

# **SZAKDOLGOZAT**

**Fábián Liza**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológia Intézet**

**élelmiszmérnök alapképzési szak**

# **Polifenol- és pektincsökkentett almatörköly felhasználásának vizsgálata gluténmentes zsemlében**

**Belső konzulens: dr. Benes Eszter Luca**

**egyetemi adjunktus**

**Intézete/tanszéke: Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék**

**Készítette: Fábíán Liza**

**Budapest**

**2025**

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS</b> .....	5
<b>2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b> .....	7
<b>2.1. Az almatörköly, mint melléktermék</b> .....	7
<b>2.1.1. Az almatörköly keletkezése és összetétele</b> .....	7
<b>2.1.2. Az almatörkölyben található rostok és polifenolok</b> .....	8
<b>2.1.3. Az almatörköly jelenlegi élelmiszeripari felhasználása</b> .....	8
<b>2.2. Különböző törkölyök felhasználása az élelmiszeriparban</b> .....	9
<b>2.2.1. Különböző gyümölcsök és zöldségek törkölyéből készült élelmiszeripari termékek és azok gyártásának kihívásai</b> .....	9
<b>2.2.2. A törkölyök alkalmazásának hatása a termékek állagára, szerkezetére és eltarthatóságára</b> .....	10
<b>2.2.3. Különböző almatörköly technofunkciós tulajdonságainak a hatása a gluténmentes termékekben</b> .....	11
<b>2.3. Az élelmi rost</b> .....	11
<b>2.3.1 Az élelmi rostok csoportosítása</b> .....	12
<b>2.3.2. Az élelmi rostok felépítése és összetétele</b> .....	12
<b>2.4. Törkölyvel dúsított élelmiszeripari termékek érzékszervi és fogyasztói megítélése</b> ..	15
<b>3 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK</b> .....	16
<b>3.1. Az almatörköly pektin-tartalmának csökkentése</b> .....	17
<b>3.2. Az almatörkölyben található polifenolok extrakciója</b> .....	18
<b>3.3. A gluténmentes zsemle elkészítése</b> .....	19
<b>3.4. Minta előkészítés</b> .....	19
<b>3.4.1. Liofilizálás</b> .....	20
<b>3.4.2. Zsírtalanítás</b> .....	20
<b>3.5. Nedvességtartalom meghatározása</b> .....	21
<b>3.6. Az élelmi rost meghatározása Megazyme-módszerrel (AOAC 991.43)</b> .....	21
<b>3.7. Az emészthető és rezisztens keményítő meghatározása</b> .....	22
<b>3.8. Adatok kiértékelése</b> .....	24
<b>4 KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK</b> .....	25
<b>4.1 Nedvességtartalom</b> .....	25
<b>4.2. Zsírtartalom</b> .....	25
<b>4.3. Élelmi rosttartalom</b> .....	26

<b>4.4. Emészthető és rezisztens keményítő.....</b>	<b>27</b>
<b>5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....</b>	<b>31</b>
<b>6 ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>33</b>
<b>7 IRODALMI HIVATKOZÁS.....</b>	<b>35</b>
<b>8 ÁBRA- ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK.....</b>	<b>38</b>

## 1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az alma az egyik legnépszerűbb és legsokoldalúbban felhasznált gyümölcs az élelmiszeriparban. Fogyasztása friss formában is jelentős, de számos feldolgozott termék, mint például almalé, almasűrítvény vagy bébiétel alapja is. Az almafeldolgozás során, az almalé mellett almatörköly is keletkezik, amely a préselés után visszamaradó kocsányt, héjat, magházat és egyéb szilárd részeket tartalmazza. Az almatörköly jelentős része takarmányozási vagy biogáz előállítási célokra kerül felhasználásra, azonban az élelmiszeripari hasznosítása egyelőre nem elterjedt. Amennyiben mégis visszakerül az élelmiszerláncba, leggyakrabban a pektin kivonása céljából dolgozzák fel. A pektin értékes gélképző anyag, amelyet széles körben alkalmaznak az élelmiszeriparban zselésítőként, stabilizátorként vagy sűrítőanyagként. A pektinkinyerési folyamat során azonban az almatörköly további összetevői: a rostok, polifenolok, egyes bioaktív vegyületek és ásványi anyagok melléktermékként kerülnek ki a további élelmiszeripari hasznosításból. A polifenolok szintén fontos komponensei az almának, amelyek antioxidáns hatásuk révén hozzájárulhatnak az egészségmegőrzéshez, de a pektinkivonás során ezek nagy része szintén eltávolításra kerül.

A kutatásom célja, hogy a polifenol- és pektincsökkentett almatörkölyt hasznosítsam egy tápláló, rostús zsemle fejlesztésében. Mivel az élelmiszeripari hulladékok fenntartható hasznosítása egyre fontosabb szempont, különösen nagy jelentősége van annak, hogy az almatörköly maradék frakcióját ne tekintsük értéktelen mellékterméknek. A fejlesztés során gluténmentes zsemlét dúsítottam almatörkölyvel, amelyet különböző kezeléseknél tettem ki. A gluténmentes táplálkozás az elmúlt években egyre nagyobb figyelmet kapott. Fontos szerepet tölt be nemcsak a gluténérzékenységgel élők, de az egészségtudatos fogyasztók körében is. A gluténmentes termékek fejlesztése technológiai kihívásokat is rejt magában, hiszen a glutén felelős a tészták szerkezetéért és állagáért, ezért a helyettesítéséhez megfelelő alternatívákat kell találni.

A kutatás során azt vizsgáltam, hogy a különböző kémiai kezeléseknél alvetett almatörköly és az abból nyert extraktumok milyen hatást gyakorolnak a gluténmentes zsemlék élelmirost- és emészthető tartalmára. Céлом az volt, hogy meghatározzam, a különböző kezeléseknél hogyan hatnak az almatörköly összetételére, különös tekintettel a rosttartalomra és a keményítőfrakciók változásaira. A kísérletekben négyféle, különböző módon kezelt

törkölymintát vizsgáltam: pektin- vagy polifenolcsökkentett, illetve mindkét kezelést eltérő sorrendben tartalmazó mintákat. Továbbá kétféle polifenol-kivonatot is felhasználtam.

Kiemelt figyelmet fordítottam az emészthető és rezisztens keményítő arányának meghatározására, mivel ez fontos táplálkozás-élettani mutató. Az analitikai mérések eredményei alapján értékeltem, hogy a különböző kezelések és azok sorrendje hogyan befolyásolta a termékek beltartalmi összetételét és emészthetőségét. A kapott adatok hozzájárulnak az almatörköly feldolgozási lehetőségeinek pontosabb megismeréséhez. A kutatás eredményei várhatóan segítenek megérteni, hogy a különböző kezelések milyen irányban befolyásolják az almatörkölyből készült termékek táplálkozás-élettani értékét.

## 2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Az almatörköly, mint melléktermék

#### 2.1.1. Az almatörköly keletkezése és összetétele

Az almatörköly az almafeldolgozás legjelentősebb mellékterméke, amely a gyümölcs 25–30 %-át is kiteheti, főként a lé-, cider- és boriparban keletkezik (Antonic mtsai., 2020; Lyu mtsai., 2020). Az almatörköly értékes ásványianyag-, élelmi rost-, fenolos vegyület- és szénhidrátforrás (Kauser mtsai., 2024). A világon évente több millió tonna törköly képződik, amelynek mennyisége folyamatosan növekszik (Thomas mtsai., 2025). A törköly heterogén összetételű: mintegy 95 %-ban héj- és gyümölcshús, kisebb arányban mag (2–4 %) és kocsány (1 %) alkotja (Antonic mtsai., 2020). A pontos kémiai összetétel változó, hiszen befolyásolja az almafajta, a termesztési környezet és a feldolgozás módja (Thomas mtsai., 2025).

Legfőbb jellemzője a rendkívül magas, 70% feletti nedvességtartalom, amely gyors mikrobiális romláshoz vezet, így a friss törköly romlékonysága komoly tárolási és környezeti problémát jelent (Lyu mtsai., 2020). Ugyanakkor tápértéke figyelemre méltó: szárazanyagra vonatkoztatva 2,7–5,3 % fehérjét, 1,1–3,6 % zsírt, valamint jelentős mennyiségű pektint (10–15 %) tartalmaz, amely fontos élelmirost-forrás (Thomas mtsai., 2025). A magok olaja linolsavban és olajsavban gazdag, míg a héj különösen sok polifenolt, például klorogénsavat, epikatechint és procianidint tartalmaz (Antonic mtsai., 2020; Thomas mtsai., 2025).

A feldolgozás során az alma antioxidáns kapacitásának döntő hányada, mintegy 80–99%-a a törkölyben marad vissza, ami növeli annak bioaktív potenciálját (Antonic mtsai., 2020). Emellett vitaminokat (pl. E- és C-vitamin) és ásványi anyagokat, mint például: káliumot, kalciumot, magnéziumot és cinket is tartalmaz (Thomas mtsai., 2025). A törköly szénhidrátjai főként cellulózból, hemicellulózból és egyszerű cukrokból állnak (Lyu mtsai., 2020). Ezek miatt az almatörköly rost- és polifenol-tartalma alapján a gabonaeredetű rostoknál is kedvezőbbnek tekinthető, sőt prebiotikus hatású is lehet (Klojdova mtsai., 2024).

A felhasználás egyik legnagyobb akadálya a romlékonyság, ezért a szárítás kiemelt fontosságú a tartósításban. Korszerű, kímélő eljárások például a fagyasztva szárítás vagy a nem hőalapú technológiák segítenek megőrizni a beltartalmi értékeket (Klojdova mtsai., 2024; Thomas mtsai., 2025). Mindezek alapján az almatörköly keletkezése ugyan komoly

hulladékgazdálkodási kihívás, de összetétele miatt jó alapanyag funkcionális élelmiszeripari termékek előállításához.

### **2.1.2. Az almatörkölyben található rostok és polifenolok**

Az almatörköly összetételének legértékesebb komponensei közé tartoznak a rostok és a polifenolok, amelyek mind táplálkozás-élettani, mind ipari szempontból kiemelkedő jelentőséggel bírnak. A rostfrakció döntően oldhatatlan (cellulóz, hemicellulóz, lignin) és oldható (pektin) komponensekből áll, amelyek mennyisége a feldolgozás módjától és az alma fajtától függően jelentősen változik (Aslam mtsai., 2024). Az almatörköly szárazanyag tartalmára vonatkoztatva a teljes élelmirost-tartalom 35–60% között mozog, amelyből a pektin 5–15%-ot képvisel, míg a cellulóz 7–40 %-ot, a hemicellulóz 4–25%-ot, a lignin pedig 15–25%-ot tesz ki (Aslam mtsai., 2024; Kauser mtsai., 2024). A pektin különösen fontos technofunkciós tulajdonságokkal rendelkezik, mivel vízmegkötő és gélképző képessége révén stabilizálja az élelmiszereket, és emellett prebiotikus hatást is kifejt (Klojdova mtsai., 2024).

A polifenolok főként a héjban koncentrálnak, de jelen vannak a húspan és a magban is. Az almatörköly polifenol frakcióját legnagyobb részben fenolsavak (klorogénsav, kávésav), flavanolok (katechin, epikatechin, procyanidin B2), flavonolok (kvercetin-glikozidok), valamint dihidro-kalkonok (phloridzin, phloretin) alkotják (Antonic mtsai., 2020; Lyu mtsai., 2020). Ezek az anyagok erős antioxidáns aktivitással rendelkeznek, hozzájárulnak a szabadgyökök semlegesítéséhez, emellett gyulladáscsökkentő, kardioprotektív és antidiabetikus aktivitást mutatnak (Gurev mtsai., 2023; Kauser mtsai., 2024). A polifenolok koncentrációja az alkalmazott feldolgozási és extrakciós módszerektől függően jelentősen változhat. Az ultrahangos- és mikrohullámú extrakcióval a hagyományos eljárásokhoz képest magasabb hozam és nagyobb antioxidáns aktivitás érhető el (Gurev és mtsai., 2023).

