

ERDÉLYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA 2024

SAPIENTIA EMTE - MAROSVÁSÁRHELYI KAR

Az érlelt félkemény sajtok feketeribizli- borban, illetve natúr feketeribizli-lében való áztatásának vizsgálata

Hallgatók: *Szabó Renáta*, élelmiszeripari mérnök szak, IV. év.

Veres Erika, élelmiszeripari mérnök szak, IV. év.

Témavezetők: *dr. Albert Csilla*, egyetemi docens

dr. Salamon Rozália-Veronika, egyetemi docens

Csíkszereda

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Célkitűzés.....	6
3. Irodalmi áttekintés.....	7
3.1. A félkemény sajtok fogalma és gyártástechnológiája	7
3.1.1. A félkemény sajtok fizikai, kémiai, mikrobiológiai és táplálkozási jellemzése 7	
3.1.2. Élelmiszerbiztonsági normatívák a félkemény sajtokra vonatkozóan	8
3.2. A feketeribizli-bor és natúr lé fogalma, valamint azok gyártástechnológiája	9
3.3. A feketeribizli antioxidáns hatása	10
3.4. Antioxidáns kapacitás jellemzésére használt kémiai módszerek.....	10
3.4.1. Össz-polifenol tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel	11
3.4.2. Vasredukáló képességen alapuló módszer (FRAP)	11
3.4.3. DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitásmérés módszer	12
3.5. Reológiai tulajdonságok jellemzésére alkalmazott módszerek	12
4. Anyagok és módszerek.....	14
4.1. A minták előállítására felhasznált anyagok jellemzése	14
4.2. A sajtok áztatása és mintavétele.....	14
4.3. A minták mikrobiológiai vizsgálata	15
4.3.1. A vizsgálat menete	16
4.4. A minták szárazanyag-tartalmának meghatározása	17
4.4.1. A vizsgálat menete	17
4.5. A minták antioxidáns kapacitásának vizsgálata.....	17
4.5.1. A minták előkészítése az analitikai vizsgálatokhoz.....	18
4.5.2. Össz-polifenol tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel	18
4.5.3. Vas-redukálóképességen alapuló módszer (FRAP)	19
4.5.4. DPPH gyökmegkötésén alapuló antioxidáns kapacitás mérési módszer	19
4.6. A sajtok reológiai vizsgálata.....	19

4.6.1.	Amplitúdó pásztázás	20
4.6.2.	Frekvencia pásztázás	20
4.7.	A sajtok színváltozásának vizsgálata	21
4.8.	A sajtok érzékszervi vizsgálata	21
4.8.1.	A vizsgálat menete	22
4.9.	Statisztikai elemzés	22
5.	Eredmények és értékelésük.....	23
5.1.	A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei.....	23
5.2.	A szárazanyag-tartalom vizsgálatának eredményei	25
5.3.	Az antioxidáns kapacitás vizsgálatának eredményei	25
5.3.1.	Össz-polifenol tartalom meghatározásának eredményei	26
5.3.2.	Vas-redukálóképességen alapuló módszer (FRAP) eredményei	27
5.3.3.	DPPH gyökmegkötésén alapuló antioxidáns kapacitásmérési módszer eredményei	28
5.4.	A sajtok reológiai vizsgálatának eredményei	29
5.4.1.	Amplitúdó pásztázás eredményei.....	29
5.4.2.	Frekvencia pásztázás eredményei	30
5.5.	A sajtok színváltozás vizsgálatának eredményei	31
5.6.	A sajtok érzékszervi vizsgálatának eredményei.....	33
5.7.	Gazdasági számítás a terméket illetően.....	34
6.	Következtetések	35
7.	További célkitűzések	36
8.	Irodalomjegyzék.....	37
9.	Köszönetnyilvánítás	39
10.	Mellékletek.....	40

Kivonat

Az érlelt félkemény sajtok feketeribizli-borban, illetve natúr feketeribizli-lében való áztatásának vizsgálata

Szabó Renáta¹, Veres Erika¹

¹Sapientia EMTE, Csíkszeredai Kar, Élelmiszeripari mérnök Szak, IV. év

E-mail: szabolrenata@uni.sapientia.ro, veresgyerika@uni.sapientia.ro

Témavezetők:

dr. Albert Csilla¹, dr. Salamon Rozália Veronika¹

¹Sapientia EMTE, Csíkszeredai Kar, Élelmiszertudományi Tanszék

E-mail: albertcsilla@uni.sapientia.ro, salamonrozalia@uni.sapientia.ro

Ismerve a sajtok és a vörösbogyós gyümölcsök, valamint a belőlük készült borok megannyi jótékony hatását, célunk volt előállítani, a kedvező tulajdonságok ötvözésével, egy magas tápértékű, a hagyományostól eltérő tulajdonságokkal rendelkező sajtot, amely szélesíthetné a különleges sajtok termékpalettáját.

Munkánk során vizsgáltuk, hogy a hét napos feketeribizli-borban, illetve natúr feketeribizli-lében való áztatás hogyan befolyásolja az érlelt félkemény sajtok antioxidáns kapacitását, mikrobiológiai, valamint reológiai és érzékszervi tulajdonságait.

Az antioxidáns kapacitás jellemzésére három módszert alkalmaztunk, meghatároztuk az össz-polifenol tartalmat Folin-Ciocalteu reagenssel, elvégeztük a vasredukáló képességen alapuló módszert (FRAP) és a 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) gyök megkötésén alapuló eljárást. A mikrobiológiai vizsgálatok során meghatároztuk a sajtok felületén potenciálisan előforduló patogén, megbetegedést okozó baktériumok (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*), penész- és élesztőgombák, valamint a tejsavbaktériumok számát, tenyésztési módszerrel. Az érzékszervi tulajdonságok közül a sajtok színének változását az áztatás során RGB color detector telefonos applikáció segítségével követtük, az állagváltozások jellemzésére reológiai vizsgálatokat végeztünk Anton Paar reométerrel. A termékek ízének meghatározására fókuszcsoporthoz kóstolást végeztünk 0-10 pontos értékelési skálát alkalmazva.

1. Bevezetés

A történelem során az emberiséget mindig is motiválta az új, ismeretlen iránti kíváncsiság, és ez napjainkban egyre inkább csak kezd fokozódni. Ez az élelmiszeripari ágazatokban sem történik másként, hiszen sorra kerülnek piacra a különlegesebbnél különlegesebb termékek, az ezekért felelős fejlesztők pedig már egyre gyakrabban kezdik alkalmazni egy-egy késztermék kombinációját is, amellyel nemcsak, hogy a fogyasztók figyelmét tudják még inkább megragadni, de ennek következtében az élelmiszerek által kifejtett, eltérő jótékony hatásokat is lehetőség nyílik egymással ötvözni, ezáltal egy sokkal egészségesebb és táplálkozástani szempontból gazdagabb tápanyagforrást biztosítva az emberi szervezetnek.

Ilyen termékeknek számítanak például az egyre nagyobb teret hódító, ízesített sajtok is, amelyeket különleges ízviláguk és színes palettájuknak köszönhetően, egyre nagyobb előszeretettel fogyasztanak. Ezen belül is, mostanra egyre több manufaktúra és tejfeldolgozó cég próbálkozik a borban áztatott sajtok előállításával. Európa szinten főként Spanyolországban, Portugáliában, Olaszországban és Franciaországban érlelnek borokban sajtokat, amelyek egytől-egyig gourmet termékeknek számítanak. Piackutatásunk alapján Romániában három olyan céget találtunk, amelyek termékkínálatában fellelhetőek az ilyen típusú sajtok, ezek közül a legnagyobb szereplő a Five Continents cég Tierra Horezu nevet viselő termékeivel, a másik kettő pedig manufaktúraként üzemel, amelyek tulajdonosai a maros megyei Varga István (Manufactura de Brânză) és a kovászna megyei Bodor Jakab (Uzonka Brânză artizanală) (Firme, 2024).

Remélhetőleg a közeljövőben ez a tendencia további növekedést fog mutatni, és egyre nagyobb lesz a választék ezen sajttípusok körében is.

2. Célkitűzés

A kutatásunk során elsősorban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a feketeribizli-borban és natúr feketeribizli-lében való áztatás milyen változásokat idéz elő az érlelt sajtok eredeti összetételére és fiziko-kémiai tulajdonságaira nézve. Itt főként a sajtok reológiai és érzékszervi sajátosságainak, valamint az antioxidáns kapacitásának a módosulására szeretnénk volna hangsúlyt fektetni.

Ez mellett célunk volt egy összehasonlítást végezni arról is, hogy a sajtok természetes mikroflóráját milyen mértékben befolyásolja az egy hetes áztatási idő, és hogy az így előállított sajtok emberi fogyasztásra alkalmasak-e. A vizsgálatok során elsősorban a feltételezhető patogén mikroorganizmusok, és a penészgombák jelenlétét akartuk kizárni, ezen felül pedig az élesztőgombák és a tejsavbaktériumok számát szeretnénk volna megbecsülni úgy az eredeti, mint a kész sajtok esetén.

Azáltal, hogy a már előre érlelt sajtokat feketeribizli-borban és natúr lében áztattuk, két teljesen új, funkcionális élelmiszert állítottunk elő, amelyek így már gourmet termékeknek számítottak. Szerettük volna felmérni, hogy a mai fogyasztók hogyan viszonyulnak ezekhez a típusú termékekhez, és hogy milyen véleménnyel vannak az általunk továbbgondolt két sajt érzékszervi tulajdonságait illetően.

Azt is szeretnénk volna tudni, hogy ha a fogyasztók körében sikeresnek bizonyul ez a két termék, akkor azokat milyen egységgel lehetne értékesíteni, kiszámítva azok önköltségi árát.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A félkemény sajtok fogalma és gyártástechnológiája

A félkemény sajtok olyan fehérjedús termékek, amelyeket a tejnek, tejszínnek vagy ezek keverékének savanyításával, vagy oltó hozzáadásával nyert alvadékból savóelvonással állítanak elő. Rövidebb érlelési idő, és ezáltal sokkal rugalmasabb textúra jellemzi őket a több ideig érlelt társaikhoz képest. (Magyar Élelmiszerkönyv, 2009)

Nagyrészt meghatározott zsírtartalmú, pasztőrözött tejből állítják őket elő a sajt típusától függő sajtkultúra hozzáadásával, úgy, hogy a tejet egy oltóenzim segítségével meghatározott ideig alvasztják, itt általában CaCl_2 -ot, és KNO_3 -ot is adagolnak hozzá, az előbbi felgyorsítja az alvadás folyamatát, az utóbbi pedig megakadályozza a sajtok korai puffadását. Majd ennek az alvadéknak a kidolgozásával, préselésével és formázásával alakítják ki a kívánt textúrát és formát. A sózást illetően három eljárást is alkalmazhatnak: alvadék sózás, száraz sózás és sólében való áztatás. Igény szerint ízesítésre vagy egyéb áztatási módszerekre is van lehetőség, amelyet a szikkasztás művelete követ, és a 3-8 hetes érlelés zár le (Papademas & Bintsis, 2018).

3.1.1. A félkemény sajtok fizikai, kémiai, mikrobiológiai és táplálkozástani jellemzése

A Magyar Élelmiszerkönyv általános rendelkezése szerint ezeket a típusú sajtokat a szilárd, könnyen szeletelhető állomány, a közepes méret és tömeg, a szabályos alak, valamint gyártástechnológiai szempontból a többhetes érési idő jellemzi, amelyek egész tömegükben egyenletesen érnek, ahol esetenként a kéregflóra is szerepet játszhat. (Élelmiszerkönyv, 2009)

A sajtok reológiai szempontból viszkoelasztikus anyagokként viselkednek, amelyet számos módszer alapján fel lehet mérni, és azokat számszerűsíteni, két ilyen tesztet a 3.5. alfejezetben is ismertetünk.

A sajtok kémiai összetételét általánosan a 3.1. táblázatban foglaltunk össze.

3.1. táblázat. A sajtok kémiai összetétele

Kémiai és fizikai jellemzők	Összetétel (%)
Szárazanyag-tartalom	20-65 %
Fehérje	17-30 %
Zsír	1-30 %
Tejcukor	0-2 %
Ásványi sók	1,5-8 %
Konyhasó	1-5 %
Enzimek	oltó- és sajtérlelő mikróbák enzimjei
Vitaminok	A, D, E, K, B
Színezőanyagok	karotin, riboflavin

Az összetételéből adódóan táplálkozási szempontból számos jótékony hatással rendelkezik. A sajtok kiváló fehérjeforrásoknak számítanak, amelyek nélkülözhetetlen az izmok felépítéséhez és fenntartásához. A bennük található, jelentős mennyiségű zsírok képesek megelőzni a szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulását. Ez mellett magas Ca és P tartalmuknak köszönhetően hozzájárulnak a csontok és izmok fenntartásához, valamint az idegrendszer megfelelő működéséhez. A vitaminok közül főként a B-vitaminok vannak jelen, amelyek közrejátszanak az anyagcsere folyamatokban és a sejtfunkciókban egyaránt.

