

Szakdolgozat

Kobulniczky Orsolya szakdolgozata

Kobulniczky Orsolya
2023

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Gabona és Iparinövény Technológiai Tanszék

Gellángumi édesipari célra történő felhasználásának lehetőségei

Kobulniczky Orsolya

Budapest

2023-

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Édes- és zsiradékipari technológiák és minőségügy**

Szakedolgozat készítés helye: Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék

Hallgató: Kobulniczky Orsolya

A szakedolgozat címe:

A gellángumi édesipari célra történő felhasználásának lehetőségei

Konzulens: Lambertné Meretei Anikó

Beadás dátuma: 2023. november


szakedolgozat készítés helyének vezetője
(Badakné dr. Kerti Katalin)


konzulens
(Lambertné Meretei Anikó)


Badakné dr. Kerti Katalin
Édes- és zsiradékipari technológiák és minőségügy

1. Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék

1. Tartalomjegyzék.....	4
2. Bevezetés	1
3. A munka célja	3
4. Irodalmi áttekintés	4
4.1 Hidrokolloidok:	4
4.2 Gellángumi:	7
5. Anyagok és módszerek:	19
5.1 Anyagok.....	19
5.2 Módszerek:	19
6. Eredmények	22
6.1 Színerézis-és tömegcsökkenés vizsgálata.....	26
6.2 Gyümölcsle hozzáadásának hatásai	26
6.3 Cukor hatása a gellángumi szerkezetére.....	31
6.4 Állandó gyümölcsle és gellángumi-tartalom mellett a cukor hatása	35
6.5 Málnapüré hatása a zselé állományára	38
6.6 Érzékszervi minősítés kiértékelése	44
7. Összefoglalás	47
8. Irodalomjegyzék	48
9. Nyilatkozat:.....	50

2. Bevezetés

Napjainkban egyre többet hallunk a mesterséges adalékanyagok káros hatásairól. Rengeteg, olykor hamis cikk jelenik meg, nem megbízható forrásokból az adalékanyagok hatásairól, ezzel megfélemlítve a vásárlókat. Ennek köszönhetően az emberek a természetes alapanyagok keresése felé fordultak, így érthető, hogy az élelmiszeripar, a vásárlók igényeit kielégítve elkezdett természetes eredetű adalékanyagokat keresni. Ezek a természetes alapanyagok az élelmiszeripar minden területén megtalálhatóak a hústermékektől kezdve az édesipari termékekig. Természetes eredetű lehet egy olyan anyag, amely a természetben önmagában megtalálható, illetve azt élőlényekből vonják ki, például növényekből, különböző gombafajtákból. A Haribo például gumicukor gyártása során a gumicukrokat természetes eredetű színezékekkel színezi. A húsiparban pedig a són kívül laktátokat is kevernek a húskészítménybe megőrizve annak minőségét.

Láthatjuk tehát, hogy a természetes eredetű adalékanyagok igen elterjedtek az élelmiszeriparban. Gondolkoztunk-e már azon, hogy a puding, vagy a lekvár, amit leveszünk a bevásárlóközpont polcairól milyen adalékanyagokat tartalmazhat? Mitől más az otthoni, illetve a bolti lekvár?

Annak ellenére, hogy a különböző élelmiszer cégek törekednek a minél házasabb ízekre, amik az otthont idézik, ipari mennyiségben előállítani ezeket a termékeket rendkívül költséges és időigényes lenne. Emiatt keresnek olyan adalékanyagokat, amik megkönnyítik ezen termékek előállítását. Fontos tudni, hogy minden adalékanyagot szigorúan ellenőriznek, mielőtt használatát engedélyeznék. Kísérletek sora előzi meg a forgalomba hozását egyes adalékanyagoknak, a napi maximális mennyiség is korlátozva van, amire a cégeknek oda kell figyelniük. Témám a gellángumi ismertetéséről és édesipari felhasználásáról szól. Nem véletlen említettem az előbb a lekvárt, illetve a pudingot, ugyanis ezekben a termékekben is előfordulhat a gellángumi, mint adalékanyag. A gellángumi egy olyan szénhidrát, amit egy meghatározott baktériumfaj termel. Alkalmazása olyan élelmiszeripari termékekben gyakori, ahol zselés,

illetve kemény állagot szeretnénk elérni, például rágógumi, lekvár. Az E418-as számmal rendelkező adalékanyagot tehát zselésítő, illetve sűrítőanyagként használjuk.

Szakdolgozatomban a gellángumi eredetét, szerkezetét, felhasználási módjait szeretném közelebbről bemutatni, ismertetni és egy egyszerű desszert elkészítésével alkalmazhatóságát szemléltetni.

Kobulniczky Orsolya szakdolgozata

3. A munka célja

A gellángumi, mint adalékanyag sokféle édesipari termékben előfordulhat. Céлом volt, hogy bemutassam eredetét, előállítási folyamatait, szerkezetét.

A desszertkészítmény fejlesztése során a gellángumi fizikai tulajdonságait vizsgáltam. Céлом volt, a megfelelő hidratálási eljárás megállapítása, továbbá a felhasznált cukor, gyümölcsle, málnapüré hatásának vizsgálata is. Itt azt szerettem volna megállapítani, hogy az egyes anyagok hogyan befolyásolják a gellánzsélé fizikai tulajdonságait. A kísérletsorozat eredményeit figyelembe véve választottuk ki a végtermék állományát.

A fogyasztói elfogadás tesztelésére érzékszervi minősítést végeztünk, laikus bírálók bevonásával. Az összehasonlítás során a desszertkészítmény állományáról, ízéről, kedveltségéről kérdeztem a fogyasztókat.

4. Irodalmi áttekintés

A munkám elkezdése előtt fontosnak tartottam, hogy megismerjem a gellángumi tulajdonságait és alkalmazhatóságának lehetőségeit. A gellángumi a hidrokolloidok csoportjába sorolható mikrobiális eredetű anyag, így a hidrokolloidok ismertetésével kezdeném ezt a részt, amelyet a gellángumi ismertetése követ.

4.1 Hidrokolloidok:

A hidrokolloidok, nagy molaekulatömegű, (Masaud Alam, és mtsai, 2023) hosszú szénláncú polimerek, amelyek főként poliszacharidokat tartalmaznak, de fehérjék is lehetnek a szénláncokban. Nagyszámú hidroxilcsoporttal rendelkeznek, amelyek elősegítik a vízmolekulák megkötését. A természetben megtalálhatóak a növényekben, állatokban, algákban és egyes mikroorganizmusok is képesek előállítani. Az agart például tengeri hínárból extrakcióval, a pektint citrus héjból nyerik, de hadd említsek egy állati eredetű hidrokolloidot is, a zselatint. Ezt szarvasmarha fehérjéből vonják ki hidrolízis segítségével. Mesterségesen is előállíthatóak, ezek lesznek a cellulóz-származékok, amelyek nagy számú hidroxilcsoportot tartalmaznak, vízzel könnyen létesítenek hidrogénkötéseket, így hidrofílek. Hidrofil és igen sokrétű tulajdonságai miatt az élelmiszeriparban előszeretettel használatos. (Pirsa és Hafezi 2023)

Azon csoportba tartoznak, amelyek könnyen diszpergálódnak vízben, azaz részben, vagy teljesen fel tudnak oldódni benne. Képesek megváltoztatni az anyag fizikai szerkezetét, gélképződéssel, emulgeálással, bevonással olyan szerkezet kialakítására képesek, amely átmenetet képeznek a valódi oldat és a szuszpenzió között, kolloid rendszer tulajdonságait mutatva. A hidrokolloidok nevükben is magukba foglalják, a legjellegzetesebb tulajdonságukat, ami a vízfelszívás/vízmegkötés, hiszen a *hydro* vizet a *kola* pedig megkötést, ragasztást jelent. Emiatt az élelmiszeriparban stabilizátorként használják. (Internet1) A gélképzés mikroszkopikus diszperzióval történik, amikor a hidrokolloid vízzel érintkezik. Állományukat tekintve a víz mennyiségétől függően lehetnek kevésbé formatartó, illetve szilárd gélek, valamint irreverzibilis-önálló és reverzibilis fajtákat különböztetünk meg egymástól. (Mei Liu és mtsi. 2023.)

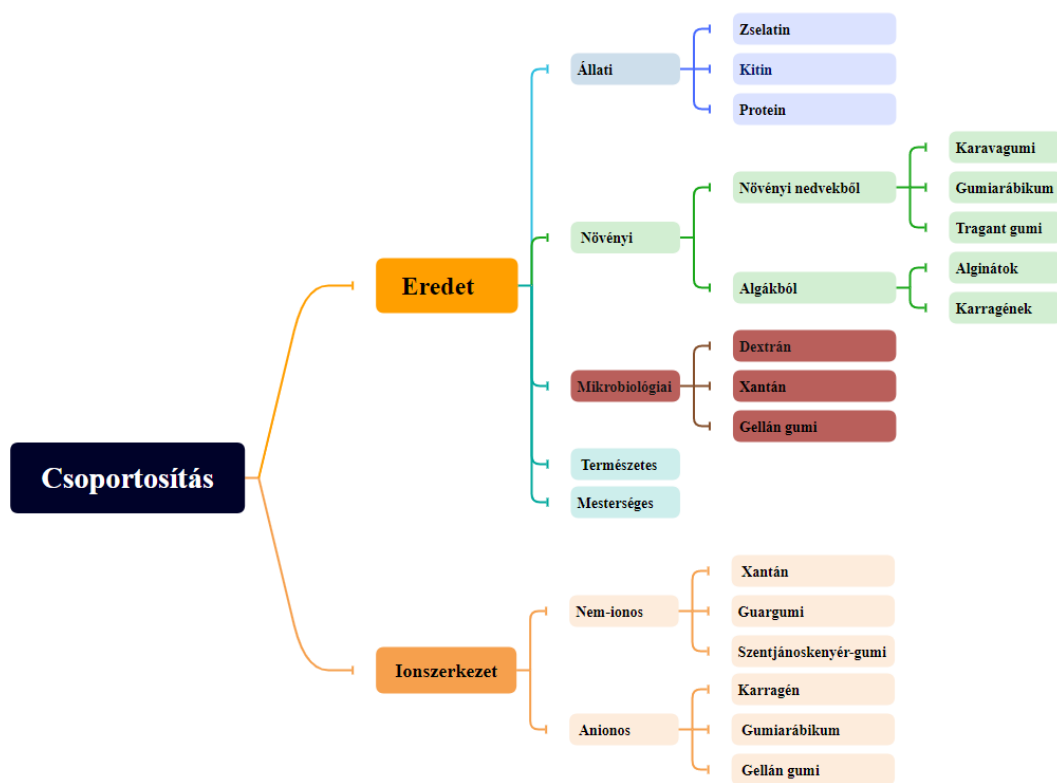
Csoportjai:

Mint láttuk, a hidrokolloidokat többféle tulajdonság alapján tudjuk csoportosítani. Ebben a fejezetben ezt szeretném egy kicsit bővebben kifejteni.

A hidrokolloidokat lehet eredet, illetve ionos szerkezet alapján csoportosítani. (Pirsa és Hafezi 2023) A csoportosítást az 1. ábra is szemlélteti.

Eredet szerint megkülönböztetünk növényi, állati eredetűeket, egy másik csoportosítás alapján pedig természetes, módosított szerkezetű és mesterséges hidrokolloidokat. Növényi hidrokolloidok azok, amelyeket általában fák enyvéből nyerünk ki, ilyen a karaya-gumi, gumiarábikum, tragant gumi. Szintén növényi eredetűek, az algákból kinyert hidrokolloidok. Ilyenek az alginátok, karragének és az agar-agar. Az alginátokat a vörös algából, a karragént pedig a barna algából nyerik. Szintén növényi hidrokolloidok például a cellulóz, pektin, gumiarábikum. Állati eredetű csoportba tartozik a zselatin és a kitin, valamint a tojásfehérjéből nyert proteinek. Léteznek mikrobiális eredetű hidrokolloidok is, ezek például a xantán, dextrán és a gellángumi. A természetes eredetűek a természetben önmagukban megtalálhatóak, a módosított szerkezetűek esetén a természetes hidrokolloidot kémiai kezelésnek vetik alá. A mesterséges hidrokolloidokat szintézissel hozzuk létre, ilyenek a metil-cellulóz, etil-cellulóz, karboximetil-cellulóz.

Kémiai összetételük szerint két csoportba sorolhatóak, vannak poliszacharidok és fehérjék. A poliszacharidok lehetnek elágazóak, vagy lineárisok. Elágazó poliszacharid a keményítő, lineáris a cellulóz. A zselatin fehérje, kivételes tagja a csoportnak, ez kiváló hidrofilitásának és polidiszperzitásának köszönhető. Ionos szerkezetüket vizsgálva két csoportot különíthetünk el egymástól: a nem-ionos és az anionos hidrokolloidokat. A nem-ionos csoportba tartozik például a xantán, guargumi, szentjánoskenyér-gumi, míg a karragén, gumiarábikum és gellángumi az anionos hidrokolloidok közé tartozik.



1. ábra Hidrokolloidok csoportosítása

A hidrokolloidok felhasználási területei

A hidrokolloidokat mind az élelmiszeriparban, mind más ipari területeken széles körben alkalmazzák.

Az élelmiszeriparban emulgeálószerként, stabilizátorként és szerkezetkialakítónak egyaránt használják. Használatuk pH-tól, hőmérséklettől, eltarthatósági időtől függ. Sűrítőszerként levesekben, saláta öntetekben, szószokban és fűszerekben is megtalálhatóak. Pudingokban és zselékben állománykialakítóként fagylaltokban, joghurtokban, vajban és tejtermékekben emulgeálószerként alkalmazzák, megtalálhatóak továbbá üdítőkben, péksüteményekben, zsírban sült élelmiszerekben is. Sűrítőszerként használatos a gumiarábikum, guargumi, guarana, xantán és keményítő. Az élelmiszerekben növelik az étel viszkozitását és stabilitását úgy, hogy vizet vesznek fel. Vízfelvételüknek köszönhetően egyes termékeknek a fogyasztási idejüket meghosszabbítják, ugyanis képesek a cellulózok strukturálására, ezáltal csökkentik az élelmiszerpazarlást. (Danalache és mtsai. 2015)

Gélképzők

Gélképzésre a hidrokolloidoknak csak egy kis része képes. A gélképzés lényege, hogy szol állapotból az oldat gél állapotba kerül át. A gél szerkezetre jellemző jelenség a dehidratáció, ennek megelőzésére többféle hidrokolloidot alkalmaznak, amik szinergistaként hatnak

egymásra, ezzel stabilizálva a kialakuló gél szerkezetet. Gélképzők közé tartozik például az agar, alginát, karragén, pektin, zselatin, gellán. A hidrokolloidok gélképző tulajdonságát lekvárok, pudingok, zselék előállításakor használják ki.

Zsír pótlók

Az emulzió-alapú élelmiszerekben, mint például a fagylalt, jeges desszertek, salátaöntetek, szószok, a kívánt állagot a zsírok adják. (Pirsa és Hafezi 2023) Egyes hidrokolloidok képesek az élelmiszerekben a zsír pótlására, ilyenek a pektin, guargumi, inulin, xantán. Az inulin az élelmi rostok közé sorolható, ami az emberi szervezet számára hasznosíthatatlan. Egészség megőrző és probiotikus hatása ismert. Az inulint szerkezetkialakító szerepén kívül alacsony kalóriaszámmal rendelkező édesítőszerként is használják.

Egyes élelmiszerekben nagy mennyiségű telített zsírsav található meg, amelyeknek egészségkárosító hatása van. Ezek megelőzésére hidrokolloidokat használnak fel zsírok helyettesítésére. (Masaud Alam, és mtsai, 2023)

Az élelmiszeriparon kívül széles körben alkalmazzák a hidrokolloidokat is az egészségre gyakorolt kedvező hatásuk miatt. Szerepük van például a vastagbélrák megelőzésében, vércukorszint szabályozásában, valamint prebiotikus hatásuk is ismert.

