttel tesztelt homogén és heterogén csoportok jelzése 95% -os konfidencia szinten.

A sárga/kék színnek (b\*) pozitív értéke (31,41-37,63) volt a kekszek esetében, amelyek jelzik a sárga szín intenzitást, és ez szignifikánsan növekedett minden típusú XOS alkalmazása esetén. A kontroll és az XOS hozzáadott kekszek közötti szinkülönbség ( $\Delta E^*_{ab}$ ) 6,0 felett volt, ami jelentős különbséget mutat, vagyis szabad szemmel is könnyen felfedezhető a változás mértéke. Az XOS adagolású kekszek intenzívebb pirulást mutattak a sütés során, mint a kontroll. Az L\* egyidejű csökkenése, valamint a\* és b\* értékek növekedése jelzi, hogy az XOS-sel készült kekszek intenzívebben barnultak a sütés során, mint a kontroll. A legnagyobb változást akkor figyeltem meg, amikor az XOS 70P-t használtam cukorpótláshoz, a legkisebbet pedig akkor, amikor az 95P-t használtam a liszt helyettesítésére, amit a  $\Delta E^*_{ab}$  értékek mutattak (12,53 illetve 7,14). Az érzékszervi bírálat során kapott pontszámok azt mutatják, hogy az összes XOS-sel készült kekszet a bírálók sötétebbnek és intenzívebb színárnyalattal rendelkezőnek ítélték meg. Ez az eredmény összhangban van a  $\Delta E^*_{ab}$  eredményeivel, vagyis,



hogy olyan mértékű az  $L^*$ ,  $a^*$  és  $b^*$  változása a kontrollhoz képest, hogy azt a fogyasztók könnyen megtudják különböztetni.

Az XOS adagolása során tapasztalt intenzívebb barnulásnak a magyarázata az, hogy a kekszek sütése során a Maillard reakció és a karamellizáció során Cerny (2006) szerint a xilóz, az XOS monomerje erősebb barnító hatással rendelkezik, mint a hexózok vagy a szacharóz. A xilózt barnulást elősegítő alkotóelemként használják a fogyasztásra kész élelmiszerekben. A 70P-t maltodextrinnel, mint segédanyaggal állítják elő, amely szintén részt vehet a Maillard reakcióban, és így hozzájárul a barna színért felelős melanoidinek kialakításához (Belitz et al. 2009). A mérésim során tapasztalt változások alátámasztják ezen irodalmi eredményeket.

### **5.3.1.2. A kekszek geometriai jellemzői**

A geometriai paraméterek meghatározóak a kekszek minőségében. Általában a megnövekedett térfogat, ami a magasság növekedésre utal nem pedig a megnövekedett kiterjedésre, a sütőipari termékek esetében a jobb minőséget jelzi a fogyasztók számára (Pareyt 2011, Hosenev és Rogers 1994). A kekszek térfogatát befolyásolja a liszt minősége, a gluténtartalom, ami hatással van a tészta vízmegkötő képességére. A sütési veszteség a sütés során fellépő nedvességveszteségre utal, a tészta nagyobb vízmegkötő képessége az alacsonyabb sütési veszteséggel van összefüggésben.

A kekszek átmérője megnőtt minden XOS hozzáadásával, és ezt mind műszeres, mind pedig érzékszervi módszerekkel történő méréseim igazolták. Ez a kontroll esetében 5,26 cm-t, az XOS-t tartalmazó kekszek esetében pedig 5,34-5,56 cm-t jelentett. Hasonló változásokat figyeltem meg, amikor a lisztet vagy a cukrot az XOS helyettesítette. A kekszek magassága csökkent, amikor XOS-t adtam hozzá, bár ezt a bírálók alig érzékelték. A térfogat szignifikáns változást csak a S70L esetében mutatott a kontroll mintához képest (15. táblázat).

A forma érzékszervi tulajdonságainak pontszáma szignifikánsan csökkent minden típusú XOS esetében, jelezve, hogy a kekszek az XOS hozzáadása következtében egyenetlenebbé és szabálytalanabbá váltak. A felület homogenitása szignifikánsan kevesebb pontszámot kapott XOS hozzáadása esetén, mivel több lyuk, pórus és repedés jelentkezett, tehát a kekszek inhomogénebbé váltak.

15. táblázat: A különböző típusú XOS mintákkal készült és a kontrol kekszek geometriai értékei és az azokhoz kapcsolódó érzékszervi vizsgálat pontszámai

Mérési módszer	Vizsgált paraméter	Kontroll	F70L	F70P	F95P	S70L	S70P	S95P
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	XSD	X±SD	X±SD
Mért értékek	sütési veszteség (g)	2,29 ±0,19 <sup>a</sup>	2,51 0,18 <sup>b</sup>	2,6 ±0,34 <sup>b</sup>	2,47 ±0,16 <sup>ab</sup>	2,08 ±0,20 <sup>b</sup>	2,19 ±1,28 <sup>ab</sup>	2,52 ±0,1 <sup>b</sup>
	nedvesség tartalom (g/100g)	8,02 ±0,06	8,2 ±0,09	7,88 ±0,56	8,9 ±0,25	8,2 ±0,10	8,74 ±0,56	8,57 ±0,25
	átmérő (cm)	5,26 ±0,22 <sup>a</sup>	5,56 ±0,23 <sup>b</sup>	5,43 ±0,26 <sup>ab</sup>	5,44 ±0,32 <sup>ab</sup>	5,43 ±0,11 <sup>ab</sup>	5,34 ±0,14 <sup>ab</sup>	5,39 ±0,17 <sup>ab</sup>
	magasság (cm)	2,38 ±0,24 <sup>c</sup>	2,19 ±0,18 <sup>bc</sup>	2,06 ±0,15 <sup>ab</sup>	2,04 ±0,19 <sup>ab</sup>	1,98 ±0,10 <sup>a</sup>	2,25 ±0,19 <sup>bc</sup>	2,16 ±0,19 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>
	térfogat (cm <sup>3</sup> )	51,7 ±3,98 <sup>bc</sup>	53,3 ±7,03 <sup>c</sup>	47,7 ±5,28 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>	47,6 ±6,67 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>	45,7 ±2,36 <sup>ab</sup>	50,3 ±4,76 <sup>bc</sup>	49,2 ±5,48 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>
Érzékszervi pontszámok	alak	90,0 <sup>c</sup>	74,6 ±2,48 <sup>b</sup>	71 ±2,23 <sup>a</sup>	71,4 ±2,86 <sup>a</sup>	73,2 ±2,91 <sup>ab</sup>	71,1 ±1,62 <sup>a</sup>	72,9 ±2,52 <sup>ab</sup>
	magasság	60,0 <sup>a,b</sup>	70,3 ±1,85 <sup>d</sup>	54,7 ±2,88 <sup>a</sup>	68,5 ±3,04 <sup>cd</sup>	64 ±3,15 <sup>bc</sup>	60,1 ±1,53 <sup>ab</sup>	73,8 ±1,99 <sup>d</sup>
	átmérő	30,0 <sup>a</sup>	50,2 ±2,12 <sup>b</sup>	49 ±1,94 <sup>b</sup>	50 ±1,64 <sup>b</sup>	62,1 ±3,00 <sup>c</sup>	59,5 ±3,27 <sup>c</sup>	61,3 ±2,29 <sup>c</sup>
	felület homogenitása	80,0 <sup>c</sup>	61 ±2,22 <sup>b</sup>	58 ±2,68 <sup>a</sup>	61,2 ±2,91 <sup>b</sup>	61,5 ±2,40 <sup>b</sup>	60,2 ±3,12 <sup>ab</sup>	60,5 ±1,87 <sup>ab</sup>

Jelmagyarázat: S:XOS, mint cukor pótló alkalmazása, F: XOS mint liszt pótló alkalmazása

<sup>a,b,c</sup> a Tukey-HSD teszttel tesztelt homogén és heterogén csoportok jelzése 95% -os konfidencia szinten.

Az XOS hozzáadása alacsony koncentrációban (1,4 tömeg/tömeg%) befolyásolta a kekszek geometriáját, megjelenését, ami arra utal, hogy az XOS megváltoztatja a tészta vízmegkötő és vízmegtartó képességét. Az XOS-nek nagyobb viszkozitása van vizes oldatban, különösen szobahőmérsékleten –ahol a tésztaképződés történt– a nagyobb vízmegkötő képesség miatt. Így az XOS egyidejűleg léphet kölcsönhatásba a keményítővel a vízért, vagy módosíthatja a fehérje-keményítő-víz kölcsönhatást a gluténhálózat kialakulása során, ami egyenetlenebb kekszformát és heterogénebb felületet eredményez (Pareyt et al. 2011).

### 5.3.1.3. A kekszek szerkezete

Az XOS adagolása befolyásolta a kekszek szerkezetét, és az érzékszervi minősítők intenzívebben érzékelték ezt, mint a Texture Analyser berendezés. Az érzékenységbeli különbségeket a kekszek heterogenitása okozhatja, melynek következtében a berendezés által meghatározott textúra-paraméterek nagy szórással rendelkező eredményeket adtak (16. táblázat, 14-15. ábra).

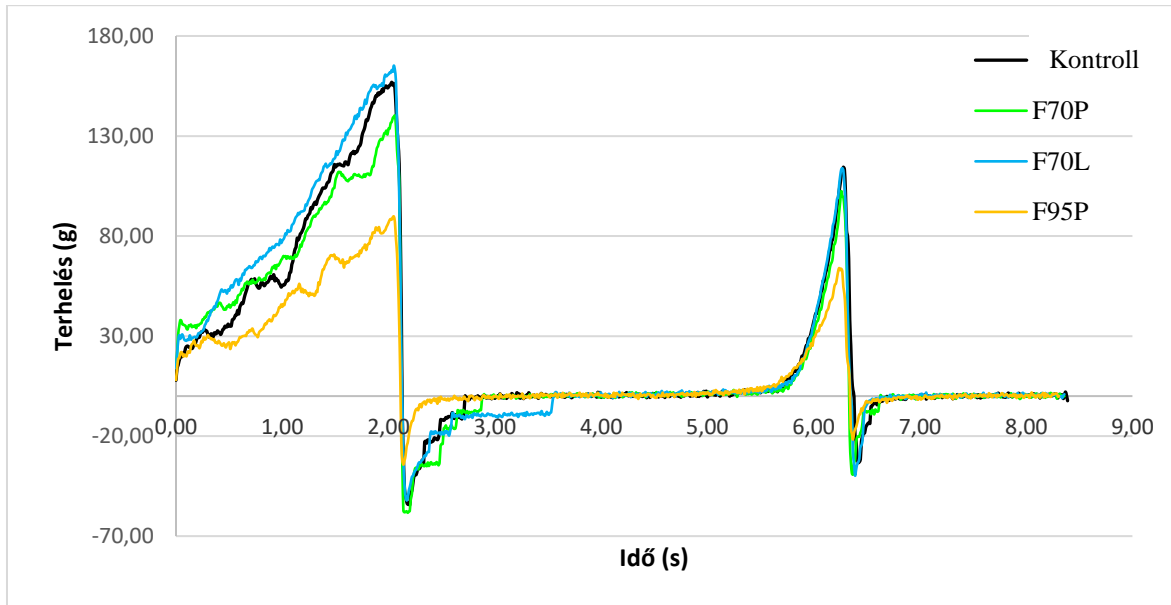
16. táblázat: A különböző típusú XOS mintákkal készült és a kontroll kekszek állomány profil analízis során kalkulált eredményei és az azokhoz kapcsolódó érzékszervi vizsgálat pontszámjai

Mérési módszer	Vizsgált paraméter	Kontroll	F70L	F70P	F95P	S70L	S70P	S95P
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD
Állomány profil analízis	keménység (g)	163 ±36,1 <sup>b</sup>	168 48,3 <sup>b</sup>	146 ±49,9 <sup>ab</sup>	98 ±17,9 <sup>a</sup>	128 ±26,7 <sup>ab</sup>	90 ±21,4 <sup>a</sup>	117 ±30,9 <sup>ab</sup>
	kohézió	0,21 ±0,03 <sup>a</sup>	0,18 ±0,03 <sup>a</sup>	0,19 ±0,05 <sup>a</sup>	0,23 ±0,04 <sup>a</sup>	0,21 ±0,05 <sup>a</sup>	0,21 ±0,01 <sup>a</sup>	0,21 ±0,02 <sup>a</sup>
	rugalmasság	33 ±8,06 <sup>b</sup>	30 ±6,66 <sup>b</sup>	25 ±5,19 <sup>ab</sup>	22 ±4,76 <sup>ab</sup>	26 ±4,57 <sup>ab</sup>	18 ±4,47 <sup>a</sup>	24 ±5,31 <sup>ab</sup>
	rágósság	33 ±12,3 <sup>b</sup>	23 ±5,78 <sup>ab</sup>	19 ±4,19 <sup>a</sup>	21 ±3,87 <sup>ab</sup>	24 ±4,16 <sup>ab</sup>	17 ±5,95 <sup>a</sup>	24 ±6,35 <sup>ab</sup>
	adhéziós erő (g)	66 ±17,5 <sup>a</sup>	65 ±13,3 <sup>a</sup>	66 ±17,1 <sup>ab</sup>	42 ±8,98 <sup>b</sup>	54 ±8,74 <sup>ab</sup>	44 ±8,25 <sup>ab</sup>	51 ±13,8 <sup>ab</sup>
	ruganyosság(mm)	0,98 ±0,16 <sup>a</sup>	0,77 ±0,09 <sup>a</sup>	0,75 ±0,10 <sup>a</sup>	0,96 ±0,14 <sup>a</sup>	0,94 ±0,10 <sup>a</sup>	0,9 ±0,14 <sup>a</sup>	0,97 ±0,12 <sup>a</sup>
Érzékszervi pontszámok	keménység	10,0 <sup>a</sup>	10,5 ±0,98 <sup>a</sup>	11,2 ±1,93 <sup>a</sup>	13,5 ±1,96 <sup>bc</sup>	16,4 ±2,10 <sup>c</sup>	14,4 ±1,47 <sup>c</sup>	11,8 ±2,25 <sup>ab</sup>
	rágósság	10,0 <sup>a</sup>	14,4 ±1,4 <sup>b</sup>	10,1 ±1,08 <sup>a</sup>	15,6 ±2,50 <sup>b</sup>	14,5 ±1,84 <sup>b</sup>	14,4 ±1,61 <sup>b</sup>	14,4 ±1,52 <sup>b</sup>
	kohézió	80,0 <sup>e</sup>	47,3 ±2,97 <sup>a</sup>	52,5 ±3,61 <sup>ab</sup>	48,4 ±2,70 <sup>a</sup>	76,6 ±3,23 <sup>de</sup>	62 ±2,39 <sup>bc</sup>	64,7 ±0,95 <sup>cd</sup>
	ropogósság	0,0 <sup>a</sup>	5,37 ±0,87 <sup>b</sup>	4,88 ±0,61 <sup>b</sup>	5,04 ±0,20 <sup>b</sup>	11,1 ±2,41 <sup>c</sup>	5,04 ±1,23 <sup>b</sup>	9,42 ±1,74 <sup>c</sup>
	szájbevonat	5,0 <sup>a</sup>	7,79 ±2,55 <sup>b</sup>	9,5 ±1,29 <sup>b</sup>	8,79 ±2,06 <sup>b</sup>	9,17 ±1,90 <sup>b</sup>	8,42 ±2,04 <sup>b</sup>	9,21 ±1,69 <sup>b</sup>

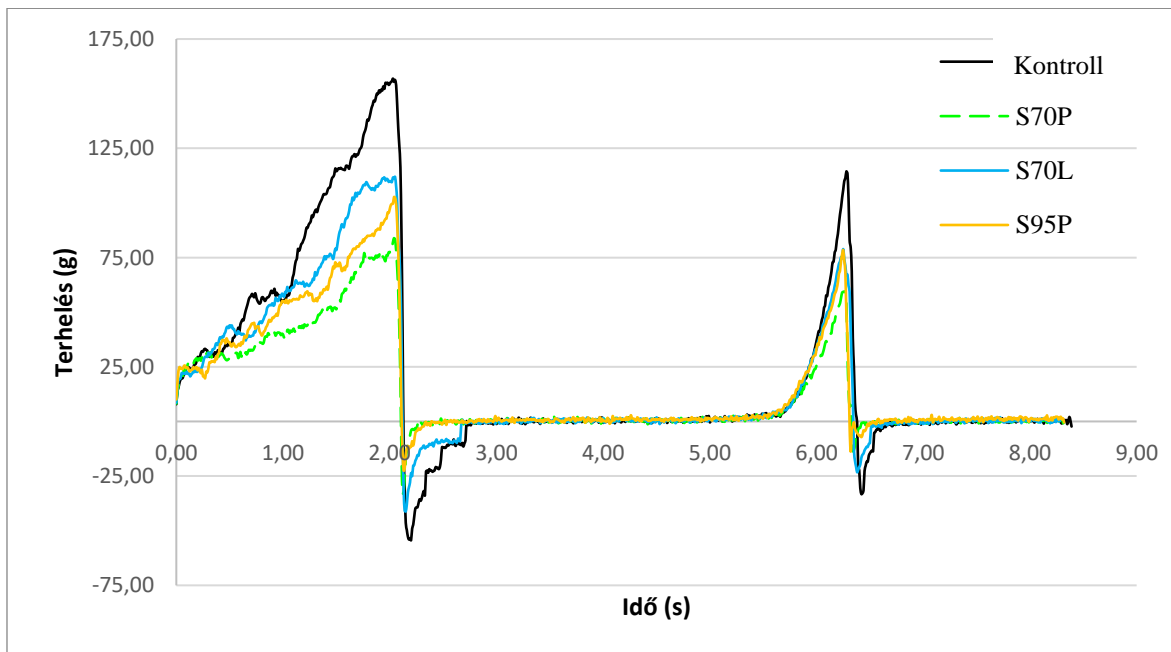
Jelmagyarázat: S:XOS, mint cukor pótló alkalmazása, F: XOS mint liszt pótló alkalmazása

<sup>a,b,c</sup> a Tukey-HSD teszttel tesztelt homogén és heterogén csoportok jelzése 95% -os konfidencia szinten.

S70L, F70L és S95P állományprofil analízis során kapott paramétereinél változást nem tapasztaltam. Az S70P kekszekenél a paraméterek eltértek a kontroll mintáétól, csökkent a keménység, a gumisság és a rághatóság. Az F95P minta pedig csökkentette a keménységet és a tapadási erőt, míg az F70P csökkentette a rághatóságot.



14. ábra: Lisztpótlás kísérlet során a kontroll és az XOS-sel készült minták állományprofilja



15. ábra: Cukorpótlás kísérlet során a kontroll és az XOS-sel készült minták állományprofilja

A keménység nem változott vagy kis mértékben növekedett, a kohéziós képesség csökkent, amiről a bírálók is beszámoltak. A ropogóság és a rághatóság növekedett. Ez azt

jelenti, hogy az XOS jelenlétében a kekszeket intenzívebb morzsálódás jellemezte. A szájüreg bevonó képesség növekedett az XOS hozzáadása miatt. Ennek oka lehet a zsír vagy a kekszben megnövekedett mennyiségű víz, amit az XOS kiszorított a keményítővel való kölcsönhatásba lépés során.

### **5.3.2. A kekszek érzékszervi tulajdonságai**

Az érzékszervi vizsgálat megbízhatóságát, eredményességét bemutató fejezet a 11. mellékletben részletezem. Az XOS a kekszek érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatását korábbi irodalmi munkák nem közölték, a meghatározott ízekre és illatokra adott pontokat a 16. táblázatban mutatom be.