Kimutatták, hogy a feldolgozás után az alma antioxidáns kapacitásának 80–99%-a a törkölyben marad, ami alátámasztja a melléktermék polifenolban való gazdagságát (Antonic mtsai., 2020).

### **2.1.3. Az almatörköly jelenlegi élelmiszeripari felhasználása**

Az almatörköly a gyümölcsle- és cideripar melléktermékeként keletkezik, amelyet hagyományosan állati takarmányként vagy hulladékként kezeltek, de az utóbbi években egyre

szélesebb körben vizsgálják élelmiszeripari hasznosítását (Lyu mtsai., 2020). Magas rost-, pektin- és polifenol tartalma miatt alkalmas különféle termékek dúsítására.

A pékárukban történő felhasználás során az almatörköly növeli a rosttartalmat és kedvezően befolyásolja a glikémiás indexet, bár magasabb arányú hozzáadás esetén sötétebb színt és keményebb textúrát eredményezhet (Antonic mtsai., 2020). A húsiparban antioxidáns tulajdonságai révén gátolja a lipidoxidációt, így például szalámiban és húspogácsákban meghosszabbítja az eltarthatóságot anélkül, hogy az érzékszervi jellemzőket rontaná (Antonic mtsai., 2020; Kauser mtsai., 2024). A tejiparban, különösen a fermentált tejtermékek előállításában a pektin és a rost prebiotikus hatást fejt ki, javítja a textúrát és a vízmegkötő képességet. Edényben alvasztott joghurtok esetében 1–4% hozzáadása szignifikánsan növelte a gél szilárdságát és érzékszervi elfogadottságát (Klojdova mtsai., 2024).

Az almatörkölyből kivont pektint gélképzőként és stabilizátorként használják lekvárokból, zselékben és desszertekben. Emellett a polifenolok és antioxidánsok kinyerése funkcionális italok és étrend-kiegészítők előállítását teszi lehetővé (Aslam mtsai., 2024).

A legújabb vizsgálatok azt is kimutatták, hogy az almatörköly sikeresen alkalmazható emulziók stabilizátoraként és új típusú bioalapú csomagolóanyagok fejlesztésében is (Aslam mtsai., 2024; Thomas mtsai., 2025).

## **2.2. Különféle törkölyök felhasználása az élelmiszeriparban**

### ***2.2.1. Különböző gyümölcsök és zöldségek törkölyéből készült élelmiszeripari termékek és azok gyártásának kihívásai***

A gyümölcs- és zöldségfeldolgozás melléktermékei a különféle törkölyök, egyre nagyobb figyelmet kapnak az élelmiszeriparban. Általában rostban, polifenolokban és más bioaktív vegyületekben gazdagok, emellett értékes funkcionális összetevőként hasznosíthatók. Az almatörkölyből készült pékáruk és tejtermékek esetében kimutatták, hogy javítják a rostbevitelt és az antioxidáns-tartalmat. Ugyanakkor érzékszervi korlátok, például a sötétebb szín és a keményebb textúra nehezíthetik a szélesebb körű felhasználást (Antonic mtsai., 2020).

A zöldségtörkölyök közül a répatörköly kiemelt érdeklődést váltott ki. Goli és munkatársai (2025) vizsgálata szerint a répatörköly-por különböző szemcseméreteinek és koncentrációinak alkalmazása tejalapú italokban jelentősen befolyásolja a termék fizikai stabilitását, színét és

viszkozitását. A legfőbb kihívások közé tartozik a fázisszétválás és az ülepedés, amelyek csökkentik a fogyasztói elfogadottságot. A stabilizátorok, például a guar gumi alkalmazása javította a kolloid stabilitást, ugyanakkor a rost magas aránya miatt továbbra is technológiai nehézségek adódtak.

A különböző gyümölcs- és zöldségtörkölyökből készült termékek komoly alkalmazási kilátásokkal rendelkeznek funkcionális élelmiszerek előállításában. A legfontosabb kihívások közé a fizikai stabilitás megőrzése, a kedvezőtlen érzékszervi hatások minimalizálása és a technológiai paraméterek (részecskeméret, nedvességtartalom, stabilizátorok) pontos szabályozása tartozik.

### ***2.2.2. A törkölyök alkalmazásának hatása a termékek állagára, szerkezetére és eltarthatóságára***

A gyümölcs- és zöldségtörkölyök élelmiszerekhez történő hozzáadása számos szempontból befolyásolja a végtermék fizikai jellemzőit és eltarthatóságát. A rost- és polifenol-tartalom technofunkciós előnyöket biztosít, ugyanakkor bizonyos esetekben kedvezőtlen hatásokkal is járhat. Cantero és társai (2022) gluténmentes kenyereken végzett vizsgálatai azt mutatták, hogy az almatörköly beépítése fokozza a táplálkozási értéket, különösen a rosttartalmat, de az állag romlása például a morzsalékosság és a keménység növekedése szintén jelentkezett.

A húsipari termékek esetében a törköly antioxidáns vegyületei kifejezetten kedvezőek. Antonic és társai kimutatták, hogy az almatörköly kivonat szalámiban gátolta a lipidoxidációt, így nyolc héttel meghosszabbította az eltarthatóságot anélkül, hogy érzékszervi romlást okozott volna (2020). Hasonló eredmények születtek húspogácsákban is, ahol az oxidációs stabilitás javult (Aslam mtsai., 2024). A tejiparban a joghurtokhoz adott almatörköly a szerkezetet és vízmegkötő képességet erősítette, ugyanakkor túlzott mennyiség alkalmazásakor a textúra szemcséssé vált és fokozódott a savóelválás (Klojdova mtsai., 2024).

Ez rávilágít arra, hogy a rostban gazdag melléktermékek alkalmazása során elengedhetetlen a feldolgozási paraméterek és az állományjavítók megfelelő kombinációja.

A törkölyök élelmiszeripari alkalmazása kettős hatással jár: javítja a táplálkozási értéket és sok esetben az eltarthatóságot, de kedvezőtlenül befolyásolhatja a textúrát és a szerkezetet. Az optimális adagolás, valamint a kiegészítő technológiai megoldások (pl. stabilizátorok, megfelelő szárítás) meghatározása kiemelt fontosságú.

### **2.2.3. Különböző almatörköly technofunkciós tulajdonságainak a hatása a gluténmentes termékekben**

Az almatörköly alkalmazása a gluténmentes termékek fejlesztésében a benne található rostok, polifenolok és mikrotápanyagok miatt előnyös. A gluténmentes kenyerek egyik legnagyobb kihívása a megfelelő szerkezet és állag kialakítása. A glutén hiánya miatt a tészta kevésbé képes megtartani a gázt, ami alacsonyabb térfogatot és morzsalékos textúrát eredményez (Cantero mtsai., 2022). Az almatörköly a rost- és vízmegkötő képessége révén részben javítja ezeket a tulajdonságokat, ugyanakkor túlzott mennyiség alkalmazásakor a termék sötétebb színt, tömörebb bélzetet mutat (Klojdova mtsai., 2024).

Cantero és társai (2022) kimutatták, hogy a gluténmentes kenyér almatörkölyvel való dúsítása növelte a táplálkozási értéket, különösen a rosttartalmat és antioxidáns-aktivitást. A tészta szerkezeti változása, például a keménység és a morzsalékosság fokozódása gátló hatást gyakorolhatott. Más pékáruk vizsgálata során is hasonló eredményeket tapasztaltak, ahol a rostban gazdag törköly hozzájárult a vízvisszatartáshoz és a lassabb kiszáradáshoz (Antonic és mtsai. 2020; Lyu és mtsai. 2020).

### **2.3. Az élelmi rost**

Az élelmi rost olyan, legalább három monomer egységet tartalmazó szénhidrát-polimer, amelyet az emberi vékonybél nem képes megemészteni és felszívni. Ezek a vegyületek több kategóriába sorolhatók, attól függően, hogy milyen eredetűek és milyen módon kerülnek az élelmiszerekbe. Ide tartoznak egyrészt a természetes módon, az élelmiszerekben előforduló, ehető szénhidrát-polimerek, másrészt azok az anyagok, amelyeket fizikai, enzimes vagy kémiai eljárással nyernek ki élelmiszer-nyersanyagokból, és amelyek tudományos bizonyítékok szerint kedvező élettani hatással rendelkeznek. Emellett szintetikus úton előállított, ehető szénhidrát-polimerek is beletartoznak a definícióba, amennyiben bizonyítottan kedvezően hatnak az emberi szervezetre. A sejtekben a szénhidrátokhoz kötött ligninfrakciók és más komponensek (pl.: lignin, fenolos vegyületek, viaszok, szaponinok, fitátok, kutin és fitoszterolok) szintén az élelmi rostok közé sorolhatók, amennyiben kötött formában vannak jelen. A CODEX Alimentarius a 3–10 monomer egységet tartalmazó szénhidrátok (például frukto- és galakto-oligoszacharidok) besorolását nemzeti hatáskörbe utalja (Internet 1).

### **2.3.1 Az élelmi rostok csoportosítása**

Az élelmi rostok több szempont alapján osztályozhatók. Az egyik leggyakoribb megközelítés a vízben való oldhatóság szerint különbözteti meg őket: oldható és oldhatatlan rostokra. Az oldható rostok vízben gél képeznek, ezáltal lassítják az emésztést és kedvezően hatnak a vércukor- és koleszterinszintre. Az oldhatatlan rostok ezzel szemben főként a bélműködés szabályozásában játszanak szerepet.

Egy másik csoportosítás a fermentálhatóság alapján történik. Ennek során azt vizsgálják, hogy a vastagbélben élő mikrobiota képes-e a rost komponenseket fermentálni. A fermentálható rostok prebiotikus hatással bírnak, elősegítve a jótékony baktériumok szaporodását.

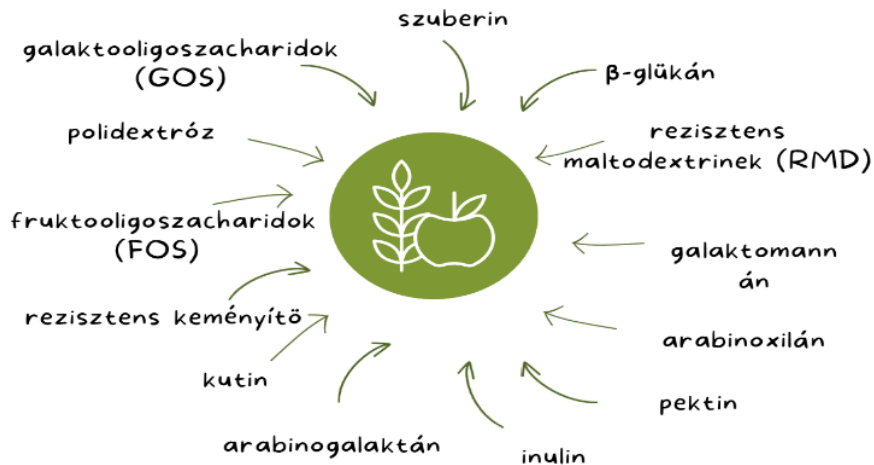
A harmadik lehetséges felosztás a viszkozitás alapján történik. A rostok viszkozitása befolyásolhatja azok élettani hatásait, például a glükóz felszívódásának sebességét és a koleszterinszintet.