Újabb felhasználási területük az ehető bevonatként történő alkalmazásuk, ami egyes csomagolóanyagok kiváltására szolgálhat. (Pirsa és Hafezi 2023) A lebomló csomagolóanyagok lehetővé tehetik a hulladékok okozta problémák csökkentését, valamint megakadályozhatják az élelmiszerek romlását és a mikrobiális szennyeződések elterjedését. (Shokufe Daei, Forogh Mohtarami 2022.)

4.2 Gellángumi:

Mint láttuk a hidrokolloidok csoportjába tartozik a gellángumi is. Kísérleti munkámban a gellángumi felhasználhatóságát vizsgáltam, így ennek tulajdonságait szeretném részletesen bemutatni.

A 30 évvel ezelőtt felfedezett nagy molekulatömegű (Fialho és mtsai. 2008) gellángumi természetes eredetű, nem mérgező, fermentált exopoliszacharid, amit természetes környezetben a *Sphingomonas elodea*, korábbi nevén *Pseudomonas elodea* (Gibson és Sanderson 1997) mikroorganizmusok, ipari környezetben azonban a *Shingomonas paucimobilis* állítanak elő.

Japánban 1998 óta természetes adalékanyagnak tekintik, később egyre több európai országban is elterjedt széles körű használata.

A Shingomonas nemzetség széles körben elterjedt a természetben, izolálták őket szárazföldi és vízi mintákból egyaránt. (Fialho és mtsai. 2008)

A gellángumi szerkezete

A lineáris szerkezetű tetraszacharid-egységek az L-gliceril második oxigénje és az acetil-oxigén csatlakozásából jönnek létre. (Shanyi Wu, Rongjun Xiao és mtsai. 2023). Anionos polimer, amit béta-di-glükoronsav, béta-di-glükózok és alfa-1-ramnóz egységek építenek fel 1:1:2 arányban. Lineáris szerkezetén kívül, (Bayarri, Costell, és Durán 2002) kettős spirális formában is megtalálható. A kettős spirál helyzetben az acetát a spirál külső oldalán helyezkedik el. Röntgenfelvételek alapján a glicerát csoport kb. 14 °-ot zár be a karboxil-csoporttal. A rotációknak köszönhetően a hélix szerkezetben intermediális kötések is ki tudnak alakulni.

Az acil-csoport szubsztitúciós foka alapján két csoportot különböztetünk meg egymástól, magas, illetve és alacsony aciltartalmú gellángumit. Szerkezetileg abban különböznek egymástól, hogy a magas-aciltartalmú gellángumi esetében a két acilcsoport, a glicerát és az acetát csoport ugyanahhoz a β -D-glükózhoz kapcsolódik. Magas aciltartalmú (HA) gellángumiból tudjuk előállítani az alacsony aciltartalmút (LA) deacetilációval. A deacetiláció egy lúgos kezeléssel alapuló tisztítási módszer. (Gomes és mtsai. 2023)

Az alacsony aciltartalmú gélek törékenyebbek, de hőstabilabbak, szobahőmérsékleten jobban oldódnak, mint a magas aciltartalmú gellángumiból készült zselék. Kereskedelemben az LA porított zselé formájában kapható. (Zia és mtsai. 2018) Alacsony ionerősség és kalcium-mentes környezetben hőreverzibilis gélek előállításához a két gellángumit variálhatjuk is. a. (Sworn és Stouby 2021)

A gellángumiból készült gélek nyírásra érzékenyek, nyírófeszültség hatására megváltoztatják szerkezetüket.

A kétféle gellángumi tulajdonságait az 1. táblázat foglalja össze:

1. táblázat. Magas és alacsony aciltartalmú gellángumi tulajdonságainak összehasonlítása(Sworn és Stouby 2021 alapján)

	Magas aciltartalmú gellángum	Alacsony aciltartalmú gellángumi
Hidratáció	>80°C	>80°C
Leválasztószer	Nem	Igen
Forró viszkozitás	Alacsony	Alacsony
Gellán ionok	Nincsenek	Vannak
Hőmérséklet	50-80 °C	25-60°C
Olvas van-e	Van	Nincs
Szerkezet, textúra	Puha, gumyszerű	Szilárd, kemény

Fizikai és kémiai tulajdonságai:

A gellángumi íztelen, szagtalan vízben jól oldódó, savas környezetben ellenálló,(Zia és mtsai. 2018) viszonylag nagy molakulatömegű hidrokolloid. Hőreverzibilis viszkozitással rendelkezik, ami annyit jelent, hogy hőmérséklet növelésével a viszkozitás jelentősen csökken, de hűtés után visszanyeri eredeti állapotát. A feltekeredést biztosító polimerek vízben melegítés hatására jelennek meg és amikor lehűtjük, akkor a dupla-hélix alakzatok születnek. Ez a szerkezet-változás függ az egyértékű vagy kétértékű kationok jelenlététől és a polimerek koncentrációjától, hőmérséklettől, vizes környezettől.(Fialho és mtsai. 2008) A kétértékű kationok, mint a magnézium vagy kalcium nagyobb hatással vannak a gél-szerkezet kialakulására, mint az egyértékűek, mint a nátrium. Az összes kation közül a kalciumnak van a legnagyobb szerepe a gél-szerkezet kialakulásában általa tartósabbá válik.

Előállítás

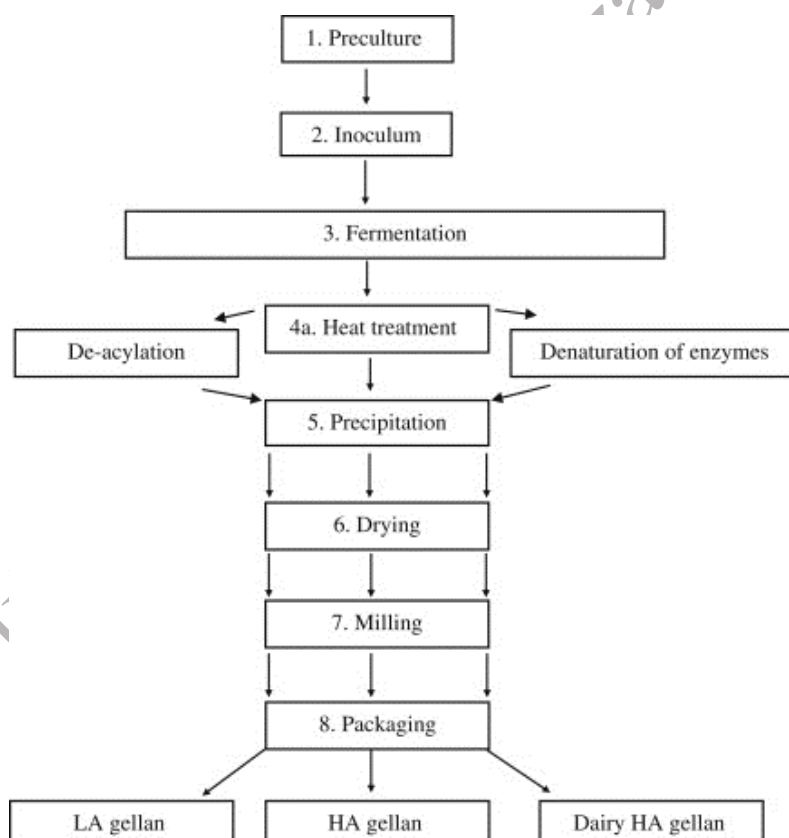
Előállítása igen költséges, oxidatív fermentálással(Gibson és Sanderson 1997),a fent említett baktériumfajból történik, amit közepes széntartalmú táptalajon tenyésztene. A táptalajnak tartalmaznia kell, oxigént, nitrogént és nyomelemeket, köztük szervesen sókat, ahhoz, hogy a gellángumi előállítása sikeres legyen. A termék minőségét a fermentáció körülményei határozzák meg, ilyen a pH, hőmérséklet, keverés, levegőztetés. (Gibson és Sanderson 1997). A hőmérséklet ezek közül a legfontosabb paraméter, a legjobb gellántermelés 20-25°C-on következik be. (Fialho és mtsai. 2008) A gellángumi ipari előállításának nyolc különböző fázisa van. Az előkultúrának és inokulumnak az a feladata, hogy előállítsa a biomasszát, amit későbbiekben fermentálni fognak. (Sworn és Stouby 2021) A fermentáció során termelődik a gellángumi. Amikor a szénforrás a táptalajon elfogyott a fermentációt hőkezelés követi, azért,

hogy a még élő baktériumokat elpusztítsuk. A hőkezelés után a gellángumit alkohollal nyerjük ki. A táplevest különböző kezeléseknél vethetjük alá attól függően, hogy milyen gellángumi előállítás a cél. Alacsony aciltartalmú gellángumit akkor kaphatunk, ha az alkoholos kezelés előtt lúgot adagolunk a tápleveshez, ha pedig magas aciltartalmú gellángumi előállítás a cél, akkor, a hőkezelést rögtön az alkoholos kezelés követi. Különböző sók, illetve savak jelenlétében a gél-hálós szerkezet hamarabb létrejön, növelve a stabilitást. A savak, sók adagolása azért javasolt, mert csökkentik az elektrosztatikus ellentétet a hélixek között.

Három fő lépése van a sikeres előállításnak: (Sworn és Stouby 2021)

1. diszperzió
2. hidratáció
3. zselésedés

Előállításának menetét a 2. ábra mutatja be



2. ábra Gellángumi előállításának lépései(Sworn és Stouby 2021)

Diszperzió:

Az első lépés, hogy ellenőrizzük, hogy a hidrokolloid részei összetapadás nélkül diszpergálódnak oldószerben. Megfelelő diszperzió hiányában a gellángumi veszít zseléképzési tulajdonságaiból, ezzel rontva a termék állományán. Hideg vízben a gellán nem tud teljesen feloldódni, de az ion-koncentráció növelésével ezen javítani lehet.

Hidratáció:

Magas-aciltartalmú gellángumi:

Ha a magas-aciltartalmú gellángumi diszperzióját követően felmelegítjük 40-50 °C-ra, az gyorsan megduzzad és sűrű, pasztaszerű szuszpenziót képez. A melegítést folytatva a viszkozitás hirtelen csökken és 80-90 °C-on elérjük a teljes hidratációt. A duzzadási szakasz elkerülhető úgy, hogy a hidrokolloidot egyből forró vízbe tesszük diszpergálószer segítségével, mint a cukor, olaj vagy glicerol, ezáltal gyorsabban elérhetővé válik a teljes hidratáció.

Az ideális pH a hidratáció eléréshez 4-től 7-ig terjed. Fontos, hogy kerüljük a meleg savas kezelést, ugyanis ilyenkor fennáll a veszélye a funkcionalitás elvesztésének, a tartós expozíció miatt. Ugyancsak elkerülendő a forró, lúgos kezelés, mert a deaciláció következtében szintén funkcióvesztés alakul ki.

Alacsony aciltartalmú gellángumi (LA gumi)

LA gumi hidratációja az ionok koncentrációjától és típusától függ. A hidratáció hőmérséklete a koncentráció növekedésével együtt nő.

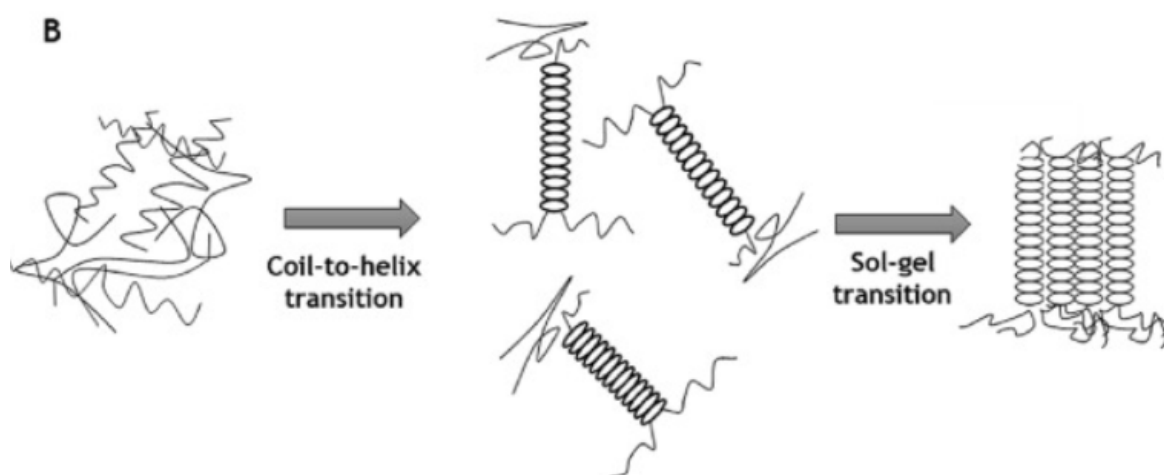
Cukortartalmú ételekben javasolt a gellángumi hidratációs állapotának elérése, azonban forró állapotban további cukrokat is hozzá lehet adni. A HA gellángumihoz hasonlóan, itt a 4-es pH elérése csökkenti a hidratált állapotát létrejöttét. Figyelni kell a hosszan tartó savas és forró körülmények elkerülésére, ugyanis a magas hőmérséklet hidrolitikus bomláshoz és funkcióvesztéshez vezet. (Sworn és Stouby 2021)

Zselésedés:

A kívánt zselésedési folyamat kialakulása a gellángumi úgynevezett domén szerkezetétől függ, ami meghatározza a csomósodási zónák és a szomszédos zónák összekapcsolódását. Forró vízben feloldva a polimer szálak rendezetlenné válnak (Cassanelli és mtsai. 2018), majd ahogy a forró oldat lehűl a rendezetlen szerkezetből rendezett lesz, azaz kialakul a hélix szerkezet. A dupla-hélixek párhuzamos, illetve vízszintes tömörített formába is előfordulnak. (Rengaswami Chandrasekaran, Rick P. Millane és mtsai.1987) Tovább hűlve az oldat egy háromdimenziós

gélhálózatot fog kialakítani, amelyek Van der Waals és hidrogén kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. (Gomes és mtsai. 2023) Tudományos források szerint a szol-gél átmenet körülbelül 36°C-on kezdődik, ~11 s zselésedési időt mutatva. (J.T. Oliveira és mtsai 2009) A zseléképzés folyamatát a 3. ábra mutatja be. Az aciltartalom befolyásolja a zselésedés folyamatát, a magas aciltartalom korlátozza a további aggregációt olyan módon, hogy nem engedi az intermolekula-végek összekapcsolódását. Ez azt eredményezi, hogy a zselés-rendszer homogenitása megváltozik, így lehetséges az, hogy a HA gellángumik puhák és rugalmasak. (Sworn és Stouby 2021). Gél állapotot kialakítani, HA gellángumiból a legegyszerűbben a forró oldat lehűtésével lehetséges.

A gellán az összes ion jelenlétében képes a zseléképzésre, amiatt, mert a kationok jelenléte megteremti azokat a csatlakozási pontokat, amelyek a zselésedés kiindulásához szükségesek. Többértékű ionokkal inotróp gélesedési tulajdonságokat mutat. (Zia és mtsai. 2018)



3. ábra A gellángumi zselésedési folyamata (Gomes és mtsai. 2023)

A kétféle gellángumi gélesedési mechanizmusa eltér egymástól.