#### ***A kekszek íze***

Az XOS jelenléte nem okozott kellemetlen ízt vagy utóíz a kekszben. A szódabikarbóna ízét és a só ízét sem a kontroll, sem az XOS-t tartalmazó kekszben a résztvevők nem észleltek. Az XOS hozzáadása a kekszben növelte azok általános ízintenzitását (65,0 a kontroll és 77,3-81,6 az XOS-t tartalmazó minták esetében), az édes íz intenzitását (70,0 a kontroll és 72,9-88,4 az XOS-t tartalmazó mintáknál) és a karamell íz intenzitását (3,0 a kontroll; 12,6-18,1 az XOS-t tartalmazó minták esetében). Ez azzal magyarázható, hogy a Maillard reakció során nemcsak színezőanyagok, hanem aromavegyületek is intenzívebben keletkeznek xilóz jelenlétében (Belitz et al 2009). Figyelemre méltó jelenség, hogy az édes íz intenzitás a cukor pótlás esetén azért lehetett intenzívebb, liszt pótlás esetéhez képest mivel kevesebb cukor volt jelen a rendszerben, így a könnyen oldódó szacharóz molekulák több vizet hagytak szabadon a rendszerben, így az XOS szénhidrátjai is nagyobb mennyiségben tudtak hidratálódni így édesebb íz kifejtő hatásuk érvényesülhetett. Továbbá a xilóz maillard reakció során mutató intenzív sültebb, karamellesebb karakter okozhatott és ez egy édes íz szinergencia állapotot okozhatott a bírálóknál. Meglátásom szerint a jelenség további kutatásokat igényelne a pontos mechanizmusok feltérképezése érdekében.

Az XOS hozzáadása csökkentette a liszt és a margarin íz intenzitását. A liszt ízét a bírálókat résztvevői intenzíven érzékelték a kontroll kekszek esetében (60 pont), ami az XOS hozzáadásakor továbbra is erős volt (45,3-51,9 pont). A margarin ízét kevésbé érzékelték, bár intenzitása jelentős csökkenést mutatott az XOS jelenlétében (30 kontroll és 7,71-13,2 pont az XOS-t tartalmazó mintáknál). A liszt és a margarin íze hozzájárul a tészta jellegéhez és csökken a kekszek sütése során.

17. táblázat: XOS adagolásának hatása a kekszek érzékszervi tulajdonságaira

Vizsgált attribútum	Kontroll	F70L	F70P	F95P	S70L	S70P	S95P
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD
globális illat intenzitás	90,0 <sup>d</sup>	62,9 ±2,45 <sup>a</sup>	69,5 ±3,06 <sup>ab</sup>	79,2 ±3,30 <sup>bc</sup>	82,1 ±3,24 <sup>c</sup>	84,1 ±2,46 <sup>cd</sup>	81,6 ±2,83 <sup>c</sup>
liszt illat intenzitás	50,0 <sup>c</sup>	31 ±3,81 <sup>a</sup>	38,1 ±2,79 <sup>b</sup>	40,9 ±2,27 <sup>bc</sup>	26,6 ±3,78 <sup>a</sup>	30,2 ±1,43 <sup>a</sup>	38,8 ±4,54 <sup>b</sup>
édes illat intenzitás	30,0 <sup>a</sup>	43,4 ±2,24 <sup>bc</sup>	48 ±2,51 <sup>d</sup>	38 ±2,81 <sup>ab</sup>	47,9 ±2,32 <sup>cd</sup>	40,8 ±2,52 <sup>b</sup>	48,7 ±2,85 <sup>d</sup>
karamell illat intenzitás	5,0 <sup>a</sup>	21,5 ±2,50 <sup>bc</sup>	19,1 ±1,73 <sup>b</sup>	10,3 ±1,33 <sup>a</sup>	20,3 ±2,81 <sup>b</sup>	19,9 ±0,41 <sup>b</sup>	23,9 ±2,46 <sup>c</sup>
margarin illat intenzitás	30,0 <sup>c</sup>	12,2 ±2,21 <sup>b</sup>	10 ±1,72 <sup>a</sup>	10 ±1,27 <sup>ab</sup>	9,42 ±1,02 <sup>a</sup>	9,38 ±1,93 <sup>a</sup>	9,38 ±1,50 <sup>a</sup>
szódabikarbóna illat intenzitás	3,0 <sup>a</sup>	2,67 ±2,28 <sup>ab</sup>	2,88 ±2,15 <sup>ab</sup>	3,96 ±2,26 <sup>bc</sup>	3,71 ±2,20 <sup>abc</sup>	4,75 ±0,53 <sup>c</sup>	3,88 ±1,87 <sup>abc</sup>
sós illat intenzitás	3,0 <sup>ab</sup>	2,92 ±2,24 <sup>ab</sup>	2,88 ±2,44 <sup>ab</sup>	3,29 ±2,45 <sup>b</sup>	2,37 ±1,97 <sup>ab</sup>	1,83 ±2,14 <sup>ab</sup>	1,5 ±1,77 <sup>a</sup>
globális íz intenzitás	65,0 <sup>a</sup>	78 ±2,27 <sup>b</sup>	80,9 ±1,77 <sup>c</sup>	78,3 ±2,68 <sup>bc</sup>	81,1 ±1,74 <sup>c</sup>	81,6 ±3,73 <sup>c</sup>	77,3 ±2,83 <sup>b</sup>
liszt íz intenzitás	60,0 <sup>d</sup>	47,7 ±3,50 <sup>ab</sup>	45,3 ±4,63 <sup>a</sup>	50,1 ±2,94 <sup>bc</sup>	50,2 ±2,73 <sup>bc</sup>	51,9 ±2,54 <sup>c</sup>	51,1 ±2,93 <sup>bc</sup>
édes íz intenzitás	70,0 <sup>a</sup>	78,1 ±3,87 <sup>c</sup>	77 ±2,84 <sup>bc</sup>	72,9 ±2,21 <sup>ab</sup>	88,4 ±2,96 <sup>d</sup>	81,3 ±2,88 <sup>cd</sup>	80,4 ±1,71 <sup>c</sup>
karamel íz intenzitás	3,0 <sup>a</sup>	12,6 ±2,72 <sup>ab</sup>	17,9 ±2,65 <sup>c</sup>	16 ±1,71 <sup>bc</sup>	15,5 ±2,62 <sup>bc</sup>	18 ±2,40 <sup>c</sup>	18,1 ±2,42 <sup>c</sup>
margarin íz intenzitás	30,0 <sup>d</sup>	7,71 ±2,54 <sup>a</sup>	9,63 ±1,13 <sup>ab</sup>	9,21 ±1,50 <sup>a</sup>	10,1 ±1,12 <sup>ab</sup>	11,4 ±2,02 <sup>bc</sup>	13,2 ±2,11 <sup>c</sup>
szódabikarbóna íz intenzitás	2,0 <sup>a</sup>	4,67 ±1,05 <sup>b</sup>	4,79 ±0,41 <sup>b</sup>	5,50 ±1,84 <sup>b</sup>	4,75 ±0,68 <sup>b</sup>	5,00 ±0,51 <sup>b</sup>	5,00 ±0,29 <sup>b</sup>
sós íz intenzitás	2,0 <sup>a</sup>	4,25 ±1,42 <sup>bc</sup>	4,29 ±1,27 <sup>bc</sup>	3,08 ±2,15 <sup>ab</sup>	3,83 ±1,79 <sup>bc</sup>	5,5 ±1,44 <sup>c</sup>	3,00 ±1,89 <sup>ab</sup>
mellékíz intenzitás	0,0 <sup>a</sup>	0,25 ±0,68 <sup>a</sup>	0,00 ±0,00 <sup>a</sup>	0,00 ±0,00 <sup>a</sup>	0,00 ±0,00 <sup>a</sup>	0,00 ±0,00 <sup>a</sup>	0,08 ±0,41 <sup>a</sup>
utóíz intenzitás	0,0 <sup>a</sup>	0,08 ±0,41 <sup>a</sup>	0,08 ±0,41 <sup>a</sup>	0,00 ±0,00 <sup>a</sup>	0,42 ±1,41 <sup>a</sup>	0,00 ±0,00 <sup>a</sup>	0,08 ±0,41 <sup>a</sup>

Jelmagyarázat: :S:XOS, mint cukor pótló alkalmazása, F: XOS mint liszt pótló alkalmazása

<sup>a,b,c</sup> a Tukey-HSD teszttel tesztelt homogén és heterogén csoportok jelzése 95% -os konfidencia szinten.

Az édes íz és a karamell íz fokozódása, valamint a liszt és a margarin aromájának csökkenése összességében azt jelezte, hogy az XOS hozzáadása növeli a kekszek „sült” jellegét,

nemcsak szín, hanem íz szempontjából is. A xilózt, a xilo-oligoszacharidok monomerjét az élelmiszeriparban használják az étkezési termékek, például fogyasztásra kész ételek és húsok kellemes barna színének és a „sült” íz kialakulásának elősegítésére.

### *A kekszek illata*

Az ízekhez hasonló tendenciákat figyeltem meg az illatok esetében is, egy kivétellel, a globális illatintenzitás csökkent az XOS hozzáadása után. A szódabikarbóna és a só illat intenzitása alig volt érzékelhető. XOS jelenlétében fokozódott az édes illat intenzitása és a karamell illat intenzitása is erőteljesen nőtt. A liszt és a margarin illat intenzitása az XOS hozzáadása miatt csökkent. Ezek az eredmények javítják az ízlelés eredményeit, jelezve, hogy az XOS hozzáadása növeli a kekszek „sütött” jellegét.

Összegezve megállapítható, hogy az XOS akár liszt akár cukor pótlóként szerepelt a mintákban, szignifikáns különbséget okozott az elkészített kekszekben. Eredményképpen egy sültebb színintenzitással rendelkező, kevésbé homogén felületű termékeket kaptam, és egy a kontrollhoz képest jobban morzsálódó, intenzívebb szájérzetet képző szerkezetet. Az íz és illat tulajdonságait nem befolyásolta negatívan, a bírálók intenzívebb karamelles és édes illatot és íz világot tapasztaltak, ami egy funkcionális keksz termékfejlesztésében mindenképpen üdvözlendő.

## 6. Következtetések és javaslatok

Doktori disszertációmban elvégzett kutatások eredményei nagyban hozzájárultak, ahhoz, hogy az XOS Novel Food-ként való engedélyeztetése sikeres legyen (2018/1648/EU). Kísérleteimmel bizonyítottam, hogy alkalmas lehet a hazai környezetben használt cukor és frukto-oligoszacharid pótlására.

Az alapvizsgálatok során, habár irodalmi adatokkal nem rendelkezttem, mégis a Távol-Keleten történő nagy mennyiségű felhasználás előre jelezte, hogy komoly, a felhasználást gátló tulajdonsággal nem fogok szembesülni a mérések során. Ezek a feltételezések beigazolódtak, az XOS termékek nem rendelkeztek olyan fizikai vagy érzékszervi jellemzővel, ami megakadályozta volna az első tapasztalatok után az élelmiszerekben történő felhasználást. Ennek következtében nem látom akadályát a hazai kultúrkörben jelenlévő élelmiszerekben való tesztelésnek.

Mind a rotációs, mind pedig az oszcillációs reológiai vizsgálati módszerek alkalmasnak bizonyultak, hogy a kitűzött céljaimat elérjem. A koncentráció változtatásának vizsgálata során az első fontos eredmény, hogy az XOS alacsony koncentrációban a szacharózzal megegyező viszkozitás növelő képességgel rendelkezik. Ez a tulajdonság az XOS számára megfelelő alapot adhat energia csökkentett üdítők, italok termékfejlesztéséhez. Az enyhe édesítő erejével és a szacharózzal megegyező állomány kialakító hatása révén az XOS potenciális cukor pótlóvá válhat, más édesítőszerekkel történő kombinációja pedig izgalmas eredményekhez vezethet a továbbiakban. A két XOS termék magas koncentrációban tapasztalt állománykialakító képessége, hogy mind a FOS-nál mind pedig a szacharóznál is szignifikánsabb nagyobb értékkel rendelkezett, figyelemreméltó. Viszont a napi beviteli érték (0,12 g/ttkg/nap) felett jelentkező negatív egészségügyi hatása miatt (puffadás, hasmenés) élelmiszeripari felhasználása magas koncentrációban nem célszerű.

A hőmérséklet változásának hatása során tapasztalta eredményeim megegyeztek az írodómban tapasztaltakkal (Park et al. 2001). A 70P minta alacsony hőmérsékleten mutatott állománykialakító képessége alkalmassá teheti arra, hogy a romlandó és ezáltal hűtést igénylő élelmiszerekben, mint például a tej alapú italokban, vagy egyéb tejtermékekben cukor pótló legyen, vagy a FOS-t kiváltsa. Magasabb hőmérsékleten tapasztalt, a FOS-kal szembeni szignifikánsan nagyobb állománykialakító képessége pedig képessé teheti az XOS-t, hogy



jellemzően melegen tált élelmiszerekben kiválthassa. A koncentráció – és a hőmérsékletváltozás vizsgálatok eredményeiből azt a következtetést tudom levonni, hogy az XOS alkalmas lehet elsősorban a FOS, de a legnépszerűbb szénhidrát, a szacharóz kiváltására is bizonyos élelmiszer csoportokban. Célszerű további rotációs mérésekkel vizsgálni, hogy képes-e az olyan komplexebb rendszerekben, mint amilyen a tej, növényi italok vagy a joghurt az eredményeimmel megegyező konzisztencia növelő hatásra.

Az oszcillációs módszerrel elvégzett reológiai eredményei a zselatinnal kapcsolatban az irodalomban tapasztalt eredményekkel összhangban vannak (Kasapis és Al-Marhoobi 2003, Mumtaz et al. 2008). Míg a másik két állománykialakítóval pozitív kölcsönhatás jelenségét nem tapasztaltam. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy az XOS-t érdemes további vizsgálatoknak alá vetni, hogy például nagyobb koncentrációban is képes-e a zselatinnak erősíteni a gélszerkezetét. Az XOS adagolásának növelése az állománykialakítókkal mutatott kölcsönhatást az általam tapasztaltaktól eltérően befolyásolhatja, viszont ezzel a napi beviteli értéknek megfelelő XOS-nél nagyobb mennyiség juthat potenciálisan a szervezetbe.

Habár a Távol-Keleten inkább különféle italokban történik az XOS adagolása, az XOS kekszben történő alkalmazása ígéretes eredményeket mutatott, mivel egy sültebb szín intenzitással rendelkező intenzívebb szájbevonatot képző textúra jött létre. Az íz és illat tulajdonságait nem befolyásolta negatívan, a bírálók intenzívebb karamelles és édes illatot és ízvilágot érzektek. Fizikai paramétereiben enyhén befolyásolta az XOS, így kutatásaim alapján megállapítható, hogy nagyobb koncentrációban történő alkalmazása már valószínűleg szignifikáns romlást mutatna, viszont a napi beviteli érték meghaladását elkerülendő, amúgy sem ajánlatos nagyobb koncentrációban alkalmazni. További érzékszervi vizsgálatokat célszerű végezni reprezentatív fogyasztói mintán, és egy több lépcsős iterációs folyamat, receptúra fejlesztéssel megalkotható az XOS élettani hatásának maximalizálása mellett a legkedveltebb termék. Ennek lebonyolításához természetesen a nemzetközi fogyasztói tesztek javasolt vizsgálatait érdemes alapul venni (ISO 11136:2014).

Eredményeim alapján mindenképpen ígéretes az XOS további élelmiszerekben történő alkalmazásának kutatása. Alapvizsgálatok terén a fagyasztás hatására bekövetkező viszkozitás változásnak a kutatása tartalmazhat még megválaszolásra váró kérdéseket. Az állománykialakítókkal való kísérlet alapján, mindenképpen szükséges lehet a jövőben zselatin alapú termékekben, például gyümölcszselében vizsgálni az XOS és zselatin kölcsönhatását. Más mechanizmusú szénhidrát alapú állománykialakítókkal történő kölcsönhatás vizsgálat is

adhat a disszertációmban tapasztaltaktól eltérő eredményt (pektin, módosított keményítő, gallángumi, karragén).

A különböző termékekben történő alkalmazása során mindenképpen a napi szinten fogyasztott élelmiszerekre kellene fókuszálni. Célszerű lenne a fogyasztók által már egészséges jelzővel társított termékek kiválasztása, mint például joghurtok és egyéb fermentált tejtermékek, nagy gyümölcsstartalmú zselék, lekvárok és funkcionális italok.

## 7. Új tudományos eredmények

- 1. Az eredményeimmel bizonyítottam, hogy a xilo-oligoszacharidok viszkozitás módosító képessége szignifikánsan ( $\alpha=0,05$ ) eltér a kontroll mintaként használt szénhidrátokétól (frukto-oligoszacharidok és szacharóz) 40–70% közötti koncentráció tartományban. Az XOS 70P és 95P oldatok konzisztencia-indexe szignifikánsan magasabb volt a többi mintához viszonyítva.
- 2. A vizsgálataim során bizonyítottam, hogy 4-60°C közötti hőmérsékleti tartományban szignifikáns különbségek adódtak a vizsgált szénhidrátok (xilo-oligoszacharidok, frukto-oligoszacharidok és szacharóz) viszkozitása között, mint magasabb hőmérsékleteken (60-90°C). Tehát 60°C alatt a 70P xilo-oligoszacharid szignifikáns viszkozitás növelő hatással rendelkezik a szacharózhoz és a frukto-oligoszacharidokhoz képest.
- 3. Vizsgálataimmal igazoltam, hogy a xilo-oligoszacharidok hozzáadása a vizsgált koncentrációban (1-3 m/m%) szignifikánsan nem csökkentette a zselatin gél szilárdságát, amit a kezdeti tárolási modulus ( $G'$ ) és a veszteségi modulus ( $G''$ ) értékek aránya mutatott. Továbbá megnövelte a zselatin gél stabilitását a mechanikai igénybevételekkel szemben, amit az jelzett, hogy a kontroll minta komplex viszkozitás értékei csökkentek a legintenzívebben növekvő nyírófeszültség mellett.
- 4. Vizsgálataimmal bizonyítottam, hogy a xilo-oligoszacharidok hozzáadása 1-3 m/m% koncentrációban szignifikánsan nem befolyásolta a xantán gél stabilitását és keménységét, azonban szignifikánsan csökkentette a szentjánoskenyérmag liszttel önmagában vagy xantánnal kombinálva készített gélek stabilitását és keménységét.

- 5. A xilo-oligoszacharidok kekszben történő alkalmazásának vizsgálata során az XOS adagolás hatására a kekszek szignifikánsan barnultak az oligoszacharidok jelenlétében a 10 percig 205 °C-on történő sütést követően. A képzett érzékszervi bírálók értékelése alapján megállapítottam, hogy a xilo-oligoszacharidok szignifikánsan növelték a kekszek „sült karakterét”, amit a fokozott karamellaroma, sötétebb szín és ropogósabb textúra jelez. Továbbá a xilo-oligoszacharidok hozzáadása érzékszervileg szignifikáns hatással volt a kekszek édességére, a kekszek ízére és a globális ízintenzitásra.

## 7.1. Új Élelmiszer (Novel Food) szabályozás

A Novel Food-ok (új élelmiszerek) olyan élelmiszerek, amelyeket szignifikáns mennyiségben nem fogyasztottak a lakosok 1997. május 15. előtt az Európai Unió területén. Ebbe a csoportba nemcsak az eddig nem forgalmazott hagyományos élelmiszerek tartoznak bele, hanem az újonnan fejlesztett termékek, élelmiszerek, amelyeket új technológiával, gyártási metódussal állítanak elő (258/97/EK rendelet).

Az új élelmiszerek közé tartoznak például a K -vitamin új forrásai (menakinon) vagy a meglévő élelmiszerek kivonatai (az *Euphausia superba* foszfolipidekben gazdag antarktisi krillolaja), a harmadik országokból származó mezőgazdasági termékek (chia mag) vagy az új gyártási technológiával előállított termékek (UV-vel kezelt élelmiszerek). Az eddig elfogadott Novel Food-ok listáját az Európai Unió Food Safety Novel Food katalógusában lehet megtekinteni (Internet 1).

Az Európai Unióban az új élelmiszerekkel szembeni elvárás, hogy biztonságosak legyenek a fogyasztók számára, szabályszerű címkézéssel legyenek ellátva, ami nem téveszti meg a fogyasztót. Ha egy élelmiszer alternatívájaként, analógiaként hozzák forgalomba, akkor az ne lehessen a fogyasztó számára megtévesztő. A forgalomba hozatal előtt a termékeket egy szigorú tudományos eredményeken alapuló biztonsági értékelésnek kell alávetni annak érdekében, hogy azok kétséget kizárólag biztonságosan fogyaszthatóak legyenek, semmilyen kockázatot ne jelentsenek az uniós polgárok számára (2015/2283/EU rendelet).

Az Európai Unió 2015/2283-as rendelete meghatározza az új élelmiszer használatának feltételeit, az élelmiszer különleges címkézési követelményeit (adott esetben) és a forgalomba hozatal utáni ellenőrzés módját (adott esetben).