### **2.3.2. Az élelmi rostok felépítése és összetétele**

Az élelmi rostok kémiai szempontból összetett, heterogén makromolekulák, amelyek főként különböző poliszacharidokból **(1. ábra)** és kisebb részben nem szénhidrát jellegű komponensekből (pl. lignin) épülnek fel (Opperman és mtsai., 2025). Ezek az anyagok a növényi sejtfal szerkezeti elemeiként természetes formában fordulnak elő, de esetenként mesterségesen módosított vagy izolált formában is alkalmazzák őket élelmiszeripari célokra (Vale-Hagan és mtsai., 2025). A rostok leggyakrabban előforduló monomer egységei a glükóz, galaktóz, mannóz, fruktóz, arabinóz, xilóz, ramnóz és fukóz, amelyek különböző glikozidos kötések (pl.  $\beta(1\rightarrow4)$ ,  $\beta(1\rightarrow3)$ ,  $\beta(1\rightarrow6)$ ) révén lineáris vagy elágazó szerkezeteket alkotnak. A poliszacharid természetű rostkomponensek közé tartozik a cellulóz, a hemicellulóz, a pektin, a béta-glükánok, valamint bizonyos növényi gumifélék (Opperman és mtsai., 2025). Emellett ide sorolhatók a rezisztens keményítők, amelyek bár keményítő eredetűek, nem hidrolizálódnak a vékonybél enzimeit által, így funkcionálisan a rostokhoz hasonlóan viselkednek (Opperman és mtsai., 2025; Sempio és mtsai., 2025).

A növényi eredetű melléktermékekből (pl. alma- vagy hagymahéj, kávéhéj, búzaszalma) kivont rostok összetétele és tulajdonságai jelentős különbségeket mutathatnak, ami a növényfaj, a földrajzi eredet és az alkalmazott extrakciós eljárás függvénye (Vale-Hagan és mtsai., 2025).

### 1. ábra: Az élelmi rostok alkotói, saját szerkesztés



A növényi eredetű melléktermékekből (pl. alma- vagy hagymahéj, kávéhéj, búzaszalma) kivont rostok összetétele és tulajdonságai jelentős különbségeket mutathatnak, ami a növényfaj, a földrajzi eredet és az alkalmazott extrakciós eljárás függvénye (Vale-Hagan és mtsai., 2025). Az oldható komponensek (pl. pektin, inulin) általában nagyobb vízmegkötő és gélesítő képességgel rendelkeznek, míg az oldhatatlan frakció (pl. cellulóz, lignin) inkább a sejtfastruktúrájának fenntartásában és a széklet tömegének növelésében játszik szerepet (Fan és mtsai., 2025). A poliszacharidok láncai közötti hidrogénkötések, az acetil- és metilésztercsoportok, valamint a keresztkötések mind befolyásolják a rostok duzzadási, vízdoldhatósági és fermentálhatósági tulajdonságait (Opperman és mtsai., 2025; Vale-Hagan és mtsai., 2025).

Ezek a tulajdonságok meghatározóak az élelmiszeripari alkalmazásokban is, például a rostok sűrítő-, stabilizáló- és emulgeáló hatásában, amit több kísérletes vizsgálat is alátámasztott (Vale-Hagan és mtsai., 2025; Sempio és mtsai., 2025). Az élelmi rostok komplex szerkezeti rendszerként értelmezhetők, amelyben a kémiai összetétel, a polimerizáció foka, a kötéstípusok és a fizikai szerkezet együttesen határozzák meg azok viselkedését az élelmiszer-mátrixban és az emberi szervezetben. Ez a szerkezeti diverzitás alapozza meg a rostok széleskörű funkcionális és egészségügyi hatásait is (Opperman és mtsai., 2025; Fan és mtsai., 2025).

Az élelmi rostok számos kémiai és szerkezeti csoportot foglalnak magukban. A CODEX Alimentarius 2009-es meghatározása szerint az élelmi rostok olyan szénhidrát-polimerek, amelyek tíz vagy több monomer egységből állnak, és nem hidrolizálódnak az emberi vékonybélben, ugyanakkor tartalmazhatják a természetes,

extrahált vagy mesterségesen előállított polimereket is (Gidley és Yakubov, 2019; Opperman és mtsai., 2025).

Kémiai összetételüket tekintve az élelmi rostok fő alkotóelemei a cellulóz, hemicellulóz, pektin, lignin, béta-glükánok, rezisztens keményítők és nem emészthető oligoszacharidok. Ezek mind különböző szerkezeti és élettani tulajdonságokkal rendelkeznek.

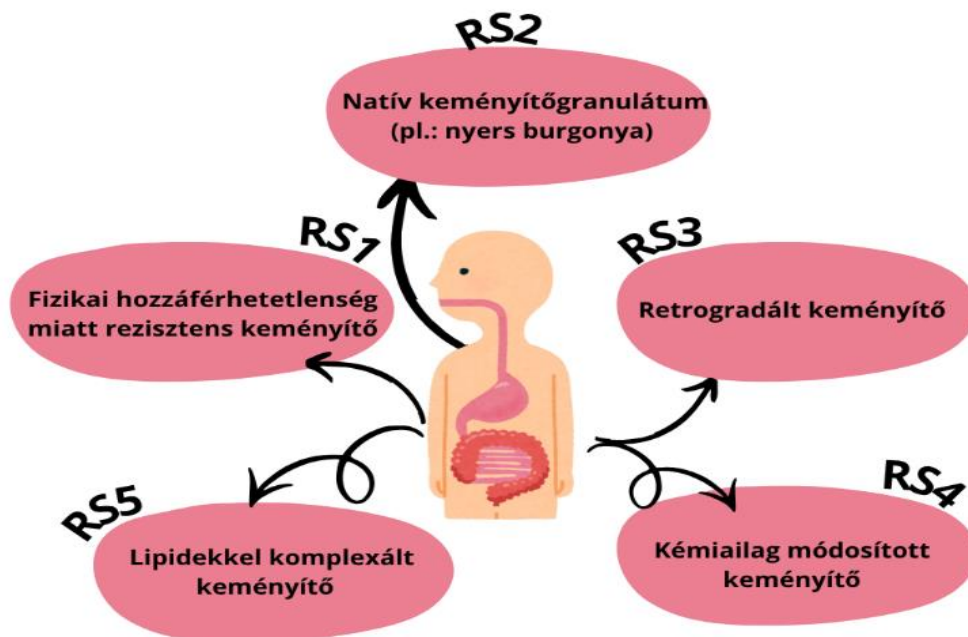
A cellulóz D-glükóz egységekből álló,  $\beta(1-4)$  glikozidos kötéssel kapcsolódó, akár 10 000 egység hosszúságú lineáris homopolimer. Vízben nem oldódik, strukturális funkciót tölt be a növényi sejtfalokban, és főként a széklet térfogatát növeli, ezzel elősegítve a bélműködést. A hemicellulóz ezzel szemben elágazó szerkezetű poliszacharid, amelynek gerincét xilóz, arabinóz, galaktóz, mannóz vagy glükóz monomerek alkotják. A hemicellulóz részben fermentálható, és segíti a jótékony bélbaktériumok szaporodását (Opperman és mtsai., 2025).

A pektin döntően galakturonsavból felépülő, vízben oldódó poliszacharid, amely gélképző tulajdonsága miatt fontos szerepet játszik a gyomorürülés és a glükóz-felszívódás lassításában (Gidley és Yakubov, 2019).

A lignin nem szénhidrát, hanem főként p-kumaril-, koniferil- és szinapil-alkoholokból felépülő fenil-propanoid polimer, amely a növényi sejtfal szerkezeti merevségéért felelős, és a növényi rostok között egyedülállóan hidrofób tulajdonságú. A béta-glükánok nem keményítő típusú poliszacharidok, melyek  $\beta$ -D-glükóz egységekből állnak, és  $(1\rightarrow3)$ ,  $(1\rightarrow4)$  vagy  $(1\rightarrow6)$  glikozidos kötések révén kapcsolódnak egymáshoz, ezáltal képesek magas vízmegkötő kapacitásra és gélképzésre. E tulajdonságuknak köszönhetően kedvezően hatnak a vér lipid- és glükózszenjére (Opperman és mtsai., 2025).

A rezisztens keményítők az utóbbi években kerültek a figyelem középpontjába, mint olyan keményítő formák, amelyek nem hidrolizálódnak a szájban és a vékonybélben, hanem a vastagbélbe jutva fermentálódnak. Végül a nem emészthető oligoszacharidok alacsony molekulatömegű szénhidrátok, amelyek 3–10 monomer egységből állnak, és ellenállnak a nyálban és a vékonybélben található enzimek bontó hatásának (**2. ábra**).

2. ábra: A rezisztens keményítők típusai, saját szerkesztés Oppermanés mtsai., (2025) alapján



#### 2.4. Törkölyvel dúsított élelmiszeripari termékek érzékszervi és fogyasztói megítélése

Az élelmiszerek sikeres piaci bevezetésének egyik kulcstényezője a fogyasztói elfogadottság, amelyet elsősorban az érzékszervi tulajdonságok (íz, szín, állag, illat és megjelenés) határoznak meg. A pékáruk esetében az almatörköly beépítése általában sötétebb színt és tömörebb szerkezetet eredményez, amit a fogyasztók egy része kedvezőtlennek ítél meg (Antonic és mtsai. 2020; Lyu és mtsai. 2020). Ugyanakkor a „házi jellegű” megjelenést sokan értékelik pozitívan, mivel a természetes alapanyagokhoz és a fenntartható élelmiszer-fogyasztáshoz társítják (Cantero-Ruiz de Eguino és mtsai. 2025). A gluténmentes kenyerek esetében a fogyasztói tesztek rávilágítottak, hogy a közepes arányú almatörköly-beépítés (kb. 6 %) javította az ízkomplexitást és a ropogósságot, de a magasabb arány már rontotta az összbenyomást (Cantero és mtsai. 2022). A húsipari termékeknél a fogyasztói megítélés általában kedvezőbb. Az almatörköly kivonata pizzaszalámiban nem változtatta meg sem az ízt, sem az illatot (Antonic és mtsai. 2020). A tejipari termékek, különösen a joghurtok esetében, az almatörköly javította a textúrát és a vízmegkötést, amit a fogyasztók krémesebb állagként érzékeltek (Klojdova mtsai., 2024). A túlzott mennyiség szemcsésséget és enyhén kesernyés ízt eredményezett, ami rontotta a megítélést. Érdekes tendencia, hogy a

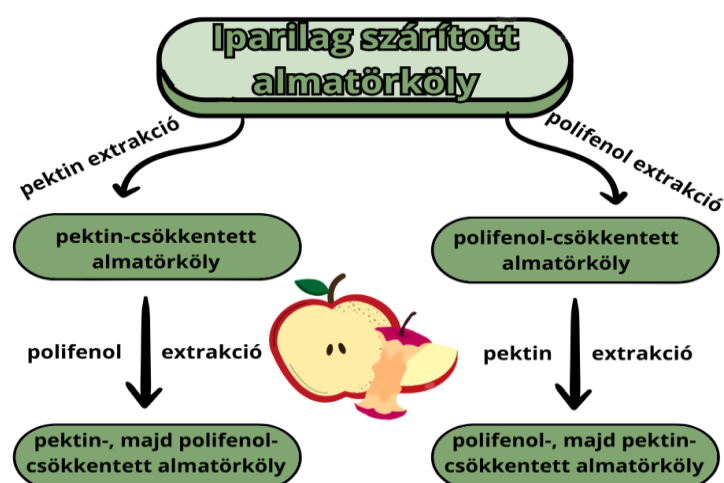
fenntarthatósági szempontok egyre inkább befolyásolják a fogyasztói megítélést. A vásárlók hajlandóbbak elfogadni kisebb kompromisszumokat, ha a terméknek alacsonyabb az ökológiai lábnyoma (Aslam mtsai., 2024; Thomas mtsai., 2025).

### 3 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A vizsgálatokhoz felhasznált almatörköly az almafeldolgozás során keletkező melléktermékből származott, amelyet az AGRANA FOOD vállalat biztosított. Az alapanyagból négy különböző, eltérő kémiai előkezelésen átesett almatörköly mintát állítottam elő.