A HA gellángumi gélesedése abban tér el a fent ismertetett folyamattól, hogy gélesedést befolyásolják az acilszubsztituensek jelenléte. Az acetilcsoportok a kettős spirál periferiáján helyezkednek el, ezáltal befolyásolják a kapcsolódási zónák kialakulását még magas hőmérsékleten is. (Emmanuel Flores-Huicochea és mtsai. 2012)

A gellángumi felhasználása

Az élelmiszeriparban igen közkedvelt, hiszen nem toxikus és lebomló adalékanyag (Cassanelli és mtsai. 2018), valamint rendkívül sokoldalúan felhasználható, jól reprodukálható anyag.(Gomes és mtsai. 2023) A többi hidrokolloidhoz hasonlóan sűrítőszerként, stabilizátorként, adalékanyagként használják lekvárokból, zselékben, tejtermékekben, cukrászárukban. (Internet2)

Felhasználása azon alapul, hogy képes mikrogéleket, filmeket létrehozni a tápanyag felületén és ahhoz kötődni, bevonatot képezni. A gellángumi viszonylag hamar képes géles szerkezetet kialakítani a kationok jelenlététől függően, ezáltal alkalmasak arra, hogy fűszereket, összetevőket megkösse az élelmiszer felületén, pl chips. Az olvadáspontot is megemeli, ami azt eredményezi, hogy a desszert hosszabb ideig marad alaktartó. Amikor a gellángumi által létrehozott mikrogélekből kioldódik az aroma, egy kellemes ízérzetet ad. A gellángumi rezisztens a magas hőmérsékletre és savtartalomra, ezért bevonószerként kiválóan alkalmazható., hiszen ellenáll az emésztőrendszer viszontagságainak. Magas ellenállóképessége miatt felhasználása olyan feldolgozott élelmiszerekben gyakori, amik magas sótartalommal rendelkeznek. Ezt a tulajdonságát nem csak az élelmiszeriparban, de a gyógyszeriparban is kihasználják, hatóanyagok, enzimek, sejtek és mikroorganizmusok bevonatolására is használják, célzott tápanyag bevitelkor.

Az élelmiszeripari felhasználásán kívül előszeretettel alkalmazzák az orvostudományban, cukorbetegség kezelésére, szövetek modellezésére (Ashwini Rahul Akkineni és mtsai 2016) Ahogy említettem az élelmiszeriparban igen sokrétűen fel lehet használni, erre szeretnék pár példát felsorolni:

Italok

A legtöbb esetben fehérje italokról van szó, amelyek sűrítésére leginkább a HA gellángumi alkalmas. Az alacsony fehérje-reaktivitása lehetővé teszi, hogy sokféle fehérje molekulával alakítsa ki szuszpenziót. A kisebb kalcium érzékenysége miatt alkalmassá teszi a kalciummal dúsított italok sűrítésére.

A fehérje italokon kívül egyéb italokban is használatosak szuszpenziós hatásuknak köszönhetően.

Joghurtok

A gellángumit a joghurtokban szintén sűrítésre használják fel. A joghurtok gyártásánál azonban van egy nagyon fontos tényező, ami az, hogy a gellángumi valamilyen stabilizátorszerbe legyen belediszpergálva.

Cukrászati termékek

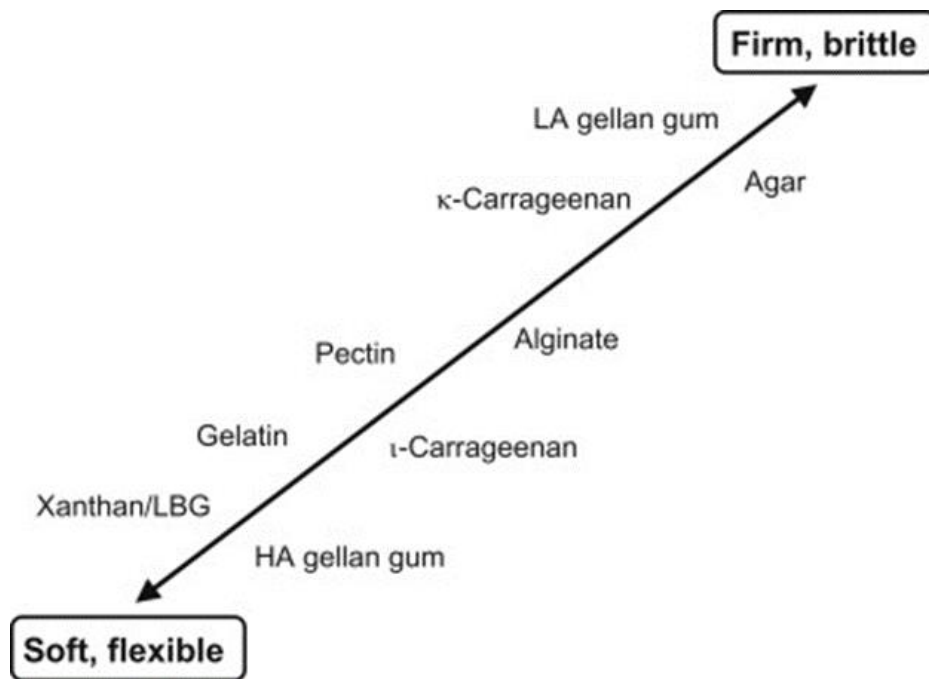
A cukrászati termékekben az eltérő textúrákat a cukrok eltérő arányában történő alkalmazásával tudjuk elérni, miközben meggátoljuk a cukrok kristályosodását. Cukor hatására a zselé állománya kevésbé törékeny, rugalmasabb lesz. A cukrászati termékekről beszélve elengedhetetlen, hogy az egyes cukrok hatását ne vizsgáljunk meg közelebbről.

A fruktóz és szacharóz együttes használata nemcsak a zselé szerkezetét befolyásolja, hanem befolyásolja a gélképződési hőmérsékletet is. A két cukor keverésével szinergens hatást érünk el. (Sworn és Stouby 2021) Tudományos kísérletek bizonyítják, hogy mindkét típusú gellán esetében a cukor mennyiségének növelésével a zselé erőssége lecsökkent. (Bayarri, Costell, és Durán 2002) A két gellántípus között a különbség az a cukormennyiség, amely befolyásolja a termék állományát. HA gellán esetében ez 70%-os cukortartalom feletti, míg LA gellán esetében 40%. A cukor hatását zselés desszertkészítményekre a termékfejlesztésem során is ehhez hasonlóan tapasztaltam.

Textúra

A két típusú gellángumi különböző textúrával rendelkezik, eltérő szerkezetükből adódóan. Mérések alapján az alacsony-aciltartalmú gellángumi törékeny és kemény, (Grasdalen és Smidsrød 1987) míg a magas-aciltartalmú gellángumi ruganyos és puha. A két gellángumit keverve tulajdonságok széles skáláját tudjuk létrehozni, a keverék és az ionok arányának szabályozásával. Például alacsony kationtartalom mellett a magas-aciltartalmú-gellángumi lesz többségben, de ahogy csökkentjük az ion-koncentrációt az alacsony-aciltartalmú gellángumi mennyisége kezd nőni.

A két típusú gellángumi tulajdonságait és ezekre példákat a 4. ábra mutatja be.



4. ábra A kétféle típusú gellángumi példái(Sworn és Stouby 2021)

Gellán alapú termékek előállítása

A termékfejlesztésem elkészítéséhez szükségem volt alapreceptekre, amelyekben az összetétel arányokat figyeltem meg, így kiindulási alapként szolgáltak.

A készítés menete a legtöbb zselédesszert elkészítésénél megegyezik, ezeket most sorolnám fel.

A harmadik recept elkészítési módja tér el a többitől, így ezt majd a későbbiekben fejtem ki.

Első lépés minden esetben a száraz összetevők összekeverése, ezt követi a folyadék felforralása, amelyhez hozzáadjuk a száraz összetevőket. A keveréket főni hagyjuk 1-2 percig majd a tűzről levéve hűlni hagyjuk. A főzés a megfelelő hidratáció elérése miatt elkerülhetetlen, főleg cukor jelenlétében.

1. recept. Gyümölcs-zselé:

Összetevők:

- 250,0g víz
- 250,0g gyümölcslé
- 90,0g cukor
- 2,4 g vízmentes citromsav
- 1,8 g trinátrium-citrát-dihidrát
- 0,9 g alacsony aciltartalmú gellángumi

2. recept: Alacsony-aciltartalmú gellángumi felhasználásával készült zselés édesség:

Összetevők:

- 159,0 g szacharóz
- 159,0 g glükóz szirup-42Dextróz egyenérték
- 120,0 g víz
- 5,00 g vízmentes citromsav
- 5,00 g trinátrium-citrát-dihidrát
- 3,75 g alacsony-aciltartalmú gellángumi
- 0,20 g kalcium-hidrogén-ortofoszfát

3. recept: Mangó táblák készítése

Összetevők:

- alacsony-és magas-aciltartamú gellángumi
- mangó, kb. 5°C-on volt tárolva

Készítése:

Első lépésként csapvízben mossuk meg a mangót. Mosás után távolítsuk el a héját, vágjuk fel apró darabokra és turmixoljuk össze. A kész püréhez adjuk hozzá a gellángumi port, majd tegyük egy 80 ml-es üvegpohárba, amit 1188 °C-os forró vizes fürdőbe helyezünk. A forró vizes fürdővel elérjük a gellángumi feloldódását, de nem károsítjuk a mangópürét. Ezután kezdjük keverni a masszát, a keverést 30 másodpercig végezzük. A keverésre azért van szükség, hogy elősegítsük a gellángumi por elkeveredését, és az enzimek inaktiválódását. (Danalache és mtsai. 2015) A kész masszákat öntsük szilikon formákba és szobahőmérsékleten hagyjuk őket megszilárdulni.

Mint látható a receptekben eltérő mennyiségű gellángumit használtak, mennyisége 0,1-0,8% között változott. Ez az arány jó kiindulópontja lehet a kísérleteimnek.

A receptek felsorolása után a zselés desszertek vizsgálatának módját szeretném bemutatni. A termékfejlesztésem során én is terveztem állománymérést végezni, így ezen források kiindulási alapként szolgáltak.

Gellángumiból készült desszertkészítmények állománymérése

Reológia vizsgálat.

A legtöbb esetben a desszertek állományát a Texture Analyzer modellel, 50N -os erőmérő cellával vizsgálták. Az eredeti magassághoz viszonyítva 10% deformációig nyomták össze a zseléket egy előre definiált sebességgel, majd meghatározott ideig nyomás alatt tartották azokat. Pihentetés alatt a nyomóerő csökkenését folyamatosan mérték.

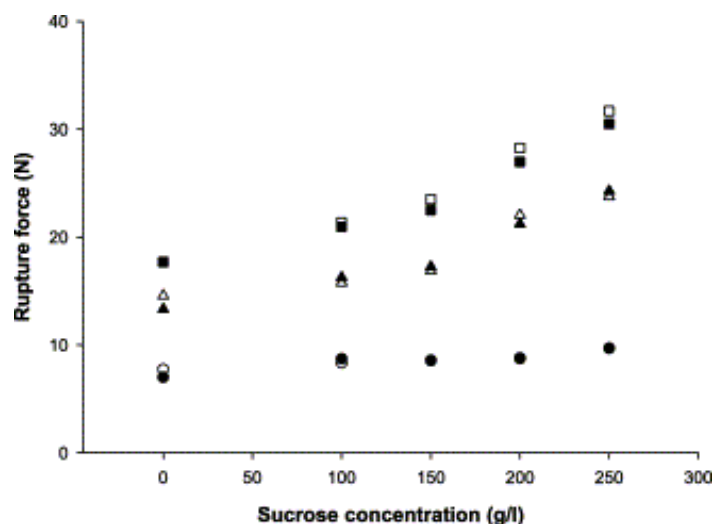
Textúra elemzés

A zselék textúrájának vizsgálatát is az előbb említett berendezéssel hajtották végre. A vizsgálatot egy meghatározott átmérőjű alumínium síklappal végezték, ami az eredeti magasság 60%-ig nyomta össze két ciklusban. Egyes források 75 mm átmérőjű fejjel, mások 60 mm átmérőjű fejjel végezték a mérést. A két ciklus között 5s idő telt el. A keménységet Newtonban fejezték ki, a rugalmasságot a két ciklusban mért összenyomódási távolság adta. (Danalache és mtsai. 2015) Az összetartó erőt a két összenyomási ciklusban mért pozitív erőterület aránya adja. Ahogy az előző mérésnél, itt is mindegyik mérést háromszor hajtották végre szobahőmérsékleten.

Mint láttuk a gellángumi alapú termékek állományát általában síklapok közötti összenyomásával határozták meg. Ehhez vagy egy adott mértékű deformáció eléréséhez szükséges erőt mérik, vagy Texture Profile Analysis (TPA) segítségével határozzák meg a termék jellemzőit.

A zselé szerkezetét értelemszerűen befolyásolja a felhasznált gellán mennyisége, ezért más anyag, például szacharóz hatását fejteném ki bővebben.

Az 5. ábra szemlélteti a törési erő és a szacharóz közötti összefüggést. Számunkra a teli alakzatok érdekesek, a gömb 3, a háromszög 7,5, a négyzet 12 g/l-es gellán koncentrációt jelent. A diagramról egyértelműen leolvasható, hogy a cukor hatására a zselé roncsolásához szükséges erő nőtt. Az is megfigyelhető, hogy alacsonyabb gellángumi koncentráció esetében a roncsolási erő nem nőtt olyan nagy mértékben, mint a több gellánt tartalmazó mintáknál. A cukor hatása tehát a zselékészítmény állományát keményebbé, ridegebbé, rugalmatlanabbá változtatja. (Bayarri, Costell, és Durán 2002)



6. ábra. A gellángumi gélek nyomóerejének értékei (Bayarri, Costell, és Durán 2002)

Láthatjuk, hogy a gellángumit sokféle célra használják fel mind az élelmiszeriparban, mind egyéb iparágakban, de olyan desszertkészítménnyel azonban, ami önmagában a gellángumit tartalmazza, az üzletek polcain, nem találkozunk. Ezek alapján munkámban, egy olyan zselékészítmény fejlesztését tűztem ki célul, amely önmagában tartalmazza a gellángumit.

5. Anyagok és módszerek:

5.1 Anyagok

Az előkísérletek során alacsony aciltartalmú gellángumit használtam, amit eleinte desztillált vízzel, majd 100%-os gyümölcslével öntöttem fel. Alkalmazott gyümölcslevek: Happy Day 100%-os piros multivitamin, Happy Day 100%-os ananászlé. Kristálycukrot használtam a zselé édesítéséhez. Keverőeszközöim egy üvegbot és egy kézi botmixer voltak. TA-XT plus állománymérőt használtam a zselék állományának vizsgálatára. Az állománymérő szoftverének segítségével állítottuk be a zselé állományához megfelelő paramétereket. Konyhakést a vágáshoz, vízforralót és rezsót a folyadékok forralásához használtam. Mérőhenger a folyadékok, laboratóriumi mérleg a gellángumi, kristálycukor kiméréséhez kellek.

5.2 Módszerek:

Gellángumi hidratációjának vizsgálata

A gellángumi viselkedésének vizsgálata miatt először nagyon kis mennyiséggel dolgoztam, 0,15 g gellángumit 40°C-os, 80°C-os, majd 100 °C desztillált vízzel öntöttem fel. A keverés ebben az esetben kézzel történt 3 percig. Az eredmények fejleményében felemeltem a zselésítőanyag mennyiségét ennek tízszeresére, majd ugyanígy először 40°C, majd 80°C-os desztillált vízzel hidratáltam kézi keverés segítségével.

A számomra megfelelő eredmény eléréséért áttértem a gépi keverő alkalmazására. Botmixerrel az oldatot 1 percig kevertem. A célom eléréséért 100°C-os desztillált vízzel és botmixerrel dolgoztam a továbbiakban, miközben növeltem a gellángumi mennyiségét. Fél grammonként emeltem a gellángumi mennyiségét 2,5 g-ig. A megdermedt zselék állományát felkockázva is vizsgáltam.