Az Európai Parlament és a Tanács 258/97/EK rendelet iránymutatásai alapján a következő kérdésekre kell igenlő választ adni, azáltal, hogy elegendő információ áll rendelkezésre az új élelmiszerekre vonatkozó előírásokról:

- Rendelkezésre állnak-e megfelelő analitikai ismeretek a potenciálisan mérgező összetevőkről, külső szennyeződésekről és tápanyagokról?
- Az információk reprezentatívak-e az új élelmiszerről, amennyiben ipari előállításra kerül sor?

- Van -e megfelelő specifikáció (beleértve akár faj leírást, amennyiben élő szervezetekről van szó) annak biztosítására, hogy a forgalmazott új élelmiszer megegyezzen a vizsgált termékkel?

Az Unió eddig megközelítőleg 125 terméket fogadtatott el az eddig beérkezett 328 kérelemből. Ebből eddig Magyarországról 1 darabot, a Xilo-oligoszachariddal kapcsolatos kérelmet sikerült elfogadtatni. A disszertáció során végzett kutatások és vizsgálatok a Xilo-oligoszacharid Novel Food kérelmének pozitív elbírálásában fontos szerepet töltek be (2018/1648/EU rendelet).

Az XOS engedélyeztetése során végzett kutatások eredményeiből született publikációk:

*Impakt faktoros folyóiratcikkek:*

Juhász, R., Penksza, P., Sipos, L. (2020) Effect of xylo-oligosaccharides (XOS) addition on technological and sensory attributes of cookies FOOD SCIENCE AND NUTRITION 78 (10).5452-5460 (Q2, IF=1,747)

Penksza, P., Juhász, R., Szabó-Nótin, B., Sipos, L., (2020) Xylo-oligosaccharides as texture modifier compounds in aqueous media and in combination with food thickeners FOOD SCIENCE AND NUTRITION 8 (7) 3023-3030 DOI: 10.1002/fsn3.117 (Q2, IF=1,747)

Penksza, P., Boda, B., Szabó-Nótin, B., Németh, Cs., Juhász R. (2020) Utilization of xylo-oligosaccharides as prebiotics in soy milk JOURNAL OF HYGIENIC ENGINEERING AND DESIGN 30 pp. 53-57., 5 p. (Q4 IF=0,17 )

Penksza, P., Banka, Zs., Kun, Sz., Pásztor-Huszár, K.; Németh, Cs., Tóth, A., Juhász, R. (2018) Utilization of xylo-oligosaccharides as prebiotics in yoghurt. JOURNAL OF HYGIENIC ENGINEERING AND DESIGN 22 pp. 66-71. , 6 p. (Q4 IF=0,17)

*Konferencia full paper:*

Penksza, P., Banka, Zs., Kun, Sz., Pásztor-Huszár, K.; Németh, Cs., Tóth, A., Juhász, R. (2017) Utilization of xylo-oligosaccharides as prebiotics in yoghurt In: Vladimir, Kakurinov (szerk.) Food quality & safety, health & nutrition Skopje, Macedónia: Consulting and Training Center KEY, pp. 109-109. , 1 p.

*Konferencia összefoglalók:*

Juhász, R., Penksza, P., Szabó, D., Manninger, K., (2019) Comparison of dietary fiber enriched cookies In: M., Beatriz P.P. Oliveira; Joana, S. Amaral; Manuel, A. Coimbra (szerk.) Book of Abstracts of the XX EuroFoodChem Congress Lisszabon, Portugália : Sociedade Portuguesa de Química, p. 32

- Juhász, R., Penksza, P., Stéger-, Máté, M. (2018) Xilo-oligoszacharidok engedélyeztetése az Európai Unióban új élelmiszer összetevőként MTA, Kertészeti és Élelmiszertudományi Bizottság, Élelmiszertudományi Albizottság workshop, Szent István Egyetem, Budai Campus, Budapest, 2018. december 6.
- Penksza, P., Szabó-Nótin, B., Stéger-Máté, M., Juhász, R., (2018) Effect of xylo-oligosaccharides a new non-digestible oligosaccharide on fruit products In: Zoltán, Kende (szerk.) 17th Alps-Adria Scientific : Abstract book Gödöllő, Magyarország : Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó, pp. 26-27. , 1 p.
- Juhász, R., Penksza, P., Stéger-, Máté M., (2018) Effect of xilo-oligosaccharides a new non-digestible oligosaccharide on fruit products In: István, Dalmadi; László, Baranyai; Quang, Duc Nguyen Third International Conference on Food Science and Technology Budapest, Magyarország : Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar,
- Penszka, P., Kun, S., Steger-Mate, M., Juhász, R. (2015) Preliminary Study on prebiotic effect of Xylo-oligosaccharides in comparison with Fructans In: Anon (szerk.) International Scientific Conference on Probiotics and Prebiotics, IPC2015: Proceedings, Budapest, Magyarország : [s. n.], p. 125



### **Igazolás** **Penksza Péter PhD disszertációjához**

Alulírott Csere András a Longlive Europe Food Division Ltd. nevében hivatalosan eljáró képviselője igazolom az alábbiakat:

Az Európai Bizottság 2018. októberében engedélyezte a xilo-oligoszacharidok új élelmiszerként való felhasználását és forgalmazását az Európai Unióban. *(A BIZOTTSÁG (EU) 2018/1648 VÉGREHAJTÁSI RENDELETE (2018. október 29.) a xilo-oligoszacharidok (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről)*

A kérelem benyújtásához szükséges termékfejlesztési és tudományos kutatómunkát a Longlive Europe Food Division Ltd. a Szent István Egyetem (jelenlegi jogutódja: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem) Konzervtechnológiai Tanszékével együttműködve végezte el.

A szakmai munkában Penksza Péter PhD hallgató is aktívan részt vett. Az új tudományos eredmények közül a részeredményeket már az engedélyezés előtti időszakban különböző konferenciákon bemutatta és kisebb publikációkban egyedül vagy társszerzőkkel együtt közölte. A jelentős, összefoglaló tudományos eredményeket az engedélyezést követően nemzetközi szinten is kiemelten jegyezték, Longlive Europe Food Division Ltd. tudtával és jóváhagyásával történtek.

Az adatokat, azok értékelését Penksza Péter PhD dolgozatában a Longlive Europe Food Division Ltd. nevében engedélyezem. Az eredmények nyilvános bemutatásához, mind a védelem során, mind a doktori iskola honlapján hozzájárulok.

Kelt. Budapest, 2022. augusztus 22.



Csere András

**Longlive Europe Food Division Kft. 3.**  
1223 Budapest, Művelődés u. 4.  
Adószám: 24767695-2-43  
BB Zrt.: 10102093-39468200-01004003

[www.longliveeurope.com](http://www.longliveeurope.com)  
Longlive Europe Food Division Ltd. | H-1223 Budapest, Street Művelődés 4. Hungary  
Info@longliveeurope.com

# 1. Összefoglalás

Az XOS-nek a közelmúltban fejeződött be az az Európai Unió új élelmiszer kategóriába való bevezetése (a Bizottság (EU) 2018/1648 végrehajtási rendelete 2018. október 29.); ebből kifolyólag csak korlátozott információk álltak a rendelkezésre, hogy milyen hatást fejt ki az európai kultúrkörben elterjedt élelmiszerekben. Ezért disszertációmban három kísérlet sorozatban kívántam feltérképezni az XOS tulajdonságait.

Első kísérlet sorozatomban az XOS alaptulajdonságait térképeztem el. Ennek keretében alap fizikai jellemzőket vizsgáltam, úgymint szín, oldódási képesség, turbiditás, pH, szárazanyagtartalom, vízaktivitás és refrakció. Eredményeim alapján nem fedeztem fel olyan tulajdonságot, ami meggátolná az XOS széleskörű alkalmazását az élelmiszerekben. Ezt követően reológiai vizsgálatok következtek, rotációs módszerrel. Szacharózzal és frukto-oligoszachariddal, mint a leggyakrabban alkalmazott szénhidráttal és oligoszachariddal hasonlítottam össze az XOS folyási tulajdonságait. Egyre növekedő koncentráció mellett értékeltam a három szénhidrát viszkozitását és az alábbi következtetéseket tudtam levonni: alacsony koncentrációban az XOS a cukorral megegyező, magas koncentrációban a két kontroll mintánál nagyobb viszkozitás növelő képességgel rendelkezik. Növekvő hőmérséklet mellett vizsgált viszkozitási eredményeimet értékelve az alábbi állításokat tudom tenni: alacsony hőmérsékleten az XOS jelentősen képes az oldatok viszkozitásának növelésére a két kontroll mintával szemben, míg magasabb hőmérsékleten nincs felfedezhető különbség.

A második kísérlet sorozatomban három állománykialakító mellett vizsgáltam az XOS-t, hogy képes-e módosítani a gél szerkezet kialakulását. Amplitúdó söprés módszerrel vizsgáltam a mintákat, ahol a kapott reogramokat értékeltam. A zselatinnal készült minták vizsgálata során fedeztem fel, hogy az XOS képes volt a gélek mechanikus stabilitását növelni, vagyis egy erősebb gél kaptam. A két szénhidrát alapú állománykialakítóval, a xantánnal és a szentjánoskenyérmag liszttel és azok keverékével készült minták vizsgálata során arra jutottam, hogy az XOS a xantán esetén nem befolyásolta a gél kialakulását, míg abban az esetben, ha a szentjánoskenyérmag liszttel készültek a minták, akkor negatívan befolyásolta a gél szerkezetek kialakulását, vagyis gyengébb gél kaptam.

A harmadik kísérlet sorozatban egy kényelmi termékben, a napi ajánlott fogyasztási mennyiségnek megfelelő (0,12 g/ttkg/nap) mennyiségnek megfelelő adagolásban alkalmaztam az XOS-t, 1,4%-ban. A kekszekkel történő kísérletek egy minta sorozatában a különböző XOS



termékeket lisztpótlóként használtam, a másik sorozatban cukorpótlóként. A kekszeket amerikai szabvány szerint készítettem el, és mind érzékszervi mind pedig műszeres vizsgálatnak is alávettem. Vizsgáltam a kekszek megjelenését, vagyis a geometriai tulajdonságait: térfogatot, magasságot, színt, és a sütési veszteséget vizsgáltam. Állományprofil analízissel felvettem a kekszek rágási profiljait és kiértékeltem a jellemző paramétereket. A mért értékeket összevettem az érzékszervi bírálók által kapott eredményekkel és az alábbi megállapításokat tettem: Az XOS hatást gyakorolt a kekszek színére, felületére és roppanóságára. Az XOS-ben található xilóz befolyásolta a kekszek barnás jellegét, sültebb külsőt adva a terméknek. Az XOS vízelvonó képessége miatt egyenetlenebb felület, jelentősebb morzsálódás és szájban tapadósabb hatás alakult ki. A kontroll mintához képest az XOS növelte a kekszek sült, édes és karamell íz és illat intenzitását.

Kutatásaim eredményeképpen kijelenthetem, hogy az XOS a termékfejlesztések során jól használható a rosttartalom növelésére a fogyasztói elfogadottság megőrzése mellett.

## 2. Summary

The implementation of the XOS has happened recently in the category of new foodstuffs of the European Union, (European Commission 2018/1648 implementing regulations 29 October 2018) therefore only limited information was available about how it effects the widespread foodstuffs in the European culture. Thus, I intended to map the nature of the XOS through three experimental series in my dissertation.

In my first experimental series I mapped the basic attributions of the XOS. During the experiment I examined the basic physical characteristics such as colour, solubility, turbidity, pH, dry matter content, water activity and refraction. As a result, I could not find any attribution that would hinder the widespread use of the XOS in foodstuffs. After that rheological experiments were coming by rotation methods. I compared the flow properties of XOS with sucrose and fructo-oligosaccharides as the most commonly used carbohydrate and oligosaccharide. I evaluated the viscosity of the three carbohydrates at increasing concentrations and made the following conclusions: The ability of the XOS to increase viscosity is the same as sugar at low concentration and bigger than the two control samples at high concentration. Evaluating my results about viscosity at increasing temperature I can confirm the followings: At low temperature the XOS can increase the viscosity of solutes significantly against the two control samples, while at higher temperature there is no significant difference between the XOS and the control samples.

In my second experimental series I examined the XOS beside three food thickeners whether it can modify the forming of the gel structure. The samples were examined by amplitude sweeping method, where the obtained rheograms were evaluated. During the examination of the samples made by gelatine I discovered that the XOS was able to increase the mechanical stability of gels, so a stronger gel was created. During the examination of the samples made with carbohydrate-based herd, xanthan and locust bean gum and their mixture, I came to the conclusion that in case of xanthan, the forming of the gel was not affected by the XOS, while it had negative effects on the gel structure in case of the samples made with carbohydrate-based herd, so we received a weaker gel.

In my third experimental series, I used the XOS in a convenience product in the amount corresponding to the daily consumption (0,12/hwkg/day) which is 1,4%. In the experiments

with biscuits, I used different XOS products as a flour substitute in one sample series and as a sugar substitute in the other series.

The biscuits were made based on the American standard and I underwent both sensory and instrumental examination. During the instrumental examination I concentrated on the look and geometrical nature of the biscuits: volume, height, colour and baking loss. Using stock profile analysis, I recorded the chewing profiles of the biscuits and evaluated the characteristic parameters. I compared the measured values with the results obtained by the sensory evaluators and was able to make the following statements: XOS had an effect on the color, surface, and crunchiness of the biscuits. The xylose in XOS affected the brownish nature of the biscuits, giving the product a roasted appearance. Due to the water-draining ability of XOS, the uneven surface, the crumbling, and the sticky feeling in the mouth were more significant. Compared to the control sample, XOS increased the intensification of the taste and smell of the bakedness, sweetness, and caramel.

As a result of my research I can confirm that the XOS has a place in the European market as a successful functional component.

### 3. Mellékletek

#### **M1. Melléklet: Irodalomjegyzék**

- AACC (1980): AACC Approved Method 10-50D: Baking Quality of Cookie Flour
- ALIPAL, J., MOHD PU'AD, N.A.S., LEE, T.C., NAYAN, N.H., SAHARI, N., BASRI, H., ABDULLAH, H.Z. (2021): A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, 42: 240–250.
- ALONSO J.L., DOMÍNGUEZ, H., GARROTE, G., PARAJÓ, J.C., VÁZQUEZ, M.J. (2003): Xylo-oligosaccharides: properties and production technologies. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2: 230–232.
- AMORIM, C., SILVÉRIO, S. C., PRATHER, K. L. J., RODRIGUES, L. R. (2019): From lignocellulosic residues to market: Production and commercial potential of xylooligosaccharides. *Biotechnology Advances*, 37 (7): 107397.
- BARAK, S., MUDGIL, D. (2014): Locust bean gum: Processing, properties and food applications—A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66: 74–80.
- BELITZ, H. D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. (2009): *Food Chemistry*. 4th revised and extended ed. Berlin, Germany: SpringerVerlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG. 1070 p., pp. 270–285.
- BELORKAR, S. A., GUPTA, A. K. (2016): Oligosaccharides: a boon from nature's desk. *AMB Express*, 6 (1).
- BEMILLER, J.N. (2007): *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. 2nd Ed. St Paul: AACC International. 428p.
- BHAT, M.K. (1998): Oligosaccharides as functional food ingredients and their role in improving the nutritional quality of human food and health. *Recent Research Development in Agricultural and 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

- BILGIÇLI, N., İBANOG˘LU, Œ., HERKEN, E. N. (2007): Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies. *Journal of Food Engineering*, 78 (1): 86–89.
- BO-KYOUNG, R., LEE, JW., LEE, C.S., HYUN, S.I., PARK, Y.J., AHN, J.B., YANG, C.K., YOON, S. (2002): Effects of Xylooligosaccharides on the Growth of Intestinal Microflora. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30 (4): 380-387.
- BORAN, G., MULVANEY, S.J., REGENSTEIN, J.M. (2010): Rheological Properties of Gelatin from Silver Carp Skin Compared to Commercially Available Gelatins from Different Source. *Journal of Food Science*, 75 (8): 565–571.
- BORNET, F.R.J., BROUNS, F., TASHIRO, Y. AND DULIVER, V. (2002): Nutritional aspects of short-chain oligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications. *Digestive and Liver Disease*, 34: S111–S120.
- BOSSCHER, D. (2009): Fructan prebiotics derived from inulin. In: CHARALAMPOPOULOS, D., ROBERT, A.R. (ed.) *Prebiotics and Probiotics. Science and Technology*, Springer, New York. 1262 p, pp. 163-207.
- BOURNE, M. C. (1974): Teaching food rheology at Cornell. *Journal of Texture Studies*, 5 (3): 267-269.
- BRYANT, C.M., MCCLEMENTS, D.J. (2000): Influence of xanthan gum on physical characteristics of heat denatured whey protein solutions and gels. *Food Hydrocolloids*, 14: 383-390.
- CAMPBELL, J.M., FAHEY JR, G.C., WOLF, B.W. (1997a): Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, PH and microflora in rats. *Journal of Nutrition*, 127: 130–136.
- CAMPBELL, J.M., FAHEY, G.C., DEMICHELE, S.J. GARLEB, K.A. (1997b): Metabolic characteristics of healthy adult affected by ingestion of a liquid nutritional formula containing fish oil, oligosaccharides, gum arabic and antioxidant vitamins. *Food and Chemical Toxicology*, 35: 1165–1176
- CANCILLA, M.T., PENN, S.G., LEBRILLA, C.B. (1998): Alkaline degradation of oligosaccharides coupled with matrix-assisted laser desorption/ionization fourier transform mass spectrometry: A method for sequencing oligosaccharides. *Analytical Chemistry*, 70 (4): 663–672.

- CASAS, J.A., SANTOS, V.E., GARCÍA-OCHOA, F. (2000): Xanthan gum production under several operational conditions: molecular structure and rheological properties. *Enzyme and Microbial Technology*, 26: 282–291.
- CERNY, C. (2007): Origin of carbons in sulfur-containing aroma compounds from the Maillard reaction of xylose, cysteine and thiamine. *LWT-Food Science and Technology*, 40 (8): 1309–1315.
- CERQUEIRA, M.A., BOURBON, A.I., PINHEIRO, A.C., MARTINS, J.T., SOUZA, B.W.S., TEIXEIRA, J.A., VICENTE, A.A. (2011): Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 22 (12): 662–671.
- CHUNG, Y.C., HSU, C.K., KO, C.Y., CHAN, Y.C. (2007): Dietary intake of xylooligosaccharides improves the intestinal microbiota, fecal moisture, and pH value in the elderly. *Nutrition Research*, 27: 756–761.
- CIE (2004): Commission Internationale de l'Éclairage (International Commission on Illumination). *Colorimetry: technical report*. Central Bureau of the CIE, pp. 12–18.
- CLYDESDALE, F.M. (1997): A proposal for the Establishment of Scientific Criteria for Health Claims for Functional Foods. *Nutrition Research*, 55: 413–423.
- 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.
- CRITTENDEN, E. (2006): Emerging prebiotic carbohydrates. In: GIBSON GR., RASTALL RA (ed.) *Prebitocs: Development and Applications*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England. 246 p, pp.120.
- DE FREITAS, C., CARMONA, E., BRIENZO, M. (2019): Xylooligosaccharides production process from lignocellulosic biomass and bioactive effects. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 18: 100184.
- DEA, I.C.M., MORRIS, E.D., REES, D.A., WELSH, E.J. (1977): Associations of like and unlike polysaccharides: mechanism and specificity in galactomannans, interacting bacterial polysaccharides and related systems. *Carbohydrate Research*, 57: 249-72.
- DELZENNE, N.M., ROBERFROID, M.R. (1994): Physiological effects of nondigestible oligosaccharides. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 27: 1-6.