Az első minta a polifenol-csökkentett almatörköly volt, amelyben a polifenolos komponensek mennyiségét acetonos extrakcióval mérsékeltem. A második minta a pektin-csökkentett almatörköly, amelyet enyhén savas közegben végzett hidrolitikus kezeléssel állítottam elő a pektin-tartalom csökkentése céljából. A további két minta esetében a pektin- és polifenol-csökkentés egymást követően történt, azonban a kezelések sorrendje eltért egymástól. A harmadik típus a pektin, majd polifenol csökkentett almatörköly volt, ahol először a pektin mennyiségét mérsékeltem savas hidrolízissel, majd ezt acetonos extrakció követte a polifenolok eltávolítására. A negyedik típus ezzel szemben a polifenol, majd pektin csökkentett almatörköly volt, amelynél a kezelések sorrendje fordított: elsőként a polifenolok extrakcióját, majd a pektin részleges bontását végeztem el (3. ábra).

3. ábra: Almatörköly minták előkészítése



A vizsgálatokban emellett kontroll mintát is alkalmaztam, amely kezeletlen, szárított és őrölt almatörkölyt tartalmazott. A mintákat egy laboratóriumi malom segítségével 500 µm

szemcseméretnél kisebb méretűre daráltam. A különböző módon kezelt frakciók így lehetővé tették annak összehasonlító vizsgálatát, hogy a pektin- és polifenol-tartalom módosítása, illetve az alkalmazott eljárások sorrendje miként befolyásolja a zsemleminták összetételét és funkcionális jellemzőit.

### **3.1. Az almatörköly pektin-tartalmának csökkentése**

A pektin extrakcióját savas hidrolízis módszerrel végeztem, amely során az almatörköly sejtfalához kötött pektin savas körülmények között oldatba vihető. Ehhez 4 liter vízben 200 g citromsavat oldottam, majd az oldatot 90°C-ra melegítettem. Ezután 200 g almatörkölyt adtunk hozzá, és a keveréket 2,5 órán keresztül 90°C-on kevertetem folyamatos hőmérséklet-szabályozás mellett. A hőhatás és a savas közeg elősegítette a protopektin oldható formájú pektinné alakulását. A keverés befejeztével a mintát szűrőbetéten és sajthálón szűrtem át a szilárd és folyékony fázis elválasztása céljából.

A kapott szűrletet 60°C-on bepároltuk, hogy csökkenjen az oldószer mennyisége, ezáltal elősegítve a pektin későbbi kicsapását. A fennmaradó almatörkölyt 40°C-on szárítószekrényben szárítottam egy éjszakán keresztül. A pektint 60:40 arányú metanol-szűrlet elegy hozzáadásával csaptam ki. A tisztított pektinmintát **(4. ábra)** liofilizálással szárítottam, amely során a víz szublimáció útján távozik, így a szerkezet nem károsodik. A kapott por állagú termék jól oldható és további analitikai vagy technológiai vizsgálatokhoz felhasználható.

#### **4. ábra: Pektincsökkentett szárított almatörköly (saját kép)**



### 3.2. Az almatörkölyben található polifenolok extrakciója

A polifenol-extrakció célja az almatörkölyben található antioxidáns hatású vegyületek (pl. flavonoidok, fenolsavak) kivonása volt. A kivonás oldószereként 60%-os aceton-víz elegyet alkalmaztam, amely hatékonyan oldja a közepesen poláris polifenolokat.

Az eljárás során 200 g almatörkölyt mértem be, majd hozzáadtam 2 litert a 60 %-os aceton-víz oldatból. A mintát Ultra-Turrax típusú nagysebességű homogenizátorral 2 percig homogenizáltam, hogy a sejtfalak mechanikai roncsolása révén a polifenolok könnyebben kioldódjanak **(5. ábra)**.

**5. ábra: 60 %-os aceton: víz és az almatörköly homogenizálása Ultra-Turrax-szal (saját kép)**



Ezt követően a keveréket 1 órán keresztül kevertetem szobahőmérsékleten. A kivonatot szűrőbetéten és sajthálón átszűrtem, majd a szűrletet bepároltam, hogy az oldószermennyisége csökkenjen. Ezután az acetont rotációs desztillációval távolítottam el, a polifenoltartalmú frakciót így sűrített formában kaptam meg **(6. ábra)**. A visszamaradt szilárd almatörkölyt a további vizsgálatokhoz 40 °C-on, szárítószekrényben, szilikonlapon szárítottam.

**6. ábra: Az oldószér(aceton) rotációs desztillálása (saját kép)**



### 3.3. A gluténmentes zsemle elkészítése

A kísérletben vizsgált gluténmentes zsemleminták külső ipari partner üzemében kerültek előállításra. A sütést és az alapreceptúra kialakítását a vállalat technológusai végezték, az egyetemi kutatócsoport feladata a minták analitikai vizsgálata volt. Minden minta azonos alapú gluténmentes keverékből készült. A zsemlek készítése során különböző típusú almatörkölyöket és almatörkölyből kivont polifenol extraktumokat alkalmaztam a liszt tömegére vetítve. Az első öt zsemle esetében a tésztahoz a liszt mennyiségének 3%-ának megfelelő arányban adtunk almatörköly-őrleményt (ALAP, PE, PO, PE-PO, PO-PE). A polifenol extraktummal (POE) készült zsemlek esetében a liszt tömegének 1%-át tette ki a hozzáadott kivonat. A pektin- és polifenol extrakció után kapott extraktummal (PPOE) készült zsemléhez a liszt tömegének 2%-ának megfelelő mennyiségű kivonatot adtam (1. táblázat).

1. táblázat: Gluténmentes zsemle előállításához felhasznált almatörkölyös zsemlek

<b>ALAP</b>	Almatörköly alapot tartalmazó zsemle (iparilag szárított)
<b>PO</b>	Polifenol-csökkentett almatörkölyt tartalmazó zsemle
<b>PE</b>	Pektin-csökkentett almatörkölyt tartalmazó zsemle
<b>PO-PE</b>	Polifenol, majd pektincsökkentett almatörkölyt tartalmazó zsemle
<b>PE-PO</b>	Pektin, majd polifenolcsökkentett almatörkölyt tartalmazó zsemle
<b>POE</b>	Polifenol extraktummal dúsított zsemle
<b>PPOE</b>	Pektin- és polifenol extrakció után kapott extraktummal dúsított zsemle

### 3.4. Minta előkészítés

A mintákat az analitikai vizsgálatok előtt gravimetriás módszerrel szárítani kellett, mert a sütőipari termékek nedvességtartalma kb. 53% volt. Ez a lépés szükséges volt a mérések megfelelő végrehajtása előtt. A nedvességtartalom csökkentése után a mintákat aprítottam egy konyhai daráló segítségével. A gyártói információk alapján a zsemlek zsírtartalma nagyobb volt, mint 10%. Az analitikai vizsgálatok megfelelő kivitelezése miatt a mintákat zsírtalanítani kellett. Ehhez bemértem centrifugacsövekbe 3 g darált mintát (három, párhuzamos bemérést alkalmaztam), majd hozzáadtam 40 ml petrolétert. Kémcsőkeverő segítségével homogenizáltam a mintát, ezután pedig 10 percig, 6000 rpm-en centrifugáltam. A zsírt tartalmazó petroléteres részt egy már előre lemért főzőpohárba pipettáztam, majd az

oldószert elpárologtattam laboratóriumi fűtőlap segítségével, elszívófülke alatt. A főzőpoharakat ezután exsikkátorba helyeztem. Miután lehűltek lemértem a tömegüket, melyek segítségével meg tudtam határozni a minták zsírtartalmát is.

A zsírtalanított mintát Petri-csészébe mértem, majd 40°C-on szárítószekrényben kb. 2 órán keresztül szárítottam.

### **3.4.1. Liofilizálás**

A liofilizálás, vagyis a fagyasztva szárítás célja az extraktumok víztartalmának eltávolítása alacsony hőmérsékleten és vákuumban, amely eljárás minimalizálja a termikus és kémiai bomlás kockázatát, így megőrzi a minták bioaktív komponenseinek stabilitását (**7.ábra**). A hosszabb ideig tartó mérések és az ismételt analitikai vizsgálatok megvalósítása érdekében a liofilizálás megfelelő tartósítási módszert biztosított. A liofilizált minta előnye továbbá, hogy a nedvesség eltávolítása után homogénebb és stabilabb por állagú anyag nyerhető, ami megkönnyíti a pontos adagolást, keverést és mérési ismételhetséget az analitikai eljárások során.

**7. ábra: Polifenol-kivonat liofilizálás előtt**



### **3.4.2. Zsírtalanítás**

A minták zsírtartalma meghaladta a 10 %-ot, ezért petroléteres hideg extrakcióval zsírtalanítást is végeztem. A lipidek jelenléte ugyanis akadályozhatja az enzimátikus és kémiai emésztési lépéseket, valamint zavarhatja a rostfrakciók és a nem emészthető szénhidrátok pontos kvantifikálását. A zsírtalanítás során a minta szerves oldószerekkel történő kezelése lehetővé teszi a lipidek eltávolítását, ezáltal javítva a későbbi analitikai lépések hatékonyságát és pontosságát. Ennek különös jelentősége van olyan vizsgálatok esetében, ahol a meghatározás enzimes emésztésen alapul, mivel a lipidek gátolhatják az enzimek hozzáférését

a szénhidrát- és rostkomponensekhez, illetve befolyásolhatják a szűrési vagy centrifugálási folyamatokat. A zsírtalanított minták tehát homogénebb és könnyebben kezelhető állapot biztosítanak, amely növeli a mérési pontosságot és reprodukálhatóságot. A két előkészítési lépés, a liofilizálás és a zsírtalanítás együttes alkalmazása biztosította, hogy a vizsgálati minták stabil, egységes és analízisre alkalmas állapotban legyenek a rosttartalom és az emészthetetlen keményítő meghatározásához.

### **3.5. Nedvességtartalom meghatározása**

A minták nedvességtartalmát gravimetriás módszerrel határoztam meg. Minden mintatípus esetében három párhuzamos mérést végeztem. A vizsgálat során 5 g mennyiségű, aprított zsemlemintát Petri-csészébe mértem, majd a mintákat 105 °C-on szárítószekrényben, tömegállandóságig szárítottam. Ezt követően a mintákat exsikkátorban hűtöttem le, majd lehűlés után ismételten megmértem a tömegüket.

### **3.6. Az élelmi rost meghatározása Megazyme-módszerrel (AOAC 991.43)**

A kísérlet során az élelmi rosttartalmat a Megazyme által fejlesztett Total Dietary Fiber Assay módszer (Association of Official Analytical Chemists (AOAC) Phosphate Buffered Saline (PBS): 991.43, AOAC 985.29) alapján határoztam meg (Internet 2). Az eljárás során az összes élelmi rostfrakció mennyiségét határoztam meg. A módszer az emberi vékonybélben zajló emésztési folyamatokat modellezi, ezért az alkalmazott enzimek és körülmények ennek megfelelően lettek megválasztva. Az eljárás előnye, hogy az alkalmazott enzimek és körülmények az emberi emésztési folyamatokat hűen modellezik, így a kapott eredmények jól tükrözik a valós biológiai hasznosulást. A módszer nemcsak a hagyományos rostkomponenseket, hanem a rezisztens keményítőket és a nem emészthető oligoszacharidokat is figyelembe veszi, ezért a minta teljes rosttartalmát képes kimutatni. Emellett a Megazyme készlet nemzetközileg elfogadott és validált, ami biztosítja az eredmények összehasonlíthatóságát más vizsgálatokkal.

A mintákból két párhuzamos mérést készítettem. Az élelmi rost meghatározása enzimatis emésztésen és gravimetriás méréseken alapult. A mintákhoz hőstabil  $\alpha$ -amilázt adtam, és az elegyet 98–100°C-on inkubáltam annak érdekében, hogy a keményítő zselatinizálódjon, hidrolizálódjon és depolimerizálódjon. Ezt követően a mintákat 60°C-ra hűtöttem, majd proteázzal kezeltem a fehérjék oldásának és lebontásának elősegítése érdekében. Végül

amiloglükozidázt adtam a mintához, hogy a keményítő-fragmentumok glükózzá hidrolizálódjanak.