Gellánzselék szinerézisének és tömegcsökkenésének vizsgálata

A kísérletsorozat után a zselék szinerézisét, tömegcsökkenését figyeltem meg. Ezt úgy tettem meg, hogy egy órán keresztül 10 percenként mértem mekkora lesz a leadott nedvesség foltja a papíron. Tömegcsökkenést úgy vizsgáltam, hogy 30 percenként mértem a zselék tömegét 4 órán keresztül.

Gyümölcslé hozzáadásának vizsgálata

Az általános vizsgálatok után következő lépésként a hozzáadott gyümölcsle vizsgálat volt. Először egy 100%-os ananászlevet használtam többféle koncentrációban. A gellángumi mennyisége jelen esetben állandó maradt, 1,5 g gellánt használtam. A koncentrációk a következők voltak: 30 m/m%, 50 m/m%, itt szobahőmérsékletű gyümölcslel dolgoztam, a kapott eredmények fejében, a zselé hidratálásához szükséges ananászlevet felforraltam és megemeltem a koncentrációját 100 m/m%-ra. A kapott eredmények nem azt az állományt hozták, ami nekem a termékemhez szükséges, így elkezdtem csökkenteni a gellángumi mennyiségét. 1 g, majd 0,5 g gellángumit tartalmazó zseléket készítettem.

Állománymérés

24 óra pihentetés után, ezek állományát megmértem, TA-XT plus állománymérővel, P75-ös mérőfej alkalmazásával, hogy a köztük lévő különbséget a későbbiekben jobban szemléltetni tudjam. A mérések végeztével az adatokon egy makrót futtattunk le, ennek segítségével értékeltük ki az állománymérés eredményeit. Az eredményeket EXCEL grafikonnal ábrázoltam. A statisztikai elemzésekhez a Past nevű programot használtam, ANOVA-táblázatokat és Tukey-féle párpróbákat végeztem. Tukey-párpróbát azért végeztem, mert a minták közti szignifikáns különbséget mutatja meg, míg az ANOVA csak azt, hogy a minták között található szignifikáns eltérés, de azt nem, hogy pontosan hol.

Új gyümölcsle bevezetése

A kapott eredmények alapján egy másik gyümölcslel próbálkoztam, ami piros gyümölcsös volt. Ezzel a gyümölcslel is ugyanolyan gellángumi és gyümölcsle-koncentrációkkal dolgoztam, mint az ananászle esetében. (1,5 g gellángumi, 30m/m%, 50 m/m%, 100 m/m% gyümölcsle).

Cukor hatása

Miután megnéztem, hogyan reagál a gellángumi a gyümölcslelre, azután a cukor hatása következett. Ezt úgy tettem, hogy 1,5 g gellángumit 100 ml, 100 °C-os desztillált vízzel hidratáltam, miközben a cukor mennyiségét fokozatosan növeltem. A kristálycukrot a gellángumival együtt öntöttem fel a felforralt folyadékkal. A cukor mennyiségét 5 grammonként növeltem egészen 20 g eléréséig és a sorozatot 5 g kristálycukor-mennyiséggel kezdtem. 24 óra elteltével ezeknek a mintáknak is megmértem az állományát.

Állandó cukor és gellánmennyiség mellett, változó gyümölcsle mennyiségének hatása

Miután megfigyeltem hogyan befolyásolja a cukor a zselé állományát, még egy változóval bővítettem a kísérletsorozatot, a gyümölcslével. Ugyanolyan koncentrációkkal dolgoztam, mint a legelején, 30 m/m%, 50 m/m%, 100 m/m%.

Állandó gellán és gyümölcsle mennyiség mellett, változó cukormennyiség hatása

Az előzőekben a gyümölcsle mennyiségét változtattam, így következőként megnéztem hogyan reagál a zselé állandó gyümölcsle-koncentráció mellett a változó cukortartalomra. Itt is 5 g-onként emeltem a kristálycukor mennyiségét, folyadékként csak gyümölcslevet használtam, amit felforraltam. Ezeknél a mintáknál már pH-t is mértem, további összefüggéseket keresve a gyümölcsle és a gellán kapcsolata között.

Állandó gellán-, cukor-, gyümöcslemennyiség mellett, változó málnapüre mennyisége

Utolsó lépés a málnapüre hozzáadása volt. Folyadékként kizárólag gyümölcslevet használtam. A málna mennyiségét, 10 g-onként emeltem egészen 30 g málnatartalomig. A megdermedt mintákat 24 óráig pihentettem, majd megmértem állományukat az állománymérővel. Kóstolás során legjobbnak bizonyult mintával dolgoztam tovább.

Gellángumi csökkentésének hatása

A megfelelő állag eléréséhez azonban csökkenteni kellett a gellángumi mennyiségét. A gellán mennyiségét 0,5 g-onként csökkentettem, a zselék elkészítési módja nem változott. Ahogy az előzőekben, itt is 24 óra elteltével megmértem a zselék állományát.

Érzékszervi minősítés

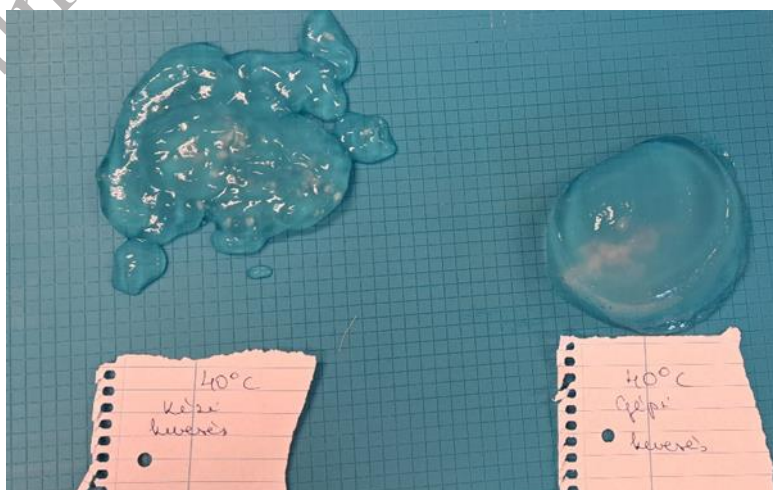
Az eredményeket látva úgy döntöttem, végzek egy érzékszervi bírálatot laikus bírálókkal, ami 4 mintát tartalmazott. 1 g és 0,5 g gellánt tartalmazó mintákhoz adtam először 15g, majd 20g málnát, a többi paraméteren nem változtattam.

6. Eredmények

Az olvasott szakirodalmak alapján a gellángumi nagyon kis mennyiségben is jelentős zselésítőhatással bír, így én is kis mennyiséggel kezdtem a kísérletet. Azért desztillált vizet alkalmaztam, hogy a csapvízben lévő ionok ne befolyásolják a gellán zseléképződését. Az üvegbottal való keverés eredménye az lett, hogy a gellángumi nem tudott kellően hidratálódni, így már a formába való öntés során is látni lehetett, hogy nem fog megdermedni a zselé, hiszen nagyon híg, folyós állaggal rendelkezett.

Mielőtt emeltem volna a gellángumi mennyiségét tovább melegítettem a vizet, mivel korábban viszonylag alacsony hőmérséklettel dolgoztam. A hőmérséklet emelése nem volt sikeres, a zselé nem állt össze, látható volt, hogy a gellángumi- tartalom volt kevés, ezért a gellán mennyiségét tízszeresére emeltem. Azért választottam a 80°C-os vizet, mert az előzőekben is azt tapasztaltam, hogy a magasabb hőmérsékletű vízben jobban hidratálódik. Kézi keverés mellett a zselé ugyan megdermedt, de nagyon sérülékeny volt, így a következő lépés a gépi keverő alkalmazása volt. Az előbb említett receptet alkalmaztam, gépi keverővel 1 percig kevertem az oldatot. Eleinte ugyan habosabb állagú lett az oldat, de egy kis pihentetés után tiszta folyadékot kaptunk. Formákba öntve hamar megdermedt.

Összehasonlításképpen a három különböző hőmérsékleten vizsgáltam a kézi és a gépi keverés közti különbséget. 40°C-os desztillált víz használata során azt tapasztaltam, hogy kézi keverés esetén nem volt alaktartó, kiöntve a formából teljesen szétfolyt, ahogy ez a 7. ábrán is látható. Késsel nem választható szét, nem különülnek el egymástól a felvágott részek, hanem egybefolynak. (8. ábra). Gépi keverés alkalmazásával mérsékeltén formatartó, nyirkos felületű zselét kaptam. A formából kiöntve a zselé szétterül, a felvágott részek egymásól elkülöníthetőek, de sérülékenyek.

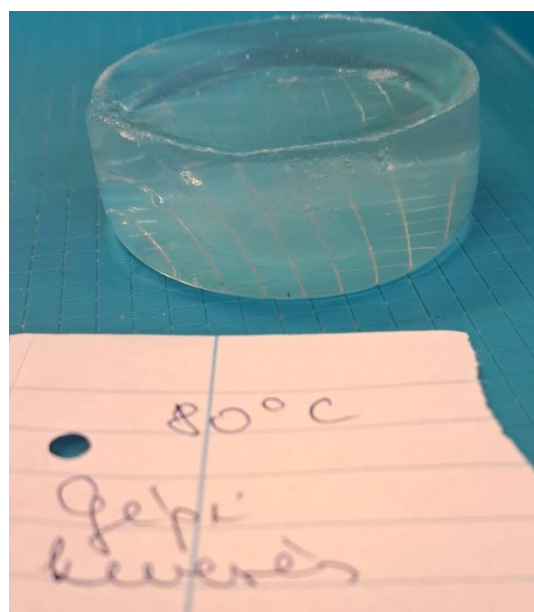
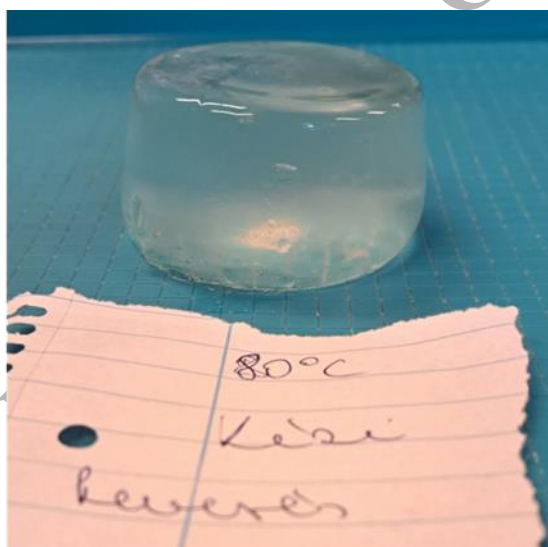


7. ábra Zselék állománykülönbsége kézi és gépi keverés alkalmazásával 40°C desztillált víz használatakor



8. ábra Zselék állománykülönbsége kézi és gépi keverés alkalmazásával 40°C desztillált víz használatakor felvágva

80°C-os desztillált víz használata során azt tapasztaltam, hogy kézi keverés alkalmazásával is már alaktartó zselét kaptam, aminek felülete nyirkos, nyálkás és matt volt. (9. és 10. ábra) Tapintásra durvább volt, mint a gépi keverés alkalmazásával készült zseléé. Vágás után a felvágott részek egymástól könnyen elkülöníthetőek voltak. Összenyomva ikrás textúrát éreztem. Gépi keverő alkalmazásával a zselé sokkal tisztább, tükrösebb lett. Felülete ennek is nyirkos volt, jobb alaktartással rendelkezett, szétnyomása is nehezebb volt kézi keveréssel készült mintánál.



9. ábra Zselék állománykülönbsége kézi és gépi keverés alkalmazásával 80°C desztillált víz használatakor a mintából kiöntve



10. ábra Zselék állománykülönbsége kézi és gépi keverés alkalmazásával 80°C desztillált víz használatakor felvágva

Ugyanezt a folyamatot megcsináltam 100°C-os desztillált vízzel is. A felforrt víz hatására a gellángumi hamar elkezdett hidratálódni, kézi keverés esetén is láthatóan jobban eloszlott a vízben, nem maradt annyi feloldatlan rész, homogénebb, tisztább oldatot kaptam. Gépi keverő alkalmazásával az anyag felhabzott, hamar megkötött. Kiontva a formából a kézi keverés alkalmazása mellett is szilárdabb, alaktartóbb zselét kaptam az előzőekhez képest, bár ez is enyhén szétterült a tálcán. Az eredményt a 11. és 12. ábra szemlélteti. Felülete enyhén nyirkos, ikrás volt. Felvágva a vágott darabok szétterültek, elfolytak. Összenyomásra érzékenyek, összenyomás után szétterülnek. Gépi keverés esetén egy teljesen átlátszó zselét kaptam, aminek felszíne sima és enyhén nedves volt. Alakját kiválóan megtartotta és ezen a zselé felvágása sem változtatott, a felvágott részek egymástól jól elkülöníthetőek voltak, amelyek nem folytak el. Jobb alaktartásuknak köszönhetően nehezebben összenyomhatóak, összenyomva darabosan törnek.



11. ábra Zselék állománykülönbsége kézi és gépi keverés alkalmazásával 100°C desztillált víz használatakor

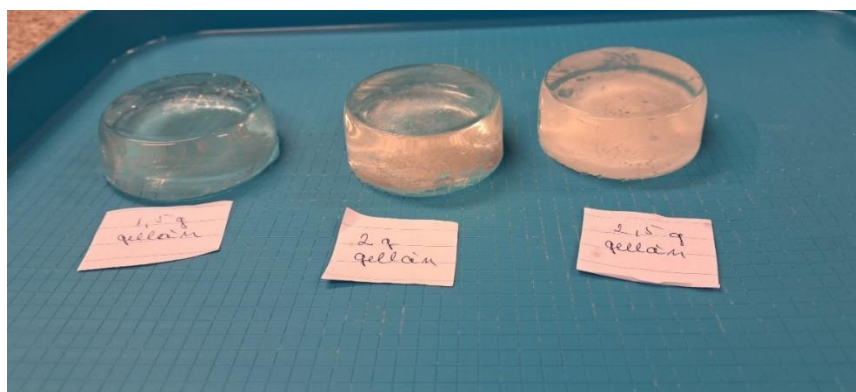


12. ábra Zselék állománykülönbsége kézi és gépi keverés alkalmazásával 100°C desztillált víz használatakor felvágva és összenyomva

A legjobb zseléminták a 100°C-os desztillált víz és gépi keverő használatakor születtek, így egyértelmű volt, hogy ezen a vonalon szeretnék tovább haladni. A következő lépésben azt vizsgáltam meg, hogy a gellángumi koncentráció növelése, hogyan befolyásolja a zseléképződést.

Az 1,5% gellángumit tartalmazó zselé tulajdonságait az előbb ismertettem, így a 2%-kal folytatom. A kihűlt zselé enyhén puha volt, 1,5%-os társánál pedig kevésbé nyirkos. A keverés során sok buborék képződött, de az idő elteltével a buborékok eltűntek. Mintából kiöntve azt tapasztaltam, hogy nagyon tömör, kevésbé ruganyos állagú lett a zselé, valamint szétnyomva darabosan törik éles törésvonalat hagyva maga után.