A félkemény sajtok természetes mikroflórája meglehetősen változatos. Itt főként a tejsavbaktériumokra (LAB) fontos kitérni, amelyek a sajtok megfelelő savasságát és ízkomponenseinek kialakulását biztosítják, továbbá védő szerepet játszanak a bakteriofágok és más kórokozók ellen. A sajtokban szintén jelenlévő nem starter tejsavbaktériumok (NLAB) ugyan a savtermelésben nem, de az érési folyamatokban szintén fontos szerepet játszanak. Ezenkívül még jelen lehetnek a tejsavképződést elősegítő élesztőgombák és más, ún. másodlagos mikroorganizmusok is. A patogén (pl. *Escherichia Coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* stb.) és romlást okozó baktériumok (pl. Clostridiumok) legtöbbször a nem megfelelő higiéniai eljárások következtében kerülnek a sajtokba.

3.1.2. Élelmiszerbiztonsági normatívák a félkemény sajtokra vonatkozóan

A minőségi követelményeknek eleget téve a sajtokat a zsírtartalom függvényében a 3.2. táblázat szerint tudjuk osztályozni:

3.2. táblázat. A sajtok előírt zsírtartalma szerinti osztályozás (Élelmiszerkönyv, 2009)

	Zsír fokozat	Zsírtartalom a szárazanyagban (%)
1.	zsírdús	min. 60
2.	zsíros	min. 45, max. 60
3.	félzsíros	min. 25, max. 45
4.	zsírszegény	min. 10, max. 25
5.	sovány	min. 10

Ennek megfelelően a víztartalom a zsírmentes sajtanyagban (V_{zsmsa})*, % (m/m) 54-69 között kell legyen, továbbá annak sótartalma nem haladhatja meg a 2,4%-ot (m/m) (Élelmiszerkönyv, 2009).

$$*V_{zsmsa} = \frac{\text{víztartalom} [\% (m / m)] \cdot 100}{100 - \text{zsírtartalom} [\% (m / m)]}$$

A Magyar Élelmiszerkönyv 1998-as, és a Bizottság 2073/2005/EK rendeleteiben meghatározott mikrobiológiai határértékeket a 3.3. táblázatban összesítettük.

3.3. táblázat. A sajtok mikrobiológiai határértékei (Bizottság, 2005), (Élelmiszerkönyv, 1998)

Megnevezés	n*	c	m	M	Referencia-módszer
<i>Salmonella</i>	5	-	-	0 TKE/25g	EN/ISO 6579
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	-	-	0 TKE /25g	A közösségi referencia-laboratórium (CRL) tejre vonatkozó európai szűrési módszere
<i>Escherichia Coli</i>	5	2	100 TKE/g	10 ³ TKE/25 g	ISO 16649-1 vagy -2
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	-	-	0 TKE/25g	ISO 11290-1
Szulf. red. clostridium	5	1	10 TKE/g	10 ² TKE/25 g	ISO/TS 15213-3
Penészgomba	5	1	10 TKE/g	10 ² TKE/25 g	ISO 13485

*n - a vizsgálati minták száma, c - a tolerancia érték, m - a megfelelés, M - a visszautasítás határértéke, TKE-telepképző egység

3.2. A feketeribizli-bor és natúr lé fogalma, valamint azok gyártástechnológiája

A Codex Alimentarius 1333/2008/EK rendelete szerint a ribizlibor friss, hűtött, vagy fagyasztott ribizliből, préselt, pasztörözött vagy sűrített ribizliléből készült, cukor és szükség esetén víz hozzáadásával erjesztett alkoholtartalmú ital. A késztermék tényleges alkoholtartalmának legalább 30%-a ribizliből kell származzon (Élelmiszerkönyv, 2016).

A natúr feketeribizli-lé egy olyan erjeszthető, de nem erjesztett ital, amelyet a feketeribizli gyümölcs húsából nyernek ki valamilyen mechanikai hatás következtében. A termékre a feldolgozott feketeribizli színe, íze, aromája és illata jellemző, valamint annak cukortartalma csakis kizárólag a gyümölcsből származhat, semmiféle hozzáadott édesítőszert nem tartalmazhat. A forgalomba hozható termékben a feketeribizli-lé tartalom minimum 25% (V/V), a Brix értéke pedig min. 11 kell legyen (Élelmiszerkönyv, 2001).

A betakarítás utáni feldolgozás első lépéseként a feketeribizli bogyókat megfelelően előkészítik (szártalanítják, mossák, válogatják és tisztítják), majd préselésnek vetik alá a gyümölcs húsának jobb feltárása érdekében. Ezt követheti egy enzimes kezelés, amelynek köszönhetően a hagyományos lékinyeréshez képest sokkal nagyobb léhozamot lehet elérni. Az így kapott feketeribizli-lé még nagyon zavaros és rostos, ezért kémiai- (derítés), és fizikai módszereket (centrifugálás, szűrés) is szükséges alkalmazni annak érdekében, hogy a műveletek végén egy tiszta levet kapjanak. Azért, hogy a termék eltarthatóságát növelni tudják, 95-97 °C-os hőkezelést alkalmaznak, vigyázva arra, hogy ezáltal a hőérzékeny polifenolos vegyületeket a legkisebb mértékben roncsolják. Ezután már biztonságosan lehet őket csomagolni és megfelelő körülmények között tárolni (Mäkilä és mtsai., 2016).

A feketeribizli-bor gyártástechnológiájának alapanyaga valójában az eddigiekben leírt módon készült feketeribizli-lé. Ennek a cukortartalmát úgy állítják be, hogy a késztermék alkoholtartalma a kívánt értékű legyen, valamint vizet is adagolnak hozzá, annak érdekében, hogy a savtartalmat tompítsák. Ezt követi az erjesztés, amelyet fájlesztő felhasználásával, zárt térben végeznek úgy, hogy a folyamat során termelődött hőt és szén-dioxidot elvezetik a rendszerből. Az erjesztés befejeztével az erjesztett mustot derítési, majd szűrési műveletnek vetik alá, így megkapják a feketeribizli-bort, amelyet palackoznak és címkéznek az előírásoknak megfelelően. (Kállai, 2014)

3.3. A feketeribizli antioxidáns hatása

A feketeribizli egy olyan bogyós gyümölcs, amelynek rendkívül sok pozitív hatása ismeretes az emberi szervezetre. Például magas pektintartalma miatt segíti az emésztőrendszeri panaszok megelőzését, ugyanakkor számos kedvező hatását kimutatták már a szívbetegségekre, érelmeszesedésre, gyomorhurutra, depresszióra is. Ezek mellett a benne található vitaminoknak és flavonoidoknak köszönhetően erős antioxidáns hatással rendelkezik. A flavonoidok közül legnagyobb mennyiségben a kvercetin van jelen benne, ezt követi a miricetin és a kempferol. A feketeribizli színanyagában az antociánok vannak jelen a legnagyobb mértékben, mint amilyen a cianidin-3-rutinozid, delfinidin-3-rutinozid, cianidin-3-glükózid-8. Az antocianinok gyökmegkötő képességük révén antioxidánsként funkcionálnak. (Balogh, 2010)

3.4. Antioxidáns kapacitás jellemzésére használt kémiai módszerek

Egyelőre még nem áll rendelkezésünkre olyan analitikai módszer, amely segítségével képesek lennénk egy teljesen átfogó képet alkotni a növényi anyagok antioxidáns kapacitását

illetően, ezért csak több módszer együttes alkalmazásának igénybevétele tud egy pontosabb eredményt szolgáltatni. Ezeket két nagy kategória szerint szokás osztályozni, annak függvényében, hogy hogyan történik az adott folyamat gyöksemmlegesítő reakcióinak átvitele a fenolos vegyületek OH-csoportjairól. Az első csoport a hidrogénatom átvitelén alapuló módszer, amely a reakció kinetikán alapszik, és a minta szabadgyök-semmlegesítő hatékonyságának mértékét határozza meg (pl. oxigén-gyök abszorpciós kapacitás - ORAC), míg a második csoportba tartozóak az elektronátmeneten alapulnak, és az oldatok redukálóképességét mérik, azáltal, hogy a színváltozás intenzitásából következtetni lehet az adott minta antioxidáns-kapacitására (pl. vasredukáló képességen alapuló módszer - FRAP). (Héjja, 2021)

A méréseink során mi az utóbbi eljárásokat alkalmaztuk. A továbbiakban ezekre szeretnénk röviden kitérni, ismertetve azok célját és módszerét.

3.4.1. Össz-polifenol tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel

A polifenolok másodlagos növényi metabolitok, amelyek erős antioxidáns hatásuk révén képesek az emberi szervezetben lévő szabadgyökök megkötésére (Matić és mtsai., 2017).

Ezek kimutatására alkalmazzák a Folin-Ciocalteu-módszert, vagy más néven TPC-módszert, amely az antioxidánsok redukív képességét méri. Ez egy elektronátviteli mechanizmuson alapuló vizsgálati típus, amely abban nyilvánul meg, hogy a Folin-Ciocalteu reagensben lévő Mo (VI) ionok, lúgos közegben (pH=10), az antioxidánsok hatására Mo(V) ionokká redukálódnak, amelyet egy színváltozás jelez, sárgából kék színre vált át az oldat, ennek intenzitása pedig arányos lesz a minta koncentrációjával, amelyet $\lambda=700-760$ nm hullámhossz tartományon mérnek, és az eredményeket galluszsavra vonatkoztatva adják meg (Matić és mtsai., 2017).

Hátránya, hogy nem egy specifikus módszer, csupán a teljes polifenol mennyiséget, vagy annak bizonyos alcsoportjának teljes tartalmát lehet vele kimutatni. Ez azzal magyarázható, hogy a Folin-Ciocalteu reagens más redukáló anyagokkal (pl. cukrokkal, szerves savakkal, aromás aminokkal stb.) is reakcióba tud lépni, amelynek következtében az eredmények kevésbé lesznek pontosak (Matić és mtsai., 2017).

3.4.2. Vasredukáló képességen alapuló módszer (FRAP)

A módszer elve az, hogy az alkalmazott oldatban (FRAP) lévő -ferri (Fe^{3+}) ionok antioxidáns jelenlétében ferro (Fe^{2+}) -ionokká redukálódnak. Ezek alacsony pH-n a 2,4,6-tris (2-piridil)-s-triazinnal (TPTZ) egy színes komplexet képeznek, amelynek hivatalos megnevezése a ferro-tipiridil-triazin. Ezt a színváltozást $\lambda=593$ hullámhosszon lehet mérni

fotometriás meghatározással. Az eredményeket milligramm aszkorbinsav-egyenértékben (AAE) szokás megadni 100 g-ra vonatkoztatva (Albert és mtsai., 2022).

Előnye, hogy sokkal olcsóbb a többi vizsgálathoz képest, mivel nem igényel drága felszereléseket, továbbá gyors eredményekkel szolgál, ezért gyakran használják a rutinvizsgálatok során. Hátránya, hogy a tiol típusú antioxidánsokat és karotinoidokat nem lehet kimutatni a fiziológiai pH-nál alacsonyabb közeg miatt ($\text{pH}=3,6$). Ennek az a magyarázata, hogy ez az eljárás egyes tiol típusú vegyületekre (pl. a glutationra) nem érzékeny, a karotinoidok pedig nem rendelkeznek vasredukáló képességgel. Ezenfelül más vegyületek is bocsáthatnak ki interferenciát ugyanazon a hullámhosszon, továbbá a 0,77 V-nál alacsonyabb redoxpotenciállal rendelkező vegyületek is képesek redukálni a vas-ionokat, amelyek jelentősen megzavarják a mérési eredményeket (Nemes és mtsai., 2015).

3.4.3. DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitásmérés módszer

A módszer lényege, hogy a párosítatlan elektronnal rendelkező, ibolyás-lila színnel rendelkező 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) reakcióba lép az antioxidánsokkal, és ezáltal redukálódni fog, amit a sárga színváltozással jelez. Az abszorbanciákat $\lambda=517$ nm-en, a DPPH abszorpció maximumán mérik, a kapott értékeket pedig általában gátlás%-ban, antioxidáns vegyületekre (mint pl. L-aszkorbinsav, BHT) vonatkoztatva adják meg (Albert és mtsai., 2022).

Mivel a DPPH nincs jelen az emberi szervezetben, ezért nehéz érzékelteni, hogy a minta antioxidánsai milyen mértékben reagálnak a biológiai gyökökkel szemben. További hátrányt jelent az is, hogy vannak olyan vegyületek (pl. antociánok), amelyek spektrális zavaró hatást idéznek elő az ugyanazon hullámhossz tartományban történő abszorpció miatt (Albert és mtsai., 2022).

3.5. Reológiai tulajdonságok jellemzésére alkalmazott módszerek

Míg a reológiai mérések a sajtok deformációját és folyási tulajdonságait jellemzik egy adott feszültségnek kitéve (pl. vágás, reszelés), addig a sajt textúrája egy olyan összetett érzékszervi tulajdonságnak tekinthető, amely a tapintható-, vizuális-, és orális textúra összeségéből tevődik össze. Ezek információt szolgáltatnak arról, hogy a fogyasztás során fellépő igénybevételek (pl. harapás, rágás) során hogyan viselkedik az adott termék (Simon & Varga, 2023).