Az enzimátikus emésztést követően a mintákat négyszeres térfogatú, 60°C-ra előmelegített 95%-os etanollal mostam át, hogy az oldható rostokat kicsapjam, valamint a lebontott fehérjéket és a glükózt eltávolítsam. A visszamaradt oldható rostokat (maradékot) kovaföldön keresztül, Gooch-tégelyekbe, vákuum alkalmazásával szűrtem, majd 78%-os és 95%-os etanollal, végül acetonnal mostam a visszamaradt rostot. A tégelyeket, melyekben a maradékot gyűjtöttem, 103°C-on egy éjszakán át szárítottam, majd exsikkátorban hűtöttem és analitikai pontossággal lemértem. Az egyik párhuzamos mintából Kjeldahl-módszerrel meghatároztam a fehérjetartalmat, a másiból pedig 525°C-on történő hamvasztással a hamutartalmat. Az összes élelmi rost (TDF) értékét a szárított maradék tömegéből számítottam, amelyből levontam a fehérje és a hamu tömegét.

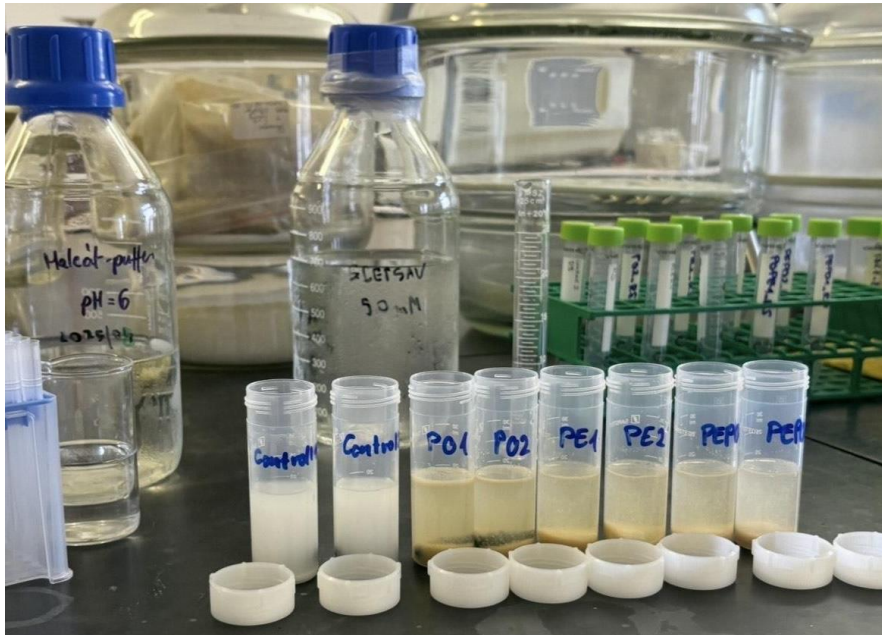
A vizsgálathoz szükséges reagenseket a Megazyme előírásai szerint készítettem el. A pufferoldatokat MES és TRIS komponensekből (2-(N-morfolino)-etánszulfonsav és Tris(hidroximetil)-aminometán) állítottam össze, a pH-t 8,2-re állítottam 6,0 N NaOH-oldattal. A mérések során különböző koncentrációjú etanol-oldatokat (78% és 95%), acetont, valamint Celite® szűrőanyagot alkalmaztam. Az enzimeket ( $\alpha$ -amiláz, proteáz, amiloglükozidáz) 0–5°C-on tároltam, a Megazyme ajánlásának megfelelően (Internet 2).

### **3.7. Az emészthető és rezisztens keményítő meghatározása**

A keményítőtartalom meghatározását a Megazyme gyártó által kidolgozott módszer alapján végeztem, amely lehetővé teszi a gyorsan emészthető (RDS), a lassan emészthető (SDS), a teljesen emészthető (TDS) és a rezisztens keményítő (RS) frakciók mennyiségi meghatározását.

Az enzimes emésztéshez 0,5 g mintát mértem be 40 ml-es, lapos aljú polipropilén csövekbe. A mintákat 0,5 ml 95%-os etanollal nedvesítettem, majd 17,5 ml maleát-puffert adtam hozzá **(8. ábra)**. A csöveket 37 °C-os vízfürdőben, 160 rpm sebességgel 5 percig ráztam, majd 2,5 ml PAA/AMG (Hasnyálmirigy-eredetű  $\alpha$ -amiláz és amiloglükozidáz enzim kombináció) oldatot adagoltam. Az inkubálás 4 órán keresztül tartott 37°C-on, folyamatos kevertetés mellett.

**8. ábra: A bemért mintákra puffer került (saját kép)**



Az emészthető keményítő (RDS, SDS, TDS) meghatározásához mintákat vettem 20, 120 és 240 perces időpontokban, kevertetés közben, mágneses keverőhasználatával (9. ábra). A mintákat 20 ml 50 mM ecetsavoldatot tartalmazó centrifugacsövekbe pipettáztam, majd lezárás után röviden vortexeltem, és szobahőmérsékleten vagy 4°C-on tároltam a további feldolgozásig.

**9. ábra: Emészthetőség reprodukálása (saját kép)**



A spektrofotometriás méréshez először reagens vakokat készítettem, amelyek 50 µl 100 mM nátrium-acetát puffert és 750 µl glükóz-oxidáz–peroxidáz (GOPOD) reagenst tartalmaztak, majd ezeket a mintákkal együtt 50 °C-on 20 percig inkubáltam. A glükóz standard oldatot 25 µl glükóz standard, 25 µl 100 mM Na-acetát puffer és 750 µl GOPOD reagens felhasználásával állítottam elő. A minták előkészítése során 2 ml oldatot centrifugáltam 13 000 rpm-en 5 percig, majd kétszer 25 µl mintát pipettáztam a méréshez. Ehhez 25 µl hígított Amiloglikozidáz

oldatot adtam, vortexeltem, és 50 °C-on 30 percig inkubáltam. Ezt követően 750 µl GOPOD reagenst adtam a mintákhoz, majd további 20 percig inkubáltam 50 °C-on.

A rezisztens keményítő (RS) meghatározásához a 4 órás emésztés után, kevertetés közben mintát vettem, és 4 ml 95 %-os etanolt tartalmazó centrifugacsőbe helyeztem. A csövet többszöri átfordítással homogenizáltam, majd 4000 rpm-en 10 percig centrifugáltam. Az oldatot azonnal leöntöttem, a maradék folyadékot itatóspapírral távolítottam el, és ezt a lépést kétszer megismételtem. A visszamaradt pelletet először 2 ml, majd 6 ml 50 %-os etanolban oldottam vissza, vortex segítségével, és lezártam a mérésekig.

Ezután a mintákhoz 2 ml hideg 1,7 M NaOH-ot adtam, majd jégfürdőben, 500 rpm sebességgel 20 percig kevertetem. Ezt követően 8 ml 0,1 M Na-acetát puffert (pH = 3,8) és 100 µl amiloglükózidáz (AMG) oldatot adtam a mintákhoz, azonnali vortexelés után pedig 50°C-on 30 percig inkubáltam. Abban az esetben, ha a minta több mint 10% rezisztens keményítőt tartalmazott, a mintát átmostam egy 100 ml-es mérőlombikba, alaposan elkevertem, majd 2 ml-t mikrocentrifugacsőbe pipettáztam, és 13 000 rpm-en 5 percig centrifugáltam.

A rezisztens keményítő meghatározásához szükséges spektrofotometriás méréshez újabb reagens vakokat készítettem, amelyek 25 µl 100 mM Na-acetát puffert és 750 µl GOPOD reagenst tartalmaztak, majd ezeket a mintákkal együtt 50°C-on 20 percig inkubáltam. A mintaoldatok előkészítésénél 2 ml oldatot centrifugáltam, majd kétszer 25 µl mintát pipettáztam, hozzáadtam 750 µl GOPOD reagenst, vortexeltem, és 50°C-on 20 percig inkubáltam a mérés előtt. A módszer során az emészthető keményítő frakciókat (RDS, SDS, TDS) és a rezisztens keményítőt (RS) külön-külön határoztam meg. Az eljárás lehetővé tette, hogy pontosan meghatározzam a keményítő emészthető és nem emészthető részarányát, ami fontos információ az élelmiszerek tápértékének és glikémiás tulajdonságainak jellemzéséhez (Internet 3).

### **3.8. Adatok kiértékelése**

A minták közötti különbségek statisztikai elemzéséhez egytényezős varianciaanalízist (One-Way ANOVA) alkalmaztam, amely alkalmas kettőnél több csoport átlagértékeinek összehasonlítására és az esetleges szignifikáns eltérések kimutatására. A statisztikai feldolgozást az IBM SPSS Statistics 25.0 szoftverrel végeztem.

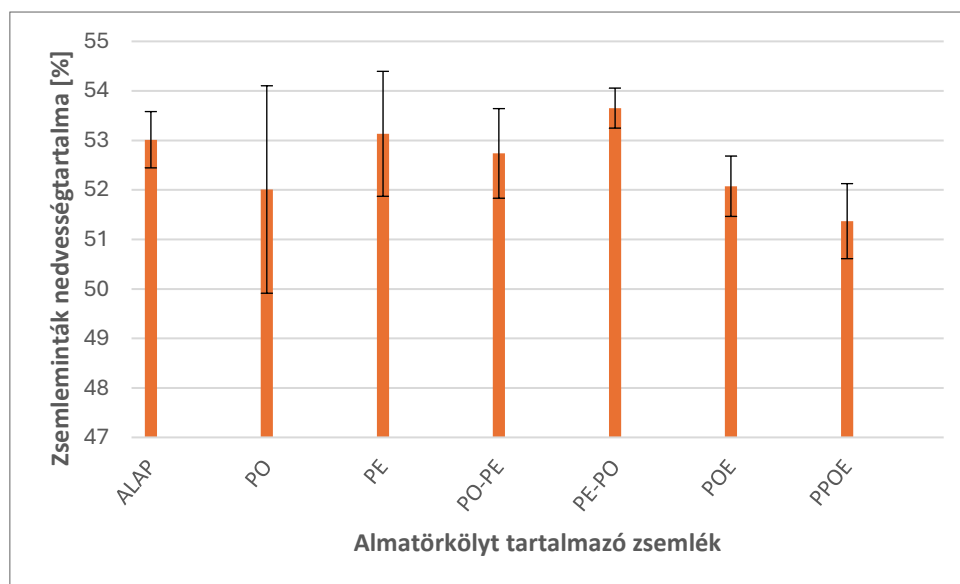
## 4 KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az eredmények értékelése során a hét különböző mintát hasonlítottam össze rosttartalom és keményítőtartalom szempontjából.

### 4.1 Nedvességtartalom

A minták nedvességtartalmát a **10. ábrán** szemléltettem. Az eredmények alapján elmondható, hogy a nedvességtartalom 51,4-53,7% között mozgott. A varianciaanalízis eredménye alapján a minták nedvességtartalma között szignifikáns különbség nem volt tapasztalható ( $(F(6,14)=1,579; p=0,2251 > 0,05)$ , 1% alatti szórással).