2,5% gellángumi tartalom mellett a zselé nem lett homogén, a nagy buborékképződés miatt. A mintából való kiöntése nehezen ment, a zselé felülete száraz volt, állaga nagyon kemény volt. Felvágva a mintákat könnyen el lehet különíteni egymástól, a darabok nem hajlamosak szétterülésre, továbbra is megtartják alakjukat. Nem szétnyomhatóak, egyből törik. (13. és 14. ábra)



13. ábra Gellángumi koncentrációjának növelésének hatása



14. ábra Gellángumi koncentrációjának növelésének hatása felvágva és összenyomva

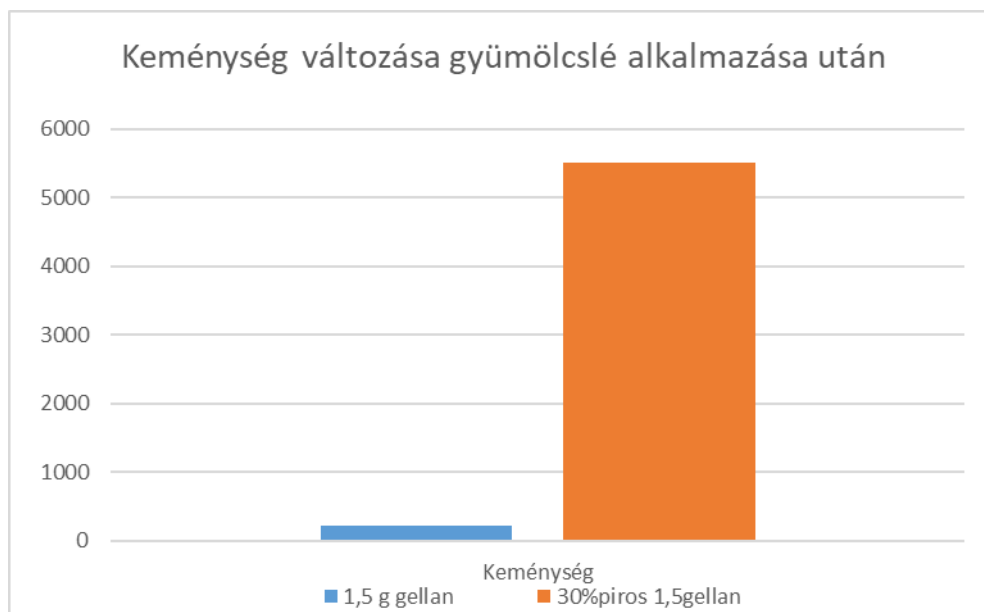
6.1 Szinerézis-és tömegcsökkenés vizsgálata

A szinerézis-vizsgálat során azt tapasztaltam, hogy a gellángumira nem jellemző a szinerézis. Egyedül az 1,5 g gellángumit tartalmazó zselénél mértem a 40. percben 6-8 cm körüli szinerézist, az ennél több gellángumit tartalmazó minták esetében 3 cm-nél nagyobb nedvességeadást nem mértem.

Tömegcsökkenés esetében az vehető részre, hogy minden 30. percben kb 0,1 g-ot veszít súlyából a zselé. 3 óra után hagytam többet állni a zselét, ekkor a tömegcsökkenés meghaladta a 2 g-ot is. Megfigyelhető, hogy az azonos gellángumi- tartalmú minták között nincs nagy különbség, az azonban számomra meglepő volt, hogy a legnagyobb gellángumi-tartalmú zselének nagyobb volt a tömegcsökkenése, mint a kevesebb gellángumi-tartalmú párja.

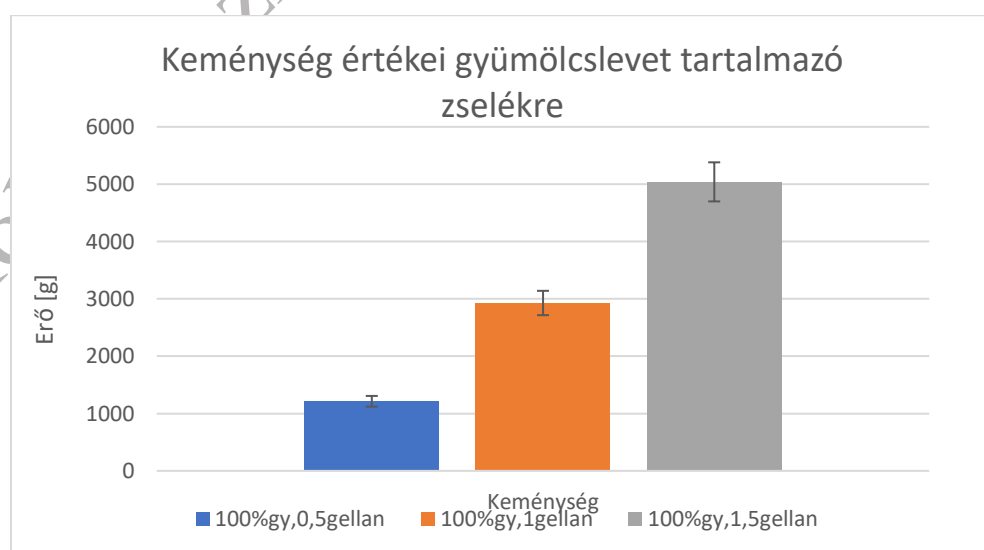
6.2 Gyümölcsle hozzáadásának hatásai

A termékfejlesztésem szempontjából a legmegfelelőbb állagot a 1,5 g gellánt tartalmazó zselé bizonyult, így ezzel a gellángumi mennyiséggel dolgoztam tovább. Eleinte 30 ml szobahőmérsékletű gyümölcslevet adtam a 70 ml desztillált vízhez és azt tapasztaltam, hogy már ilyen kis mennyiségben is sokkal keményebb zselét kaptam gyümölcslevet nem tartalmazó társához képest, ahogy ezt szemlélteti a 15. ábra is. Ez a gyümölcsleiben megtalálható ionoknak köszönhető.



15. ábra Keménység változása gyümölcsle alkalmazása után

Következőként 50-50%-ban használtam gyümölcslevet és desztillált vizet, azonban az ananászle itt is szobahőmérsékletű volt, ennek eredményeként a gellángumi nem tudott megfelelően hidratálódni, nagyon ikrás, nedves textúrájú zselét kaptam. Következő kísérletben már kizárólag ananászlevet alkalmaztam, de ezúttal már felforraltam és végeredményben egy nagyon kemény, törhető zselét kaptam., ezért a továbbiakban elkezdtem csökkenteni a gellángumi mennyiségét, a kívánt állag elérése érdekében. Először 1 g-ot, majd 0,5 g-ot tartalmazó zseléket készítettem. A gellángumi csökkentésével arányosan változott a zselé állománya. Minél kevesebb gellángumit tartalmazott, annál puhább, lédúsabb zselé lett az eredmény. Ez az állománymérés adataiból készített oszlopdiagramon is látható. (16. ábra)



16. ábra Keménységváltozása gellángumi csökkentésének hatására

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	-----------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	5,47041E07	2	2,7352E07	509,2	7,027E-18
Within groups:	1,07434E06	20	53717,1		Permutation p (n=99999)
Total:	5,57784E07	22			1E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	3,56739E06	Var(error):	53717,1	ICC:	0,985166
-------------	------------	-------------	---------	------	----------

omega²: 0,9779

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,01891
Levene's test, from medians	p (same):	0,242

Welch F test in the case of unequal variances: F=542,4, df=10,34, p=3,383E-11

17. ábra: ANOVA táblázat a keménységértékek összehasonlítására

Állandó gyümölcsstartalm, csökkenő gellángumi					
Keménység					
	B	C	D	B	100% gyüm, 1,5 gellán
B		3,64E-13	1,92E-14	C	100% gyüm, 1 g gellán
C	24,9		9,29E-12	D	100% gyüm, 0,5 g gellán
D	45,12	20,93			

18. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé keménységének értékeire

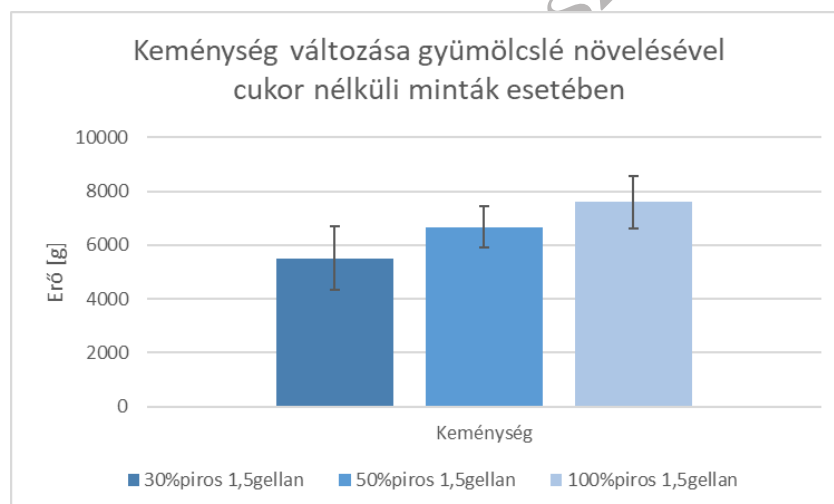
A statisztikai elemzésben (17. és 18. ábra) a diagonál feletti p-értékeket kell figyelembe venni és látható, hogy szignifikáns eltérést az 1,5g gellánt tartalmazó minta a másik két mintára adott, valamint az 1 g gellánt tartalmazó minta is szignifikáns eredményt adott a 0,5 g gellánt tartalmazó mintára.

Mivel az ananászle nem adta a kívánt állagot, ezért kipróbáltam egy másik gyümölcslevet is. Az összehasonlítás érdekében ugyanannyi gellángumi mennyiséggel próbáltam ki, mint az ananászle esetében. Ugyanaz volt megfigyelhető ennél a gyümölcslénél is, mint az ananászle esetében; a gyümölcslében megtalálható ionok hatással vannak a zselé dermedésére, kemény, rugalmatlan zselét kaptam. Minél inkább nőtt a gyümölcslé mennyisége, annál jobban keményedett, vált rugalmatlanabbá a zselé. A kihűlt zseléket felvágtam (19. ábra) és ugyanúgy megvizsgáltam, mint az ananászlevet tartalmazó minta esetében és arra jutottam, hogy egy másik gyümölcslé használata nem okozott szembetűnő különbséget. A felvágott részek egymástól jól elkülöníthetőek voltak, amik felvágás után sem veszítették el alakjukat. Törhetőek voltak, a gyümölcslé növelésével pedig egyre jobban veszített rugalmasságából a zselé.



19. ábra Gyümölcslé-koncentráció növelésének hatása felvágott zselére.

Az érzékszervi vizsgálat után műszeresen is megmértem a zselé állományát, ahol a zselé keménységét, rugalmasságát vizsgáltam. Azt tapasztaltam, hogy minél jobban növelem a gyümölcslé koncentrációját, annál keményebbé, ridegebbé válik az anyag. Az értékek folyamatosan nőnek, nincs kiugró érték. (20. ábra)



20. ábra Gyümölcslé növelésének hatása a zselé szerkezetére

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	3,1428E07	2	1,5714E07	16,08	1,798E-05
Within groups:	2,9323E07	30	977433		Permutation p (n=99999)
Total:	6,0751E07	32			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	1,33969E06	Var(error):	977433	ICC:	0,578169
omega²:	0,4775				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,1959
Levene's test, from medians				p (same):	0,3361
Welch F test in the case of unequal variances: F=12,36, df=18,96, p=0,0003671					

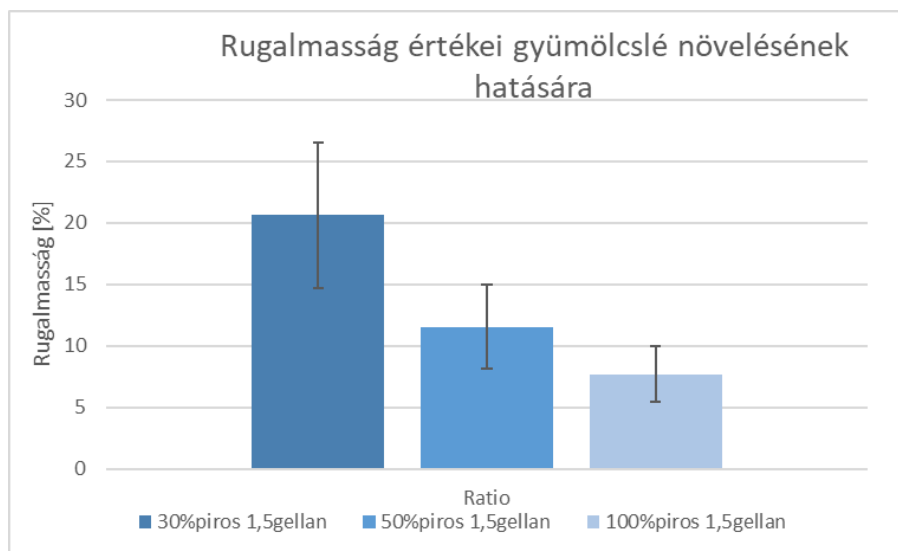
21. ábra ANOVA táblázat a keménységértékek összehasonlítására gyümölcsle növelése esetében

Gyümölcsle és 1,5 gellan					
Keménység					
	B	C	D		
B		0,009348	1,07E-05	szignifikáns	
C	4,493		0,04852		
D	7,999	3,506		B:	30% gyüm, 1,5 gellan
				C:	50% gy, 1,5gellan
				D:	100%gyüm, 1,5 gellan

22. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé keménységének értékeire gyümölcsle növelése esetében

A statisztikai elemzésben látni (21. és 22. ábra) hogy a 30% gyümölcslevet tartalmazó minta értékei térnek el leginkább a több gyümölcslevet tartalmazó társaitól.

A rugalmasságra kapott értékek (23. ábra) már eltérő eredményeket mutat, a 30tömeg%-os zselé kiemelkedett a több gyümölcslevet tartalmazó mintáktól, ez bizonyult a legrugalmasabbnak. Az öt követő 50 tömeg%-os zselé értékei majdnem felére estek vissza, a gyümölcslel készült zselé értékei és az 50 tömeg%-os zselé között nincs akkora különbség, mint az első kettő esetében. Az oszlopdiagram is sejteti azt, hogy 30tömeg%-os gyümölcsle értéke tér el a másik kettő értékeitől. Ezt az eredményt a statisztikai elemzés is jól bizonyítja. (24. és 25. ábra)



23. ábra Rugalmasság értékei gyümölcsle növelésének hatására


Several-sample tests

One-way ANOVA
Residuals
Tukey's pairwise
Kruskal-Wallis
Mann-Whitney pairwise
Dunn's post hoc

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1088,21	2	544,107	32,31	3,29E-08
Within groups:	505,222	30	16,8407		Permutation p (n=99999)
Total:	1593,44	32			1E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	47,9333	Var(error):	16,8407	ICC:	0,740008
omega ² :	0,6549				

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,03425
Levene's test, from medians	p (same):	0,05143

Welch Ftest in the case of unequal variances: F=24,72, df=18,5, p=5,945E-06

24. ábra. ANOVA táblázat a rugalmasságértékek összehasonlítására gyümölcsle növelése esetében

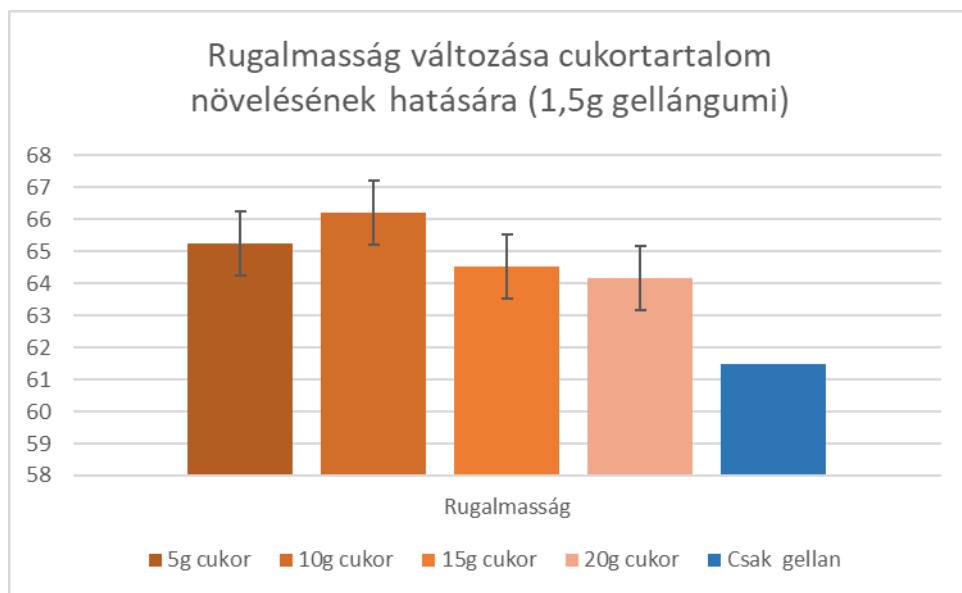
Rugalmasság						
		B	C	D		szignifikáns
	B		8,89E-06	3,56E-08		
	C	8,093		0,1229	B:	30% gyüm, 1,5 gellan
	D	10,96	2,868		C:	50% gy, 1,5gellan
					D:	100%gyüm, 1,5 gellan

25. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé rugalmasságértékeire gyümölcsle növelése esetében

6.3 Cukor hatása a gellángumi szerkezetére

Cukor hatására a kapott termék sokkal puhább, sérülékenyebb lett. Az állománymérővel végzett mérés során látható (26. ábra), hogy a cukor növelésének hatására a zselé keménysége,

szilárdsága csökken. A rugalmasságra kapott adatok azonban nem mutatnak ennyire egyértelmű növekedést. Az értékek ugyanazon értékek körül mozognak, ahogy ez az ábrán látható is. A kék oszlop a csak gellángumit tartalmazó zselé rugalmasságát mutatja



26. ábra Rugalmasság változása cukortartalom növelésének hatására

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	-----------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	27,042	3	9,01399	9,57	7,71E-05
Within groups:	35,7908	38	0,941863		Permutation p (n=99999)
Total:	62,8328	41			7E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	0,77169	Var(error):	0,941863	ICC:	0,450345
-------------	---------	-------------	----------	------	----------

omega²: 0,3797

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,4016
Levene's test, from medians	p (same):	0,5141

Welch F test in the case of unequal variances: F=14,47, df=19,47, p=3,42E-05

27. ábra ANOVA táblázat a rugalmasságértékek összehasonlítására cukortartalom növelése esetén

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Állandó gellán és változó cukor									
Keményység									
		B	C	D	E				
	B		0,3364	2,58E-09	1,83E-09		szignifikáns		
	C	2,415		2,60E-07	1,80E-07				
	D	12,48	10,07		0,9992	B	5 g cukor, 1,5 gellán		
	E	12,67	10,26	0,1867		C	10 g cukor, 1,5 gellán		
						D	15 g cukor, 1,5 gellán		
						E	20 g cukor, 1,5 gellán		
Rugalmasság									
		B	C	D	E				
	B		0,1573	0,4897	0,265				
	C	3,05		0,005743	0,001807				
	D	1,024	5,175		0,9731				
	E	2,631	5,681	0,6066					

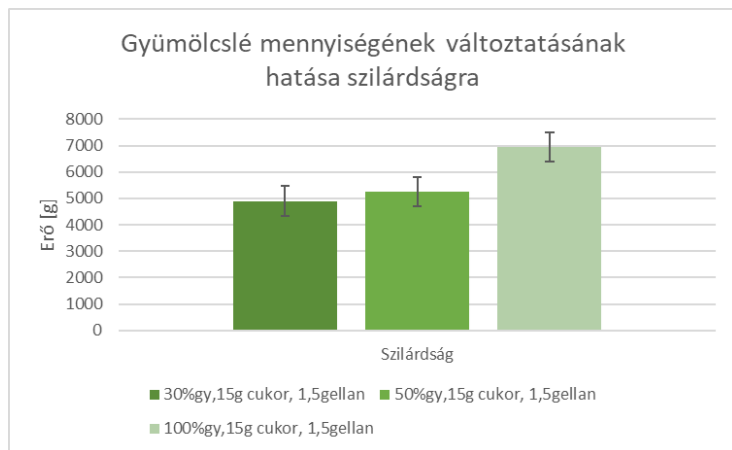
28. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé rugalmasságértékeire cukortartalom növelése esetén

A statisztikai értékek azt bizonyítják, hogy a 15 g cukrot tartalmazó minta jelenti a fordulópontot állománybeli tulajdonságokat tekintve, hiszen az 5 és 10 g cukrot tartalmazó minták között nem volt akkora különbség, mint a 10 és 15 g cukrot tartalmazók között. (27. és 28. ábra)

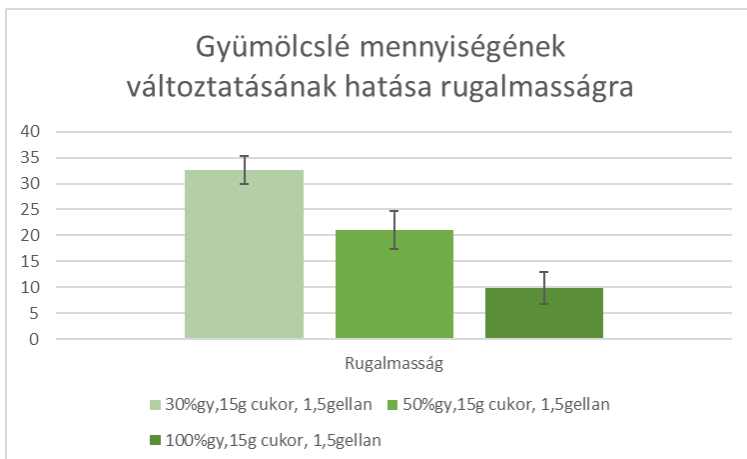
Az is megfigyelhető, hogy a 10 g mennyiség átlépése után az értékek elkezdtek megközelíteni a cukormentes minta értékeit.

Következő lépésként a gyümölcsle hatását vizsgáltam cukor jelenlétében. Ugyanazokkal a koncentrációkkal dolgoztam, mint előtte, tehát 30%, 50%, majd 100%-os gyümölcslevet használtam.

A diagramokról is jól leolvasható (29. és 30. ábra), hogy minél nagyobb arányban alkalmaztam a gyümölcslevet, annál ridegebbé, keményebbé vált a zselé.



29. ábra Gyümölcsle hatására a zselé keménységének változása



30. ábra Gyümölcsle hozzáadásával a zselé rugalmasságának változásai



Several-sample tests

One-way ANOVA

Residuals

Tukey's pairwise

Kruskal-Wallis

Mann-Whitney pairwise

Dunn's post hoc

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	2,8291E07	2	1,41455E07	41,17	1,415E-09
Within groups:	1,09935E07	32	343547		Permutation p (n=99999)
Total:	3,92845E07	34			1E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	1,18399E06	Var(error):	343547	ICC:	0,775098
omega ² :	0,6966				

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,8731
Levene's test, from medians	p (same):	0,7601

Welch F test in the case of unequal variances:

F=35,81, df=21,17, p=1,611E-07

31. ábra ANOVA táblázat a keménységi adatok összehasonlítására állandó gellán- és cukormennyiség mellett, változó gyümölcsle esetén

Gyümölcsle változik, cukor és gellán állandó					
Keményység					szignifikáns
	G	H	I	G	30%gyüm, 15g cukor, 1,5 gellan
	G		0,3475	H	50% gyüm, 15 g cukor, 1,5 gellan
	H	1,997		I	100% gyüm, 15 g cukor, 1,5 g gellan
	I	11,14	9,146		

32. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé keménységértékeire állandó gellán- és cukormennyiség mellett, változó gyümölcsle esetén

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	2973,36	2	1486,68	138,5	1,745E-16
Within groups:	343,417	32	10,7318		Permutation p (n=99999)
Total:	3316,78	34			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	126,613	Var(error):	10,7318	ICC:	0,921863
omega²:	0,8871				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,8885
Levene's test, from medians				p (same):	0,8809
Welch Ftest in the case of unequal variances: F=167,1, df=21,19, p=1,061E-13					

33.ábra ANOVA táblázat a rugalmassági adatok összehasonlítására állandó gellán- és cukormennyiség mellett, változó gyümölcsle esetén

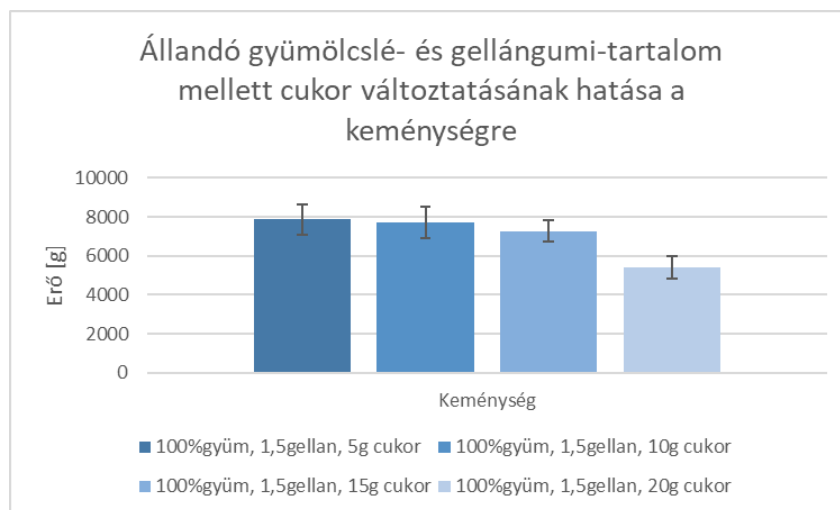
Rugalmasság						
		G	H	I		szignifikáns
	G		1,16E-08	4,43E-14	G	30%gyüm, 15g cukor, 1,5 gellán
	H	11,57		4,70E-08	H	50% gyüm, 15 g cukor, 1,5 gellán
	I	22,38	10,81		I	100% gyüm, 15 g cukor, 1,5 g gellán

34. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé rugalmasságértékeire állandó gellán- és cukormennyiség mellett, változó gyümölcsle esetén

Összefoglalva itt is az mondható el, mint a korábbiakban, hogy a 100% gyümölcsleéből készült zselé jelentős eltéréseket mutat a vizet is tartalmazó mintákhoz képest. Ez az eredmény a statisztikai elemzésekből (31-34. ábra) és a diagramokról is leolvasható

6.4 Állandó gyümölcsle és gellángumi-tartalom mellett a cukor hatása

Azt tapasztaltam, hogy a cukor a zselé keménységére csak jelentősebb mennyiségben van hatással gyümölcsle jelenléte mellett, ugyanakkor folyamatos növelése a keménységre negatív hatással van. (35. ábra)



35. ábra Cukor növelésének hatása gyümölcsle jelenlétében a zselészerkezetre.

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
Between groups:	Sum of sqrs: 4,5492E07	df: 3	Mean square: 1,5164E07	F: 29,08	p (same): 1,607E-10
Within groups:	2,2946E07	44	521501		Permutation p (n=99999)
Total:	6,84381E07	47			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	1,22021E06	Var(error):	521501	ICC:	0,700581
omega²:	0,637				
Levene's test for homogeneity of variance, from means		p (same):	0,06957		
Levene's test, from medians		p (same):	0,2851		
Welch F test in the case of unequal variances: F=36,94, df=24,08, p=3,604E-09					

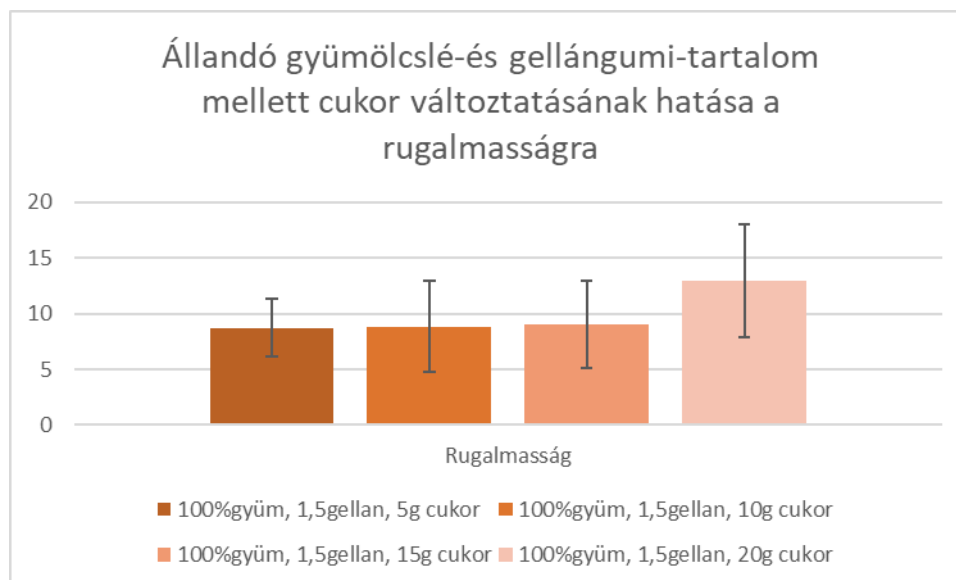
36. ábra ANOVA táblázat a keménységi adatok összehasonlítására, állandó gyümölcsle-, és gellánmennyiség mellett, változó cukor esetében

Keményység	B	C	D	E	
B		0,9475	0,2168	9,55E-10	szignifikáns
C	0,77		0,4937	5,76E-09	
D	2,779	2,009		6,83E-07	
E	11,71	10,94	8,931		
					B 5g cukor, 1,5 gellan, 100% gyüm
					C 10g cukor, 1,5 gellan, 100% gyüm
					D 15g cukor, 1,5 gellan, 100% gyüm
					E 20g cukor, 1,5 gellan, 100% gyüm

37. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé keménységértékeire állandó gyümölcsle-, és gellánmennyiség mellett, változó cukor esetében

Ahogy a diagramok is mutatták, a statisztikai eredmények is azt bizonyítják, hogy a 20 g cukrot tartalmazó zselé keménységre kapott értékei jelentősen eltérnek a többi mintához képest. (36. és 37. ábra)

A következő diagramon (38. ábra) az látható, a keménység alakulásával ellentétben, hogy a cukor mennyiségét növelve nőtt a zselé rugalmassága. Ahogy a keménység esetében, itt is a 20 g cukrot tartalmazó minta mutatott jelentősebb változást, kevesebb cukrot tartalmazó társaihoz képest.



38. ábra A zselé rugalmasságának változása cukor növelése közben.