Mindkét tulajdonságot a sajt összetétele, makro- és mikroszerkezete közti kapcsolatok, és a belső környezete (pl. pH, hőmérséklet) szabályozza (Fox és mtsai., 2017).

A sajtgártás során nem csak az érzékszervi érzékelés, hanem a fizikai tulajdonságok, például a folyási viselkedés és a rugalmasság is szintén fontosak. Környezeti hőmérsékleten a sajt viszkoelasztikus gélként viselkedik. Ennek oka, hogy a kazein ezen a hőmérsékleten szilárd, és micellák formájában létezik a viszkózus mátrixban. A kazeinnek köszönhető a sajtok rugalmas tulajdonságai. A sajtban lévő zsírt a zsírgömböcskéket rendszerint a kazeinhálózat tartja zárva (Simon & Varga, 2023).

A vizes fázist általában a sajt oldható alkotórészei alkotják, mint tejszérum (pl. ásványi anyagok, tejsav, peptidek és aminosavak és minden olyan enzim vagy só (pl. oltómaradvány), amelyet esetleg a feldolgozás során hozzáadtak. A vizes fázis mennyisége a sajtban jelentősen befolyásolja a sajt szilárdságát, és magas hőmérsékleten a sajt folyási viselkedését. A hőmérséklet növelésével a sajt hő hatására lágyul, ami főként a zsír és a kazein fehérje solvatációjának vagy hidratálódásának növekedése miatt következik be (Simon & Varga, 2023).

A sajt reológiai tulajdonságainak megértése nagyon fontos a sajtok előállításának irányításához. Az elmúlt évtizedekben az élelmiszer tudósok analitikai vizsgálati módszereket fejlesztettek ki, amelyekben a rotációs nyírási reométerek segítségével a viszkoelasztikus élelmiszerek kvantitatív elemzésére nyílt lehetőség. A leggyakrabban alkalmazott vizsgálati módszerek közé tartozik a dinamikus alakváltozás-mérés, amelyet a sajtok a lineáris viszkoelasztikus régió (LVR) vizsgálatára, a frekvenciapásztázás pedig a sajtok viszkoelasztikus tulajdonságainak értékelésére alkalmas (Fox és mtsai., 2017).

4. Anyagok és módszerek

4.1. A minták előállítására felhasznált anyagok jellemzése

A sajtokat a szépvízi Csengő Szövetkezet tejfeldolgozója szolgáltatta számunkra, amelyek a környékbeli településekről (Gyimes, Madéfalva, Csíkcsicsó, Rákos, Borzsova) begyűjtött pasztörözött tehéntejből készültek. Két darab körülbelül 4-4 kg-os, ugyanabból a tételből előállított (2024. jan. 18), félkemény trappista sajtot használtunk fel.

A trappista sajt átlagos tápértékét 100 g-ra vonatkozóan a 4.1. táblázat tartalmazza.

4.1. táblázat. A trappista sajt átlagos tápértéke 100 g termékben

Átlagos tápérték 100 g termékben:

Energia	331 kcal/1376 kJ
Fehérje	26,59 g
Szénhidrát	0,34 g
- amelyből cukor	0,34 g
Zsír	24,83 g
- amelyből telített zsírsav	14,96 g
Só	1,93 g

A 80 °C-on pasztörözött, hidegen préselt natúr ribizli-levet a csíkmadarasi RibON Natúr Szövetkezettől szereztük be.

A natúr feketeribizli-lé átlagos energiaértékét és %-os összetételét 100 g-ra vonatkozóan a 4.2. táblázat tartalmazza.

4.2. táblázat. A natúr feketeribizli-lé átlagos tápértéke 100 mL - ben

Átlagos tápérték 100 mL termékben:

Energia	73,53 kcal/307,65 kJ
Szénhidrát	17,35 %
Zsír	< 0,1%
Fehérje	0,38 %
Víz	81,50 %

A feketeribizli-bort egy helyi termelőtől vásároltuk meg, amelyet hagyományos eljárással különböző fajtájú feketeribizlik (Fertőd, Tiben, Tisel és Ruben) összességéből állítanak elő. Alkoholtartalmát tekintve 13,7%-os (V/V) volt.

4.2. A sajtok áztatása és mintavétele

A már előre érlelt sajtokat megpróbáltuk minél egyenletesebben, téglalap alakban felszeletelni, majd pedig két előre tisztított és fertőtlenített vödörbe osztottuk őket,

megközelítőleg arányos tömeg szerint, ahogy a 4.1.ábra is szemlélteti. A feketeribizli-bort és levet előzetesen 2,5%-os sókoncentrációra állítottuk be.

A szakirodalomban talált információk sajnos nem tértek ki arra, hogy az áztatásra szánt feketeribizli-bort és natúr levet milyen arányban kellene hozzá adnunk a sajtokhoz, ahhoz, hogy az beoldódva pozitívan befolyásolja annak érzékszervi tulajdonságait. Azonban tudva azt, hogy a tavalyi kutatásunk során az áztatáshoz 1:1 tömegarányt alkalmazva úgy az antioxidáns jellegben, mint az érzékszervi vizsgálatoknál megfelelő eredményeket értünk el, most is ezzel az aránnyal dolgoztunk. Ennek megfelelően az első vödörben lévő 4,073 kg sajtához 4 L feketeribizli-bort, a másodikba pedig a 4,062 kg sajtához 4 L feketeribizli natúr levet adagoltunk. Az áztatást egy héten keresztül $<4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleti körülmények között végeztük.



4.1.ábra. Az áztatásra szánt feketeribizli-bor és natúr lé (balról-jobbra)

Az áztatás mindegyik napján, a háromszoros ismétlésnek megfelelően, kivettünk 3-3 sajtmintát, amiket a színvizsgálatok után egyenként vákuumfóliáztuk, felcímkeztük, és a hűtőben tároltuk tovább, a későbbi vizsgálatok megkezdéséig.

4.3. A minták mikrobiológiai vizsgálata

A mikrobiológiai vizsgálatok keretén belül a feketeribizli-bor és lé, valamint a kontroll sajt és az áztatott sajtok mikrobiológiai szennyezettségét szeretnénk volna felmérni tenyésztési módszerrel.

Elsősorban a sajtokban potenciálisan előforduló, megbetegedést okozó, patogén mikroorganizmusok jelenlétének hiányáról szeretnénk volna megbizonyosodni, másodsorban pedig minél realisabban meg szeretnénk volna becsülni a mintákban lévő tejsavbaktériumok és élesztők számát is.

A fent említett mikroorganizmus csoportok kimutatásához alkalmazott táptalajokat a 4.3. táblázat tartalmazza.

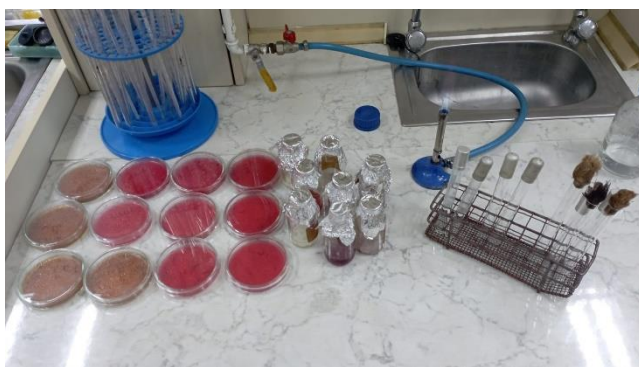
4.3. táblázat. Vizsgált mikroorganizmusok, és azok kimutatására szolgáló táptalajok

Táptalaj típusa	Kimutatható mikroorganizmus	Felismerése
Mannitol Salt Agar	<i>Staphylococcus aureus</i>	aransárga telepek
Chromocult® Tryptone Bile-X-glucuronide agar (TBX)	<i>Escherichia Coli</i>	lilas-kékes színű telepek
Salmonella	<i>Salmonella sp.</i>	vöröses-lilas telepek
Lysteria	<i>Lysteria monocytogenes</i>	kékes színű telepek
Czapek Dox Agar	Penész- és élesztőgombák	szétterjedő, fonalas telepek
MRS Agar	Tejsavbaktériumok	fényes felületű, fehér telepek

4.3.1. A vizsgálat menete

A vizsgált mintákból alapsuszpenziókat készítettünk, és azokat oltottuk le a 4.3. táblázatban bemutatott táptalajokra. Az össz-csíraszám, és a tejsavbaktériumok kimutatásánál 10^4 hígításokat, míg az élesztő- és penészgombák esetében 10^2 hígításokat alkalmaztunk. A leoltást steril, hajlított üvegbottal végeztük, úgy, hogy a mintából 0,1 ml-t szélesztettünk szét a táptalajok teljes felületén. Két napon keresztül, 37 °C-on termosztátba inkubáltuk őket, ezt követően leszámoltuk a kifejlődött telepeket, és feldolgoztuk a kapott eredményeket.

A vizsgálatra előkészített táptalajokat, és azok inkubálását a 4.2. és 4.3. ábrák szemléltetik.



4.2. ábra. A vizsgálatra előkészített táptalajok



4.3. ábra. A táptalajok inkubálása

4.4. A minták szárazanyag-tartalmának meghatározása

A vizsgált minták szárazanyag-tartalmát azért volt fontos meghatározzuk, mivel a későbbi antioxidáns kapacitás meghatározásának eredményeit a minták szárazanyag tömegeikre vonatkoztatva adtuk meg.

Összesen kilenc minta szárazanyag-tartalmát határoztuk meg: a feketeribizli-bornak és a natúr feketeribizli-lének, a kontroll sajtnak, valamint az utolsó napi (7.) 3-3 darab áztatott sajtnak.

A méréseket a 4.4. ábrán látható KERN nedvesség meghatározó mérleg segítségével végeztük el.



4.4. ábra. KERN nedvesség meghatározó mérleg

4.4.1. A vizsgálat menete

Minden mintából megközelítőleg 1 g mennyiséget mértünk rá a nedvesség meghatározó mérleg alumínium tálcájára, figyelve arra, hogy minél jobban eloszlassuk rajta azokat, majd elindítottuk a szárítási programot. Miután ez befejeződött, leolvastuk a minták szárazanyag tömegét, és Excelbe vezettük be őket.

4.5. A minták antioxidáns kapacitásának vizsgálata

Kíváncsiak voltunk arra, hogy az egy hetes áztatás alatt a feketeribizli-borban és lében megtalálható antioxidáns vegyületek milyen mennyiségben voltak kimutathatók a sajtok végső összetételében. Törekedtünk arra, hogy mindezeket minél jobban meg tudjuk közelíteni a valós értékekhez, ezért három különböző módszer alapján próbáltuk vizsgálni azokat, amelyeket ezeket a módszereket a 3.6. alfejezetben már ismertettünk.

Ezen tulajdonság felméréséhez első lépésben meg kellett határozzuk, hogy az általunk alkalmazott feketeribizli-bor és lé milyen koncentrációban tartalmazza az antioxidáns jellegű

komponenseket. Miután az adott koncentrációk már ismertek voltak mindegyik módszerre vonatkozóan, és az eredeti sajt antioxidáns összetételét is megvizsgáltuk, már meg tudtuk határozni, hogy az áztatás során milyen mértékű beoldódás történt a sajtokra nézve.

4.5.1. A minták előkészítése az analitikai vizsgálatokhoz

Minden minta esetén hozzávetőlegesen 10 g mintát mértünk ki, majd kétszer annyi 70%-os metanolos oldatban botmixer segítségével homogenizáltuk.

Az így kapott elegyek pH csökkentésének érdekében 2 mL, 37%-os sósav oldatot adagoltunk, majd 10 percen keresztül szonikáltuk őket, ezáltal elérve a hatóanyagok jobb kioldódását. Ezt követően a minták felülúszóját kisebb üvegekbe pipettáztuk át, és a fázisok elválasztásának céljából 10 percen keresztül, 6000 fordulat/perc sebességen centrifugáltuk. Ahogy ez megtörtént, a minták felülúszóját átpipettáztuk egy-egy kémcsőbe, és mindegyik analitikai vizsgálatnál ezekkel dolgoztunk tovább. Annak érdekében, hogy az értékek valóban reprezentatívak legyenek, minden módszer esetén háromszoros ismétlést végeztünk.

A minták előkészítési folyamatát a 4.5. ábra lépései hivatottak illusztrálni.



4.5. ábra. A minták előkészítésének folyamata

4.5.2. Össz-polifenol tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel

Az össz-polifenol tartalom meghatározásához szükségünk volt 100 μL mintára, amelyhez 250 μL Folin-Ciocalteu reagenst és 200 μL 4:1 arányú metanolos oldatot adagoltunk, majd 1 perc elteltével 1 mL 0,7 M-os nátrium-karbonát oldatot és 5 mL desztillált vizet is mértünk hozzá. A viszonyítást képező vakoldatot ugyanígy készítettük el, csak a vizsgált komponens, azaz a minta helyett 100 μL desztillált vizet mértünk ki. Ezt követően elkészítettük a galluszsav standardokat is 10, 20, 30, 40, 50 $\mu\text{g/mL}$ koncentrációkban, majd azokat a többi mintával együtt, fénytől védett helyen hagytuk reagáltatni egy órán keresztül. Az idő lejártá után lemértük mindegyiknek az abszorbancia értékét $\lambda = 740 \text{ nm}$ -en, és a mért adatokat mg/galluszsav (mg/GAE) egyenértékben fejeztük ki 100 g szárazanyagra vonatkoztatva.