- DESAI, N.M., MALLIK, B., SAKHARE, S.D., & MURTHY, P.S. (2020): Prebiotic oligosaccharide enriched green coffee spent cookies and their nutritional, physicochemical and sensory properties. *LWT-Food Science and Technology*, 134(6): 109924.
- DHINGRA, D., MICHAEL, M., RAJPUT, H., PATIL, R.T. (2011): Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49 (3): 255–266.
- DJABOUROV, M. (1988): Architecture of gelatin gels. *Contemporary Physics*, 29 (3): 273-297.
- DOHNALEK, M.I.H., OSTROM, K.M., HILTY, M.D. (1998): Use of Indigestible Oligosaccharides to Prevent Gastrointestinal Infections and Reduce Duration of Diarrhea in Humans, Patent Application. USA, 5827526.
- ENSMINGER, A.H., ENSMINGER, M.E., KONLANDE, J.E., ROBSON, J.R.K. (1994): Food and Nutrition Encyclopedia. CRC Press, Boca Raton. 1216 p, pp. 346–348. doi:10.1002/jsfa.2740670220
- FRANCK, A. (2002): Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87: 287–291.
- FUJIKAWA, S., OKAZAKI, M., MATSUMOTO, N. (1991): Effect of Xylooligosaccharide on Growth of Intestinal Bacteria and Putrefaction Products. *Japan Society of Nutrition and Food Science*, 44: 37-40. (in Japanese, abstract in English)
- GAO, Y., ZHANG, S., LI, C., XIAO, L., SHEN, J., YIN, J. (2012b): Acute and subchronic toxicity of Xylooligosaccharide in mice and rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 22 (8): 605-610.
- GARCÍA-OCHOA, F., SANTOS, V., CASAS, J., GÓMEZ, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18 (7): 549–579.
- GASZTONYI, K. (1979): *Élelmiszerkémia alapjai*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 531 p.
- 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.
- GOYCOOLEA, F.M., MORRIS, E.R., GIDLEY, M.J. (1995): Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of “hyperentanglement” in solution. *Carbohydrate Polymers*, 27 (1): 69–71.

- GUNASEKARAN, S., MEHMET, M.A. (2000): Dynamic oscillatory shear testing of food-selected applications. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 115.-127.
- HAN, J., CAO, R., ZHOU, X., XU, Y. (2020): An integrated biorefinery process for adding values to corncob in co-production of xylooligosaccharides and glucose starting from pretreatment with gluconic acid. *Bioresource Technology*, 307 (159): 123200.
- HAUG, I.J., DRAGET, K.I. (2009): Gelatin. *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 142–163. doi:10.1533/9781845695873.142
- HOSENEY, R.C., ROGERS, D.E. (1994): Mechanism of sugar functionality in cookies. In H. FARIDI (Ed.): *The science of cookie and cracker production*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. 516p., pp. 203–225.
- HOWARD, M.D., GORDON, D.T., GARLEB, K.A., KERLEY, M.S. (1995): Dietary Fructooligosaccharide, Xylooligosaccharide and Gum Arabic Have Variable Effects on Cecal and Colonic Microbiota and Epithelial Cell Proliferation in Mice and Rats. *Journal of Nutrition*, 125: 2604–2609.
- HSU, C.K., LIAO, J.W., CHUNG, Y.C., HSIEH, C.P., CHAN, Y.C. (2004): Xylooligosaccharides and fructooligosaccharides affect the intestinal microbiota and precancerous colonic lesions development in rats. *Journal of Nutrition*, 134 (6): 1523-1528.
- IINO, T., NISHIJIMA, Y., SAWADA, S., SASAKI, H., HARADA, H., SUWA, Y., KISO, Y. (1997): Improvement of constipation by a small amount of xylooligosaccharides ingestion in adult women. *Journal of Japanese Association for Dietary Fiber Research*, 1: 19–24. (in Japanese, abstract in English)
- IMAIZUMI, K., NAKATSU, Y., SATO, M., SEDARNAWATI, Y., SUGANO, M. (1991): Effects of Xylooligosaccharides on Blood Glucose, Serum and Liver Lipids and Cecum Short-chain Fatty Acids in Diabetic Rats. *Agricultural and Biological Chemistry*, 55: 199–205.
- ISO 11132:2012 Sensory analysis – Methodology – Guidelines for monitoring the performance of a quantitative sensory panel
- ISO 13299:2016 Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile
- ISO 6658:2017 Sensory analysis – Methodology – General guidance



- ISO 8586:2012 Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors
- ISO 8589:2007 Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms
- IZUMI, Y., SUGIURA, J., KAGAWA, H., AZUMI, N. (2005): Process for producing xylooligosaccharide from lignocellulose pulp, United States Patent 2005, Patent no US 6942754B2, 1-16.
- JAPAN SCAN (2000). Functional Foods and Drinks in Japan. (February 2000) Japan-Scan. LFRA Limited, UK.
- JASKARI, J., KONTULA, P., SIITONEN, A., JOUSIMIES-SOMER, H., MATTILA-SANDHOLM, T., POUTANEN, K. (1998): Oat  $\beta$ -glucan and Xylan Hydrolysates as Selective Substrates for Bifidobacterium and Lactobacillus Strains. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 49 (2):175–181.
- JEONG, K.J., PARK, I.Y., KIM, M.S., KIM, S.C. (1998): High-level Expression of an Endoxylanase Gene from Bacillus Sp. in Bacillus Subtilis DB104 for the Production of Xylobiose from Xylan. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 50 (1): 113–118.
- JOO, G.J., RHEE, I.K., KIM, S.O., RHEE, S.J. (1998): Effect of Dietary Xylooligosaccharide on Indigestion and Retarding Effect of Bile Acid Movement Across a Dialysis Membrane. *Han'guk Sikip'um Yongyang Kwahak Hoechi*, 27: 705–711. (in South Korean, abstract in English)
- JOVANOVIC-MALINOVSKA, R., KUZMANOVA, S., WINKELHAUSEN, E. (2014): Oligosaccharide Profile in Fruits and Vegetables as Sources of Prebiotics and Functional Foods. *International Journal of Food Properties*, 17 (5): 949–965.
- JUHÁSZ, R., ZEKE, I.CS., BALLA, CS., BARTA, J. (2011): Oszillációs reometria alkalmazása az élelmiszervizsgálatokban, *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 57 (3): 169-180.
- KABEL, M.A., KORTENOEVEN, L., SCHOLS, H.A., VORAGEN, A.G. (2002): In vitro fermentability of differently substituted xylo-oligosaccharides *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6205-6010.
- KAJIHARA, M., KATO, S., KONISHI, M., YAGAMISHI, Y., HORIE, Y., ISHII, H. (2000): Xylooligosaccharide decreases blood ammonia levels in patients with liver cirrhosis. *American Journal of Gastroenterology*, 95 (9): 2514.

- KAJTÁR, M. (2009): Változatok négy elemre: szerves kémia. Budapest: Eötvös kiadó. 1036 p
- KALICHEVSKY, M.T., BLANSHARD, J.V.M., MARSH, R.D.L. (1993): Applications of mechanical spectroscopy to the study of glassy biopolymers and related systems, In: BLANSHARD, J.V.M., LILLFORD, P.J. (ed) The glassy state in foods. Nottingham University Press, Loughborough, UK. pp. 133-156.
- KARIM, A.A., BHAT, R. (2009): Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23 (3): 563-576.
- KHENG, P.P, OMAR, I.C. (2005): Xylanase production by a local fungal isolate, *Aspergillus niger* USM AI 1 via solid state fermentation using palm kernel cake (PKC) as substrate. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27 (1): 325-336.
- KNILL, C.J., KENNEDY, J.F. (2003): Degradation of cellulose under alkaline conditions. *Carbohydrate Polymers*, 51 (3): 281–300.
- KOBAYASHI, T., OKAZAKI, M., FUJIKAWA, S., KOGA, K. (1991): Effect of Xylooligosaccharides on Feces of Men. *Japan Society for Bioscience. Biotechnology and Agrochemistry*, 65:1651–1653. (in Japanese, abstract in English)
- KOTHARI, D., PATEL, S., GOYAL, A.J. (2014): Therapeutic spectrum of nondigestible oligosaccharides: overview of current state and prospect. *Food Science*, 79 (8): R1491-8.
- L'HERMINE, G.J.A., LUNDQUIST, E.G. (1998): Decolorization of Sugar Syrups Using Functionalized Adsorbents. European Patent EP, 0882803
- LONGLIVE FDA GRAS report XOS (2018): <https://www.fda.gov/media/133518/download>
- LOPES DA SILVA, J.A., CONCALVES, M.P. (1994): Rheological study into the aging process of high methoxyl pectin/sucrose aqueous gels. *Carbohydrate Polymers*, 24: 235-245.
- LÁSZTITY, R., TÖRLEY, D. (1987): Élelmiszer-analítika II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- MA, L., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. (1995): Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25: 409-425.
- Magyar Élelmiszerkönyv 2-84 számú irányelv, Édesiapri termékek. (2004) <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/4/4b/a2000/2-84.pdf>

- MAIER, H., ANDERSON, M., KARL, C., MAGNUSON, K. (1993): Industrial Gums – Polysaccharides and Their Derivatives. Academic Press, New York. 1152p, pp.181–226. doi:10.1002/actp.1993.010440315
- MAKELAINEN, H., JUNTUNEN, M., HASSELWANDER, O. (2009): Prebiotic potential of xylo-oligosaccharides. In: CHARALAMPOPOULOS, D., RASTALL, R.A. (ed.) Prebiotics and Probiotics Science and Technology. Springer Science, New York. 1262 p, pp. 245-258.
- MANISSERI, C., GUDIPATI, M. (2010): Bioactive xylo-oligosaccharides from wheat bran soluble polysaccharides. LWT-Food Science and Technology, 43 (1), 421-430.
- MANNING, T.S., GIBSON, G.R. (2004): Prebiotics. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology, 18: 287-298.
- MANNION, R.O., MELIA, C.D., LAUNAY, B., CUVELIERG, HILL, S.E., HARDING, S.E., MITCHELL, J.R. (1992): Xanthan/locust bean gum interactions at room temperature, Carbohydrate Polymers, 19 (2): 91-97.
- MATHOUTHY, M., REISER, P. (eds.) (1995): Sucrose. Properties and Applications. London: Blackie Academic and Professional, 294p.
- 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.
- MEZGER, T. G. (2006): The Rheology Handbook, Vincentz Network, Hannover, pp. 19-26.
- MINTEL (2008): Global new products database (gnpd), <https://www.gnpd.com>. Accessed on 10th of July 2008
- MORRIS, E.R., FOSTER, T.J. (1994): Role of conformation in synergistic interactions of xanthan. Carbohydrate Polymers, 23 (2): 133-135. [http://dx.doi.org/10.1016/0144-8617\(94\)90038-8](http://dx.doi.org/10.1016/0144-8617(94)90038-8)
- MOURA, P., MARQUES, S., ALVES, L., FREIRE, J.P.B., CHUHA, L.F., ESTEVES, M.P. (2007): Effect of xylooligosaccharides from corn cobs autohydrolysis on the intestinal microbiota of piglets after weaning. Livestock Science, 108: 244-248.
- MOURE, A., GULLÓN, P., DOMÍNGUEZ, H., PARAJO J.C. (2006): Advances in the manufacture, purification and applications of xylo-oligosaccharides as food additives and nutraceuticals. Process Biochemistry, 41: 1913–1923.

- MUSSATTO, S.I., MANCILHA, I.M. (2007): Non-digestible oligosaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers*, 68: 587-597.
- NA, M.H., KIM, W.K. (2007): Effects of xylooligosaccharide intake on fecal Bifidobacteria, lactic acid and lipid metabolism in Korean young women. *Korean Journal of Nutrition*, 40: 154-161.
- NÆS, T., BROCKHOFF, P.B., TOMIC, O. (2010): Quality control of sensory profile data In: *Statistics for sensory and consumer science*. John Wiley & Sons, Ltd., 304 p., pp. 11- 38.
- NAKANISHI, T., NOMURA, S., TAKEDA Y. (2006): An improved method for the quantitative analysis of commercial isomaltooligosaccharide products using the calibration curve of standard reagents. *Journal Applied Glycoscience*, 5: 215-222. (Japanese with English translation)
- NIJENHUIS, K. (1981): Investigation into the ageing process in gels of gelatin/water systems by the measurement of their dynamic moduli. *Colloid Polymers Science*, 259: 1017-1026.
- OKAZAKI, M., FUJIKAVA, S., MATSUMOTO, N. (1990a): Effect of xylooligosaccharide on the growth of Bifidobacteria. *Bifidobacteria Microflora*, 9: 77–86.
- OKAZAKI, M., FUJIKAVA, S., MATSUMOTO, N. (1990b): Effects of Xylooligosaccharides on growth of bifidobacteria. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*, 43: 395–401. (in Japanese, abstract in English)
- OKAZAKI, M., KODA, H., IZUMI, R., FUJIKAVA, S., MATSUMOTO, N. (1991b): In vitro digestibility and in vivo utilization of xylobiose. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*, 44: 41–44. (in Japanese, abstract in English)
- OKAZAKI, M., KODA, H., IZUMI, R., FUJIKAWA, S., MATSUMOTO, N. (1991a): Effect of xylooligosaccharide on growth of intestinal bacteria and putrefaction products. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*, 44, 41–44. (in Japanese, abstract in English)
- OKU, T., NAKAMURA, S. (2002): Digestion, absorption, fermentation, and metabolism of functional sugar substitutes and their available energy. *Pure and Applied Chemistry*, 74 (7): 1253-1261.
- PANDEY, K.R., NAIK, S.R., VAKIL, B.V. (2015): Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (12): 7577–7587.

- PAREYT, B., FINNIE, S. M., PUTSEYS, J.A., DELCOUR, J.A. (2011): Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54 (3): 266–279.
- PARK, Y.J., LEE J.W., LEE C.S., RHEW, B.K., YANG, C.K. (2001): Physicochemical properties of xylooligosaccharide as food material. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 33 (1): 19-23.
- PELTIER, C., BROCKHOFF, P. B., VISALLI, M., SCHLICH, P. (2013): The MAM-CAP table: A new tool for monitoring panel performances. *Food Quality and Preference*, 32: 24–27. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.07.004>
- PENKSZA, P. (2012) Csicsóka liszt, mint természetes állománykialakító. Szakdolgozat, Corvinus Egyetem, Budapest, 12-17 p.
- PENKSZA, P. (2014) Xilo-oligoszacharidok technofunkcionális tulajdonságai. Diplomamunka, Corvinus Egyetem, Budapest, 13-16 p.
- PENKSZA, P., SÁROSI, R., JUHÁSZ, R., MANNINGER-KÓCZÁN, K., SZABÓ-NÓTIN, B., SZAKÁCS, L., BARTA, J. (2013). Jerusalem artichoke powder as a food additive in dairy products and fat replacers. *Acta Alimentaria*, 42 (1): 53–62.
- PENNINGTON, N.L., BAKER, C.W. (eds.) (1990): Sugar. A User's Guide to Sucrose. New York: AVI, 328p.
- PERESSINI, D., SENSIDONI, A., DE CINDIO, B. (1998): Rheological characterization of traditional and light mayonnaises. *Journal of Food Engineering*, 35: 409-417.
- POPOV-RALJIC, J., MASTILOVIC, J., LALICIC-PETRONIJEVIC, J., KEVRESAN, Z., DEMIN, M. (2013): Sensory and color properties of dietary cookies with different fiber sources during 180 days of storage. *Hemijaska Industrija*, 67 (1): 123–134.
- R CORE TEAM (2019): A Language and Environment for statistical computing. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- RICHARDSON, P. H., WILLMER, J., FOSTER, T. J. (1998). Dilute solution properties of guar and locust bean gum in sucrose solutions. *Food Hydrocolloid*, 12: 339–348.
- ROBERFROID, M., SLAVIN, J. (2000): Nondigestible oligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40: 461-480.

- ROBERFROID, M.B. (1999): Caloric value of inulin and Oligofructose. *Journal of Nutrition*, 129: 1436-1437.
- RYCROFT, C., JONES, M., GIBSON, G.R., RASTALL, R.A. (2001): A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *Journal of Applied Microbiology*, 91: 878–887
- 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.* Budapest: Műegyetemi Kiadó. 242 p.
- SAMANTA, A.K., KOLTE, A.P., CHANDRASEKHARIAH, M., THULASI, A., SAMPATH, K.T. PRASAD, C.S. (2007): PREBIOTICS: The rumen modulator for enhancing the productivity of dairy animals. *Indian Journal of Dairy Science*, 59 (1): 58–61.
- SANTIBÁÑEZ, L., HENRÍQUEZ, C., CORRO-TEJEDA, R., ARMIJO, B., SALAZAR, O. (2021). Xylooligosaccharides from lignocellulosic biomass: A comprehensive review. *Carbohydrate Polymers*, 251: 117118.
- SANTOS, A., SAN MAURO, M., DÍAZ, D.M. (2006): Prebiotics and their long-term influence on the microbial populations of the mouse bowel. *Food Microbiology*, 23 (5): 498-503.
- SARKADI NAGY, E., BAKACS, M., ILLÉS, É., NAGY, B., VARGA, A., KIS, O., S. MOLNÁR, E., MARTOS, É. (2017): Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat – OTÁP2014. II. A magyar lakosság energia- és makrotápanyag-bevitele. *Orvosi Hetilap*, 158 (15): 587–597
- SÁROSI, R., MANNINGER-KÓCZÁN, K., PENKSZA, P., JUHÁSZ, R., SZABÓ-NÓTIN, B., SZAKÁCS, L., BARTA, J. (2013). Jerusalem artichoke powder as a food additive in bakery products. *Acta Alimentaria*, 42 (1): 73–80.
- SCF (1998): Reports of the Scientific Committee for Food (43rd Series). Opinion of the Scientific Committee for Food on: Actilight-a fructo-oligosaccharide (FOS). European Commission. *Food Science and Techniques*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6ac3f65f-1849-42ec-8666-a5540640e7ec>
- SINGH, R., SINGHANIA, R., PANDEY, A., LARROCHE, C. (2019): Biomass, biofuels, biochemicals: Advances in enzyme technology. Elsevier. 524p.

- SINGH, R.K., CHANG, H.W., YAN, D., LEE, K. M., UCMAN, D., WONG, K., LIAO, W. (2017): Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *Journal of Translational Medicine*, 15 (1): 1-17.
- SLADE, L., LEVINE, H., IEVOLELLA, J., WANG, M. (1993). The glassy state phenomenon in applications for the food industry: Application of the food polymer science approach to structure–function relationships of sucrose in cookie and cracker systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 63 (2): 133–176.
- SUWA, Y., KOGA, K., FUJIKAWA, S., OKAZAKI, M., IRIE, T., NAKADA, T. (1999): Bifidobacterium bifidum proliferation promoting composition containing xylooligosaccharide. Patent Application. USA, 5939309.
- SWENNEN, K., CHRISTOPHE, M., COURTIN, C.M., DELCOUR, J.A. (2006): Non-digestible oligosaccharides with prebiotic properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46 (6): 459-71.
- TAKO, M., NAKAMURA, S. (1984): Rheological properties of deacetylated xanthan in aqueous media. *Agricultural and Biological Chemistry*, 48: 2987–93
- TANIGUCHI, H. (2004): Carbohydrate research and industry in Japan and the Japanese society of applied glycoscience. *Starch*, 56: 1–5.
- TATEYAMA, I., HASHI, K., JOHNO, I., IINO, T., HIRAI, K., SUWA, Y.Y. (2005): Effects of xylooligosaccharide intake on severe constipation in pregnant women. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 51: 445–448.
- THEIS, S. (2018). Authorised EU health claim for chicory inulin. *Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims*, 147–158.
- TOMIC, O., LUCIANO, G., NILSEN, A., HYLDIG, G., LORENSEN, K., NÆS, T. (2010): Analysing sensory panel performance in a proficiency test using the PanelCheck software. *European Food Research and Technology*, 230 (3): 497-511.
- ÜNAL, B., METIN, S., İŞIKLI, N. D. (2003): Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yoghurt. *International Dairy Journal*, 13 (11): 909–916.
- VAZQUEZ, M.J., ALONSO, J.L., DOMÍNGUEZ, H, PARAJO, JC (2000): Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Food Science and Technology*, 11: 387–393.

- VORAGEN, A.G.J. (1998): Technological aspects of functional food-related carbohydrates. Trends in Food Science & Technology, 9: 328-335.
- WHISTLER, R.L., BEMILLER, J.N. (1958): Alkaline degradation of polysaccharides. Advances in Carbohydrate Chemistry, 13: 289–389.
- WILDMOSER, H., SCHEIWILLER, J., WINDHAB, E.J. (2004): Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 37: 881–891.
- WILLIAMS, B.P., SADLER, R.J., HUMBLE, T.S. (2017): Superdense Coding over Optical Fiber Links with Complete Bell-State Measurements. Physical Review Letters, 118 (5): 050501. doi:10.1103/physrevlett.118.05050
- ZEKE, I., JUHÁSZ R., BALLA CS., BARTA J., SCHÜLLER, R.B. (2010): Különleges norvég tejtermékek reológiai vizsgálata oszcillációs és rotációs módszerekkel. Élelmiszer Tudomány Technológia, 54 (1): 11.-12.
- ZIEMER, C.J., GIBSON, G.R. (1998): An Overview of Probiotics, Prebiotics and Synbiotics in the Functional Food Concept: Perspectives and Future Strategies. International Dairy Journal, 8: 473–479.