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	-----------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	149,911	3	49,9703	2,823	0,04965
Within groups:	778,946	44	17,7033		Permutation p (n=99999)
Total:	928,856	47			0,05045

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	2,68892	Var(error):	17,7033	ICC:	0,13186
-------------	---------	-------------	---------	------	---------

omega²: 0,1023

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,01669
Levene's test, from medians	p (same):	0,3624

Welch Ftest in the case of unequal variances: F=1,985, df=23,71, p=0,1434

39. ábra ANOVA táblázat a rugalmasságadatok összehasonlítására, állandó gyümölcslel-, és gellánmennyiség mellett, változó cukor esetében

Rugalmasság									
		B	C	D	E		szignifikáns		
	B			1	0,9979	0,08362			
	C	0,05557			0,999	0,09107	B	5g cukor, 1,5 gellán, 100% gyüm	
	D	0,2525	0,1969			0,122	C	10g cukor, 1,5 gellán, 100% gyüm	
	E	3,456	3,4	3,203			D	15g cukor, 1,5 gellán, 100% gyüm	
							E	20g cukor, 1,5 gellán, 100% gyüm	

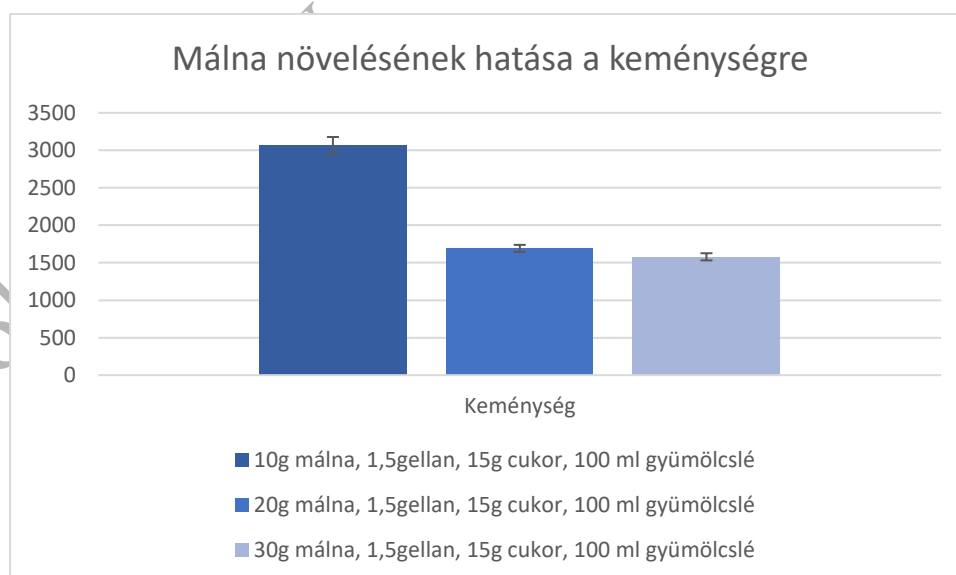
40. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé rugalmasságértékeire állandó gyümölcsle-, és gellánmennyiség mellett, változó cukor esetében

A statisztikai elemzés (39. és 40. ábra) elvégzésével az látható, hogy ugyan a 20 g cukrot tartalmazó minta értékei kiemelkednek a többihez képest, de mégsem térnek el szignifikánsan. Ezekből az eredményekből arra jutottam, hogy a gyümölcsle nagyobb mértékben befolyásolja zselé szerkezetének alakulását, mint a cukor és ez a pH-ra vezethető vissza.

Megmértem a cukrot tartalmazó minták pH értékeit, amik a következőképp alakultak. A 30 tömeg%-os minta átlag pH értéke 4,4, az 50% tömeg%-os mintáé 4,3, a 100 tömeg%-os mintáé 4 volt.

6.5 Málnapüré hatása a zselé állományára

A málnapüré hozzáadásával azt tapasztaltam, hogy a megkötési idő lerövidült és szerkezete ikrásabb lett. Minél jobban növeltem a málna mennyiségét, annál puhábbá, ikrássá vált a zselé, ahogy ez a 41. ábrán is jól látható lesz.



41. ábra Keménység alakulása málnatartalom növelésének hatására

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1,64289E07	2	8,21445E06	1405	1,167E-32
Within groups:	192909	33	5845,72		Permutation p (n=99999)
Total:	1,66218E07	35			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	684050	Var(error):	5845,72	ICC:	0,991527
omega²:	0,9873				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,03005
Levene's test, from medians				p (same):	0,03491
Welch F test in the case of unequal variances: F=869,5, df=20,6, p=1,276E-20					

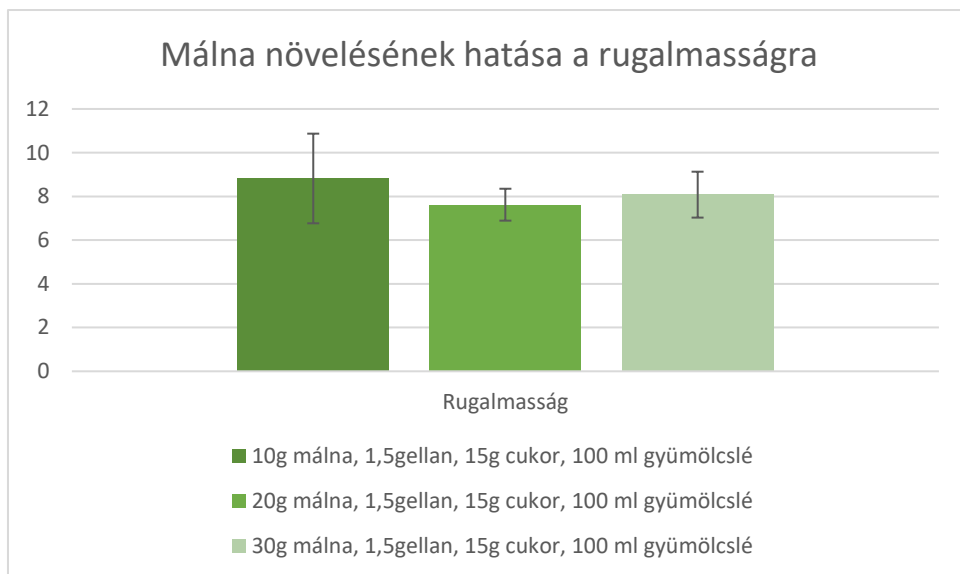
42. ábra ANOVA táblázat a keménységadatok összehasonlítására, állandó gyümölcsle-gellán, és cukormennyiség mellett változó málnatartalom esetében

Állandó gyümölcsle, cukor és gellán, változó málna					
Keménység					
	G	H	I	szignifikáns	
G		6,22E-14	6,22E-14		
H	62,23		0,002862	G	10g málna, 100ml gyüm, 15g cukor, 1,5gellán
I	67,33	5,095		H	20g málna, 100ml gyüm, 15g cukor, 1,5gellán
				I	30g málna, 100ml gyüm, 15g cukor, 1,5gellán

43. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé keménységértékeire állandó gyümölcsle-, gellán, és cukormennyiség mellett változó málnatartalom esetében.

A Tukey-féle próba (43. ábra) azt bizonyítja, ahogy ez a diagramon is megfigyelhető, hogy a 10 g málnát tartalmazó zselé a 20 és 30 g málnapürét tartalmazó mintáktól szignifikánsan eltér, de ami számomra meglepő volt, hogy a 20 és a 30 g málnapüré között is jelentős eltérés mutatkozott. Ezekből az eredményekből arra tudok következtetni, málna növelésének és a gyümölcsle csökkentésének együttes hatása jelentős állománybeli különbségeket okoz. A p értéket a 42. ábra szemlélteti.

Ezt érzékszervileg is lehetett érzékelni, hiszen a minta rendkívül sérülékennyé vált 20 g málnatartalom felett, fizikai hatásokra érzékeny volt. A 30 g málnát tartalmazó zseléket a formából nehezen tudtam kivenni, jó pár meg is sérült, valamint 24 óra eltelte után levet eresztett, tehát a zselé nedvességmegkötő-képessége lecsökkent.



43. ábra Rugalmasság változása málnatartalom növelésének hatására

Several-sample tests					
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	8,76744	2	4,38372	2,191	0,1278
Within groups:	66,0215	33	2,00065		Permutation p (n=99999)
Total:	74,7889	35			0,1253
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0,198589	Var(error):	2,00065	ICC:	0,0902989
omega ² :					
0,06207					
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,002512
Levene's test, from medians				p (same):	0,003725
Welch F test in the case of unequal variances: F=2,058, df=19,89, p=0,1541					

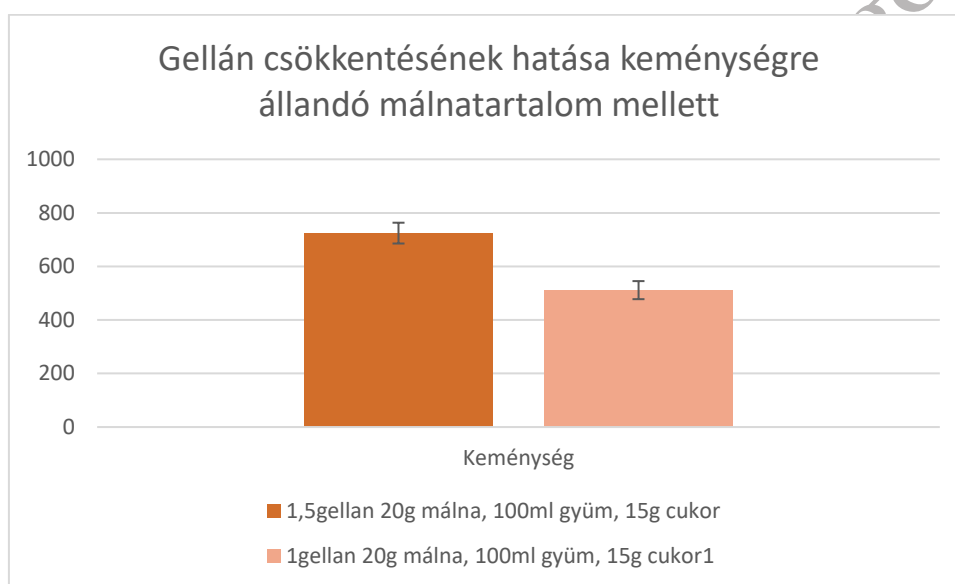
44. ábra ANOVA táblázat a rugalmasságadatok összehasonlítására, állandó gyümölcsle-, gellan, és cukormennyiség mellett változó málnatartalom esetében

Rugalmasság					
	G	H	I	G	10g málna, 100ml gyüm, 15g cukor, 1,5gellan
G		0,1109	0,4138	H	20g málna, 100ml gyüm, 15g cukor, 1,5gellan
H	2,933		0,7121	I	30g málna, 100ml gyüm, 15g cukor, 1,5gellan
I	1,816	1,116			

45. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé rugalmasságértékeire állandó gyümölcsle-, gellan, és cukormennyiség mellett változó málnatartalom esetében

A diagramról (43. ábra) is jól leolvasható, hogy a keménységhez viszonyítva a málnapüré nem okozott nagy rugalmasság-beli különbséget. A minták között nincs szignifikáns eltérés. (44. és 45. ábra)

A termékem szempontjából a legjobbnak 20 g málnát tartalmazó zselé bizonyult, ezért ezzel dolgoztam tovább. Az utolsó lépésem így már a gellán-tartalmának csökkentése volt, mert a 1,5 g gellánt tartalmazó zselé állaga nem volt egy kanalazható zselével összeegyeztethető. A gellán mennyiségét 0,5 g -onként csökkentettem egészen 0,5 g gellángumi- tartalomig. Az eredményeket az alábbi táblázatokban foglaltam össze. Összehasonlításképpen feltüntettem a másfél g gellánt tartalmazó minta értékeit is, ezt mutatja a 46. ábra.



46. ábra Gellángumi csökkentésének hatása a zselé keménységére állandó málnatartalom mellett


Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	-----------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	260260	1	260260	178,5	9,8E-12
Within groups:	30616,6	21	1457,93		Permutation p (n=99999)
Total:	290877	22			1E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	22547,2	Var(error):	1457,93	ICC:	0,939266
-------------	---------	-------------	---------	------	----------

omega²: 0,8853

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,519
Levene's test, from medians	p (same):	0,497

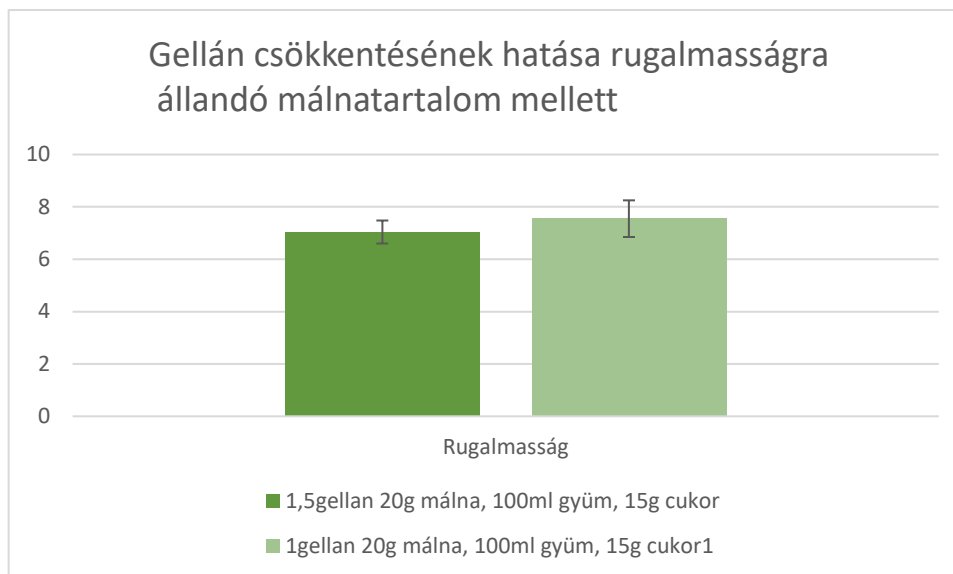
Welch F test in the case of unequal variances: F=180,7, df=20,96, p=8,987E-12

47. ábra: ANOVA táblázat a keménységadatok összehasonlítására, állandó gyümölcsle-málna, és cukormennyiség mellett csökkenő gellán esetében

Állandó gyümöcsle, cukor és málnatartalom, csökkenő gellán					
Keménység					
	I	J		szignifikáns	
I		9,80E-12		I	1,5 gellán, 100% gyüm, 15 g cukor, 20g málna
J	18,9			J	1 g gellán, 100% gyüm, 15 g cukor, 20 g málna

48. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé keménységértékeire állandó gyümölcsle, -málna, és cukormennyiség mellett csökkenő gellán esetében

A gellángumi mennyiségét csak 0,5 g -mal csökkentettem, de a diagramon is látni és a statisztikai elemzés (47. és 48. ábra) is jól mutatja, hogy ez a kis mennyiség is jelentős különbséget eredményezett.



49. ábra Gellán csökkentésének hatása a zselé rugalmasságára állandó málnatartalom mellett

Several-sample tests

One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
---------------	-----------	------------------	----------------	-----------------------	-----------------

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1,48787	1	1,48787	4,059	0,05692
Within groups:	7,69789	21	0,366566		Permutation p (n=99999)
Total:	9,18577	22			0,05445

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	0,0976896	Var(error):	0,366566	ICC:	0,210422
omega ² :	0,1174				

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,2112
Levene's test, from medians	p (same):	0,2453

Welch Ftest in the case of unequal variances: F=3,903, df=16,62, p=0,06506

50. ábra ANOVA táblázat a rugalmasságadatok összehasonlítására, állandó gyümölcsle-málna, és cukormennyiség mellett csökkenő gellán esetében

Rugalmasság					
				szignifikáns	
I	J			I	1,5 gellan, 100% gyüm, 15 g cukor, 20g málna
I		0,05692		J	1 g gellan, 100% gyüm, 15 g cukor, 20 g málna
J		2,849			

51. ábra Tukey-féle teszt eredményei a zselé rugalmasságértékeire állandó gyümölcsle-, málna, és cukormennyiség mellett csökkenő gellán esetében

Ahogy a diagramból (49. ábra) és a statisztikai elemzésből (50. és 51. ábra) is látni, a keménységgel ellentétben a rugalmasságban nem történt jelentős változás a gellán mennyiségét csökkentve.

A tapasztalatom az volt, hogy 20 g málna jelenlétében a zselé jelentősen veszít keménységéből. A mintából a 0,5 g gellángumit tartalmazó mintát nem tudtam kivenni sérülésmentesen (52. ábra), ezért nem szerepel a diagramon. A gellángumi csökkentésével a zselé állománya érezhetően puhább, sérülékenyebb lett, ahogy ezt bizonyítják a diagramok is.