4.5.3. Vas-redukákoképességen alapuló módszer (FRAP)

A FRAP oldat elkészítéséhez három oldatot használtunk fel, amelyeket az alábbiakban felsoroltak szerint készítettünk el:

- acetát puffer: 0,31 g nátrium-acetát + 1,6 mL ecetsav + 100 ml desztillált víz
- TPTZ oldat: 0,312 g 2,4,6 tripiridil-s-triazin + 100 mL desztillált víz + 336 μ L tömény sósav
- vas-klorid oldat: 0,54 g FeCl_3 + 100 mL desztillált víz

Miután sikerült mindhárom oldatot elkészíteni, 25 ml acetát puffert, 2,5 mL TPTZ oldatot és 2,5 ml vas-kloridot mértünk össze, majd ehhez az elegyhez adtuk hozzá a 100 μ g mintát és az 1,1 mL desztillált vizet. A vakoldatnál szintén ugyanígy jártunk el, csak a mintát ismételten desztillált vízzel pótoltuk. Az abszorbancia mérés $\lambda = 593$ nm hullámhossz tartományban végeztük. Standardként C-vitamint használtunk, és az eredményeket mg aszkorbinsav/100 g szárazanyag-ban adtuk meg.

4.5.4. DPPH gyökmegkötésén alapuló antioxidáns kapacitás mérési módszer

Az elkészített DPPH oldat (9 mL DPPH + 100 mL metanol) 1 ml-jéhez 50 μ L mintát és 950 μ L desztillált vizet adtunk hozzá, majd a színváltozás bekövetkezdte után, a mitaelegyeket $\lambda=517$ nm-es hullámhosszúságon mértük le, és a kapott értékeket gátlás%-ban adtuk meg az alábbi összefüggés alapján:

$$E\% = \frac{A_{vak} - A_{min ta}}{A_{vak}} \cdot 100$$

Ahol:

E - gyökmegkötő aktivitás,

A – abszorbancia. (Albert és mtsai., 2022)

4.6. A sajtok reológiai vizsgálata

A reológiai vizsgálatokat a 7. napi áztatott sajtokból és a kontroll sajtból végeztünk, Anton Paar MCR 302 (4.6.ábra) lap-lap mérőgeometria segítségével, 2,5 mm-es korong alakú sajtmintákból. A méréseket szobahőmérsékleten (22 °C) végeztük.



4.6. ábra. Anton Paar MCR 302 reométer

Mivel a 4.7. ábrán látható sajtmintákat nem tudtuk pontosan 2,5 mm-esekre szeletelni, ezért egy 1 N erősségű normál erővel nyomást gyakoroltunk rájuk, és az általa korrigált laptávolságot használtuk a mérések feldolgozásához.



4.7. ábra. A reológiai vizsgálatra előkészített sajtminták

4.6.1. Amplitúdó pásztázás

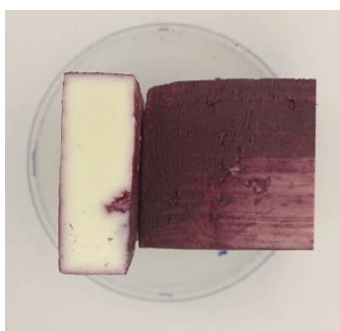
Az amplitúdó pásztázási tesztet alkalmazva, megállapítottuk a lineáris viszkoelasztikus tartományt, amit úgy kaptunk meg, hogy kielemeztük azt a deformációt, ahol a G' (rugalmasság modulusa) meghaladja a 3%-os stabilitási tartományt. Ebben a megfigyelésben a kontroll sajt és egy egy napig áztatott sajt külső kérgét és az azt követő közvetlen belső kb. 3 mm rétegét vizsgáltuk.

4.6.2. Frekvencia pásztázás

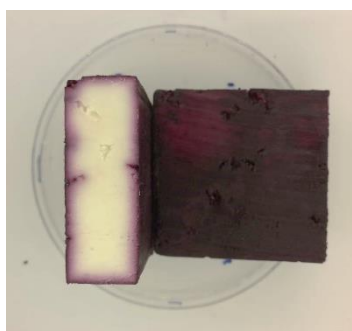
A frekvencia pásztázási teszt, abból állt, hogy egy konstans deformációval változtattuk a nyírás frekvenciáját, és megmértük az ehhez szükséges nyírási feszültségeket, amiből kiszámoltuk a modulusokat, ismerve a kettő közötti fázis eltolódást. Ebben a tesztben arra kaptunk információt, hogy a sajt hogyan viselkedik magasabb frekvenciákon (pl. szeletelés, vágás, szállítás), és milyen szerkezeti elváltozásokat szenved.

4.7. A sajtok színváltozásának vizsgálata

Minden nap három feketeribizli-borban, és három feketeribizli natúr lében áztatott mintát középen elvágunk, annak érdekében, hogy nyomon tudjuk követni a textúrabeli változásokat és a beoldódás mértékét. Ezekről fotókat készítettünk, amelyeket behelyettesítve egy ún. RGB Color Detector telefonos applikációba, le tudtuk olvasni a színváltozásra jellemző értékeket. Minden sajt ugyanabban a pozícióban és megvilágításban volt lefotózva, amelyet egy erre a célra készített, zárt doboz segítségével valósítottunk meg.

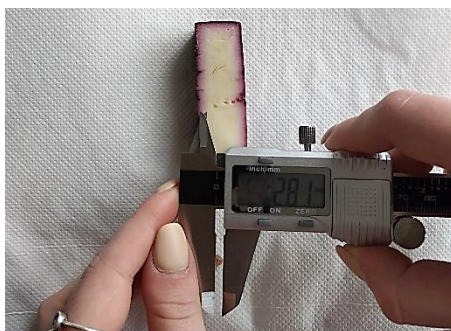


4.8. ábra. Feketeribizli-borban áztatott sajt fotója



4.9. ábra. Feketeribizli-lében áztatott sajt fotója

Ezután egy tolómérce segítségével meghatároztuk az elszíneződés mélységét mm-ben kifejezve, az adatokból átlagot számítottunk, és a kapott eredményeket lejegyeztük.



4.10. ábra. A beoldódás mérése tolómérce segítségével

4.8. A sajtok érzékszervi vizsgálata

Az érzékszervi vizsgálaton 40 személy vett részt. A sajtok értékelése a Sapia EMTE csíkszeredai Karának Élelmiszertechnológiai laboratóriumában zajlott, amely az SR 6345:1995 román szabvány, illetve a ISO 22935-2:2009/ IDF 99-2:2009 előírásainak is eleget tett. Többek között a helyiség idegen szagoktól mentes volt, a falak fehérek, a bútorok pedig világosak voltak. A kóstolás alatt végig természetes fény állt a rendelkezésünkre, ami a sajtok színeinek helyes megítélését tette lehetővé.

4.8.1. A vizsgálat menete

A sajtokat vékony, viszonylag egyforma szeletekre vágtuk fel, és almával együtt tálaltuk őket az ízek semlegesítésének céljából, amit a 4.11. ábra illusztrál.



4.11. ábra. A feketeribizli-lében és borban áztatott sajtok tálalása (balról-jobbra)

Az értékelés egy Google Forms-ban elkészített kérdőív kitöltésével történt, amely kb. 10-15 percet vett igénybe. A kérdőívet a dolgozat végén mellékeljük.

A sajtokat, néhány általános kérdés kivételével, 1-től 10-ig tartó skálán (4.4. táblázat) kellett osztályozni a különböző érzékszervi szempontok alapján.

4.4. táblázat. Pontozási skála

Értékelés	Pontszám	Az értékelés általános leírása
Nagyon jó	9-10	Kitűnő, ideális tulajdonságok
Jó	7-8	Megfelelő minőség
Elégséges	6-5	Enyhe hibák
Nem kielégítő	4-3	Nyilvánvaló hibák
Rossz	2-1	Rossz minőség, súlyos hibák
Fogyasztásra alkalmatlan	0	Ehetetlen

A két sajt érzékszervi jellemzőit a következő sorrendben kellett megbecsülni: külső megjelenés, szín, állomány/textúra, illat/szag és íz/aroma. A kérdőív végén a megjegyzések pontban pedig arra is lehetőség adódott, hogy megosszák a sajtokkal kapcsolatosan általános véleményüket.

4.9. Statisztikai elemzés

A kémiai és mikrobiológiai adatok statisztikai kiértékeléséhez egytényezős varianciaanalízist (one way ANOVA), Tukey's HSD tesztet alkalmaztunk a többszörös összehasonlításhoz, és az átlagok közötti különbségeket statisztikailag szignifikánsnak tekintettük, ahol a $p \leq 0,01$.

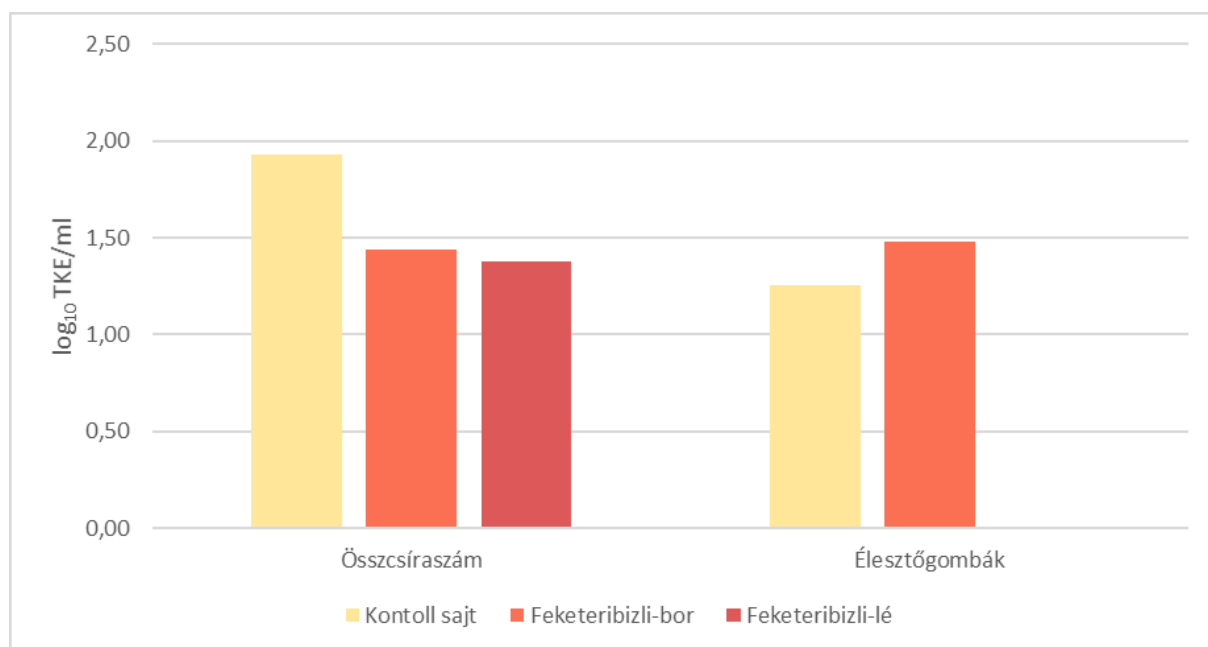
5. Eredmények és értékelésük

A sajtok reológiai vizsgálatának kivételével minden adatot a Microsoft Excel-be vezettünk be, és dolgoztunk fel diagramok formájában. Itt számítottuk ki a különböző átlagokat és szórásokat is.

5.1. A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

Az első napi mikrobiológiai vizsgálatok során, az alapszuszenzióból leoltva, a kontroll sajt esetében két *Listeria monocytogenes* és egy *Staphylococcus aureus* telep fejlődött ki. Az előző kutatásunk tapasztalataiból kiindulva, mintát vettünk a csomagolóanyagról is, és azt a következtetést vonhattuk le, hogy az előbb említett baktériumok a fóliáról származtak.