#### Törvények:

- 258/97/EK, Az Európai Parlament és a Tanács 258/97/ EK rendelete (1997) az új élelmiszerekről és az új élelmiszer-összetevőkről. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1997R0258:20090807:HU:PDF>
- 2015/2283/EU, Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2015/2283 rendelete (2015) az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283&from=hu>
- 2018/1648/EU, A Bizottság (EU) 2018/1648 végrehajtási rendelete (2018) a xiloligoszacharidok (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1648&from=EN>

#### Internetes forrás:

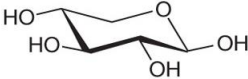
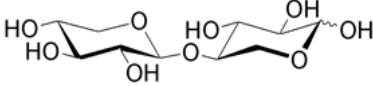
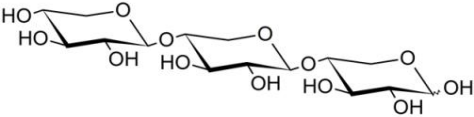
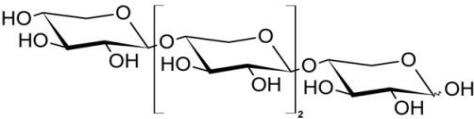
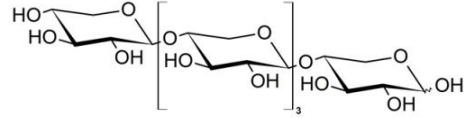
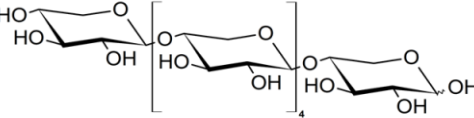
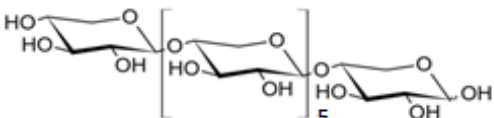
Internet 1: Novel Food Catalogue. [https://ec.europa.eu/food/safety/novel-food/novel-food-catalogue\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/novel-food/novel-food-catalogue_en). Elérés dátuma: 2022.03.21.



**M2. Melléklet: Az XOS termékekben előforduló szacharidok leírása és molekulaképlete**

<b>Szacharid</b>	<b>CAS No.</b>	<b>Kémiai formula</b>	<b>Kémiai neve</b>
<b>xilóz</b>	58-86-6	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	D-(+)-Xilóz
<b>xilóbióz</b>	6860-47-5	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	(β-D-xilopiranozil (1-4) D xilopiranóz)
<b>xilotrióz</b>	47592-59-6	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>13</sub>	β-D-Xilopiranozil-(1->4)-β-D-xilopiranozil-(1->4)-D- xilopiranóz
<b>xilotetróz</b>	22416-58-6	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O <sub>17</sub>	β-D- Xilopiranozil -(1->4)-β-D-xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-D- xilopiranóz
<b>xilopentóz</b>	49694-20-4	C <sub>25</sub> H <sub>42</sub> O <sub>21</sub>	β-D- Xilopiranozil -(1->4)-β-D-xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-D- xilopiranóz
<b>xilohexóz</b>	49694-21-5	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O <sub>25</sub>	β-D- Xilopiranozil -(1->4)-β-D-xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-D- xilopiranóz
<b>xiloheptaóz</b>	57167-43-8	C <sub>35</sub> H <sub>58</sub> O <sub>29</sub>	β-D- Xilopiranozil -(1->4)-β-D-xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-β-D- xilopiranozil -(1->4)-D- xilopiranóz







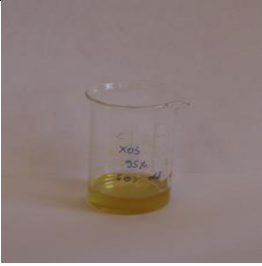



### M3. Melléklet: Az XOS összetevőinek kémiai felépítése

Szacharidok	Kémiai felépítés
<b>xilóz</b>	
<b>xilóbióz</b>	
<b>xilotrióz</b>	
<b>xilotetróz</b>	
<b>xilopentóz</b>	
<b>xilohexóz</b>	
<b>xiloheptaóz</b>	

#### M4. Melléklet: A kísérletek során felhasznált anyagok összesítése

Kísérlet	Rövidítés/kód	Alapanyag megnevezése	Jellemzők	Forrás
1. kísérlet Alapvizsgálatok	95P	xilo-oligoszacharid	por alapú, 95%-ban tartalmaz XOS-t	(Longlive Shandong Co. Ltd, Kína)
	70P	xilo-oligoszacharid	por alapú, 70%-ban tartalmaz XOS-t)	
	70L	xilo-oligoszacharid	(sűrítmény, 70%-ban tartalmaz XOS-t).	
	FOS	frukto-oligoszacharid	sűrítmény, 85%-os FOS tartalommal, Orafti ®	Beneo, Belgium
	Suc	szacharóz		Magyar Cukor Zrt-től. (Budapest, Magyarország)
2. kísérlet Kölcsönhatás az állománykialakítókkal	GE	zselatin	sertésből származó, Bloom foka: 180,	kereskedelmi forgalomból
	X	xantán gumi		Sigma Aldrich Hungary Ltd),
	LBG	szentjános-kenyérmag liszt		Sigma Aldrich Hungary Ltd
3. kísérlet: XOS alkalmazása kekszben		BL55 búzaliszt	(nedvességtartalom: 11,17 g / 100g; vízfelvétel: 63,3%)	GoodMills-től (Komárom, Magyarország)
		margarin		Unilevertől (Budapest, Magyarország)
		nátrium-hidrogén-karbonát		Szilasfood-tól (Kistarcsa, Magyarország)

**M5. Melléklet: A 95P és 70P XOS porok megjelenése oldatokban**

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

**M6. Melléklet: A szacharóz, a FOS, az XOS 70P, 70L és 95P vizes oldatainak viszkozitás értékei növekvő hőmérséklet függvényében. Vizsgált hőfokokként a mintákat Kruskal-Wallis statisztikai teszttel összehasonlítva**

Hőmérséklet (°C)	Minták viszkozitása (mPa*s)				
	Suc	FOS	70L	70P	95P
4,0	35,5±1,12 <sup>ab</sup>	29,3±10,45 <sup>a</sup>	43,6±2,3 <sup>abc</sup>	102±26,8 <sup>c</sup>	54,1±3,34 <sup>bc</sup>
4,5	35,7±0,72 <sup>ab</sup>	29,8±10,72 <sup>a</sup>	43,8±3,05 <sup>abc</sup>	102±16,4 <sup>c</sup>	54,5±3,04 <sup>bc</sup>
6,48	35,3±0,32 <sup>a</sup>	29,9±10,8 <sup>a</sup>	43,4±3,19 <sup>ab</sup>	100±25,7 <sup>b</sup>	54±3,01 <sup>ab</sup>
8,96	34,1±0,26 <sup>a</sup>	29,1±10,58 <sup>a</sup>	41,7±3,16 <sup>ab</sup>	95,7±24,6 <sup>b</sup>	51,7±3,2 <sup>ab</sup>
10,9	32,4±0,28 <sup>a</sup>	27,8±10,09 <sup>a</sup>	39,6±3,03 <sup>ab</sup>	90,2±23,1 <sup>b</sup>	48,8±3,32 <sup>ab</sup>
12,6	30,7±0,33 <sup>a</sup>	26,4±9,51 <sup>a</sup>	37,3±2,96 <sup>ab</sup>	84,4±21,2 <sup>b</sup>	45,9±3,33 <sup>ab</sup>
14,5	28,9±0,44 <sup>a</sup>	24,9±8,9 <sup>a</sup>	35±2,9 <sup>ab</sup>	78,8±19,7 <sup>b</sup>	43±3,27 <sup>ab</sup>
16,4	27,1±0,46 <sup>a</sup>	23,4±8,33 <sup>a</sup>	32,7±2,82 <sup>ab</sup>	73±17,8 <sup>b</sup>	40,1±3,23 <sup>ab</sup>
18,2	25,3±0,45 <sup>a</sup>	21,9±7,75 <sup>a</sup>	30,5±2,71 <sup>ab</sup>	67,4±16,2 <sup>b</sup>	37,2±3,11 <sup>ab</sup>
20,0	23,6±0,52 <sup>a</sup>	20,4±7,15 <sup>a</sup>	28,3±2,61 <sup>ab</sup>	62,2±14,8 <sup>b</sup>	34,4±2,99 <sup>ab</sup>
21,8	22±0,52 <sup>a</sup>	19±6,55 <sup>a</sup>	26,3±2,49 <sup>ab</sup>	57,3±13,4 <sup>b</sup>	31,9±2,79 <sup>ab</sup>
23,6	20,5±0,48 <sup>a</sup>	17,7±6,03 <sup>a</sup>	24,4±2,36 <sup>ab</sup>	52,8±12,2 <sup>b</sup>	29,5±2,6 <sup>ab</sup>
25,4	19,08±0,52 <sup>a</sup>	16,4±5,54 <sup>a</sup>	22,6±2,23 <sup>ab</sup>	48,62±11 <sup>b</sup>	27,3±2,41 <sup>ab</sup>
27,1	17,8±0,48 <sup>a</sup>	15,2±5,1 <sup>a</sup>	21±2,14 <sup>ab</sup>	44,84±10 <sup>b</sup>	25,2±2,24 <sup>ab</sup>
28,9	16,6±0,48 <sup>a</sup>	14,1±4,7 <sup>a</sup>	19,4±2,01 <sup>ab</sup>	41,4±9,06 <sup>b</sup>	23,3±2,08 <sup>ab</sup>
30,7	15,4±0,44 <sup>a</sup>	13,1±4,33 <sup>a</sup>	18±1,93 <sup>ab</sup>	38,2±8,22 <sup>b</sup>	21,6±1,93 <sup>ab</sup>
32,4	14,4±0,41 <sup>a</sup>	12,2±3,98 <sup>a</sup>	16,7±1,83 <sup>ab</sup>	35,3±7,5 <sup>b</sup>	20±1,78 <sup>ab</sup>
34,1	13,4±0,39 <sup>a</sup>	11,4±3,70 <sup>a</sup>	15,5±1,73 <sup>ab</sup>	32,7±6,87 <sup>b</sup>	18,6±1,63 <sup>ab</sup>
35,9	12,6±0,36 <sup>a</sup>	10,6±3,43 <sup>a</sup>	14,5±1,65 <sup>ab</sup>	30,2±6,27 <sup>b</sup>	17,3±1,46 <sup>ab</sup>
37,7	11,8±0,33 <sup>a</sup>	9,91±3,2 <sup>a</sup>	13,5±1,58 <sup>ab</sup>	28,1±5,69 <sup>b</sup>	16,1±1,37 <sup>ab</sup>

Hőmérséklet (°C)	Minták viszkozitása (mPa*s)				
	Suc	FOS	70L	70P	95P
39,4	11±0,31 <sup>a</sup>	9,23±2,95 <sup>a</sup>	12,6±1,48 <sup>ab</sup>	26,1±5,21 <sup>b</sup>	15±1,22 <sup>ab</sup>
41,2	10,4±0,28 <sup>a</sup>	8,65±2,79 <sup>a</sup>	11,7±1,43 <sup>ab</sup>	24,3±4,78 <sup>b</sup>	13,9±1,14 <sup>ab</sup>
43,0	9,76±0,26 <sup>a</sup>	8,07±2,59 <sup>a</sup>	11±1,34 <sup>ab</sup>	22,6±4,39 <sup>b</sup>	13±1,06 <sup>ab</sup>
44,7	9,18±0,27 <sup>a</sup>	7,59±2,45 <sup>a</sup>	10,3±1,31 <sup>ab</sup>	21,1±4,04 <sup>b</sup>	12,1±1,04 <sup>ab</sup>
46,5	8,66±0,27 <sup>a</sup>	7,12±2,3 <sup>a</sup>	9,63±1,26 <sup>ab</sup>	19,7±3,72 <sup>b</sup>	11,3±0,92 <sup>ab</sup>
48,2	8,17±0,25 <sup>a</sup>	6,69±2,17 <sup>a</sup>	9,03±1,21 <sup>ab</sup>	18,5±3,45 <sup>b</sup>	10,6±0,87 <sup>ab</sup>
50,0	7,72±0,25 <sup>a</sup>	6,298±2,04 <sup>a</sup>	8,48±1,17 <sup>ab</sup>	17,3±3,22 <sup>b</sup>	10±0,79 <sup>ab</sup>
51,8	7,3±0,2 <sup>a</sup>	5,94±1,93 <sup>a</sup>	7,98±1,14 <sup>ab</sup>	16,2±2,97 <sup>b</sup>	9,37±0,7 <sup>ab</sup>
53,5	6,94±0,27 <sup>a</sup>	5,63±1,81 <sup>a</sup>	7,51±1,11 <sup>ab</sup>	15,3±2,76 <sup>b</sup>	8,82±0,65 <sup>ab</sup>
55,3	6,6±0,26 <sup>a</sup>	5,34±1,7 <sup>a</sup>	7,07±1,08 <sup>ab</sup>	14,4±2,56 <sup>b</sup>	8,3±0,58 <sup>ab</sup>
57,0	6,27±0,26 <sup>a</sup>	5,1±1,42 <sup>a</sup>	6,68±1,06 <sup>ab</sup>	13,6±2,39 <sup>b</sup>	7,82±0,51 <sup>ab</sup>
58,8	5,99±0,29 <sup>a</sup>	4,87±1,43 <sup>a</sup>	6,31±1,03 <sup>ab</sup>	12,8±2,18 <sup>b</sup>	7,39±0,51 <sup>ab</sup>
60,5	5,72±0,27 <sup>a</sup>	4,69±1,31 <sup>a</sup>	5,97±1,01 <sup>ab</sup>	12,1±2,07 <sup>b</sup>	6,98±0,47 <sup>ab</sup>
62,3	5,46±0,26 <sup>a</sup>	4,5±1,22 <sup>a</sup>	5,65±1 <sup>ab</sup>	11,5±1,93 <sup>b</sup>	6,6±0,43 <sup>ab</sup>
64,1	5,21±0,27 <sup>a</sup>	4,34±1,16 <sup>a</sup>	5,35±0,98 <sup>ab</sup>	10,9±1,85 <sup>b</sup>	6,24±0,4 <sup>ab</sup>
65,8	5,01±0,56 <sup>a</sup>	4,16±1,06 <sup>a</sup>	5,09±0,96 <sup>ab</sup>	10,3±1,71 <sup>b</sup>	5,92±0,38 <sup>ab</sup>
67,6	4,84±0,28 <sup>ab</sup>	4,02±1 <sup>a</sup>	4,85±0,94 <sup>ab</sup>	9,77±1,6 <sup>b</sup>	5,6±0,35 <sup>ab</sup>
69,4	4,73±0,3 <sup>ab</sup>	3,93±0,98 <sup>a</sup>	4,61±0,92 <sup>ab</sup>	9,29±1,47 <sup>b</sup>	5,32±0,33 <sup>ab</sup>
71,1	4,64±0,3 <sup>ab</sup>	3,81±0,94 <sup>a</sup>	4,39±0,91 <sup>ab</sup>	8,84±1,37 <sup>b</sup>	5,05±0,31 <sup>ab</sup>
72,9	4,54±0,25 <sup>ab</sup>	3,74±0,95 <sup>a</sup>	4,2±0,88 <sup>ab</sup>	8,43±1,32 <sup>b</sup>	4,82±0,3 <sup>ab</sup>
74,5	4,48±0,26 <sup>ab</sup>	3,64±0,94 <sup>a</sup>	4,05±0,83 <sup>ab</sup>	8,05±1,25 <sup>b</sup>	4,59±0,27 <sup>ab</sup>

76,2	4,38±0,3 <sup>ab</sup>	3,58±0,90 <sup>a</sup>	3,93±0,78 <sup>ab</sup>	7,7±1,19 <sup>b</sup>	4,38±0,27 <sup>ab</sup>
Hőmérséklet (°C)	Minták viszkozitása (mPa*s)				
	Suc	FOS	70L	70P	95P
78,1	4,3±0,32 <sup>ab</sup>	3,5±0,9 <sup>a</sup>	3,83±0,76 <sup>ab</sup>	7,35±1,13 <sup>b</sup>	4,18±0,25 <sup>ab</sup>
79,8	4,22±0,32 <sup>ab</sup>	3,41±0,89 <sup>a</sup>	3,75±0,76 <sup>ab</sup>	7,03±1,06 <sup>b</sup>	4,02±0,23 <sup>ab</sup>
81,5	4,14±0,33 <sup>ab</sup>	3,35±0,85 <sup>a</sup>	3,68±0,76 <sup>ab</sup>	6,76±1,01 <sup>b</sup>	3,87±0,19 <sup>ab</sup>
83,3	4,05±0,32 <sup>ab</sup>	3,28±0,82 <sup>a</sup>	3,6±0,76 <sup>ab</sup>	6,47±0,95 <sup>b</sup>	3,76±0,18 <sup>ab</sup>
85,1	3,99±0,31 <sup>ab</sup>	3,23±0,82 <sup>a</sup>	3,52±0,77 <sup>ab</sup>	6,22±0,9 <sup>b</sup>	3,66±0,17 <sup>a</sup>
86,8	3,91±0,34 <sup>ab</sup>	3,16±0,82 <sup>a</sup>	3,45±0,76 <sup>ab</sup>	5,98±0,85 <sup>b</sup>	3,58±0,174 <sup>a</sup>
88,6	3,84±0,33 <sup>ab</sup>	3,11±0,82 <sup>a</sup>	3,37±0,76 <sup>ab</sup>	5,76±0,79 <sup>b</sup>	3,53±0,18 <sup>a</sup>
90,4	3,78±0,31 <sup>ab</sup>	3,06±0,82 <sup>a</sup>	3,31±0,75 <sup>ab</sup>	5,56±0,72 <sup>b</sup>	3,48±0,17 <sup>a</sup>

abc: Kruskal-Wallis statisztikai teszt alapján történt homogén csoportok jelölése