52. ábra 0,5 g gellángumit, 15g cukrot, 20g málnát tartalmazó minta

6.6 Érzékszervi minősítés kiértékelése

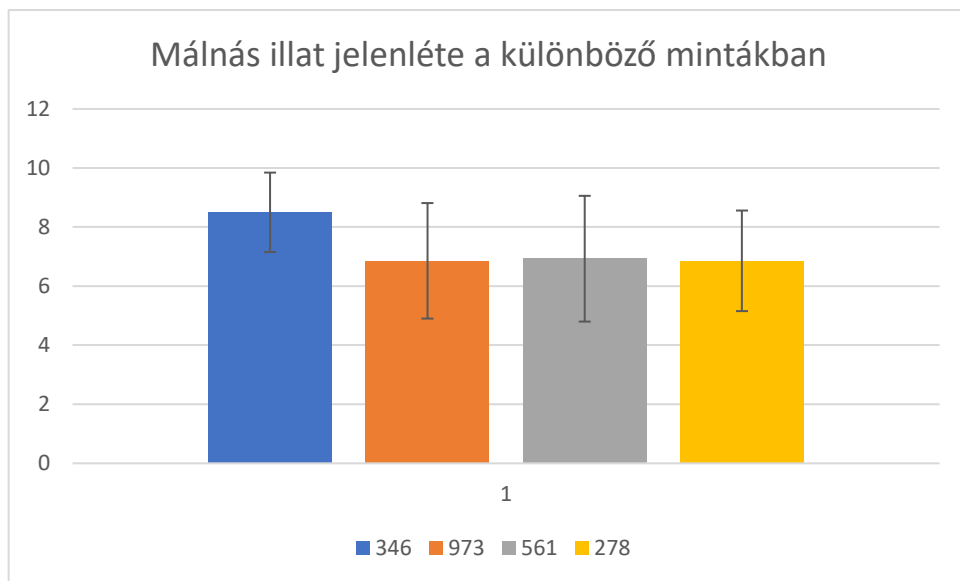
Az érzékszervi minősítést 14-en végezték el. Nyolc tulajdonságot kértem, hogy értékeljenek ezek a málnás illat és íz, édes íz, savasság, ikrás állomány jelenlére, rugalmasság, puha állomány, megfelelő szín voltak. Egyes tulajdonságokban a minták között nagyobb különbséget éreztek a kóstolók, mint például a málnás illat, íz, ikrás állomány jelenléte.

A 2. táblázat mutatja be milyen tulajdonságokat jelöltek a számkódok:

2. táblázat A mintákhoz tartozó számkódok és tulajdonságaik

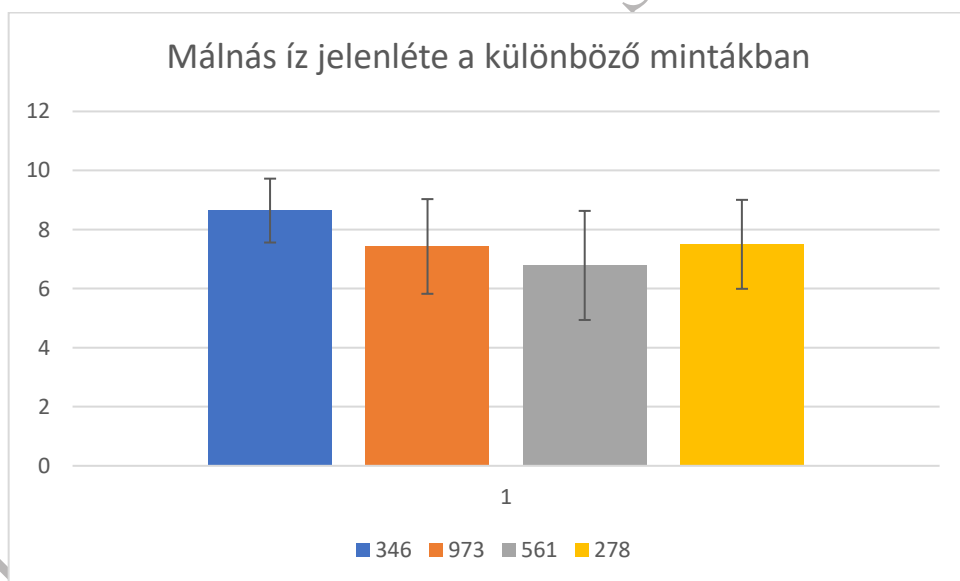
Sorszám	Gellángumi - tartalom	Málnatartalom
346	1 g	15 g
973	0,5 g	15 g
561	1 g	20 g
278	0,5 g	20 g

A legjobban málnás illatúnak a 346-os mintát érezték, míg a többi minta között nem figyeltek meg nagy különbséget, ahogy ez az oszlopdiagramról (53. ábra) is leolvasható. Ez azért is érdekes, mert a 346-os számú minta 15 g málnát tartalmazott, míg az 561. 20 g- mal bírt.



53. ábra Málnás illat jelenléte a mintákban a kóstolók véleménye alapján

A málnás íz még nagyobb szórásokat adott. A kóstolók szerint a legintenzívebb málna ízzel jelen esetben is a 346-os minta rendelkezett, legkevésbé málnás ízűnek pedig az 561-es mintát szavazták meg.

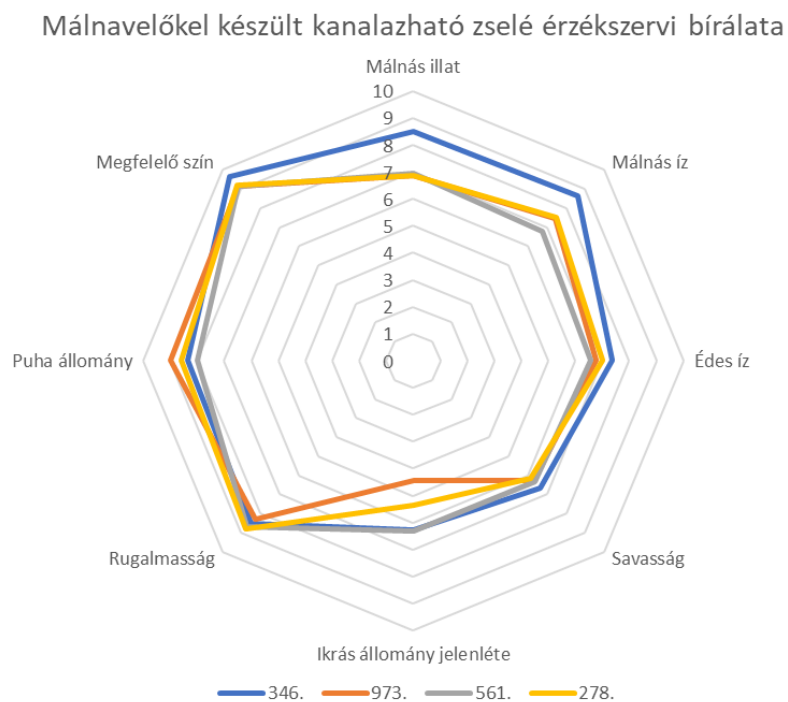


54. ábra Málnás íz jelenléte a mintákban a kóstolók véleménye alapján

Ezekből az oszlopdiagramokból is látható, hogy a legjobbnak a 346-os mintát választották meg.

Összefoglalásképpen készítettem egy pókháló ábrát (55. ábra), amin az az eredmény is jól látható, hogy a 346-os minta területe a legnagyobb, ami azt jelenti, hogy a legtöbb tulajdonságban, a legtöbb pontot ez a minta szerezte. Vannak olyan tulajdonságok, amelyekben nem ez a minta nyerte el a kóstolók tetszését, ezek voltak a puha állomány és a rugalmasság, de összességében ez a minta mutatkozott a legjobbnak. Az összbenyomás alapján a bírálók

túlnyomó többsége a 346-os mintát érezték a legjobbnak, ez is alátámasztja a pókháló diagram helyességét.



55. ábra Pókháló ábra az érzékszervi bírálat eredménye alapján

7. Összefoglalás

Szakdolgozatomban egy mikrobiális eredetű hidrokolloid, a gellángumi édesipari felhasználásának lehetőségeit mutatom be. A gellángumi felhasználása igen sokrétű, azonban önmagában édesipari termékekben nem fordul elő, így célom egy olyan édesipari termék fejlesztése volt, amelyben zselésítőanyagként kizárólag gellángumit alkalmazok. A kísérleti munkámat gellán-tartalmú receptek keresése előzte meg annak érdekében, hogy rálátást nyerjek a felhasznált gellángumi mennyiségére. A kísérletezés során fényt derült arra, hogy a zseléedési folyamatot hogyan befolyásolja a hőmérséklet, keverés sebessége, cukor, gyümölcsle, illetve gyümölcspüré jelenléte. Az állománybeli változásokat egy *TA-Xt plus* állománymérő segítségével figyeltem meg. Minden mérés végeztével a mérési adatokból oszlopdiagramokat készítettem, valamint statisztikai elemzéseket is végeztem annak érdekében, hogy jobban szemléltessem a minták közti eltéréseket. Az állománymérés eredményei segítettek tovább gördíteni a kísérletsorozatot, aminek köszönhetően közelebb kerülhettem a céltermékemhez.

Amikor egy számomra megfelelő állagú és ízű terméket kaptam, akkor érzékszervi vizsgálatot végeztettem hallgatótársaimmal. Négyféle mintát kóstoltak, amiben a gellángumi és a cukor mennyiségét változtattam. Az érzékszervi minősítés eredményeiből kiderült, hogy kóstolók többségének ízlett a termék és meg is vennék azt, valamint arra is fényt derült melyik az a gellán- és cukor-koncentráció, amelyek a legjobban nyerte el tetszésüket. Az eredményekből továbbá, készítettem egy pókháló ábrát és oszlopdiagramot. A pókháló ábra szemlélteti is a pontokban kifejezett eredményeket, az oszlopdiagramok pedig azon tulajdonságokat mutatják be, amelyek megosztóak voltak.

A végtermék forgalomba hozatalához azonban szükség van még pár lépésre. További kísérletekre van szükség, amelyekben a termék eltarthatóságát vizsgálják, valamint piackutatást kell végezni.

8. Irodalomjegyzék

- Ashwini Rahul Akkineni és mtsai 2016. „Polymers | Free Full-Text | Highly Concentrated Alginate-Gellan Gum Composites for 3D Plotting of Complex Tissue Engineering Scaffolds”. é. n. Elérés 2023. október 20. <https://www.mdpi.com/2073-4360/8/5/170>
- Bayarri, S, E Costell, és L Durán. 2002. „Influence of Low Sucrose Concentrations on the Compression Resistance of Gellan Gum Gels”. *Food Hydrocolloids* 16 (6): 593–97. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00021-8](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00021-8).
- Cassanelli, Mattia, Valentina Prosapio, Ian Norton, és Thomas Mills. 2018. „Acidified/Basified Gellan Gum Gels: The Role of the Structure in Drying/Rehydration Mechanisms”. *Food Hydrocolloids* 82 (szeptember): 346–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.024>.
- Danalache, Florina, Sara Beirão-da-Costa, Paulina Mata, Vítor D. Alves, és Margarida Moldão-Martins. 2015. „Texture, Microstructure and Consumer Preference of Mango Bars Jellified with Gellan Gum”. *LWT - Food Science and Technology, Healthy Snacks: Recent Trends and Innovative Developments to Meet Current Needs*, 62 (1, Part 2): 584–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.040>.
- Emmanuel Flores-Huicochea és mtsai. 2012. „Sol-gel transition temperatures of high acyl gellan with monovalent and divalent cations from rheological measurements - ScienceDirect”. é. n. Elérés 2023. október 21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X1200269X>.
- Fialho, Arsenio M., Leonilde M. Moreira, Ana Teresa Granja, Alma O. Popescu, Karen Hoffmann, és Isabel Sá-Correia. 2008. „Occurrence, Production, and Applications of Gellan: Current State and Perspectives”. *Applied Microbiology and Biotechnology* 79 (6): 889–900. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1496-0>.
- Gibson, W., és G. R. Sanderson. 1997. „Gellan Gum”. In *Thickening and Gelling Agents for Food*, szerkesztette Alan P. Imeson, 119–43. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2197-6_6.
- Gomes, D., J. P. Batista-Silva, A. Sousa, és L. A. Passarinha. 2023. „Progress and opportunities in Gellan gum-based materials: A review of preparation, characterization and emerging applications”. *Carbohydrate Polymers* 311 (július): 120782. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120782>.
- Grasdalen, Hans, és Olav Smidsrød. 1987. „Gelation of Gellan Gum”. *Carbohydrate Polymers* 7 (5): 371–93. [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(87\)90004-X](https://doi.org/10.1016/0144-8617(87)90004-X).
- J.T. Oliveria és mtsai. 2009. „Gellan gum: A new biomaterial for cartilage tissue engineering applications - Oliveira - 2010 - Journal of Biomedical Materials Research Part A - Wiley Online Library”. é. n. Elérés 2023. október 20. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jbm.a.32574>.
- Jie Li, Mei Liu és mtsi. 2023. „Classification, gelation mechanism and applications of polysaccharide-based hydrocolloids in pasta products: A review - ScienceDirect”. é. n. Elérés 2023. október 21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813023028519>.
- Masaud Alam, és mtsai, 2023. „Exploring the versatility of diverse hydrocolloids to transform techno-functional, rheological, and nutritional attributes of food fillings - ScienceDirect”. é. n. Elérés 2023. október 21.
- Pirsa, Sajad, és Kosar Hafezi. 2023. „Hydrocolloids: Structure, Preparation Method, and Application in Food Industry”. *Food Chemistry* 399 (január): 133967. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133967>.

- Rengaswami Chandrasekaran, Rick P. Millane és mtsai. 1987 „The crystal structure of gellan - ScienceDirect”. é. n. Elérés 2023. október 21.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0008621588801514>.
- Shanyi Wu, Rongjun Xiao és mtsi. 2023. „Advances in tissue engineering of gellan gum-based hydrogels - ScienceDirect”. é. n. Elérés 2023. október 20.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861723009499>.
- Shokufe Daei, Forogh Mohtarami 2022. „A biodegradable film based on carrageenan gum/Plantago psyllium mucilage/red beet extract: physicochemical properties, biodegradability and water absorption kinetic | SpringerLink”. é. n. Elérés 2023. október 21. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00289-021-04067-0>.
- Sworn, Graham, és Lise Stouby. 2021. „Chapter 28 - Gellan Gum”. In *Handbook of Hydrocolloids (Third Edition)*, szerkesztette Glyn O. Phillips és Peter A. Williams, 855–85. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00009-7>.
- Zia, Khalid Mahmood, Shazia Tabasum, Muhammad Faris Khan, Nadia Akram, Naheed Akhter, Aqdas Noreen, és Mohammad Zuber. 2018. „Recent Trends on Gellan Gum Blends with Natural and Synthetic Polymers: A Review”. *International Journal of Biological Macromolecules* 109 (április): 1068–87.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.099>.

Interneten talált cikkek:

- Internet1: Hidrokolloidok tulajdonságai, típusai, felhasználásai és példái / kémia”. é. n. Thpanorama - Tedd magad jobban ma! Elérés 2022. október 22.
<https://hu.thpanorama.com/articles/qumica/hidrocoloides-propiedades-tipos-usos-y-ejemplos.html>.
- Internet2: Veszélyes vagy biztonságos gellángumi Therapeutes magazin”. é. n. Elérés 2022. október 22. <https://karcsusito.koshachek.com/articles/veszelyes-vagy-biztonsagos-gellangumi-therapeutes.html>

9. Nyilatkozat:

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kobulniczky Orsolya
A Hallgató Neptun kódja: HCBROU
A dolgozat címe: A gellángumi édesipari célra történő felhasználásának lehetőségei
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Ipari Növény Technológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően

Kelt: 2023 év 10. hó 27. nap

Kobulniczky Orsolya
Hallgató aláírása

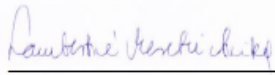
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Kobulniczky Orsolya (hallgató Neptun azonosítója: HCBRQU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre **javaslom** / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem**^{*3}

Kelt: Budapest, 2023. október 19.


Lambertné Meretei Anikó