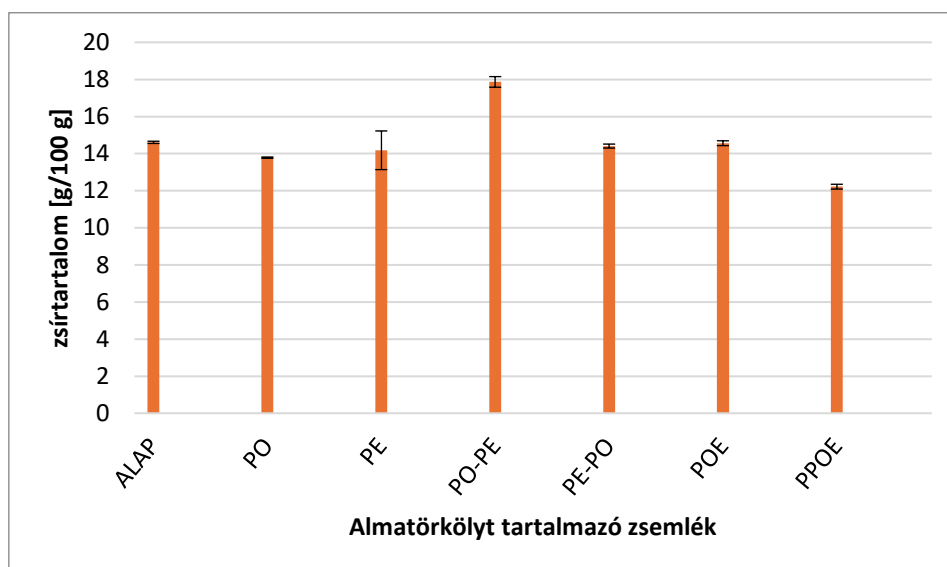
**10. ábra: A lesütött zsemlék kiinduló nedvességtartalma a szárítás megkezdése előtt**



### 4.2. Zsírtartalom

A minták zsírtartalma 12,2-17,9% között változott, átlagosan 14,5% volt. A varianciaanalízis alapján szignifikáns különbség volt tapasztalható a minták zsírtartalmában. A Tukey post-hoc teszt alapján homogén csoportot alkottak a PO, PE, PE-PO, POE és az ALAP minták. Ezekről eltérő csoportokba tartozott a PPOE ( $p<0,001$ ) és a PO-PE ( $p<0,001$ ) minta. Ez valószínűleg a gyártás során fellépő valamilyen eltérésből eredhet (**11.ábra**).

11. ábra: Zsemleminták zsírtartalma

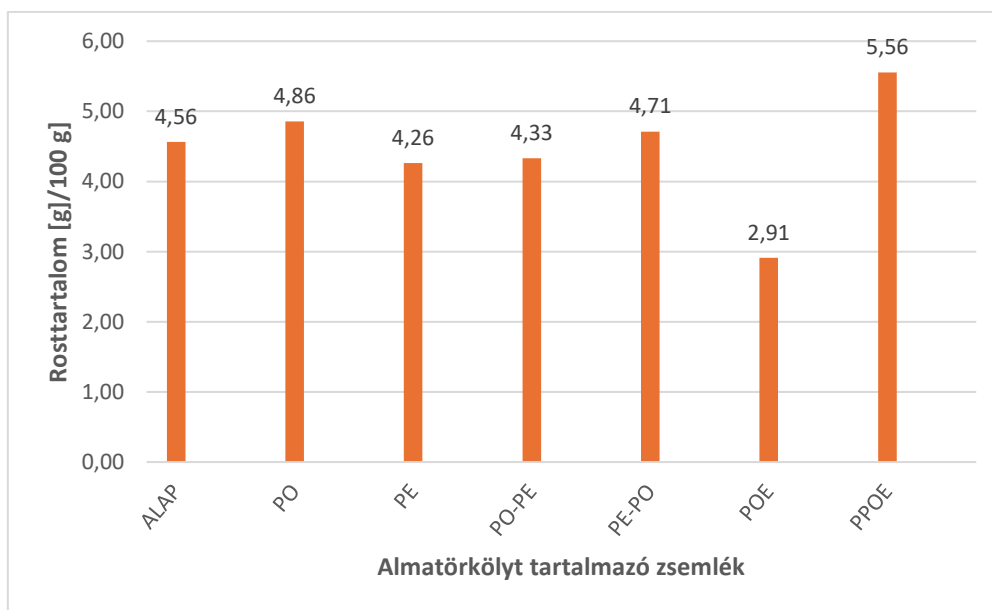


### 4.3. Élelmi rosttartalom

A Megazyme-módszerrel meghatározott élelmirost-tartalom eredményeit a **12. ábra** szemlélteti. A minták emészthető rosttartalma 2,91 g/100 g (POE) és 5,56 g/100 g (PPOE) között mozgott. A legmagasabb rosttartalmat az almatörköly- és polifenol-extraktummal dúsított (PPOE) zsemle mutatta, míg a pektin- és polifenol-csökkentett változatokban a rosttartalom némileg alacsonyabb értéket adott az alaphoz képest. Az egyes minták közül csupán a PPOE zsemle mutatott jelentős emelkedést az alapmintához képest, ami összhangban áll a korábbi szakirodalmi adatokkal, ahol 10–40%-os növekedést tapasztaltak a dúsított termékek esetében. A PPOE esetében a kapott eredmény azért is lehetett magasabb, mert a POE mintához képest kétszer annyi extraktum lett hozzáadva. Feltételezhető, hogy a PPOE minta esetében a pektincsökkentést követő polifenol-extrakció nemcsak a fenolos vegyületeket, hanem a mintában maradt pektin egy részét is eltávolította. Az emészthetőség szempontjából a polifenol-csökkentett (PO) minta a kontrollhoz (4,56 g/100 g) képest növekedést mutatott (4,86 g/100 g), ami arra utal, hogy a kezeléssel a rost részben hozzáférhetőbbé vált az enzimek számára. Hasonló tendenciát figyelhettünk meg a PE-PO mintában is, ahol a pektin- és polifenol-csökkentés kombinációja az emészthető rost mennyiségének növekedését eredményezte. Ezzel szemben a többi minta (PE, PO-PE) esetében az emészthető rosttartalom csökkenést eredményezett, ami feltehetően a pektin-csökkentésének a következménye. A POE minta alacsonyabb rosttartalma a várakozásoknak

megfelelően alakult, hiszen ebben az esetben nem maga a törköly, hanem csak az extraktum került a zsemlébe, így a rosttartalom csökkenése várható volt. Antonic és munkatársai (2020) átfogó tanulmányukban szintén kimutatták, hogy az almatörköly hozzáadása különböző sütőipari termékekhez általában növeli az összes és az oldható élelmi rost mennyiségét. Emellett kedvezően befolyásolja a termék vízmegkötő képességét és szerkezetét. A többi minta rosttartalma, vagy csak kis mértékben változott, vagy csökkent, így ezeknél nem figyelhető meg a várható rosttartalom-növekedés. Az almatörkölyből származó rostfrakciók jelenléte a magasabb rosttartalommal hozzájárulhat az emésztés lassításához, a glikémiás index csökkentéséhez, valamint a bélmikrobiota aktivitásának fokozásához. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a pektin- és polifenol-csökkentett kezelések sem rontották számottevően a rosttartalmat, tehát az almatörköly stabil, értékes rostforrásnak tekinthető a gluténmentes pékáruk fejlesztésében. A kapott adatok arra engednek következtetni, hogy a termék emészthető rosttartalma még a kémiai kezelések után sem változott számottevően.

**12. ábra: A minták összes emészthető rosttartalma**

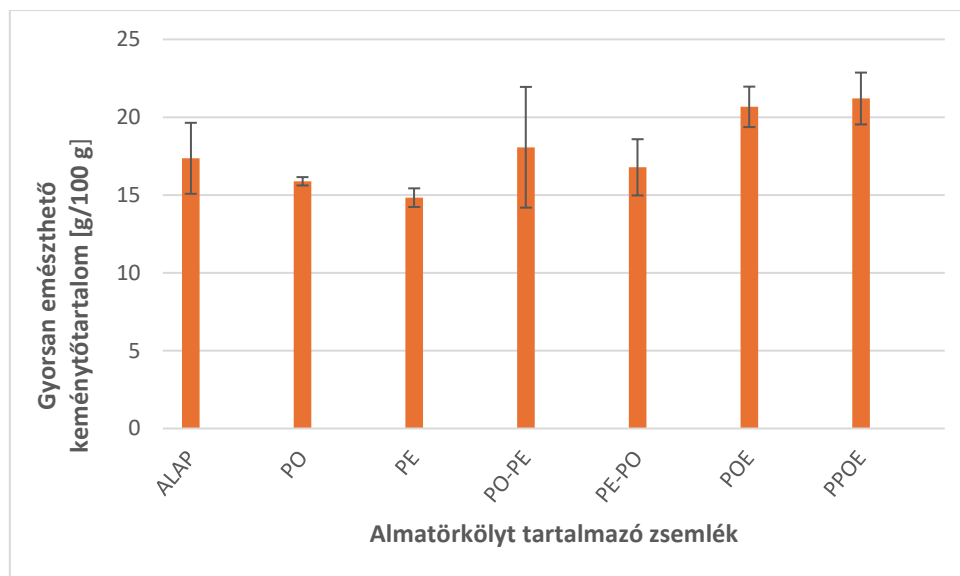


#### 4.4. Emészthető és rezisztens keményítő

A gyorsan emészthető keményítő mennyisége az almatörkölyös mintákban (PO, PE, PE-PO) az ALAP zsemléhez képest csökkenő tendenciát mutatott, míg a PO-PE, POE és a PPOE esetében enyhe növekedés volt megfigyelhető (**13.ábra**). A különbségek statisztikailag nem bizonyultak szignifikánsnak ( $F(6,7)=2,764$ ;  $p=0,1048$ ), azonban a tendencia arra utal, hogy a rost- és polifenoltartalom mérsékelheti az enzimes bontás sebességét. A PO és a PE zsemlek gyorsan

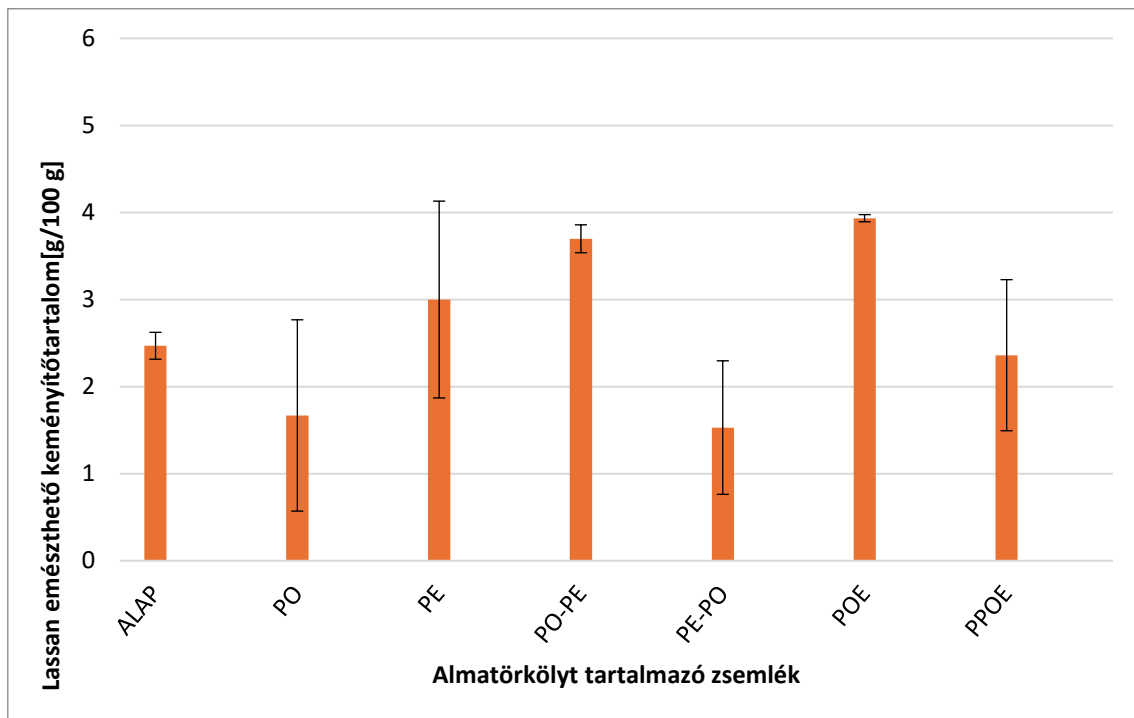
emészthető keményítő mennyiségénél az alaphoz képest csökkenés figyelhető meg, ez kedvező a termékekre nézve, hiszen lassítja a vércukorszint emelkedését. A PO-PE és a PE-PO minták esetében nem volt számottevő változás a kezeletlen almatörkölyös zsemléhez képest. Az extraktummal dúsított mintákban (POE, PPOE) a gyorsan emészthető keményítő mennyisége magasabb volt az almatörkölyt tartalmazó zsemlékhez képest. Ez arra utal, hogy az extraktum hozzáadása nem biztosított rostfrakciót, így az enzimek számára a keményítő könnyebben hozzáférhetővé vált.