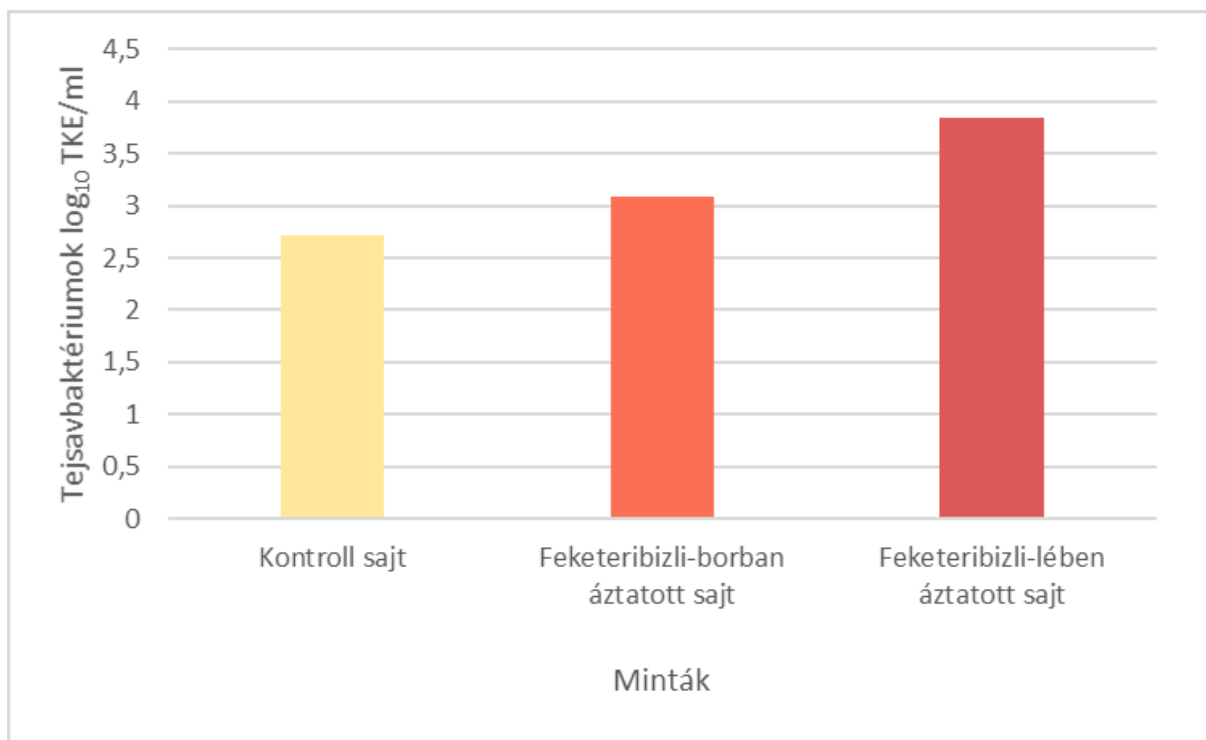
Az összcsíraszám és az élesztőgombák változását a mintákban az 5.1. ábra szemlélteti, amelyek mindegyik esetben az elfogadási határérték alatt voltak.



5.1. ábra. Az összcsíraszám és az élesztőgombák számának változása a különböző mintákban - Első nap

Az utolsó napi mikrobiológiai vizsgálataink során azt figyeltük meg, hogy a fentebb említett mikróbák az áztatás során elpusztultak, sem *Staphylococcus*, sem *Listeria monocytogenes* nem jelent meg a táptalajok felületén, tehát elmondható, hogy a sózott feketeribizli-bor és lé valóban antibakteriális hatással rendelkezik.

Ami a tejsavbaktériumok változását illeti, a 5.2. ábra jól szemlélteti, hogy mindkét sajt esetén jelentős növekedés volt megfigyelhető az áztatási idő függvényében, tehát a 2,5%-os sókoncentráció, valamint a feketeribizli-bor és lé egyaránt pozitívan befolyásolta a tejsavbaktériumok szaporodását.



5.2. ábra. A tejsavbaktériumok elszaporodása a mintákban hetedik nap

Ezen az ábrán jól látszik, hogy a feketebizli-lében áztatott sajtban jobban el tudtak szaporodni a tejsavbaktériumok, mint a borban áztatott sajtban. Ez annak tudható be, hogy a borban lévő alkohol jobban visszaszorítja a tejsavbaktériumok szaporodását.

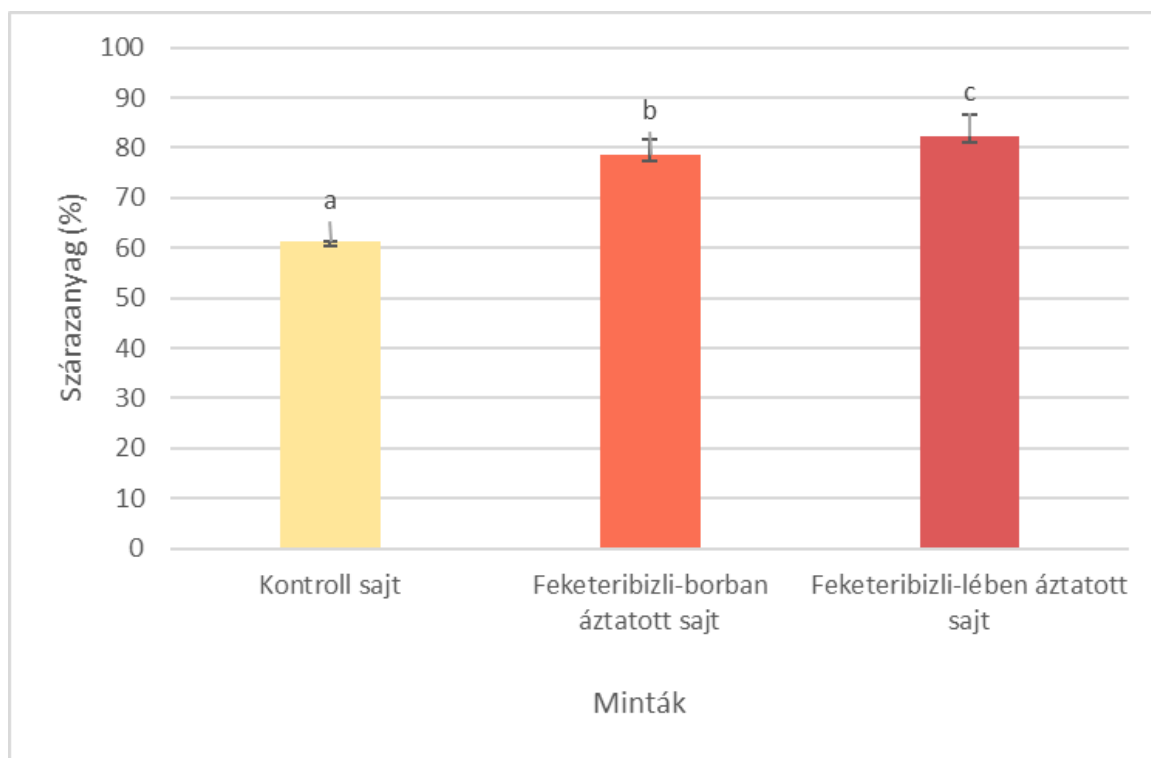
A tejsavbaktériumok elszaporodása látványos volt a táptalajokon is, amelyet az 5.3. ábra is szemléltet. Ha az előző kutatásunk mikrobiológiai eredményeit vetjük össze ezzel, azt láthatjuk, hogy az egyhetes áztatási idő éppen elegendő arra, hogy a káros mikrobák elpusztuljanak, de a hasznosak ugyanakkor elegendőek legyenek a sajtjainkban. A hosszabb áztatási idő, mint ahogy azt már az előző kutatásunk következtetéseként is megfogalmaztuk, gátolhatja a sajtok érlelési folyamatát (Veres & Szabó, 2023).



5.3. ábra. A tejsavbaktériumok megjelenése a táptalajon

5.2. A szárazanyag-tartalom vizsgálatának eredményei

Mint ahogy azt, az 5.4. ábra is jól szemlélteti a három sajt, három különböző szárazanyag-tartalommal rendelkezik, tehát a szárazanyag tartalom szignifikánsan változik (a,b,c) a kezelés függvényében ($p=0,05$). A legnagyobb szárazanyag-tartalommal, azaz 82,19%-kal a feketeribizli-lében áztatott sajt, míg a legalacsonyabbal, 61,27%-kal a kezeléstől mentes, kontroll sajtunk rendelkezik. A borban áztatott sajt szárazanyag-tartalma 78,47%.



5.4. ábra. A sajtok szárazanyag-tartalma

A feketeribizli-bor és a lé szárazanyag-tartalmát is vizsgáltuk, amely során azt az eredményt kaptuk, hogy a bornak 10,22%, a lének pedig 20,04% a szárazanyag-tartalma. Ezt figyelembe véve körvonalazódik, hogy a feketeribizli-lében áztatott sajtnak valószínűleg azért nagyobb a szárazanyag-tartalma, mint a borban áztatotté, mert magának a feketeribizli-lének is magasabb a szárazanyag-tartalma, mint a bornak.

5.3. Az antioxidáns kapacitás vizsgálatainak eredményei

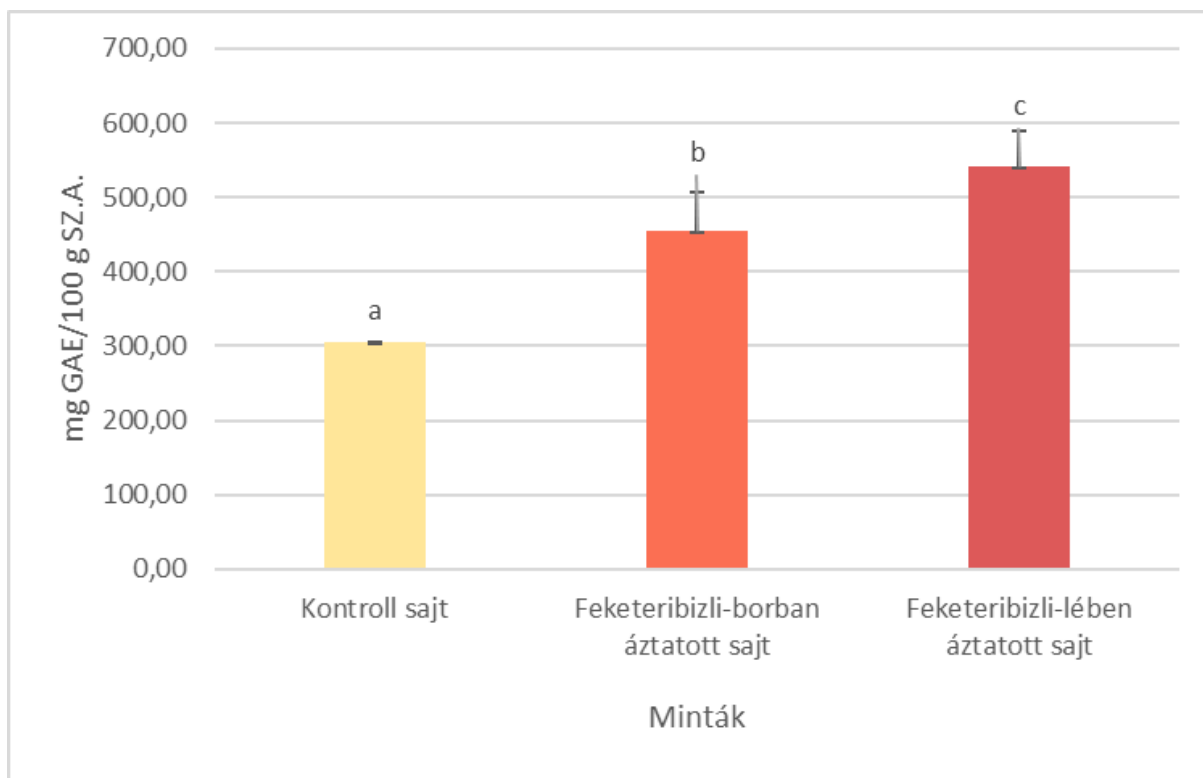
Az eltérő kémiai háttértől függetlenül szoros összefüggést lehet kimutatni az összpolicfenol, FRAP, és DPPH gyök megkötésén alapuló mérési módszerek eredményei között. Ennek magyarázata valószínűleg az, hogy a bogyós gyümölcsökben a már említett polifenolos vegyületek meghatározóak az antioxidáns kapacitás kialakításánál, így ugyanezen vegyületek

hasonlóképpen reagálnak a Fe^{3+} , Folin-Ciocalteu reagens, DPPH gyök és a nagy reakcióképességű hidroxil gyökkel szemben.

5.3.1. Össz-polifenol tartalom meghatározásának eredményei

Az össz-polifenol tartalom mérésének eredményeit az 5.5. ábra szemlélteti, ahol szemmel látható, hogy a kezelések hatására az össz-polifenol tartalom szignifikáns változást mutat (a, b,c). A bor össz-polifenol tartalma 13844 mg GAE/L, és a ribizli lé esetén 23916 mg GAE/L.