**M7. Melléklet: A zselatinnal készült vizes oldatok tárolási és a veszteségi modulus értékei**

	0		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
Szög- sebesség (%)	G'(Pa)	G''(Pa)	G(Pa)'	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
0,0868	1633 ± 158 <sup>ab</sup>	224 ± 57,1 <sup>ab</sup>	1575 ± 264 <sup>ab</sup>	216 ± 48,7 <sup>ab</sup>	1830 ± 190 <sup>b</sup>	289 ± 33,2 <sup>b</sup>	1840 ± 95,4 <sup>b</sup>	263 ± 64 <sup>b</sup>	1180 ± 95,4 <sup>a</sup>	176 ± 32,5 <sup>a</sup>	1577 ± 170 <sup>ab</sup>	270 ± 69 <sup>b</sup>	1260 ± 512 <sup>a</sup>	211 ± 33,7 <sup>ab</sup>
0,109	1530 ± 210 <sup>bc</sup>	189 ± 30,7 <sup>ab</sup>	1508 ± 251 <sup>abc</sup>	183 ± 36,9 <sup>a</sup>	1713 ± 172 <sup>c</sup>	235 ± 24,6 <sup>b</sup>	1737 ± 90,7 <sup>c</sup>	223 ± 52,3 <sup>ab</sup>	1177 ± 85,1 <sup>a</sup>	162,7 ± 23,7 <sup>a</sup>	1470 ± 184 <sup>abc</sup>	223 ± 51,7 <sup>b</sup>	1223 ± 35,1 <sup>ab</sup>	190 ± 31,5 <sup>ab</sup>
0,153	1473 ± 206 <sup>ab</sup>	164 ± 41,5 <sup>ab</sup>	1435 ± 248 <sup>ab</sup>	158 ± 22,7 <sup>ab</sup>	1660 ± 167 <sup>b</sup>	184 ± 17 <sup>b</sup>	1677 ± 58,6 <sup>b</sup>	181 ± 46,2 <sup>b</sup>	1133 ± 92,9 <sup>a</sup>	134 ± 19,1 <sup>a</sup>	1400 ± 192 <sup>ab</sup>	178 ± 37,4 <sup>b</sup>	1153 ± 37,9 <sup>a</sup>	160 ± 21,4 <sup>ab</sup>
0,215	1447 ± 219 <sup>ab</sup>	129 ± 30,6 <sup>ab</sup>	1400 ± 245 <sup>ab</sup>	126 ± 14,7 <sup>ab</sup>	1630 ± 157 <sup>b</sup>	143 ± 14,2 <sup>b</sup>	1650 ± 43,6 <sup>b</sup>	142 ± 37,5 <sup>b</sup>	1104 ± 101 <sup>a</sup>	107 ± 7,03 <sup>a</sup>	1357 ± 194 <sup>ab</sup>	138 ± 25,6 <sup>ab</sup>	1100 ± 52 <sup>a</sup>	129,7 ± 11,9 <sup>ab</sup>
0,303	1427 ± 219 <sup>ab</sup>	100 ± 19,2 <sup>abc</sup>	1390 ± 247 <sup>ab</sup>	99 ± 9,67 <sup>ab</sup>	1620 ± 157 <sup>b</sup>	113 ± 11,9 <sup>bc</sup>	1650 ± 30 <sup>b</sup>	111 ± 28,3 <sup>c</sup>	1089 ± 113 <sup>a</sup>	89,2 ± 10,2 <sup>a</sup>	1333 ± 188 <sup>ab</sup>	107 ± 16,3 <sup>abc</sup>	1077 ± 74 <sup>a</sup>	105,6 ± 8,85 <sup>abc</sup>
0,427	1420 ± 216 <sup>ab</sup>	79,7 ± 12,1 <sup>a</sup>	1392 ± 247 <sup>ab</sup>	78,8 ± 7,11 <sup>a</sup>	1610 ± 154 <sup>b</sup>	91,1 ± 8,55 <sup>b</sup>	1653 ± 20,8 <sup>b</sup>	88,9 ± 22,7 <sup>ab</sup>	1076 ± 122 <sup>a</sup>	75,5 ± 8,81 <sup>a</sup>	1327 ± 194 <sup>ab</sup>	86 ± 11,2 <sup>ab</sup>	1062 ± 58 <sup>a</sup>	84,3 ± 3,9 <sup>ab</sup>
0,601	1417 ± 208 <sup>ab</sup>	67,8 ± 9,3 <sup>ab</sup>	1405 ± 249 <sup>ab</sup>	64,7 ± 5,76 <sup>a</sup>	1610 ± 159 <sup>b</sup>	74,7 ± 7,13 <sup>b</sup>	1667 ± 15,3 <sup>b</sup>	73,3 ± 16,7 <sup>ab</sup>	1071 ± 129 <sup>a</sup>	64,1 ± 7,12 <sup>a</sup>	1333 ± 197 <sup>ab</sup>	69,6 ± 6,08 <sup>ab</sup>	1060 ± 61,4 <sup>a</sup>	68,9 ± 3,58 <sup>ab</sup>
0,846	1417 ± 196 <sup>ab</sup>	54,1 ± 7,23 <sup>ab</sup>	1428 ± 255 <sup>ab</sup>	55,2 ± 5 <sup>a</sup>	1620 ± 191 <sup>b</sup>	55,3 ± 9,27 <sup>ab</sup>	1683 ± 31,2 <sup>b</sup>	62,1 ± 15,3 <sup>ab</sup>	1084 ± 141 <sup>a</sup>	55,9 ± 4,42 <sup>ab</sup>	1347 ± 195 <sup>ab</sup>	59,8 ± 3,16 <sup>b</sup>	1068 ± 63,7 <sup>a</sup>	57,9 ± 2,69 <sup>ab</sup>
	0		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	



Szög- sebesség (%)	G'(Pa)	G''(Pa)	G(Pa)'	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
1,19	1420 ± 185 <sup>ab</sup>	46,7 ± 6,12 <sup>a</sup>	1450 ± 268 <sup>ab</sup>	48,3 ± 4,7 <sup>a</sup>	1643 ± 232 <sup>b</sup>	58,2 ± 6,84 <sup>b</sup>	1693 ± 41,6 <sup>b</sup>	56 ± 11,8 <sup>b</sup>	1104 ± 150 <sup>a</sup>	51,2 ± 3,93 <sup>ab</sup>	1357 ± 186 <sup>ab</sup>	52,5 ± 3,12 <sup>ab</sup>	1080 ± 55,7 <sup>a</sup>	51,8 ± 2,95 <sup>ab</sup>
1,67	1413 ± 172 <sup>ab</sup>	40,8 ± 4,66 <sup>a</sup>	1465 ± 287 <sup>ab</sup>	44,3 ± 5,36 <sup>a</sup>	1667 ± 232 <sup>b</sup>	54,8 ± 6,5 <sup>b</sup>	1707 ± 49,3 <sup>b</sup>	51,4 ± 9,23 <sup>ab</sup>	1125 ± 160 <sup>a</sup>	48,6 ± 4,42 <sup>ab</sup>	1360 ± 165 <sup>ab</sup>	47,9 ± 2,5 <sup>ab</sup>	1097 ± 55,1 <sup>a</sup>	47,9 ± 3,61 <sup>ab</sup>
2,35	1413 ± 168 <sup>ab</sup>	37,3 ± 3,35 <sup>a</sup>	1475 ± 283 <sup>ab</sup>	41,6 ± 5,53 <sup>ab</sup>	1673 ± 217 <sup>b</sup>	52,5 ± 5,7 <sup>c</sup>	1720 ± 43,6 <sup>b</sup>	48,9 ± 7,3 <sup>bc</sup>	1118 ± 161 <sup>a</sup>	46,6 ± 3,26 <sup>bc</sup>	1353 ± 162 <sup>ab</sup>	45,4 ± 3,48 <sup>abc</sup>	1093 ± 60,3 <sup>a</sup>	45,9 ± 3,31 <sup>abc</sup>
3,31	1416 ± 163 <sup>ab</sup>	35,4 ± 2,8 <sup>a</sup>	1480 ± 272 <sup>ab</sup>	40,4 ± 5,38 <sup>ab</sup>	1673 ± 197 <sup>b</sup>	52,4 ± 4,67 <sup>c</sup>	1723 ± 28,9 <sup>b</sup>	48,5 ± 6,92 <sup>bc</sup>	1102 ± 161 <sup>a</sup>	46 ± 3,58 <sup>abc</sup>	1347 ± 159 <sup>ab</sup>	45,2 ± 4,5 <sup>abc</sup>	1083 ± 70,2 <sup>a</sup>	45,5 ± 3,56 <sup>abc</sup>
4,66	1413 ± 158 <sup>ab</sup>	35,7 ± 3,56 <sup>a</sup>	1485 ± 282 <sup>ab</sup>	40,5 ± 6,11 <sup>a</sup>	1680 ± 201 <sup>b</sup>	54,7 ± 6,15 <sup>b</sup>	1733 ± 30,6 <sup>b</sup>	50,3 ± 7,6 <sup>b</sup>	1104 ± 168 <sup>a</sup>	48 ± 4,56 <sup>ab</sup>	1343 ± 153 <sup>ab</sup>	47,3 ± 5,46 <sup>ab</sup>	1080 ± 70 <sup>a</sup>	47,5 ± 4,28 <sup>ab</sup>
6,57	1400 ± 138 <sup>ab</sup>	42 ± 8,87 <sup>a</sup>	1488 ± 278 <sup>ab</sup>	42,2 ± 6,76 <sup>a</sup>	1670 ± 191 <sup>b</sup>	61,3 ± 11,9 <sup>b</sup>	1740 ± 40 <sup>b</sup>	53,4 ± 8,64 <sup>b</sup>	1096 ± 173 <sup>a</sup>	51,4 ± 6,07 <sup>ab</sup>	1327 ± 142 <sup>ab</sup>	50,9 ± 6,24 <sup>ab</sup>	1069 ± 66,6 <sup>a</sup>	51,4 ± 5,22 <sup>ab</sup>
9,24	1387 ± 129 <sup>ab</sup>	50 ± 22,6 <sup>a</sup>	1483 ± 273 <sup>ab</sup>	47,1 ± 8,01 <sup>a</sup>	1647 ± 176 <sup>b</sup>	74,5 ± 25,8 <sup>b</sup>	1730 ± 36,1 <sup>b</sup>	61,8 ± 12,8 <sup>b</sup>	1080 ± 186 <sup>a</sup>	54,7 ± 7,67 <sup>ab</sup>	13067 ± 133 <sup>ab</sup>	56 ± 4,68 <sup>ab</sup>	1051 ± 64,5 <sup>a</sup>	54,6 ± 5,71 <sup>ab</sup>
13	1333 ± 92,9 <sup>ab</sup>	87,4 ± 38,4 <sup>b</sup>	1470 ± 269 <sup>ab</sup>	56,6 ± 11,1 <sup>a</sup>	1610 ± 156 <sup>b</sup>	99 ± 50,8 <sup>b</sup>	1717 ± 37,9 <sup>b</sup>	74,6 ± 23,5 <sup>b</sup>	1060 ± 196 <sup>a</sup>	54,9 ± 6,71 <sup>abc</sup>	1287 ± 133 <sup>ab</sup>	61,4 ± 2,61 <sup>abc</sup>	1027 ± 60,6 <sup>a</sup>	54,6 ± 3,45 <sup>abc</sup>
18,3	1250 ± 45,8 <sup>ab</sup>	151 ± 75 <sup>b</sup>	1448 ± 262 <sup>ab</sup>	76,3 ± 15,7 <sup>ab</sup>	1543 ± 112 <sup>b</sup>	151 ± 97,1 <sup>b</sup>	1693 ± 40,4 <sup>b</sup>	94 ± 39 <sup>ab</sup>	1043 ± 202 <sup>a</sup>	52 ± 3,19 <sup>a</sup>	1263 ± 127 <sup>ab</sup>	67,6 ± 13,3 <sup>ab</sup>	1011 ± 64,5 <sup>a</sup>	50,7 ± 0,95 <sup>a</sup>

Szög- sebesség (%)	0		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
	G'(Pa)	G''(Pa)	G(Pa)'	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
25,8	1097 ± 30,6 <sup>ab</sup>	282 ± 137,1 <sup>c</sup>	1403 ± 255 <sup>bc</sup>	111 ± 25,9 <sup>abc</sup>	1437 ± 45,1 <sup>bc</sup>	220 ± 145 <sup>c</sup>	1650 ± 60,8 <sup>c</sup>	125 ± 59,6 <sup>bc</sup>	1032 ± 204 <sup>ab</sup>	49,5 ± 1,27 <sup>ab</sup>	1247 ± 133 <sup>abc</sup>	75,8 ± 25,5 <sup>abc</sup>	1003 ± 67,1 <sup>a</sup>	45,3 ± 0,46 <sup>a</sup>
36,3	951 ± 72 <sup>a</sup>	387 ± 134 <sup>c</sup>	1335 ± 246 <sup>abc</sup>	157 ± 37,2 <sup>abc</sup>	1303 ± 73,7 <sup>bc</sup>	306 ± 191 <sup>c</sup>	1577 ± 106,9 <sup>c</sup>	176 ± 74,8 <sup>bc</sup>	1025 ± 205 <sup>ab</sup>	51,2 ± 7,51 <sup>ab</sup>	1233 ± 145 <sup>abc</sup>	86,2 ± 36,4 <sup>abc</sup>	998 ± 69,3 <sup>ab</sup>	40,3 ± 0,74 <sup>a</sup>
50,9	973 ± 136 <sup>a</sup>	394 ± 78,1 <sup>b</sup>	1258 ± 248 <sup>ab</sup>	205 ± 38,7 <sup>ab</sup>	1122 ± 162 <sup>ab</sup>	370 ± 188 <sup>b</sup>	1490 ± 151 <sup>b</sup>	254 ± 73,1 <sup>ab</sup>	1011 ± 205 <sup>a</sup>	57,9 ± 14,95 <sup>a</sup>	1217 ± 159 <sup>ab</sup>	98,3 ± 45,6 <sup>ab</sup>	997,3 ± 69,9 <sup>a</sup>	36,9 ± 1,12 <sup>a</sup>
71,9	717 ± 196 <sup>a</sup>	444 ± 69 <sup>c</sup>	1171 ± 257 <sup>abc</sup>	256 ± 41,5 <sup>abc</sup>	938 ± 213 <sup>ab</sup>	412 ± 143 <sup>c</sup>	1363 ± 186 <sup>c</sup>	343 ± 39 <sup>bc</sup>	994 ± 200 <sup>abc</sup>	70,4 ± 26,6 <sup>ab</sup>	1217 ± 185 <sup>bc</sup>	111 ± 43,8 <sup>abc</sup>	1001 ± 73,4 <sup>abc</sup>	35,9 ± 1,35 <sup>a</sup>
102	343 ± 178 <sup>a</sup>	400 ± 73,6 <sup>bc</sup>	1092 ± 277 <sup>abc</sup>	319 ± 42,9 <sup>abc</sup>	755 ± 208 <sup>ab</sup>	419 ± 84,1 <sup>c</sup>	1273 ± 278 <sup>c</sup>	382 ± 51,3 <sup>bc</sup>	981 ± 205 <sup>bc</sup>	91,1 ± 44,8 <sup>ab</sup>	1227 ± 235 <sup>c</sup>	124 ± 40 <sup>abc</sup>	1003 ± 70,8 <sup>abc</sup>	38,7 ± 1,53 <sup>a</sup>
142	258 ± 63,5 <sup>a</sup>	386 ± 16,7 <sup>bc</sup>	1064 ± 392 <sup>abc</sup>	358 ± 39 <sup>abc</sup>	573 ± 163 <sup>ab</sup>	400 ± 38,3 <sup>c</sup>	1294 ± 370 <sup>bc</sup>	368 ± 75,5 <sup>abc</sup>	985 ± 231 <sup>abc</sup>	111 ± 63,2 <sup>ab</sup>	1225 ± 256 <sup>c</sup>	129 ± 43,8 <sup>abc</sup>	1018 ± 73 <sup>abc</sup>	46,3 ± 5,49 <sup>a</sup>
197	188 ± 21,6 <sup>a</sup>	349 ± 14,2 <sup>abc</sup>	1075 ± 530 <sup>bc</sup>	344 ± 37 <sup>abc</sup>	417 ± 162 <sup>ab</sup>	383 ± 46,8 <sup>bc</sup>	1157 ± 315 <sup>c</sup>	421,5 ± 67,2 <sup>c</sup>	1004 ± 259 <sup>abc</sup>	107 ± 55,3 <sup>ab</sup>	1255 ± 361 <sup>bc</sup>	107 ± 36,5 <sup>ab</sup>	1025 ± 73,1 <sup>abc</sup>	47,7 ± 5,56 <sup>a</sup>

abc: Kruskal-Wallis statisztikai teszt alapján történt homogén csoportok jelölése

**M8. Melléklet: A szentjánoskenyérmag liszttel készült vizes oldatok tárolási és veszteségi modulus értékei**

Szögsebesség (%)	0%		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
0,601	311 ± 7,93 <sup>b</sup>	235 ± 8,71 <sup>b</sup>	231 ± 12,3 <sup>ab</sup>	191 ± 12,2 <sup>ab</sup>	210 ± 10,4 <sup>ab</sup>	178 ± 14 <sup>ab</sup>	193 ± 6 <sup>ab</sup>	168 ± 6,81 <sup>ab</sup>	234 ± 3,79 <sup>ab</sup>	183 ± 6,66 <sup>ab</sup>	203 ± 1,53 <sup>ab</sup>	175 ± 6,08 <sup>ab</sup>	161 ± 7,23 <sup>a</sup>	146 ± 11,7 <sup>a</sup>
0,847	297 ± 6,81 <sup>b</sup>	219 ± 7,02 <sup>b</sup>	228 ± 7,93 <sup>ab</sup>	181 ± 9,61 <sup>ab</sup>	201 ± 4,36 <sup>ab</sup>	167 ± 9,29 <sup>ab</sup>	184 ± 4,16 <sup>ab</sup>	158 ± 4,36 <sup>ab</sup>	224 ± 2,08 <sup>ab</sup>	172 ± 4,16 <sup>ab</sup>	193 ± 2,52 <sup>ab</sup>	162 ± 1,73 <sup>ab</sup>	156 ± 4,12 <sup>a</sup>	138 ± 7,81 <sup>a</sup>
1,19	288 ± 7 <sup>b</sup>	206 ± 7 <sup>b</sup>	228 ± 3,51 <sup>ab</sup>	175 ± 6,03 <sup>ab</sup>	197 ± 1,53 <sup>ab</sup>	159 ± 4,04 <sup>ab</sup>	182 ± 4,58 <sup>ab</sup>	152 ± 4,36 <sup>ab</sup>	217 ± 1 <sup>ab</sup>	162 ± 3,21 <sup>ab</sup>	186 ± 5,2 <sup>ab</sup>	152 ± 1,54 <sup>ab</sup>	154 ± 3,79 <sup>a</sup>	132 ± 5,29 <sup>a</sup>
1,68	282 ± 6,42 <sup>b</sup>	197 ± 6,66 <sup>b</sup>	227 ± 0,58 <sup>ab</sup>	169 ± 3 <sup>ab</sup>	195 ± 6,56 <sup>ab</sup>	153 ± 4,36 <sup>ab</sup>	182 ± 4,16 <sup>ab</sup>	147 ± 3,21 <sup>ab</sup>	212 ± 3,21 <sup>ab</sup>	155 ± 3,51 <sup>ab</sup>	180 ± 5,03 <sup>ab</sup>	143 ± 2,31 <sup>ab</sup>	152 ± 4,35 <sup>a</sup>	128 ± 5,13 <sup>a</sup>
2,36	281 ± 4,93 <sup>b</sup>	192 ± 4,93 <sup>b</sup>	226 ± 1,73 <sup>ab</sup>	164 ± 2,52 <sup>ab</sup>	192 ± 7,02 <sup>ab</sup>	148 ± 4,36 <sup>ab</sup>	179 ± 2,31 <sup>ab</sup>	142 ± 2,08 <sup>ab</sup>	210 ± 4,04 <sup>ab</sup>	150 ± 2,52 <sup>ab</sup>	177 ± 5,31 <sup>ab</sup>	138 ± 1,53 <sup>ab</sup>	150 ± 3,21 <sup>a</sup>	124 ± 4,72 <sup>a</sup>
3,32	280 ± 2,52 <sup>b</sup>	189 ± 3,46 <sup>b</sup>	225 ± 3,79 <sup>ab</sup>	161 ± 2,65 <sup>ab</sup>	191 ± 5,03 <sup>ab</sup>	144 ± 3,61 <sup>ab</sup>	177 ± 1 <sup>ab</sup>	137 ± 1 <sup>ab</sup>	208 ± 4,16 <sup>ab</sup>	146 ± 2,08 <sup>ab</sup>	176 ± 1,73 <sup>ab</sup>	136 ± 0,58 <sup>ab</sup>	149 ± 2,65 <sup>a</sup>	122 ± 3,51 <sup>a</sup>
4,67	277 ± 1,53 <sup>b</sup>	186 ± 3,21 <sup>b</sup>	226 ± 3,46 <sup>ab</sup>	159 ± 2 <sup>ab</sup>	190 ± 6 <sup>ab</sup>	142 ± 2,89 <sup>ab</sup>	177 ± 1 <sup>ab</sup>	135 ± 1 <sup>ab</sup>	206 ± 6,11 <sup>ab</sup>	144 ± 2,65 <sup>ab</sup>	173 ± 1,53 <sup>ab</sup>	133 ± 1,54 <sup>ab</sup>	148 ± 2,89 <sup>a</sup>	119 ± 3,06 <sup>a</sup>
6,58	276 ± 0,58 <sup>b</sup>	184 ± 2,31 <sup>b</sup>	224 ± 3,46 <sup>ab</sup>	157 ± 1,53 <sup>ab</sup>	189 ± 5,58 <sup>ab</sup>	140 ± 2,65 <sup>ab</sup>	176 ± 1,53 <sup>ab</sup>	133 ± 1,54 <sup>ab</sup>	204 ± 6,05 <sup>ab</sup>	142 ± 2,52 <sup>ab</sup>	171 ± 1,52 <sup>ab</sup>	131 ± 1,54 <sup>ab</sup>	146 ± 2,08 <sup>a</sup>	117 ± 2,08 <sup>a</sup>

Szögsebesség	0%		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
(%)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
9,26	274 ± 1,15 <sup>b</sup>	182 ± 1,53 <sup>b</sup>	224 ± 4,04 <sup>ab</sup>	155 ± 2,08 <sup>ab</sup>	188 ± 5 <sup>ab</sup>	139 ± 3,06 <sup>ab</sup>	174 ± 1,55 <sup>ab</sup>	131 ± 0,58 <sup>ab</sup>	202 ± 6,51 <sup>ab</sup>	140 ± 2,51 <sup>ab</sup>	170 ± 1,54 <sup>ab</sup>	129 ± 1,54 <sup>ab</sup>	144 ± 1,73 <sup>a</sup>	116 ± 2 <sup>a</sup>
13	273 ± 1,52 <sup>b</sup>	181 ± 1,53 <sup>b</sup>	221 ± 4,62 <sup>ab</sup>	155 ± 2,31 <sup>ab</sup>	186 ± 4,58 <sup>ab</sup>	137 ± 2,52 <sup>ab</sup>	173 ± 1,53 <sup>ab</sup>	129 ± 0,58 <sup>ab</sup>	200 ± 6,56 <sup>ab</sup>	138 ± 3,06 <sup>ab</sup>	168 ± 1 <sup>ab</sup>	127 ± 0,58 <sup>ab</sup>	142 ± 2,31 <sup>a</sup>	115 ± 1,52 <sup>a</sup>
18,3	270 ± 1,52 <sup>b</sup>	179 ± 1 <sup>b</sup>	219 ± 4,04 <sup>ab</sup>	154 ± 2,31 <sup>ab</sup>	184 ± 4,16 <sup>ab</sup>	136 ± 3 <sup>ab</sup>	170 ± 1,55 <sup>ab</sup>	128 ± 0,58 <sup>ab</sup>	198 ± 7,09 <sup>ab</sup>	137 ± 3 <sup>ab</sup>	166 ± 1 <sup>ab</sup>	126 ± 0,58 <sup>ab</sup>	141 ± 2,08 <sup>a</sup>	114 ± 1,51 <sup>a</sup>
25,8	265 ± 2,52 <sup>b</sup>	178 ± 1 <sup>b</sup>	214 ± 4,62 <sup>ab</sup>	152 ± 2,65 <sup>ab</sup>	180 ± 3,61 <sup>ab</sup>	135 ± 3 <sup>ab</sup>	167 ± 1,73 <sup>ab</sup>	127 ± 1 <sup>ab</sup>	194 ± 6,11 <sup>ab</sup>	136 ± 3 <sup>ab</sup>	163 ± 1 <sup>ab</sup>	124 ± 0,58 <sup>ab</sup>	138 ± 1,73 <sup>a</sup>	112 ± 1 <sup>a</sup>
36,3	257 ± 3 <sup>b</sup>	176 ± 1 <sup>b</sup>	208 ± 4,04 <sup>ab</sup>	150 ± 2,89 <sup>ab</sup>	174 ± 2,65 <sup>ab</sup>	133 ± 2,52 <sup>ab</sup>	162 ± 1,53 <sup>ab</sup>	125 ± 0,58 <sup>ab</sup>	188 ± 5,85 <sup>ab</sup>	135 ± 3,06 <sup>ab</sup>	158 ± 1 <sup>ab</sup>	123 ± 0,58 <sup>ab</sup>	134 ± 1,73 <sup>a</sup>	111 ± 1,52 <sup>a</sup>
51,1	244 ± 3,61 <sup>b</sup>	173 ± 1 <sup>b</sup>	197 ± 3,61 <sup>ab</sup>	148 ± 2,31 <sup>ab</sup>	164 ± 1,53 <sup>ab</sup>	131 ± 2,08 <sup>ab</sup>	153 ± 1,5 <sup>ab</sup>	123 ± 1 <sup>ab</sup>	178 ± 4,93 <sup>ab</sup>	133 ± 3,06 <sup>ab</sup>	150 ± 1 <sup>ab</sup>	122 ± 1,54 <sup>ab</sup>	127 ± 1,72 <sup>a</sup>	109 ± 1 <sup>a</sup>
71,9	223 ± 5,29 <sup>b</sup>	168 ± 1 <sup>b</sup>	180 ± 3,51 <sup>ab</sup>	143 ± 2,08 <sup>ab</sup>	148 ± 1 <sup>ab</sup>	126 ± 1 <sup>ab</sup>	140 ± 3,06 <sup>ab</sup>	120 ± 2 <sup>ab</sup>	163 ± 4,93 <sup>ab</sup>	130 ± 3,51 <sup>ab</sup>	138 ± 0,58 <sup>ab</sup>	118 ± 0,58 <sup>ab</sup>	117 ± 1,74 <sup>a</sup>	106 ± 1 <sup>a</sup>
101	193 ± 7,37 <sup>b</sup>	160 ± 3,06 <sup>b</sup>	156 ± 4,16 <sup>ab</sup>	137 ± 2,65 <sup>ab</sup>	128 ± 2,31 <sup>ab</sup>	121 ± 1,53 <sup>ab</sup>	122 ± 3,06 <sup>ab</sup>	115 ± 2,65 <sup>ab</sup>	142 ± 3,79 <sup>ab</sup>	126 ± 3 <sup>ab</sup>	121 ± 0,57 <sup>ab</sup>	113 ± 1,54 <sup>ab</sup>	103 ± 1,7 <sup>a</sup>	102 ± 1,52 <sup>a</sup>

Szögsebesség	0%		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
(%)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
142	156 ± 7,02 <sup>b</sup>	151 ± 5,13 <sup>b</sup>	127 ± 3,61 <sup>ab</sup>	130 ± 3,21 <sup>ab</sup>	105 ± 2,82 <sup>ab</sup>	113 ± 1,53 <sup>ab</sup>	101 ± 3,21 <sup>ab</sup>	109 ± 2,52 <sup>ab</sup>	117 ± 3,21 <sup>ab</sup>	119 ± 3 <sup>ab</sup>	100 ± 0,78 <sup>ab</sup>	107 ± 1 <sup>ab</sup>	85,1 ± 1,25 <sup>a</sup>	96,6 ± 1 <sup>a</sup>
200	116 ± 5,57 <sup>b</sup>	139 ± 5,68 <sup>b</sup>	96,2 ± 2,66 <sup>ab</sup>	120 ± 3,21 <sup>ab</sup>	79,2 ± 1,59 <sup>ab</sup>	104 ± 1,53 <sup>ab</sup>	76,4 ± 2,74 <sup>ab</sup>	99,7 ± 2,52 <sup>ab</sup>	87,8 ± 2,11 <sup>ab</sup>	109 ± 2,08 <sup>ab</sup>	76 ± 0,46 <sup>ab</sup>	99 ± 0,31 <sup>ab</sup>	65 ± 0,97 <sup>a</sup>	88,7 ± 0,97 <sup>a</sup>

abc: Kruskal-Wallis statisztikai teszt alapján történt homogén csoportok jelölése

**M9. Melléklet: A xantánnal készült vizes oldatok tárolási és a veszteség modulus értékei**

	0		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
Szög- sebesség (%)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
0,601	178 ± 17,6 <sup>b</sup>	72,5 ± 8,55	171 ± 9,07 <sup>ab</sup>	780 ± 2,63 <sup>b</sup>	153 ± 7,23 <sup>ab</sup>	62,6 ± 4,72 <sup>ab</sup>	162 ± 13,23 <sup>ab</sup>	69,7 ± 3,77	149 ± 8,74 <sup>ab</sup>	63,4 ± 6,77 <sup>ab</sup>	124 ± 12,01 <sup>ab</sup>	51,1 ± 5,16 <sup>a</sup>	140,3 ± 1,52 <sup>ab</sup>	56,4 ± 0,85 <sup>ab</sup>
0,847	170 ± 14,8 <sup>a</sup>	62,3 ± 5,99 <sup>ab</sup>	161 ± 8,5 <sup>a</sup>	66,4 ± 1,45 <sup>b</sup>	150 ± 7,81 <sup>a</sup>	56 ± 3,21 <sup>ab</sup>	156 ± 9,61 <sup>a</sup>	60,3 ± 2,63 <sup>ab</sup>	146 ± 6,66 <sup>ab</sup>	57,3 ± 4,23 <sup>ab</sup>	123 ± 10,5 <sup>a</sup>	50,1 ± 3,39 <sup>a</sup>	139 ± 1 <sup>a</sup>	52,9 ± 0,81 <sup>ab</sup>
1,19	162 ± 12,9 <sup>a</sup>	53,3 ± 4,6 <sup>ab</sup>	156 ± 8,33 <sup>a</sup>	55,9 ± 1,19 <sup>b</sup>	145 ± 9,54 <sup>a</sup>	47,6 ± 3,08 <sup>ab</sup>	151 ± 7,09 <sup>a</sup>	51 ± 1,78 <sup>ab</sup>	140 ± 5,67 <sup>a</sup>	48,3 ± 3,29 <sup>ab</sup>	119 ± 9,45 <sup>a</sup>	42,9 ± 1,82 <sup>a</sup>	134,7 ± 0,58 <sup>a</sup>	45,2 ± 0,7 <sup>ab</sup>
1,68	157 ± 12,5 <sup>a</sup>	46,4 ± 3,39 <sup>ab</sup>	152 ± 7,21 <sup>a</sup>	48,4 ± 0,96 <sup>b</sup>	141 ± 9,81 <sup>a</sup>	41,4 ± 2,65 <sup>ab</sup>	149 ± 6,35 <sup>a</sup>	44,3 ± 1,33 <sup>ab</sup>	136 ± 4 <sup>a</sup>	41,7 ± 2,51 <sup>ab</sup>	116 ± 10,12 <sup>a</sup>	37,4 ± 1,83 <sup>a</sup>	133,7 ± 2,89 <sup>a</sup>	39,7 ± 0,1 <sup>ab</sup>
2,36	153 ± 12,1 <sup>a</sup>	41,7 ± 2,76 <sup>ab</sup>	150 ± 6,66 <sup>a</sup>	43,3 ± 0,9 <sup>b</sup>	141 ± 8,38 <sup>a</sup>	37,3 ± 2,14 <sup>ab</sup>	147 ± 6,49 <sup>a</sup>	39,6 ± 0,83 <sup>ab</sup>	135 ± 3,61 <sup>a</sup>	37,3 ± 2 <sup>ab</sup>	115 ± 9,64 <sup>a</sup>	33,4 ± 1,82 <sup>a</sup>	133 ± 3,21 <sup>a</sup>	35,6 ± 0,69 <sup>ab</sup>
3,32	151 ± 10,8 <sup>a</sup>	38,7 ± 2,56 <sup>ab</sup>	148 ± 6,24 <sup>a</sup>	39,7 ± 1,05 <sup>b</sup>	141 ± 3,81 <sup>a</sup>	34,6 ± 1,74 <sup>ab</sup>	145 ± 7,77 <sup>a</sup>	36,3 ± 0,61 <sup>ab</sup>	136 ± 4,04 <sup>a</sup>	34,7 ± 1,94 <sup>ab</sup>	115 ± 8,74 <sup>a</sup>	30,8 ± 2 <sup>a</sup>	133 ± 1,73 <sup>a</sup>	32,9 ± 0,61 <sup>ab</sup>
4,67	148 ± 11,3 <sup>a</sup>	36,2 ± 2 <sup>ab</sup>	146 ± 5,29 <sup>a</sup>	36,9 ± 1 <sup>b</sup>	140 ± 5,86 <sup>a</sup>	32,4 ± 1,76 <sup>ab</sup>	144 ± 7,81 <sup>a</sup>	34,2 ± 0,35 <sup>ab</sup>	135 ± 3,06 <sup>a</sup>	32,7 ± 1,8 <sup>ab</sup>	114 ± 8,19 <sup>a</sup>	28,8 ± 2,22 <sup>a</sup>	133 ± 1,73 <sup>a</sup>	31,2 ± 0,64 <sup>ab</sup>
6,58	145 ± 11 <sup>a</sup>	34,1 ± 1,49 <sup>ab</sup>	144 ± 4,58 <sup>a</sup>	34,7 ± 1,01 <sup>b</sup>	139 ± 5,29 <sup>a</sup>	30,9 ± 1,61 <sup>ab</sup>	143 ± 8,14 <sup>a</sup>	32,7 ± 0,35 <sup>ab</sup>	134 ± 3 <sup>a</sup>	31,4 ± 1,72 <sup>ab</sup>	113 ± 7,51 <sup>a</sup>	27,2 ± 1,99 <sup>a</sup>	133 ± 1,15 <sup>a</sup>	30 ± 0,61 <sup>ab</sup>
9,26	143 ± 10,7 <sup>a</sup>	32,3 ± 0,95 <sup>ab</sup>	142 ± 4,16 <sup>a</sup>	32,9 ± 0,81 <sup>b</sup>	137 ± 4,04 <sup>a</sup>	29,7 ± 1,37 <sup>ab</sup>	141 ± 8,96 <sup>a</sup>	31,4 ± 0,61 <sup>ab</sup>	133 ± 2,52 <sup>a</sup>	30,5 ± 1,51 <sup>ab</sup>	112 ± 6,03 <sup>a</sup>	25,9 ± 1,76 <sup>a</sup>	132 ± 2,08 <sup>a</sup>	29,2 ± 0,47 <sup>ab</sup>

Szög- sebesség (%)	0		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
13	140 ± 10,4 <sup>a</sup>	31 ± 0,93 <sup>ab</sup>	139 ± 3,61 <sup>a</sup>	31,5 ± 0,61 <sup>b</sup>	135 ± 3,51 <sup>a</sup>	28,8 ± 0,95 <sup>ab</sup>	138 ± 8,96 <sup>a</sup>	30,3 ± 1,08 <sup>ab</sup>	131 ± 2 <sup>a</sup>	29,7 ± 1,25 <sup>ab</sup>	110 ± 5,51 <sup>a</sup>	24,9 ± 1,41 <sup>a</sup>	130 ± 1,73 <sup>a</sup>	28,4 ± 0,32 <sup>ab</sup>
18,3	136 ± 9,81 <sup>a</sup>	30,4 ± 1,01 <sup>ab</sup>	135 ± 3,21 <sup>a</sup>	30,8 ± 0,68 <sup>b</sup>	131 ± 3,21 <sup>a</sup>	28,4 ± 0,67 <sup>ab</sup>	133 ± 8,39 <sup>a</sup>	29,9 ± 1,51 <sup>ab</sup>	128 ± 1,53 <sup>a</sup>	29 ± 0,95 <sup>ab</sup>	109 ± 5,03 <sup>a</sup>	24,1 ± 1,17 <sup>a</sup>	127 ± 2,08 <sup>a</sup>	28 ± 0,21 <sup>ab</sup>
25,8	128 ± 9,87 <sup>a</sup>	31,4 ± 1,4 <sup>ab</sup>	126 ± 3,06 <sup>a</sup>	31,7 ± 1 <sup>b</sup>	124 ± 2,65 <sup>a</sup>	29,6 ± 0,66 <sup>ab</sup>	125 ± 7,81 <sup>a</sup>	30,9 ± 2,06 <sup>ab</sup>	122 ± 0,58 <sup>a</sup>	29,1 ± 0,85 <sup>ab</sup>	104 ± 4,61 <sup>a</sup>	24,1 ± 1,03 <sup>a</sup>	121 ± 2 <sup>a</sup>	28,1 ± 0,3 <sup>ab</sup>
36,3	111 ± 7,57 <sup>a</sup>	36,5 ± 2,42 <sup>a</sup>	111 ± 2,08 <sup>a</sup>	36,1 ± 1,61 <sup>a</sup>	109 ± 1,73 <sup>a</sup>	34,6 ± 1,29 <sup>a</sup>	110 ± 5,51 <sup>a</sup>	35,6 ± 2,87 <sup>a</sup>	110 ± 0,58 <sup>a</sup>	31,5 ± 0,95 <sup>a</sup>	95,6 ± 3,95 <sup>a</sup>	25,8 ± 1 <sup>a</sup>	110 ± 1,53 <sup>a</sup>	30,7 ± 0,51 <sup>a</sup>
51,1	85,6 ± 4,54 <sup>ab</sup>	44,2 ± 3,63 <sup>a</sup>	86,2 ± 0,74 <sup>ab</sup>	43,4 ± 1,85 <sup>a</sup>	83,7 ± 1 <sup>ab</sup>	42,2 ± 1,59 <sup>a</sup>	84,3 ± 3,67 <sup>ab</sup>	42,9 ± 3,49 <sup>a</sup>	89,9 ± 0,23 <sup>b</sup>	37,7 ± 0,76 <sup>a</sup>	79,1 ± 2,71 <sup>a</sup>	31,1 ± 1,39 <sup>a</sup>	88,5 ± 0,83 <sup>ab</sup>	37,9 ± 0,64 <sup>a</sup>
71,9	57,5 ± 2,2 <sup>a</sup>	47 ± 3,55 <sup>a</sup>	58,7 ± 0,64 <sup>a</sup>	46,3 ± 1,35 <sup>a</sup>	56,6 ± 0,61 <sup>a</sup>	45,1 ± 1,23 <sup>a</sup>	56,9 ± 2,17 <sup>a</sup>	45,5 ± 3,29 <sup>a</sup>	63,5 ± 0,29 <sup>a</sup>	42,8 ± 0,6 <sup>a</sup>	56,6 ± 1,04 <sup>a</sup>	36,3 ± 1,88 <sup>a</sup>	61,2 ± 1,7 <sup>a</sup>	43,3 ± 0,36 <sup>a</sup>
101	35,8 ± 1,01 <sup>a</sup>	43 ± 2,89 <sup>a</sup>	36,8 ± 0,61 <sup>a</sup>	42,6 ± 0,86 <sup>a</sup>	35,3 ± 0,55 <sup>a</sup>	41,5 ± 0,74 <sup>a</sup>	35,5 ± 1,22 <sup>a</sup>	41,7 ± 2,86 <sup>a</sup>	40,3 ± 0,47 <sup>a</sup>	41,5 ± 0,45 <sup>a</sup>	36,2 ± 0,25 <sup>a</sup>	35,7 ± 1,6 <sup>a</sup>	38,1 ± 0,4 <sup>a</sup>	41,4 ± 0,15 <sup>a</sup>
142	21,8 ± 0,42 <sup>a</sup>	35,7 ± 2,14 <sup>a</sup>	22,3 ± 0,55 <sup>a</sup>	35,7 ± 0,57 <sup>a</sup>	21,5 ± 0,41 <sup>a</sup>	34,7 ± 0,47 <sup>a</sup>	21,5 ± 0,67 <sup>a</sup>	34,7 ± 2,04 <sup>a</sup>	24,4 ± 0,36 <sup>a</sup>	35,7 ± 0,32 <sup>a</sup>	22,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	30,9 ± 1,05 <sup>a</sup>	22,8 ± 01 <sup>a</sup>	35,2 ± 0,1 <sup>a</sup>
200	13,3 ± 0,31 <sup>a</sup>	28,4 ± 1,59 <sup>a</sup>	13,7 ± 0,38 <sup>a</sup>	28,5 ± 0,4 <sup>a</sup>	13,2 ± 0,26 <sup>a</sup>	27,6 ± 0,36 <sup>a</sup>	13,2 ± 0,5 <sup>a</sup>	27,7 ± 1,48 <sup>a</sup>	14,6 ± 0,23 <sup>a</sup>	28,7 ± 0,32 <sup>a</sup>	13,3 ± 0,06 <sup>a</sup>	25 ± 0,7 <sup>a</sup>	13,6 ± 01 <sup>a</sup>	28,1 ± 0,1 <sup>a</sup>

abc: Kruskal-Wallis statisztikai teszt alapján történt homogén csoportok jelölése

**M10. Melléklet: A szentjánoskenyérmag liszt és xantán keverékkel készült vizes oldatok tárolási és a veszteség modulus értékei**