**13. ábra: Gyorsan emészthető keményítőtartalom a zsemlemintákban**



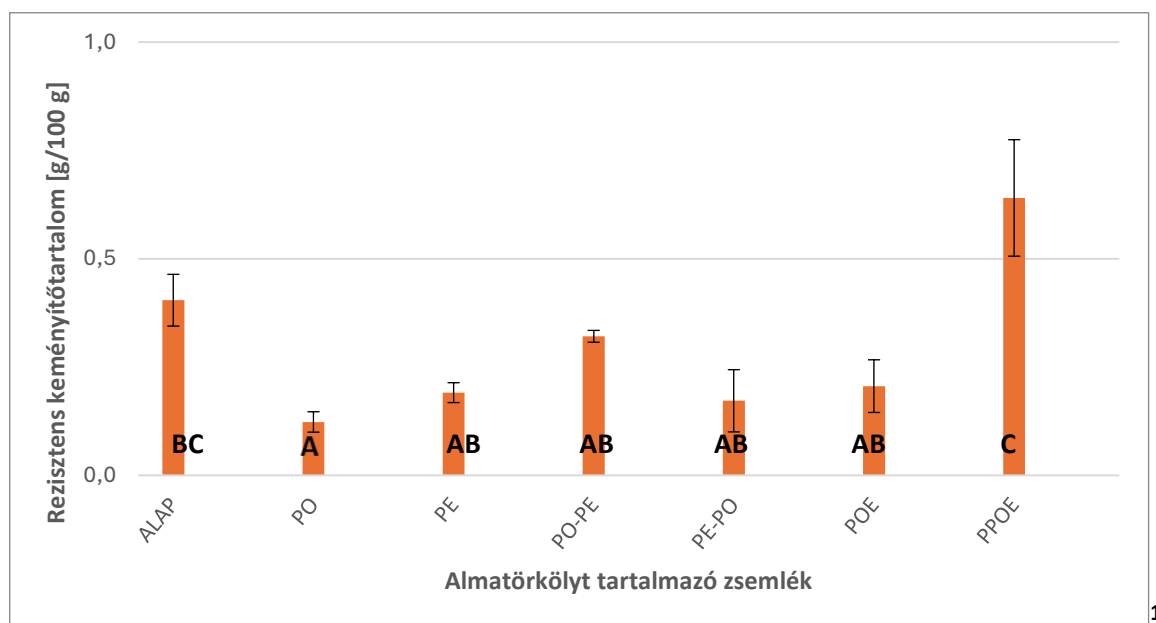
Az lassan emészthető keményítő (SDS) mennyisége a POE, PE, PO-PE kissé magasabb volt az ALAP-hoz képest, ugyanakkor a különbségek nem érték el szignifikáns szintet ( $F(6,7)=3,127$ ;  $p=0,08076$ ). Ahol a polifenol-csökkentés volt az egyetlen, vagy a második lépés ott az SDS mennyisége az alaphoz képest csökkent, ezzel szemben, ahol a pektin-csökkentés volt az egyetlen vagy második lépés ott növekedett. A különbségek azonban statisztikailag nem alátámaszthatóak, mert a szórás nagynak bizonyult. A POE extraktumot tartalmazó zsemle esetében az SDS az alaphoz képest növekedést mutatott, a PPOE esetében nagyon kis mértékű csökkenés volt megfigyelhető a mért átlagértékek alapján. Az eredmények arra utalnak, hogy a rost- és polifenol komponensek részben lassíthatják a keményítő hidrolízisét (**14. ábra**).

14. ábra: Lassan emészthető keményítőtartalom a zsemlémintákban



A rezisztens keményítő aránya különösen a PPOE mintában volt szignifikánsan magasabb ( $F(6,7)=14,23$ ;  $p=0,00131$ ). Ez az eredmény a polifenol- és pektin-extraktumok keményítőszerkezet-stabilizáló hatásával magyarázható, amely kedvező táplálkozás-élettani tulajdonságot eredményez (**15.ábra**). A polifenol-csökkentés hatására a rezisztens keményítő mennyisége szignifikáns mértékben csökkent az alaphoz képest ( $p=0,043$ ). A PPOE esetében az alaphoz képest nem volt szignifikáns a különbség, azonban a többi zsemléhez képest jelentős mértékben növekedett a rezisztens keményítő mennyisége ( $p>0,05$ ). A PPOE esetében ezt a növekedést a rosttartalomnál is megfigyeltem. Azon mintákban, amikben csökkentettem a polifenolt az alaphoz képest alacsonyabb rezisztens keményítőtartalmat figyelhettem meg, ami a már korábban említett polifenol kötőhatásával magyarázható (Antonic és mtsai., 2020). A POE a várthoz képest alacsonyabb lett, ez további mérésekkel volna szükséges vizsgálni

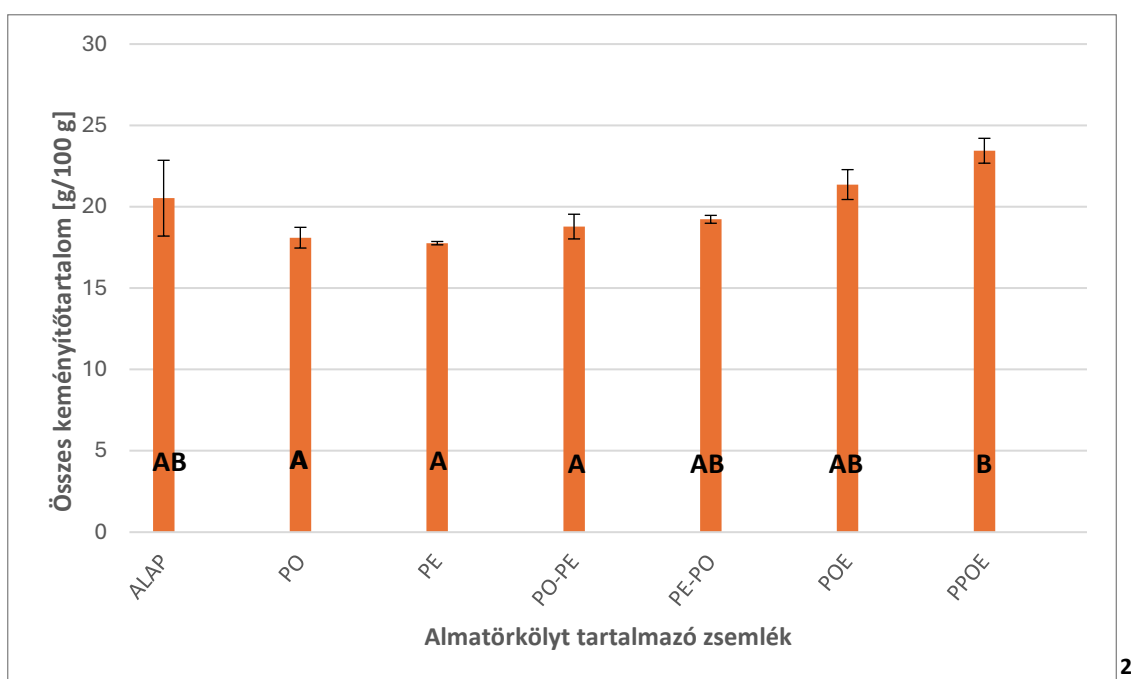
15. ábra: Rezisztens keményítőtartalom a zsemlémintákban



A 16. ábrán bemutatott adatok alapján az összes keményítőtartalom alakulását elsősorban a liszthez adagolt almatörköly és polifenol-extraktum mennyisége befolyásolta. Az almatörköly mennyiségének növelésével arányosan csökkent az összes keményítőtartalom. A PE-PO és a POE esetében az alaphoz képest az összes keményítő nem változott. A PE, PO, PO-PE minták esetében csökkenés volt tapasztalható az alaphoz képest ( $p < 0,05$ ). A PPOE esetében növekedés volt tapasztalható az összes keményítő tekintetében, a növekedés szignifikáns különbséget okozott ( $p < 0,05$ ). Szignifikáns különbség kizárólag a PPOE zsemle esetében volt kimutatható ( $F(6,7)=7,243$ ;  $p=0,0098 < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Tukey HSD post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az ábrán található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ )

16. ábra: Összes keményítőtartalom a zsemlémintákban



## 5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az almatörköly különböző kémiai kezelése és extraktumai összességében nem rontották, hanem kedvezően befolyásolták a gluténmentes zsemlék beltartalmi tulajdonságait. A polifenol-csökkentett (PO) minta az alapmintához képest mérsékelt növekedést mutatott az emészthető rost mennyiségében, ami arra utal, hogy a polifenolok eltávolítása részben javította a rostok enzimátikus hozzáférhetőségét. Ezáltal az emészthető frakciók aránya emelkedett, miközben a rost szerkezete nem sérült jelentősen. A pektin-csökkentett (PE) mintában ezzel szemben kisebb mértékű csökkenés volt megfigyelhető, ami várható volt, hiszen a pektin az oldható élelmi rost egyik fő komponense. A pektin-csökkentés következtében az oldható rost mennyisége csökkent, így az összes élelmirost-érték is csökkent, ugyanakkor ez a különbség nem volt statisztikailag szignifikáns.

<sup>2</sup> Tukey HSD post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az ábrán található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ )

A kombinált kezeléseket követő (PE-PO), illetve a (PO-PE) minták azt mutatták, hogy a kezelések sorrendje befolyásolja a rost- és keményítőfrakciók arányát. A PE-PO mintában az emészthető rost mennyisége enyhén emelkedett, míg a PO-PE esetében a csökkenés volt jellemző. Ez arra utal, hogy a pektin előzetes eltávolítása után végzett polifenol-extrakció kevésbé károsította a sejtfal szerkezetét, mint a fordított sorrend, amikor a polifenolok kivonása után a savas hidrolízis tovább bontotta a sejtfalat. A kétlépcsős kezelések módosították az almatörköly roststruktúráját, ami közvetlenül befolyásolta a zsemleminták emészthető és rezisztens keményítő arányát.

Az extraktummal dúsított (POE és PPOE) zsemlek esetében egyértelmű eltérések voltak tapasztalhatók. A POE minta rosttartalma alacsonyabb volt, ami összhangban áll azzal, hogy ebben a mintában nem maga az almatörköly, hanem csak a kivont polifenolok kerültek a tésztába. Ezzel szemben a PPOE minta a legmagasabb élelmirost-tartalmat és kedvező keményítőprofilot mutatta, ami arra utal, hogy a pektin-csökkentés utáni polifenol-extraktum visszaadta a terméknek a bioaktív anyagokat.

A vizsgálatok összessége alapján megállapítható, hogy az almatörköly még pektin- és polifenol-csökkentett formában is értékes összetevő marad. A kezelések nem rontották az élelmirost-tartalmat. A polifenolok jelenléte egyértelműen javította a keményítő emészthetőségi paramétereit, ezáltal lassítja a vércukorszint-emelkedés ütemét.

A jövőbeni kutatások során érdemes lenne vizsgálni a különböző almatörköly-arányokat, a funkcionális hatásokat, továbbá érzékszervi bírálatot végezni a fogyasztói elfogadottság értékeléséhez. Emellett hasznos lenne a kísérletek nagyobb mintaszámmal és több párhuzamos méréssel való megismétlése a statisztikai megbízhatóság növelése érdekében. A jövőben a gluténmentes, de almatörkölyt nem tartalmazó mintákkal való összevetés is pontosabb képet adhatna az almatörköly élettani funkciójáról.