Ha összevetjük az előző kutatásaink eredményeit ezekkel az eredményekkel, azt tapasztaljuk, hogy az akkori kontroll sajtban első héten 224,92 mg GAE/100 g volt az össz-polifenol tartalom, míg ebben az esetben 1,354-szer magasabb, azaz 304,43 mg GAE/100 g szárazanyagra vonatkoztatva (Veres & Szabó, 2023). Ez a különbség abból is adódik, hogy most két hónapig érlelt sajtot áztattunk be, akkor viszont áztatva érleltük a sajtokat. A sajtok antioxidáns kapacitása az érlelés során növekedik. Ha a boros sajtot nézzük, az előző kutatásunkál azt kaptuk, hogy egy hét áztatás után 362,19 mg GAE/100 g SZA össz-polifenol volt jelen, míg ez esetben 1,26-szor több, azaz 454,57 mg GAE/100 g SZA. Ez a növekedés annak tudható be, hogy ebben az esetben már az alapsajtnak is magasabb volt az össz-polifenol tartalma, mint tavaly. Az 5.ábrán ugyanakkor az is jól látszik, hogy a legmagasabb polifenol-tartalommal a második kezelésen átesett sajt, azaz a ribizli-lében (II.) áztatott rendelkezik (540,92 mg GAE/100 g SZA). A szakirodalom áttekintése során megtudtuk, hogy a fekete-ribizli össz-polifenol tartalma 50 mg GAE/100 g SZA, ami a bogyós gyümölcsök polifenol-tartalma közül (szamóca, piros-ribiszke, málna) a legmagasabb érték, így mivel natúr, tömény feketeribizli-levet használtunk ezzel magyarázható, hogy a II. sajtok össz-polifenol tartalma a legmagasabb (Balogh, 2010). A borban áztatott sajtok esetén azért lehet kevesebb a polifenol-tartalom, mert a bornak kevesebb az össz-polifenol tartalma, mint a feketeribizli-lének

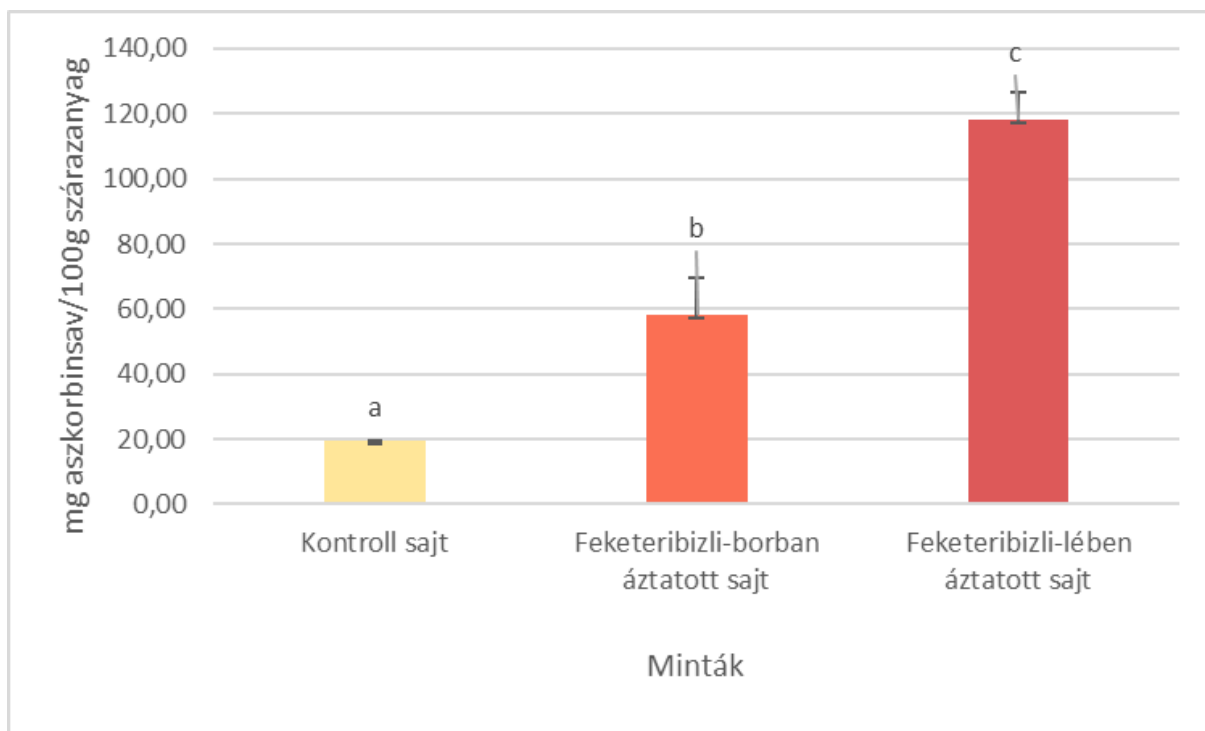


5.5. ábra. A sajtok össz-polifenol tartalma mg GAE/100 g szárazanyagban kifejezve

5.3.2. Vas-redukálóképességen alapuló módszer (FRAP) eredményei

Ha a feketeribizli-bor és -lé vas-redukáló képességét vizsgáljuk, azt az eredményt kapjuk, hogy az aszkorbinsav egyenértéke 3213 mg AAE/ L, míg a ribizli-lének 5729 mg AAE/L. Az 5.6. ábra jól szemlélteti, hogy a kontroll sajtunk (O) rendelkezik a legkevesebb aszkorbinsav egyenértékkel, ami 19,75 mg aszkorbinsav/100 g SZA. A tavalyi kutatásunk esetén az akkori kiinduló sajtunknak a vas-redukáló képessége 12,07 mg aszkorbinsav/100 g SZA volt, ami 1,63-szor kisebb, mint az idei kontroll sajtunké (Veres & Szabó, 2023). A kezelések függvényében a sajtok vas-redukáló képessége is változott, hiszen a borban áztatott sajtnak jóval kevesebb aszkorbinsav egyenértéke volt (58,31 aszkorbinsav/100 g SZA), mint a ribizli-lében áztatott sajtnak (118,39 aszkorbinsav/100 g SZA). Ez esetben is arra következtethetünk, hogy a bornak alacsonyabb a vas-redukáló képessége, mint a ribizli-lének, ezért a borban áztatott sajtnak is kisebb lesz, mint a ribizli-lében áztatott sajtnak.

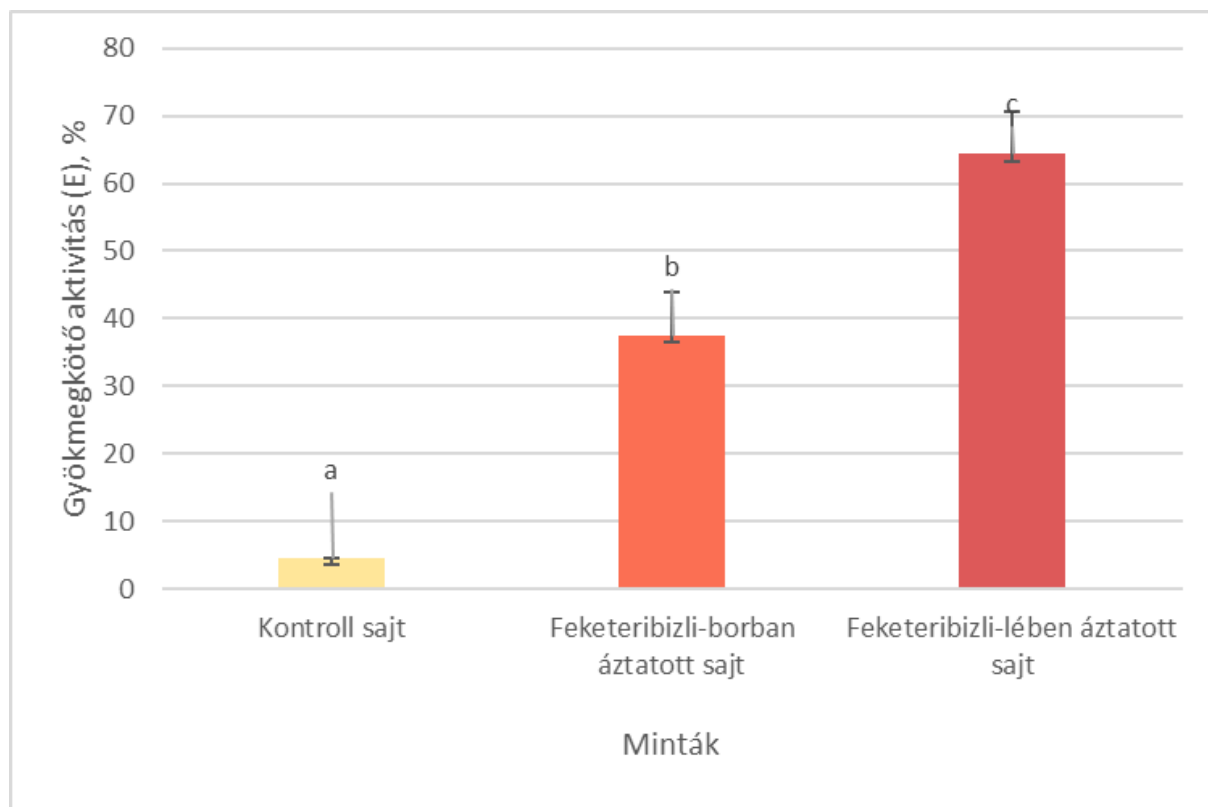
A korábbi kutatásunk eredményeit összehasonlítva ezzel, arra a következtetésre jutunk, hogy ha érlelt sajtot áztatunk borban, akkor magasabb vasredukáló képességet kapunk az egy hetes áztatással, mintha a sajtot a ribizli-borban áztatva érleljük (Veres & Szabó, 2023).



5.6. ábra. A sajtok vas-redukáló képessége mg aszkorbinsav/100 g szárazanyagra

5.3.3. DPPH gyökmegkötésén alapuló antioxidáns kapacitásmérési módszer eredményei

Az 5.7. ábra igazolja, hogy a DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás esetén is szignifikáns változás van a sajtok között. Ez esetben is hasonló sorrendben növekszik az antioxidáns kapacitás, mint az eddigiekben: az O sajtnak a legkisebb (4,62 %), a II. sajtoknak a legnagyobb (64,33%). Ha az I. jelölésű sajtot nézzük, amely nem más, mint a borban áztatott sajt, azt tapasztaljuk, hogy a tavalyi vizsgálatokhoz képest 2,19-szer kisebb a gyök megkötő kapacitása (37,47%). Ugyanakkor a tavalyi kontroll sajtnak is nagyobb volt (49,74%), mint az ideinek (Veres & Szabó, 2023). Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a DPPH gyök megkötő antioxidáns kapacitás függ az alapsajttól és a kezelés módjától is. Ha ezen mérések eredményei alapján kellene döntsünk, hogy melyik kezelést alkalmazzuk, a feketeribizli-lében való áztatást választanánk.

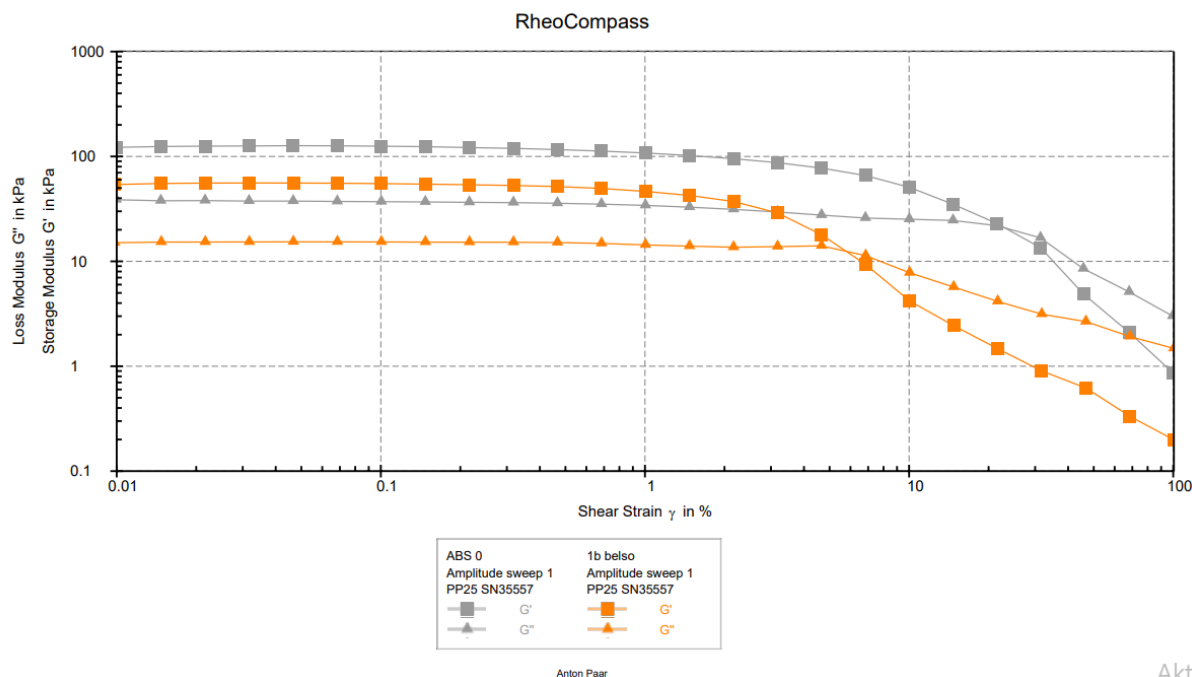


5.7. ábra. A sajtok DPPH gyökmegkötő kapacitása %-ban

5.4. A sajtok reológiai vizsgálatainak eredményei

5.4.1. Amplitúdó pásztázás eredményei

Változtatva a deformáció mértékét 0,01%-tól 100%-ig regisztráltuk az elasztikus- és a veszteségi moduluszt. Az két modulus egymáshoz képesti pozíciójából látszik (5.8 ábra), hogy sajtoknak szilárd viselkedése van, és egészen 1%-os deformációig lineárisan viselkednek, tehát nem szenvednek irreverzibilis szerkezetbeli változást. 1% után kb. 8-9%, a másik minta esetében 12-13%-os deformációnál látszik egy kereszteződés és egy meredek esése a modulusoknak, ez nem feltétlenül a minta szerkezetéhez köthető, lévén, hogy észrevettük azt, hogy a minták megcsúsznak a mérőlapon, ezért a grafikon felső részét nem elemezzük, amúgy is csak a lineáris tartomány érdekelt minket, ahhoz, hogy elvégezhessünk egy frekvencia pásztázást, és össze tudjuk hasonlítani a két minta reológiai tulajdonságait.