Szög- sebesség (%)	0%		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
	G' (Pa)	G''(Pa)	G' (Pa)	G''(Pa)	G' (Pa)	G''(Pa)	G' (Pa)	G''(Pa)	G' (Pa)	G''(Pa)	G' (Pa)	G''(Pa)	G' (Pa)	G''(Pa)
0,0791	1757	279	1663	429	1530	415	1287	316	1570	303	1500	387	1283	290
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	120 <sup>b</sup>	6,56 <sup>b</sup>	186 <sup>ab</sup>	63,9 <sup>ab</sup>	70 <sup>ab</sup>	27,3 <sup>ab</sup>	90,7 <sup>a</sup>	43,1 <sup>a</sup>	88,9 <sup>ab</sup>	22,9 <sup>ab</sup>	55,7 <sup>ab</sup>	70,2 <sup>ab</sup>	72,7 <sup>a</sup>	99,1 <sup>ab</sup>
0,109	1617	260	1490	370	1363	354	1227	297	1467	275	1340	338	1210	282
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	145 <sup>a</sup>	8,14 <sup>a</sup>	161 <sup>a</sup>	50,2 <sup>a</sup>	80,8 <sup>a</sup>	23,4 <sup>a</sup>	76,4 <sup>a</sup>	36,5 <sup>a</sup>	75,1 <sup>a</sup>	15,6 <sup>a</sup>	45,8 <sup>a</sup>	51,7 <sup>a</sup>	33,7 <sup>a</sup>	52,7 <sup>a</sup>
0,154	1543	228	1377	310	1263	302	1117	266	1387	241,7	1247	292	1113	248
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	160 <sup>b</sup>	3,21 <sup>a</sup>	146 <sup>ab</sup>	35,5 <sup>a</sup>	77,7 <sup>ab</sup>	31,5 <sup>a</sup>	66,6 <sup>ab</sup>	29,5 <sup>a</sup>	80,8 <sup>ab</sup>	4,62 <sup>a</sup>	50,3 <sup>ab</sup>	45,6 <sup>a</sup>	53,2 <sup>a</sup>	37,2 <sup>a</sup>
0,216	1500	201	1313	258	1203	254	1057	222	1330	210	1190	246	1061	214
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	170 <sup>a</sup>	10,4 <sup>a</sup>	138 <sup>a</sup>	27,2 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>	23,1 <sup>a</sup>	50,3 <sup>a</sup>	18,5 <sup>a</sup>	81,9 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	33,1 <sup>a</sup>	66,5 <sup>a</sup>	25,7 <sup>a</sup>
0,304	1473	172	1270	226	1163	213	1015	193	1290	181	1150	208	1025	184
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1640 <sup>b</sup>	6,66 <sup>a</sup>	140 <sup>ab</sup>	18,9 <sup>b</sup>	68,1 <sup>ab</sup>	13,1 <sup>ab</sup>	43,2 <sup>b</sup>	15,7 <sup>ab</sup>	85,4 <sup>ab</sup>	2,65 <sup>ab</sup>	45,8 <sup>ab</sup>	19,5 <sup>ab</sup>	68 <sup>a</sup>	18,7 <sup>ab</sup>
0,428	1457	153	1240	196	1133	184	994	170	1273	160	1117	180	1004	163
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	155 <sup>b</sup>	9,29 <sup>a</sup>	131 <sup>ab</sup>	15,9 <sup>a</sup>	68,1 <sup>ab</sup>	8,89 <sup>a</sup>	33,9 <sup>a</sup>	16,1 <sup>a</sup>	80,8 <sup>ab</sup>	2,31 <sup>a</sup>	40,4 <sup>ab</sup>	12,3 <sup>a</sup>	72,8 <sup>ab</sup>	18,9 <sup>a</sup>
0,603	1457	140	1230	177	1113	165	987	155	1260	146	1093	161	982	146
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	145 <sup>b</sup>	10,6 <sup>a</sup>	122 <sup>ab</sup>	11,6 <sup>a</sup>	68,1 <sup>ab</sup>	6,03 <sup>a</sup>	21,7 <sup>a</sup>	16,6 <sup>a</sup>	70 <sup>ab</sup>	2,89 <sup>a</sup>	35,1 <sup>ab</sup>	9,17 <sup>a</sup>	64,6 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>
0,849	1460	137	1220	165	1103	151	991	144	1250	136	1080	147	962	134
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	125 <sup>b</sup>	13,3 <sup>a</sup>	104 <sup>ab</sup>	7,51 <sup>a</sup>	61,1 <sup>ab</sup>	5,57 <sup>a</sup>	9,64 <sup>a</sup>	10,7 <sup>a</sup>	60 <sup>ab</sup>	3,51 <sup>a</sup>	26,5 <sup>ab</sup>	7,77 <sup>a</sup>	57,9 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>
1,19	1467	135	1220	156	1097	140	999	137	1247	130	1070	137	945	125
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±



	106 <sup>b</sup>	7,93 <sup>a</sup>	79,4 <sup>ab</sup>	4,36 <sup>a</sup>	61,1 <sup>ab</sup>	7,51 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>	50,3 <sup>ab</sup>	3,21 <sup>a</sup>	40 <sup>ab</sup>	9,29 <sup>a</sup>	45,7 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>
	0%		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
Szög- sebesség (%)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)
1,68	1450	136	1217	152	1093	137	1000	132	1233	127	1063	133	940	120
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	102 <sup>b</sup>	11,7 <sup>a</sup>	70,2 <sup>ab</sup>	5,57 <sup>a</sup>	64,3 <sup>ab</sup>	8,08 <sup>a</sup>	30,5 <sup>ab</sup>	6,35 <sup>a</sup>	40,4 <sup>ab</sup>	4,93 <sup>a</sup>	51,3 <sup>ab</sup>	9,87 <sup>a</sup>	45,9 <sup>a</sup>	9,88 <sup>a</sup>
2,36	1427	152	1210	149	1080	134	990	129	1217	127	1053	130	933	117
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	96,1 <sup>b</sup>	21 <sup>a</sup>	65,6 <sup>ab</sup>	5,89 <sup>a</sup>	55,7 <sup>ab</sup>	7,64 <sup>a</sup>	23 <sup>ab</sup>	6,35 <sup>a</sup>	45,1 <sup>ab</sup>	7,81 <sup>a</sup>	35,1 <sup>ab</sup>	9,29 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>	8,73 <sup>a</sup>
3,32	1393	179	1190	153	1063	137	978	127,6	1190	132	1040	132	921	116
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	90,7 <sup>b</sup>	27,7 <sup>b</sup>	72,1 <sup>ab</sup>	8,14 <sup>ab</sup>	55,1 <sup>ab</sup>	8,39 <sup>ab</sup>	19,7 <sup>ab</sup>	6,66 <sup>ab</sup>	45,8 <sup>ab</sup>	13,3 <sup>ab</sup>	26,5 <sup>ab</sup>	8,66 <sup>ab</sup>	40,8 <sup>a</sup>	8,08 <sup>a</sup>
4,68	1363	221	1180	173	1037	150	985	144	1163	146	1014	141	916	125
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	90,7 <sup>b</sup>	36,4 <sup>b</sup>	70 <sup>ab</sup>	15,3 <sup>ab</sup>	54,5 <sup>ab</sup>	11,9 <sup>ab</sup>	51,9 <sup>ab</sup>	27,3 <sup>ab</sup>	32,2 <sup>ab</sup>	21,2 <sup>ab</sup>	29,5 <sup>ab</sup>	19,8 <sup>ab</sup>	58,6 <sup>a</sup>	18,2 <sup>a</sup>
6,59	1320	273	1127	199	995	176	950	155	1120	170,7	975	163	891	138
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	90 <sup>b</sup>	41,7 <sup>a</sup>	6,06 <sup>ab</sup>	10,1 <sup>a</sup>	53,2 <sup>ab</sup>	16,2 <sup>a</sup>	44,7 <sup>ab</sup>	34,6 <sup>a</sup>	20 <sup>ab</sup>	32,2 <sup>a</sup>	26,6 <sup>ab</sup>	20,7 <sup>a</sup>	56,8 <sup>a</sup>	20,4 <sup>a</sup>
9,29	1280	325	1073	240	934	214	898	181	1087	213,7	914	199	845	163
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	85,4 <sup>b</sup>	42,7 <sup>a</sup>	55,1 <sup>ab</sup>	14,9 <sup>a</sup>	59,5 <sup>ab</sup>	14,4 <sup>a</sup>	40,2 <sup>b</sup>	48,1 <sup>a</sup>	15,3 <sup>ab</sup>	46,7 <sup>a</sup>	27,8 <sup>ab</sup>	26 <sup>a</sup>	50,4 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>
13,1	1223	374	1010	284	861	254	830	211	1030	252	839	238	787	197
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	86,2 <sup>b</sup>	45 <sup>b</sup>	39,5 <sup>ab</sup>	11,6 <sup>ab</sup>	65,2 <sup>ab</sup>	9,85 <sup>ab</sup>	38,4 <sup>ab</sup>	57,1 <sup>ab</sup>	10 <sup>ab</sup>	44,3 <sup>ab</sup>	28,1 <sup>ab</sup>	27,4 <sup>ab</sup>	43,8 <sup>a</sup>	25,8 <sup>a</sup>
18,4	1153	420	918	313	776	281	750	239	965	276	751	266	717	227
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	83,3 <sup>a</sup>	56,6 <sup>b</sup>	33,1 <sup>a</sup>	19,5 <sup>ab</sup>	68,4 <sup>a</sup>	6,81 <sup>ab</sup>	32,1 <sup>a</sup>	52,6 <sup>ab</sup>	7,23 <sup>a</sup>	33,5 <sup>ab</sup>	25,5 <sup>a</sup>	23,7 <sup>ab</sup>	36,9 <sup>a</sup>	24,5 <sup>a</sup>
26	1063	459	804	344	690	312	658	262	888	294	659	294	635	247
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	82,6 <sup>a</sup>	68 <sup>b</sup>	28,3 <sup>a</sup>	26,5 <sup>ab</sup>	73,8 <sup>a</sup>	4,58 <sup>ab</sup>	24 <sup>a</sup>	37,2 <sup>ab</sup>	8,96 <sup>a</sup>	25 <sup>ab</sup>	20,1 <sup>a</sup>	27,3 <sup>ab</sup>	30,2 <sup>a</sup>	20,9 <sup>a</sup>

	0%		95P 1%		70P 1%		70L 1%		95P 3%		70P 3%		70L 3%	
Szög- sebesség (%)	G' (Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)	G'(Pa)	G''(Pa)
26,5	966	483	694	366	583	325	564	287	789	331	557	304	543	261
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	76,3 <sup>a</sup>	65,3 <sup>b</sup>	24,5 <sup>a</sup>	22,6 <sup>ab</sup>	67,3 <sup>a</sup>	13,6 <sup>ab</sup>	18 <sup>a</sup>	19 <sup>ab</sup>	19,1 <sup>a</sup>	16,5 <sup>ab</sup>	21,8 <sup>a</sup>	23,4 <sup>ab</sup>	24,5 <sup>a</sup>	20,3 <sup>a</sup>
51,3	871	496	585	364	487	323	475	294	664	356	468	309	455,8	272
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	71,4 <sup>a</sup>	61 <sup>b</sup>	23,3 <sup>a</sup>	17 <sup>ab</sup>	54 <sup>a</sup>	8,96 <sup>ab</sup>	19,1 <sup>a</sup>	22,7 <sup>ab</sup>	24,4 <sup>a</sup>	12,1 <sup>ab</sup>	21,1 <sup>a</sup>	15,3 <sup>ab</sup>	22,3 <sup>a</sup>	12,4 <sup>a</sup>
72,2	770	500	488	345	403	303	383	282	552	355	389	292,7	374	263
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	68,6 <sup>a</sup>	53 <sup>b</sup>	23,5 <sup>a</sup>	20,7 <sup>ab</sup>	45 <sup>a</sup>	11,4 <sup>ab</sup>	14,2 <sup>a</sup>	22,7 <sup>ab</sup>	30,3 <sup>a</sup>	11,4 <sup>ab</sup>	20,2 <sup>a</sup>	6,81 <sup>ab</sup>	18,2 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
101	659	492	395	320	325	277	302	256	442	342	315	268	300	243
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	84,7 <sup>a</sup>	38 <sup>b</sup>	25,4 <sup>a</sup>	18,5 <sup>ab</sup>	37,5 <sup>a</sup>	10,7 <sup>ab</sup>	9,54 <sup>a</sup>	19,9 <sup>ab</sup>	39,4 <sup>a</sup>	11,4 <sup>ab</sup>	21,4 <sup>a</sup>	4,93 <sup>ab</sup>	15,4 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>
143	537	478	301	285	249	254	222	225	329	320	245	247	230	218
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	125 <sup>b</sup>	24,1 <sup>b</sup>	21,4 <sup>ab</sup>	16 <sup>ab</sup>	29,8 <sup>ab</sup>	6,03 <sup>ab</sup>	8,19 <sup>a</sup>	16,3 <sup>a</sup>	42,9 <sup>ab</sup>	11,1 <sup>ab</sup>	24 <sup>ab</sup>	9,07 <sup>ab</sup>	12,5 <sup>ab</sup>	10,9 <sup>a</sup>
201	422	460	210	248	178	215	150	192	220	287	178	214	163	187
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	142 <sup>b</sup>	45,8 <sup>b</sup>	18,5 <sup>ab</sup>	15,6 <sup>ab</sup>	22,3 <sup>ab</sup>	6,11 <sup>ab</sup>	7,57 <sup>a</sup>	16,1 <sup>a</sup>	35,9 <sup>ab</sup>	5,51 <sup>ab</sup>	22,3 <sup>ab</sup>	4 <sup>ab</sup>	11,3 <sup>ab</sup>	9,18 <sup>a</sup>

abc: Kruskal-Wallis statisztikai teszt alapján történt homogén csoportok jelölése

### **M11. Melléklet: Az érzékszervi bírálócsoporth (panel) megbízhatósága**

A kéttényezős ANOVA elemzés után az összes érzékszervi tulajdonság szignifikánsan különböző volt ( $p < 0,05$ ), tehát nem voltak olyan tulajdonságok, amelyeket a további adatelemzés során nem használtam volna. A kéttényezős ANOVA modell a következő volt:  $\text{Attribútum} = \text{Minta} + \text{Bíráló} + \text{Minta} * \text{Bíráló}$ . A Tucker-1 elemzés és a Manhattan-diagramok szerint a panel is jó teljesítményű, és hasonló válaszokat adott ugyanazon érzékszervi tulajdonságokra. A paneltagok nagyon közel helyezkednek el a külső ellipsziszénél, kivéve egy tulajdonságot (ízintenzitás után), minimális eltérést csak az első és a második értékelési ponton tapasztaltam. A bírálók az első két vagy három főkomponenssel nagy variációt értek el. Az megállapítható, hogy az érzékszervi bírálótagjai egyetértettek az értékelt tulajdonságok tekintetében. Ugyanakkor a bírálók az F-parcellák elemzésekor nem tudták olyan jól megkülönböztetni a termékeket, a sütés szódabikarbóna illata/ízintenzitása, a só illata/ízintenzitása, az íztelenség intenzitása és az utóíz intenzitása alapján. Ezekben a tulajdonságokban a termékek nagyon hasonlóak voltak. Az MSE értékek megmutatják, hogy az értékelő adott értékei milyen hasonlóak ugyanarra az ingerre, vagyis mennyire következetes az értékelő. Vizsgálatunk során a legtöbb MSE érték közel volt a nullához. Ezek az értékek nagyon jó ismételhetőséget mutatnak, tehát a panel ismételhetősége jó.

A MAM-CAP táblázat bemutatja a panel teljesítményét, ami alapján elmondható, hogy ez az érzékszervi panel általánosságban jól képzett. Az összes F-Prod és F-Disag érték diszkriminatívnek bizonyult (F-Prod  $p < 0,05$ , F-Disag  $p > 0,05$ ), az összes érzékszervi tulajdonság felhasználható további elemzéshez. Az íz és az utóíz kivételével az F-Scal érték minden érzékszervi tulajdonságra megfelelő volt (F-Scal  $p > 0,05$ ). Átlagos négyzetes hiba gyöke (RMSE) jelzi a panel megismételhetőségét: az összes érzékszervi tulajdonság nagyon jó értéket adott ( $\text{RMSE} \leq 3,19$ ) (18. táblázat).

18. táblázat: Panel teljesítménye MAM-CAP

Megjelenés	Átlag	<i>F</i> -Prod	<i>F</i> -Scal	<i>F</i> -Disag	RMSE
színárnyalat	63,49	1845,01	0,11	1,36	2,00
világosság	71,48	952,25	0,51	1,29	2,27
kohézió	61,65	601,95	1,38	1,12	2,47
átmérő	51,73	521,2	1,41	1,47	1,94
margarin illat intenzitás	12,92	511,75	0,30	1,36	1,41
margarin íz intenzitás	13,04	390,03	0,20	1,29	1,68
szódabikarbóna íz intenzitás	13,04	390,03	0,20	1,29	1,68
karamell illat intenzitás	17,11	225,02	0,38	1,36	1,07
globális illat intenzitás	78,49	208,62	0,46	1,49	2,39
édes illat intenzitás	42,04	186,11	0,26	1,11	2,32
ropogósság	5,83	158,38	1,43	1,36	1,02
magasság	64,48	146,56	1,11	1,29	1,77
felület homogenitása	63,27	143,46	0,13	1,36	2,00
alak	74,89	140,85	0,11	1,11	2,08
liszt illat intenzitás	36,05	124,81	0,29	1,49	2,86
karamell íz intenzitás	14,45	104,13	0,06	1,47	2,15
édes íz intenzitás	78,03	103,97	1,49	1,36	2,31
globális íz intenzitás	77,45	84,22	0,10	1,12	2,12
liszt íz intenzitás	50,89	55,67	0,65	0,89	3,19
rágósság	13,35	49,64	0,57	1,09	1,52
keményesség	12,54	41,02	1,26	1,29	1,55
szájbevonat képzés	8,27	10,03	0,21	1,47	1,46
sós íz intenzitás	3,71	10,02	0,60	1,36	1,36
mellék íz intenzitás	0,05	5,30	7,54	0,42	0,31
utóíz intenzitás	0,10	4,30	14,52	0,33	0,61
szódabikabóna illat intenzitás	3,55	2,30	0,26	1,36	1,36
sós illat intenzitás	2,54	2,29	0,33	1,29	1,62

Az első oszlop az egyes attribútumok paneljének átlagát tartalmazza. A következő négy oszlop a következő: *F* diszkrimináció statisztika (*F*-Prod), skálázó heterogenitás (*F*-Scal) és nézeteltérés (*F*-Disag), valamint megismételhetőség (hibahelyek középértéke, RMSE). Az attribútumok a legdiszkriminatívabbtól a kevésbé diszkriminatívig (*F*-Prod) vannak rendezve (panel limit = 0,05).

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik segítették munkámat. Témavezetőmnek, dr. Juhász Réka egyetemi docensnek, aki szakmai és szellemi iránymutatásával segíti felsőoktatási és doktori pályafutásomat már BSc-s tanulmányaim óta. Áldozatos, türelmes munkájával és szakmai elhivatottságával egyengeti a több mint tíz éves mester és tanítványa kapcsolatunkat. Köszönöm neki az elért sikereket, a hullámvölgyekből való túllendülést és azt az értékes emberi kapcsolatot, ami ez alatt az idő alatt kialakult közöttünk.

Köszönettel tartozom a Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék (számomra Konzervtechnológiai Tanszék) volt és jelenlegi munkatársainak. Köszönöm dr. Máté Mónikának, dr. Szabó-Nótin Beatrixnak, Virágh Andreának, Ivanics Juditnak és Komlós Gábornak a tanszéken és a laborban eltöltött közös éveket és segítségüket, amit ez alatt az idő alatt kaptam tőlük.

Hálával tartozom dr. Sipos László egyetemi docensnek a doktori dolgozatban és a publikációkban való közreműködése miatt, továbbá az vitathatatlan szakmai támogatásáról, iránymutatásáról.

Köszönöm dr. Németh Csabának és a Capriovus Kft.-nek, hogy támogatták tudományos publikációk megjelenését és konferenciákon való részvételemet.

Kifejezett hálával tartozom menyasszonyomnak, aki türelemmel és megértéssel támogatta doktori munkám készítését. Nem utolsó sorban szeretném megköszönni szüleimnek, hogy támogatásukkal és ösztönzésükkel biztosították a örölményeket és a lehetőséget tanulmányaimhoz.

Végezetül nagy köszönettel tartozom nyelvi lektoraimnak, akik energiát és türelmet nem kímélve segítettek a doktori disszertáció létrejöttét.