Összességében elmondható, hogy az almatörköly, valamint annak módosított és extraktummal dúsított formái is kedvezőek a gluténmentes pékáruk fejlesztésében. Ezen alapanyagok beépítése az élelmiszertermékekbe kedvezően befolyásolhatja a táplálkozás-élettani jellemzőket, mivel növeli a rostbevitt, lassítja a szénhidrátok lebontását és hozzájárul az alacsonyabb glikémiás válasz kialakulásához. Emellett jelentős szerepet tölthet be a növényi melléktermékek fenntartható, értéknövelt élelmiszeripari hasznosításában.

## 6 ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a fenntartható élelmiszer-előállítás. A fogyasztók egyre inkább keresik azokat a termékeket, amelyek nemcsak ízletesek, hanem kedvező beltartalmi értékekkel és funkcionális összetevőkkel is rendelkeznek. Az alma feldolgozásakor keletkező almatörköly jelentős rost-, pektin- és polifenol-tartalommal rendelkezik, ennek ellenére felhasználása jelenleg korlátozott, többnyire takarmányként vagy hulladékként kezelik.

Kutatásomban célul tűztem ki, hogy az almatörköly különböző kémiai kezeléseit (pektin- és polifenol-csökkentés) révén előállított frakciókat gluténmentes zsemle formájában alkalmazzam, és vizsgáljam ezek hatását a termék rost- és keményítőtartalmára. A gluténmentes pékáruk fejlesztése különösen fontos, mivel a gluténmentes étrend technológiai kihívásokat rejt, hiszen a glutén hiánya a tészta szerkezetére és állagára is hatással van.

A kutatás során négy különböző almatörköly-mintát készítettem: polifenol-csökkentett (PO), pektin-csökkentett (PE), valamint a két kezelés kombinációját különböző sorrendben (PO–PE, PE–PO). Emellett vizsgáltam a polifenol- extraktumokat is (POE, PPOE), amelyeket a gluténmentes zsemle tésztájába kerültek. A minták nedvesség- és zsírtartalmát csökkentettem, hogy az analitikai mérések pontos és megbízható eredményeket szolgáltatassanak. Az előkészített minták élelmirost- és keményítőtartalmát a Megazyme-módszerrel határoztam meg.

Az élelmirost-tartalom a különböző almatörköly-kezelések hatására eltérően alakult: a pektin- és polifenol-extraktummal dúsított mintának volt a legmagasabb értéke (5,56 g/100 g), ami bizonyította, hogy az extraktumok alkalmazása növeli a gluténmentes zsemle rosttartalmát. A polifenol-csökkentett minta esetében a rost hozzáférhetősége javult, míg a pektincsökkentett és kombinált kezelések esetében enyhe csökkenés volt megfigyelhető, ami a pektin eltávolításával magyarázható. A polifenol-extraktummal dúsított zsemle alacsonyabb rosttartalmat mutatott, hiszen ebben a mintában nem maga a törköly, hanem csak a kivonat került felhasználásra.

A keményítő-frakciók vizsgálata során megállapítottam, hogy a különböző almatörköly-típusok hatással voltak az emészthető és a rezisztens keményítő arányára. A pektincsökkentés utáni polifenol-extraktumot tartalmazó minta esetében a rezisztens keményítő aránya

növekedett, ami kedvező táplálkozás-élettani tulajdonságra utal, hiszen a rezisztens keményítő csökkentheti a glikémiás választ.

Összességében megállapítható, hogy az almatörköly polifenol- és pektincsökkentett formában is értékes, funkcionális élelmiszeripari alapanyag, amely a gluténmentes zsemleléchez adagolva növeli a rostbevitelt. A kutatás eredményei tehát igazolták a hipotézist, miszerint a kémiaailag módosított almatörköly is alkalmas lehet gluténmentes pékáruk funkcionális dúsítására. Elmondható tehát, hogy az almatörköly több szempontból is versenyképes alapanyag lehet az élelmiszeriparban.

## 7 IRODALMI HIVATKOZÁS

Antonic, B., Jancikova, S., Dordevic, D., Tremlova, B., 2020. Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis. *J. Food Sci.* 85, 2977–2985. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15449>

Aslam K., Sattar S., Latif A., 2024. Apple Pomace: Transforming Waste into Wealth across Various Food Industries. *Mathews J. Nutr. Diet.* 7, 1–10. <https://doi.org/10.30654/MJND.10038>

Cantero, L., Salmerón, J., Miranda, J., Larretxi, I., Fernández-Gil, M. del P., Bustamante, M.Á., Matias, S., Navarro, V., Simón, E., Martínez, O., 2022. Performance of Apple Pomace for Gluten-Free Bread Manufacture: Effect on Physicochemical Characteristics and Nutritional Value. *Appl. Sci.* 12, 5934. <https://doi.org/10.3390/app12125934>

Cantero-Ruiz de Eguino, L., Salmerón, J., Ojeda, M., Perez-Elortondo, F.J., Etaio, I., Simón, E., Miranda, J., Martinez, O., 2025. Key quality dimensions for gluten-free bread perceived by general and non-gluten consumers: A case study with apple pomace and flaxseed. *Future Foods* 12, 100696. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100696>

Fan, X., Qin, Y., Gao, Y., Wang, P., Chang, J., Wang, L., Jin, S., Li, X., Yin, Q., Liu, C., Dang, X., Lu, F., 2025. Evaluation of fermentation characteristics of different dietary fiber sources using a cecum in vitro fermentation model. *LWT* 225, 117944. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117944>

Goli, S.A.H., Rezvani, Z., Chatraei, E., 2025. Characterization and storage stability of carrot pomace-fortified milk drink: Effect of carrot pomace particle size, milk-fat content, and stabilizer levels. *Appl. Food Res.* 101316. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101316>

Kauser, S., Murtaza, M.A., Hussain, A., Imran, M., Kabir, K., Najam, A., An, Q.U., Akram, S., Fatima, H., Batool, S.A., Shehzad, A., Yaqub, S., 2024. Apple pomace, a bioresource of functional and nutritional components with potential of utilization in different food formulations: A review. *Food Chem. Adv.* 4, 100598. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100598>

Klojdova, I., Ngasakul, N., Kozlu, A., Baigts Allende, D.K., 2024. Apple pomace as a functional component of sustainable set-type yogurts. *LWT* 211, 116909. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116909>

Lyu, F., Luiz, S.F., Azeredo, D.R.P., Cruz, A.G., Ajlouni, S., Ranadheera, C.S., 2020. Apple Pomace as a Functional and Healthy Ingredient in Food Products: A Review. *Processes* 8, 319. <https://doi.org/10.3390/pr8030319>

Opperman, C., Majzoobi, M., Farahnaky, A., Shah, R., Van, T.T.H., Ratanpaul, V., Blanch, E.W., Brennan, C., Eri, R., 2025. Beyond soluble and insoluble: A comprehensive framework for classifying dietary fibre's health effects. *Food Res. Int.* 206, 115843. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115843>

Sempio, R., Nyhan, L., Zannini, E., Walter, J., Arendt, E.K., 2025. Cake fortification with dietary fibre: Impact of fibre ingredients in a cake model system. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 105, 104196. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104196>

Thomas, F., Abebe, G., Emenike, C., Martynenko, A., 2025. Sustainable utilization of apple pomace: Technological aspects and emerging applications. *Food Res. Int.* 220, 117149. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.117149>

Gurev, A., Cesko, T., Dragancea, V., Ghendov-Mosanu, A., Pinteá, A., Sturza, R., 2023. Ultrasound- and Microwave-Assisted Extraction of Pectin from Apple Pomace and Its Effect on the Quality of Fruit Bars. *Foods* 12, 2773. <https://doi.org/10.3390/foods12142773>

Vale-Hagan, W., Charalampopoulos, D., Cunningham, E., Whale, E., Koidis, A., 2025. Physicochemical and rheological properties of dietary fibres extracted from agri-food by products: Comparison against methylcellulose. *LWT* 232, 118408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118408>

***További források:***

Internet 1: Sándor T., Kitti T., Renáta N., 2017. Élelmi rostok: összetétel, funkció és analitika (letöltés dátuma: 2025.09.12.)

[https://eurofinstudaskozpont.hu/resources/hungalimentaria/archiv/2017/eloadasok/Tomos\\_kozi%20Sandor%20-%20Elelmi%20rostok%20gabonakban%20osszetetel%20amalitika%202017-04-27%20B.pdf](https://eurofinstudaskozpont.hu/resources/hungalimentaria/archiv/2017/eloadasok/Tomos_kozi%20Sandor%20-%20Elelmi%20rostok%20gabonakban%20osszetetel%20amalitika%202017-04-27%20B.pdf)

Internet 2: Megazyme Measurement of Dietary Fiber (letöltés dátuma: 2025.10.12).

<https://www.megazyme.com/focus-areas/dietary-fiber-portal/measurement-of-dietary-fiber>

Internet 3: Megazyme Starch Portal (letöltés dátuma: 2025. 10.12)

<https://www.megazyme.com/focus-areas/starch-portal>

## 8 ÁBRA- ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. ábra: Az élelmi rostok alkotói, saját szerkesztés.....	13
2. ábra: A rezisztens keményítők típusai, saját szerkesztés Oppermanés mtsai., (2025) alapján .....	15
3. ábra: Almatörköly minták előkészítése .....	16
4. ábra: Pektincsökkentett szárított almatörköly (saját kép).....	17
5. ábra: 60 %-os aceton: víz és az almatörköly homogenizálása Ultra-Turrax-szal (saját kép)	18
6. ábra: Az oldószer(aceton) rotációs desztillálása (saját kép) .....	18
7. ábra: Polifenol-kivonat liofilizálás előtt.....	20
8. ábra: A bemért mintákra puffer került (saját kép).....	23
9. ábra: Emészthetőség reprodukálása (saját kép) .....	23
10. ábra: A lesütött zsemlek kiinduló nedvességtartalma a szárítás megkezdése előtt.....	25
11. ábra: Zsemleminták zsírtartalma.....	26
12. ábra: A minták összes emészthető rosttartalma.....	27
13. ábra: Gyorsan emészthető keményítőtartalom a zsemlemintákban .....	28
14. ábra: Lassan emészthető keményítőtartalom a zsemlemintákban .....	29
15. ábra: Rezisztens keményítőtartalom a zsemlemintákban .....	30
16. ábra: Összes keményítőtartalom a zsemlemintákban .....	31
1. táblázat: Gluténmentes zsemle előállításához felhasznált almatörkölyös zsemlek .....	19

## MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

### III. Hallgatói Követelményrendszer

#### III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

##### 6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat készítési útmutatója

##### 4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

### NYILATKOZAT

#### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Fábián Liza

A Hallgató Neptun kódja: IV243C

A dolgozat címe: Polifenol- és pektinsökkentett almatörköly felhasználásának vizsgálata  
gluténmentes zsemlében

A megjelenés éve: 2025

A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszerkémia és Analitika 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. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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 mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év november hó 03. nap



Hallgató aláírása

# Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

## 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Fábián Liza
Neptun-kódja:	IV243C
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Polifenol- és pektincsökkentett almatörköly felhasználásának vizsgálata gluténmentes zsemleiben

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

## 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsé ki a vonatkozó táblázatokat!)

## 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

### I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

*(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
A szöveg tudományos nyelvezethez való igazítása, a mondatszerkezetek pontosítása, valamint a nyelvi koherencia és formai egység javítása. Használtam a dolgozat szerkezeti felépítésének átgondolásában (pl. logikai sorrend, alcímek tagolása), de tartalmi vagy elemző részek megfogalmazására nem került sor. Az MI által javasolt szövegváltozatokat minden esetben értékeltem és saját belátásom szerint szerkesztettem át, így a dolgozat minden érdemi tartalmi és tudományos megállapítása önálló munkám eredménye.	OpenAI ChatGPT (GPT-5, 2025)	

## II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....  
.....  
.....  
.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Budapest, 2025 november hó 03. nap



.....  
**Hallgató aláírása**



.....  
**Konzulens aláírása**



## NYILATKOZAT

Fábián Liza (hallgató Neptun azonosítója: IV243C) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2025 év november hó 03. nap

*Dr. Beves Eötvös János*

\_\_\_\_\_  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.