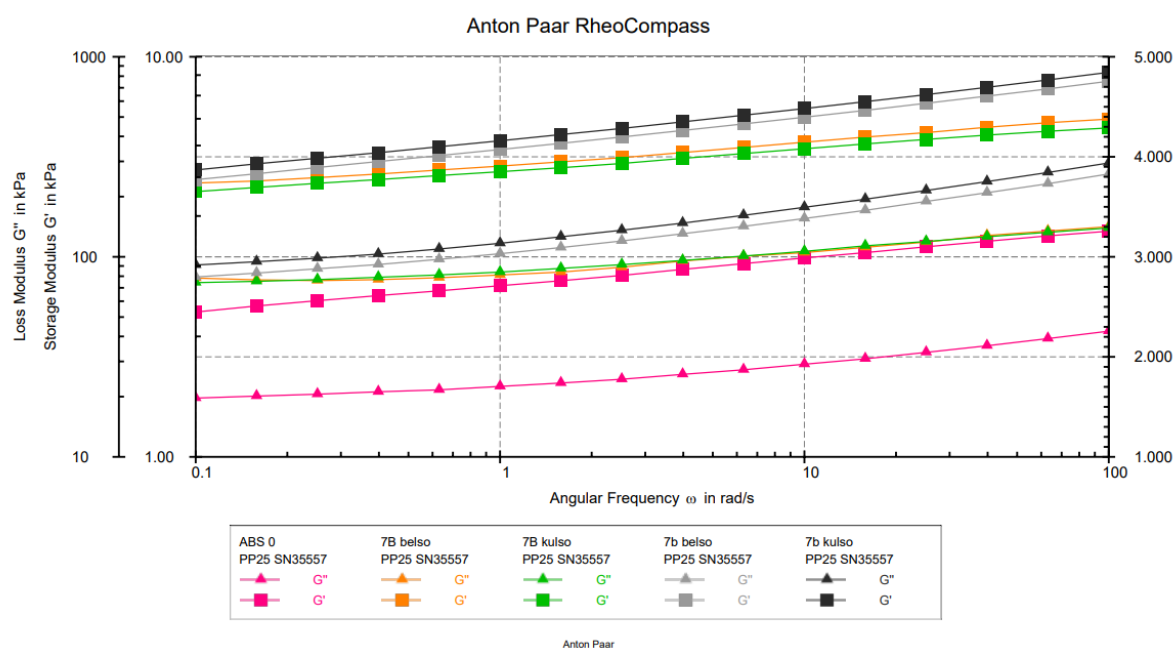


Akti

5.8. ábra. A sajtok amplitúdó pásztázásának eredményei

5.4.2. Frekvencia pásztázás eredményei

A kontroll sajtához viszonyítva minden áztatott sajtnak magasabbak a modulusai, amelyek értékeit az 5.1. táblázat tartalmazza. Az egész frekvencia tartományban a két görbe, vagyis a rugalmassági- és a veszteségi modulus nem keresztezi egymást, ami azt jelenti, hogy a minta szilárd testként viselkedik a vizsgált tartományban.



5.9. ábra. A sajtok reológiai tulajdonságainak eredményei

A szakirodalom szerint a rágásnak megfelelő nyírási sebesség $50 \omega/s$, ezért mi is ezzel az értékkel dolgoztunk. Felhasználva a szoftvert, interpoláció segítségével kiszámoltuk, hogy az $50 \omega/s$ nyírási sebességnél milyen a sajtoknak a minősége, ami az alábbi 5.1. táblázatban szintén olvasható.

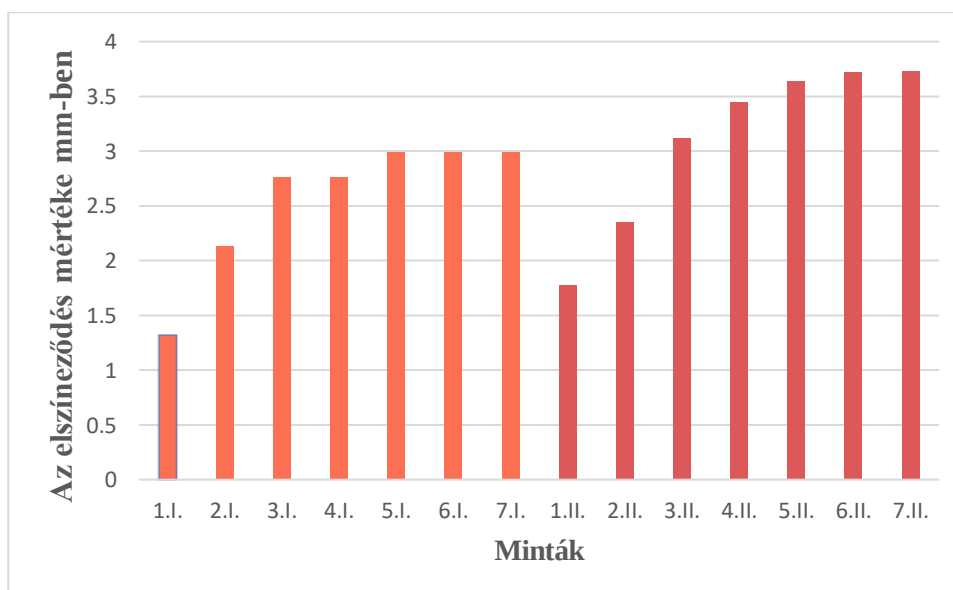
5.1. táblázat. A sajtok reológiai vizsgálatának kapott adatai

Interpolacio 1, Interpolacio, Interval 1								
Point No. №	Angular Frequency ω [rad/s]	Storage Modulus G' [Pa]	Loss Modulus G'' [Pa]	Loss Factor $\tan(\delta)$ [1]	Shear Strain γ [%]	Shear Stress τ [Pa]	Torque M [mN-m]	Status Stat
1	50	7.31E+05	2.4915E+05	0.341	0.101	776.3	3.5653	
2	50	1.2296E+05	37271	0.303	0.101	129.62	0.59532	
3	50	6.6004E+05	2.1908E+05	0.332	0.101	699.07	3.2106	
4	50	4.1406E+05	1.289E+05	0.311	0.101	436.7	2.0056	
5	50	4.5476E+05	1.3077E+05	0.288	0.101	476.53	2.1886	

5.5. A sajtok színváltozás vizsgálatának eredményei

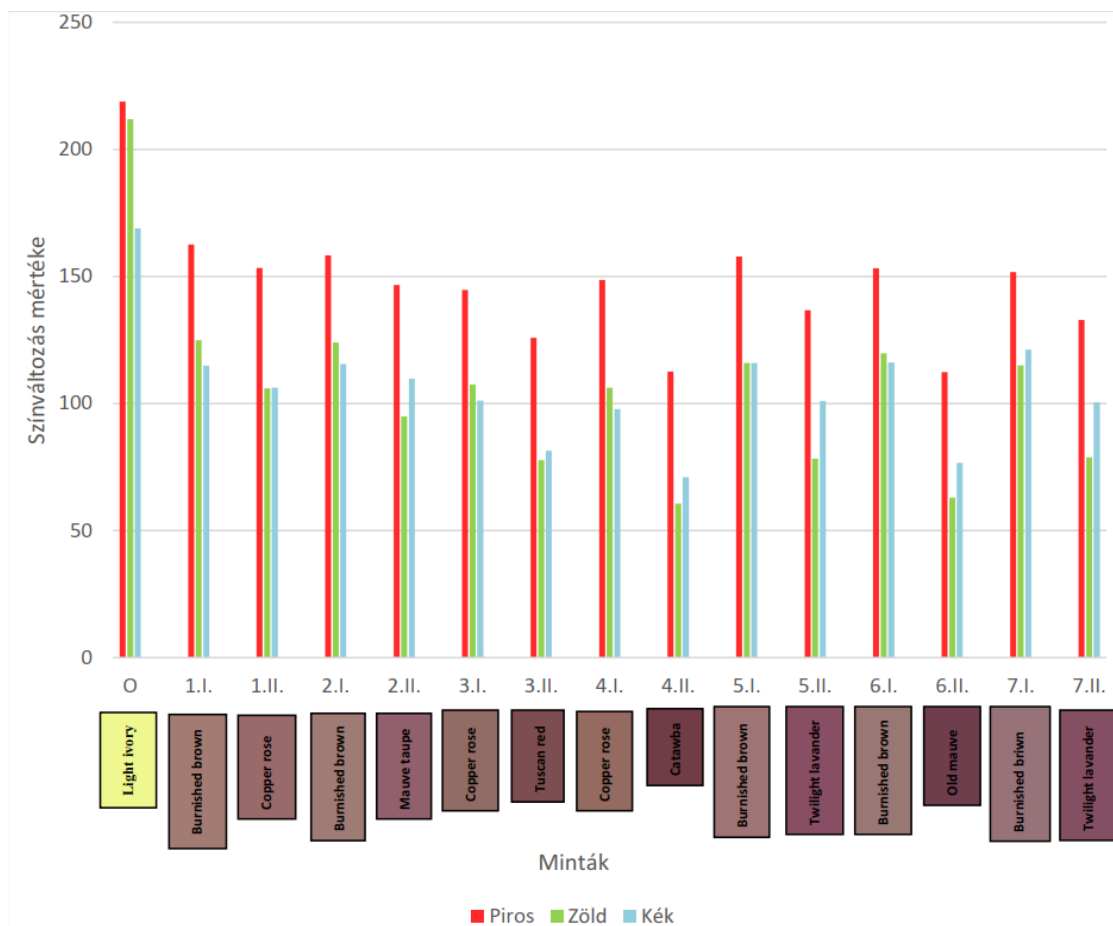
A tolóléces mérés eredményeit vizsgálva feketeribizli-lében áztatott sajtoknál azt tapasztaltuk, hogy napról napra az elszíneződött rész folytonos növekedést mutatott, a hetedik napon elérte a legmagasabb értéket a 3,73 mm-t. A borban áztatott sajtok esetében, viszont az 5. naptól a színváltozás átmérője nem változott, vagyis 2,99 mm leállt.

Az elszíneződés változását az áztatási idő függvényében az 5.10. ábra nagyon jól szemlélteti. Az ábrán látható jelölések esetén az 1,2,3,4,5,6,7 számok jelentik az eltelt napok számát, míg az I., és II. jelölés a kezelést jelöli, ahol I.- a feketeribizli-borban áztatott sajt, és a II.- a feketeribizli-lében áztatott sajt (tehát például az 1.I. az első napon vizsgált feketeribizli-borban áztatott sajtot jelenti), illetve az O a kontroll sajtot jelöli..



5.10.ábra. Az áztatott sajtok elszíneződésének mértéke, az áztatási idő függvényében

Az RGB telefonos applikációval való mérések esetében, az előző módszerben lement színváltozási átmérők színét vizsgáltuk napról napra, amelynek eredményeit az 5.11.ábra szemlélteti. A piros, zöld, és kék színek értékeit a telefonos applikációból olvastuk le, ezek kombinációja adta meg a végleges szín intenzitását. Minden színnek az applikáció adott egy színre jellemző nevet, amelyet a 5.11. ábrán fel is tüntettünk a minták alatt, és a színeket is szemléltettük.

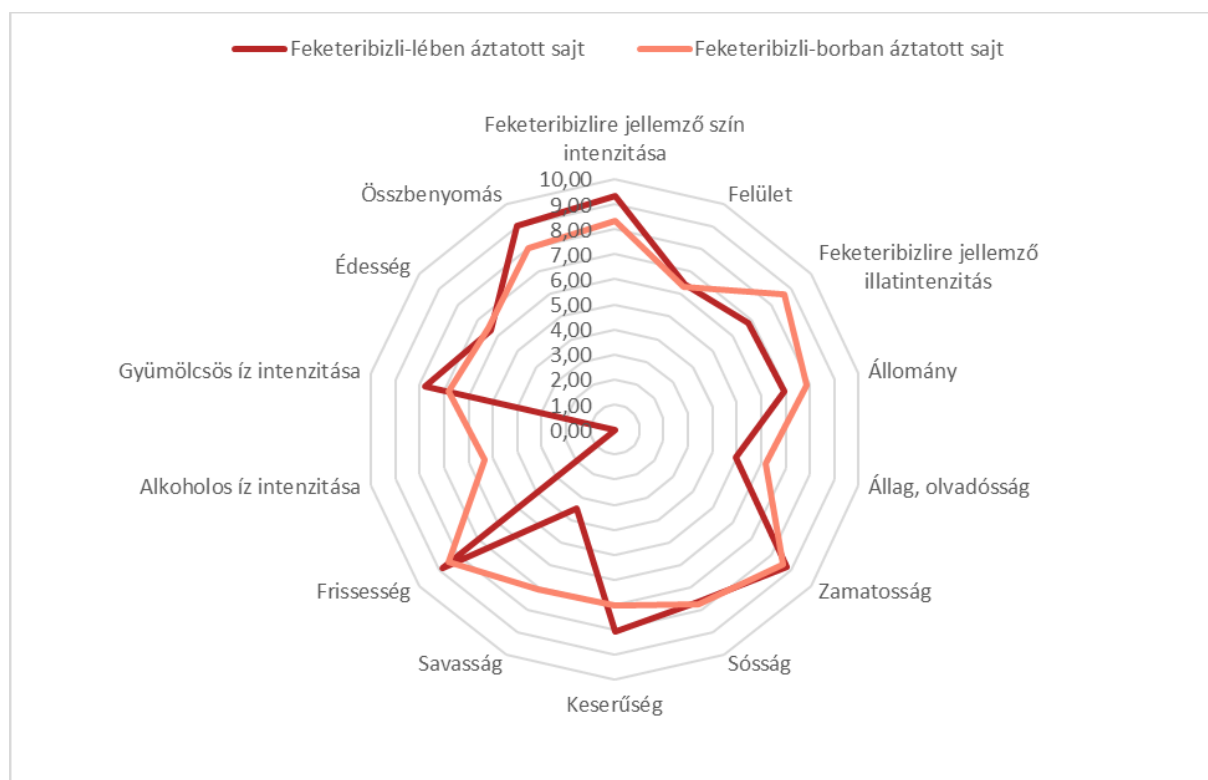


5.11.ábra. A sajtok elszíneződésének változása RGB Color Detector értékelésében

Ez a módszer is azt az eredményt mutatja, hogy a borban áztatott sajtok esetében az ötödik naptól kezdve megmaradt az úgynevezett Burnished brown színben az elváltozás, tehát nem sötétedett. Még azt is megfigyelhetjük ezen sajtok esetében, hogy már első nap Burnished brown tartományban volt, csupán harmadik és negyedik nap volt Cooper Rose tartományban, utána ismét visszatért a legelső szinttartományban. A ribizli-lében áztatott sajtok esetén a legintenzívebb színt már 6. nap elérte a sajt, ami nem más, mint az úgynevezett Old mauve tartomány.

5.6. A sajtok érzékszervi vizsgálatának eredményei

Az érzékszervi vizsgálaton 40 személy vett részt és pontozta a sajtejainkat 0-10-ig terjedő skálán. A kitöltők 55%-a hetente, 40%-a naponta és a többi 5% ritkán fogyaszt sajtokat. Kérdőívezés során kiderült az is, hogy a kitöltők 52,5%-a kóstolt már hosszabb ideig érlelt és ízesített sajtot, míg a maradék 47,5% nem. A sajtejaink érzékszervi jellemzőinek pontozott összesítését az 5.12. ábra pókhálódigramja szemlélteti.



5.12. ábra. Az érzékszervi vizsgálat átlagpontszámainak pókhálódigramja

Az érzékszervi vizsgálaton résztvevőktől kiderült, hogy a feketeryibizlire jellemző szín intenzitása sokkal nagyobb volt a ribizli-lében áztatott sajtok esetében, hiszen 9,30 átlagpontszámot kapott, a borban áztatott sajt 8,33-as értékével szemben. Az illatintenzitással is hasonló a helyzet: a ribizli-lében áztatott sajtnál jobban érződik a ribizlire jellemző illat.

A feketeryibizli-borban áztatott sajt alkoholtartalmát ugyan nem határoztuk meg, de hivatkozva a tavalyi sajt eredményére, elmondhatjuk, hogy egy 200 g-os sajtban körülbelül 1430,54 mg etanol található, amely esetleg csak minimálisan érezhető a sajt kóstolásakor (Veres & Szabó, 2023). Ennek ellenében az átlagpontszámok azt mutatják (5,33), hogy érződik az alkohol íze a sajton, ugyanakkor meg kell jegyezni azt is, hogy a kitöltők keverhették a bor ízét az alkoholéval. Ha az összbenyomást nézzük 9-es átlagpontszámmal a ribizli-lében áztatott sajt lett a kedveltebb, de itt is meg kell jegyeznünk azt a visszajelzések kapcsán, hogy az edesebb

ízeket kedvelő embereknek a ribizli-lében áztatott sajt volt a nyerő, míg a többieknek a borban áztatott sajt, 8,03 átlagpontszámmal.

A többi tulajdonság esetén hasonló eredmények születtek.

Összességében elmondhatjuk, hogy az általunk készített sajtok pontszámai megfelelnek az ISO 22935-2:2009/IDF 99-2:2009 szabványban szereplő optimális értékeknek, tehát emberi fogyasztásra alkalmas élelmiszerként tekinthetünk rájuk. Ha érzékszervi vizsgálat alapján kéne dönteni, hogy melyik sajtot dobjuk piacra, akkor mindkettő megállná a helyét ízvilágban.

5.7. Gazdasági számítás a terméket illetően

Mivel az előző kutatásaink is azt mutatták, hogy bizony az ilyen fajta sajtok eladási ára egy magasabb kategóriájú termékcsaládba sorolható, ezért most is kíváncsiak voltunk arra, hogy mennyi lenne az eladási ára az elkészített sajtoknak. Az árbecslésnél figyelembe vettük az előállításához szükséges alapanyagok beszerzési árait, felhasználva a Csengő Szövetkezet illetve a RiBon adatait. A feketeribizli-lé 130 lej/L, a bor 30 lej/L, a csomagolás megközelítőleg 5 lej és a Trappista sajt eladási ára 31 lej/kg. A hidegen tartás (4°C-on) 1 hétig körülbelül 24 kWh energiába kerül, ami 24 lej. Ezen adatokat felhasználva kiszámoltuk az össz előállítási költséget, ami az 5.2. táblázatban van feltüntetve.

5.2. táblázat. A sajtok előállítási költségei

Sajt	Előállítási költség
Feketeribizli-borban áztatott sajt	90 lej/kg
Feketeribizli-lében áztatott sajt	190 lej/kg

Mivel mi 200 g-os sajtokat készítettünk ezért kiszámoltuk, hogy ezen szeletek ára mennyibe kerül, amelyet a 5.3. táblázatban foglaltuk össze.

5.3. táblázat. Sajtok ára 200 g-ra számolva

200 g sajt	Ár
Feketeribizli-borban áztatott sajt	18 lej
Feketeribizli-lében áztatott sajt	38 lej
Trappista sajt	6,20 lej

Összegzésként elmondhatjuk, hogy a ribizli-lében áztatott sajt 6,7-szer, míg a borban áztatott 2,9-szer drágább, mint a Trappista sajt.

6. Következtetések

- A feketeribizli-borban és -lében való áztatás pozitívan befolyásolta a sajtok fiziko-kémiai és táplálkozástani tulajdonságait, amelyek ezáltal még értékesebb miatt tápanyagforrásnak számítanak, valamint azok természetes mikroflórájában is előnyös változásokat idézett elő
- A sajtok mikrobiológiai szempontból emberi fogyasztásra alkalmasak
- Mindkét áztatási módszer szignifikáns változást eredményezett a sajtok antioxidáns kapacitásának növelésében
- A feketeribizli-lében áztatott érlelt sajtok szignifikánsan nagyobb össz-polifenol tartalommal, vas-redukáló képességgel és DPPH gyökmegkötő képességgel rendelkeztek, mint a borban áztatott társaik.
- A reológiai vizsgálatok alapján a feketeribizli-lében áztatott sajtok lágyabbak, rugalmasabbak, mint a borban áztatott társaik.
- A sajtok színváltozása jelentősebb volt a feketeribizli-lében áztatott sajtok esetén, mint a borban áztatottaknál, amelyeknél az 5. naptól kezdődően leállt a színváltozás.
- Érzékszervi szempontból a feketeribizli-lében áztatott sajtok tűntek ki.
- 200 g feketeribizli-borban áztatott sajt 18 lejbe, míg a feketeribizli-lében áztatott sajt 38 lejbe kerülne.

7. További célkitűzések

- További reológiai mérések elvégzése a sajtok szerkezet változásának megállapítására pl. különböző hőmérsékleteken, más tesztek is alkalmazva
- A feketeribizli fő polifenoljainak meghatározása HPLC módszerrel
- A sajtok antioxidáns kapacitásának vizsgálata a tárolás során
- Más módszerek kipróbálása a sajtok ribizlivel való ízesítésének alkalmazására

8. Irodalomjegyzék

1. Albert, C., Codină, G. G., Hájja, M., András, C. D., Chetrariu, A., Dabija, A. (2022). Study of Antioxidant Activity of Garden Blackberries (*Rubus fruticosus* L.) Extracts Obtained with Different Extraction Solvents. *Applied Sciences*. Forrás: <https://doi.org/10.3390/app12084004>
2. Balogh E. (2010). Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében, PhD értekezés, Corvinus Egyetem, Budapest.
3. Bizottság. (2005. 11 15). A Bizottság 2073/2005/EK rendelete az élelmiszerek mikrobiológiai kritériumairól. Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2005R2073:20100519:HU:PDF>
4. Élelmiszerkönyv. (1998). 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet az élelmiszerekben előforduló mikrobiológiai szennyeződések megengedhető mértékéről. Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99800004.eum>
5. Élelmiszerkönyv. (2001). A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/112 számú előírása a gyümölcslevekről és egyes hasonló, emberi fogyasztásra szánt termékekről.
6. Élelmiszerkönyv. (2009). A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/19-1 számú előírása a tejtermékekről. Forrás: https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/b6/d2000/vegleges_el%C5%91%C3%ADr%C3%A1s_jogt%C3%A1rb%C3%B3l.pdf
7. Firma (2024). Lista firmelor din România. Forrás: <https://www.listafirme.ro/>
8. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Cheese: Structure, Rheology and Texture. In: Fundamentals of Cheese Science. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_14
9. Hájja, M. (2021). A kerti szeder bioaktív komponenseinek vizsgálata különböző extrakciós oldószerek alkalmazásával. ETDK dolgozat, Marosvásárhely.
10. Kállai, M. (2014). Borászati kémia - Borászat 2. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 1-206. ISBN: 9789632865720
11. Koester, V. (2016). What is HPLC? *ChemistryViews*. Forrás: https://www.chemistryviews.org/details/education/9464911/What_is_HPLC/
12. Mäkilä, L., Laaksonen, O., Kallio, H., & Yang, B. (2017). Effect of processing technologies and storage conditions on stability of black currant juices with special focus on phenolic

- compounds and sensory properties. *Food Chemistry*, 221, 422–430. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.079>.
13. Matić, P., Sabljic, M., & Jakobek, L. (2017). Validation of spectrophotometric methods for the determination of total polyphenol and total flavonoid content. *Journal of AOAC International*, 100(6), 1795-1803. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0066>.
14. Nemes, A., Stefanovitsné, B. É., Reményik, J. (2015). Új mérési eljárások fejlesztése a növényi antioxidáns státusz meghatározására. *Agrártudományi Közöny* (63), 105-112.
15. Papademas, P., & Bintsis, T. (2018). *Global Cheesemaking Technology - Cheese Quality and Characteristics*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119046165>
16. Simon-S. L.; Varga ,Cs., (2023). Gyakorlati reológia, Pannon Egyetemi Kiadó, 1-75. ISBN 978-963-396-267-1
17. Veres, E., Szabó, R., (2023). A feketeribizli-borban áztatott és érlelt kemény sajtok tulajdonságainak vizsgálata. ETDK dolgozat, Sepsiszentgyörgy.

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni témavezetőinknek, dr. Albert Csilla és dr. Salamon Rozália-Veronika egyetemi docenseknek a munkánkban való önzetlen segítségért és támogatásért, valamint a szakmai eligazításokért.

Továbbá hálával tartozunk a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Csíkszeredai Karának, ezen belül is az Élelmiszertudományi Tanszéknek, hogy biztosították számunkra a kutatásunkhoz szükséges helyet, berendezéseket és eszközöket.

Ezen túlmenően köszönjük az ismételt együttműködést a szépvízi Csengő Szövetkezet tejfeldolgozó vezetőségének, és minden alkalmazottjának. Köszönettel tartozunk a csíkszeredai Rofarom Kft. (Anton Paar romániai képviselő) igazgatójának Albert István úrnak, a reológiai mérések elvégzésében nyújtott segítségéért. Köszönjük dr. Laslo Éva egyetemi docensnek a mikrobiológiai vizsgálatokban való közreműködését.

Nem utolsó sorban köszönjük azoknak, akik részt vettek az általunk előállított sajtok érzékszervi értékelésén, ezáltal is gazdagabbá téve dolgozatunk tartalmi jellegét.

Mindezeken kívül, a teljesség kedvéért, hálásak vagyunk mindazoknak, akik bármely formában buzdították, és előre mozdították a kutatásunk megvalósítását és a dolgozatunk elkészítését.

10. Mellékletek

Az érzékszervi vizsgálaton felhasznált kérdőív QR kódja:

