

Rovarőrleménnyel dúsított gluténmentes kölestészták fejlesztése, kémiai és érzékszervi minősítése

Kulcsszavak: *Tenebrio molitor*, rovarlisztek, köles, száraztészta, antioxidáns kapacitás, polifenoltartalom

1. Összefoglalás

A hagyományos tészták elterjedt és népszerű termékeknek számítanak a világban, ellenben magas a szénhidrát- és kalóriatartalmuk, valamint alacsony rosttartalmuk miatt gyorsan emelik meg a vércukorszintet. Az egyik legjobb alternatíva a kölestészta lehet, amely amellett, hogy laktató, tápanyagokban gazdag, természetesen gluténmentes és jelentős mennyiségű esszenciális aminosavat tartalmaz. A kérdés tehát az, hogy előállítható-e olyan tészta, amely beleilleszhető számos étrendbe és a lehető legkisebb környezetterheléssel rendelkezik? Munkánk során ezért rovarőrleménnyel (*Tenebrio molitor*) dúsítottuk a köleslisztet 5, 10, 15 és 20%-ban, majd ezeken a lisztkeverékeken, száraztésztákon és főtt tésztákon fizikai és kémiai vizsgálatokat végeztünk. Fizika mérések keretén belül a lisztkeverékek és száraztészták nedvességtartalma a dúsítással csökkent (9,627-8,637% és 0,417-0,400% közötti értékek). Kémiai eredmények tekintetében, a szárítással és a főzéssel növekedett a dúsított tészták vízben oldható antioxidáns kapacitása (0,256-0,432 mg/g SZA és 0,302-0,506 mg/g SZA közötti értékek) és vízben oldható összes polifenoltartalma (0,307-0,396 mg/g SZA és 0,656-0,448 mg/g SZA közötti értékek) a lisztkeverékek értékeihez képest, ellenben a vízben oldható fehérjetartalom (17,007-30,916 mg/g SZA és 15,532-15,155 mg/g SZA közötti értékek) (SZA: szárazanyag) csökkent.

¹ MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék

2. Bevezetés

Az emberi tevékenységek felgyorsították a globális felmelegedést, aminek hatására sokkal szélsőségesebb és intenzívebb éghajlattal kell szembe néznünk. Klímakutatók szerint a folyamat lelassítása érdekében számos hatékony cselekedettel szolgálhatunk, hiszen a változások befolyásolhatják a társadalmi szempontból legfontosabb étel- és élelmiszerbiztonságot is. Mindezek mellett az éhezők száma folyamatosan növekszik, amit a koronavírus-járvány, valamint az ukrajnai háború miatti energia-, műtrágya és élelmiszerhiány kialakulása is tovább fokoz.

A környezet többletterhelés csökkentése érdekében az egyik lehetséges eljárás a rovarok ételiszterként való hasznosítása, melyek sokkal kisebb mértékű ökológiai lábnyomot hagynak maguk után más állatfajokkal összehasonlítva. A rovarfogyasztás gondolata főként a nyugati társadalmat rettenteli el, azonban ez nem újdonság, mivel az ázsiai és az afrikai kultúra szerves része jelenleg is. A társadalom növekedésével nő az állati fehérje iránti igény, amit a kutatók szerint a rovarok fogyasztásával lehetne megoldani, mert nagy mennyiségben tartalmaznak fehérjéket, aminosavakat, ásványi anyagokat, vitaminokat, de rostok és zsírok is megtalálhatók bennük.

2.1. A globális éghajlatváltozás

A globális felmelegedéssel való küzdelem az emberiség egyik fő problémája a 21. században [1]. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change) szerint az emberi tevékenységek is felelősek az 1 °C-os emelkedésért, ami 2006 és 2015 között 1,53 °C-kal volt magasabb az iparosodás előtti kor (1850-1900) hőmérsékletéhez képest [2]. Már az 1 °C-kal történő emelkedés is súlyos változásokat jelent. Például a Földközi tenger térségében hosszabb és intenzívebb tűzszeszonhoz vezethet a megnövekedett hőmérséklet és szárazság, ami komoly hatással van az emberekre, az infrastruktúrára és a természetes ökoszisztémára [3].

A mezőgazdasági gyakorlatok közül az állattenyésztés is fontos szerepet játszik a globális klímaváltozásban és 12-18%-kal járul hozzá a teljes üvegházhatású gázok kibocsátásához [4]. A húsfogyasztás az 1960-as évek óta nő, de különösen az 1980-as évektől napjainkig. Bár a hús fontos tápanyagforrást jelent, az is nyilvánvaló, hogy ennek a fehérjeforrásnak a bőséges fogyasztása negatív környezeti hatással is jár. Az állattenyésztés nemcsak az üvegházhatású gázok kibocsátására van negatív hatással, hanem a vízlábnyomra, a vízszennyezésre és a vízhiányra is [5, 6].

2.2. A népességnövekedés és az éhezés

A globális éghajlatváltozás, az aszályok és az időjárás szélsőségesebb változékonysága komoly kihívást jelent a már stresszes mezőgazdasági ökoszisztémák számára. A Közel-Keleten a problémákat súlyosbítja a gyorsan növekvő népesség. A világ jelenlegi fő növényei nem bizonyulnak elegendőnek az emberek étrendjéhez szükséges kalóriák, fehérjék, zsírok és tápanyagok ellátására [7].

Az Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (FAO; Food and Agriculture Organization) adatai alapján 2020-ban nőtt a világ éhezése a COVID-19 világjárvány árnyékában [8]. 720 és 811 millió közöttire tehető az éhezők száma, amelynek 21%-a Afrika lakosságát érinti. Becslések szerint viszont a járvány kitörése óta 150 millióval nőtt az éhezést érintők száma 2021-ben [9]. Cooper és munkatársai tanulmányukban [10] arra az eredményre jutottak, hogy a demográfiai változások miatt 2030-ra a világ lakosságának nagy része továbbra is éhezni fog.

A FAO és a Világélelmiszerügyi Program (WFP; World Food Programme) 2022. június 6-án élelmiszerhiányra adott ki figyelmeztetést 20 darab, úgynevezett éhség gócpontra (például Etiópia, Nigéria, Dél-Szudán és Jemen) a fennálló konfliktusok, az éghajlati sokkok, a COVID-19 világjárvány és az ukrajnai háború által tovább súlyosbított helyzetek következményei miatt [11].

A 2022. július 7-i G20 találkozón a FAO főigazgatója, QU Dongyu az élelmiszerbiztonságot fenyegető kihívásokról számolt be, amelyek megoldására tett javaslatot, például a rászoruló országba való befektetés. Ezek mellett a termelékenység növekedés is fontos: a tápláló élelmiszereket helyben állítsák elő, védjék a természeti erőforrásokat és kifejezetten a regionális igényekhez igazodjanak. A mezőgazdaságba való befektetés akár tízszer is költségkímélőbb, mint a hagyományos segély. Az élelmiszerpazarlás csökkentése is kulcsfontosságú, mivel a jelenlegi veszteség körülbelül 1,26 milliárd embert táplálhatna [12].

2.3 Rovarörlemény (*Tenebrio molitor* – közönséges lisztbogár)

Az entomofágia, vagyis a rovarok emberi fogyasztása egy olyan gyakorlat, amely mindig is létezett, valószínűleg már a múltban is jelentős és fontos megélhetési forrás volt. Nem új élelmiszerek bevezetéséről van szó, hanem egy lehetséges táplálkozási forrás elterjedéséről a nyugati világban. Szükség van annak megértésére, hogy ezek az emberi fogyasztásra szánt rovarfajok miként lehetnek hasznosak a környezeti és gazdasági fenntarthatóság szempontjából a fejlődő, illetve a már iparosodott országok számára. Bár a rovarok nagyon kicsi élőlények, mégis meg van bennük a potenciál, ami miatt érdemes tanulmányozni és feltárni őket: új

táplálkozási szokások, hagyományos élelmiszerek előre mozdítása, illetve a tipikus élelmiszerek előállítása során keletkező szennyezés csökkentése [13].

A FAO és munkatársainak becslése [14] szerint 30 év múlva már 9,7 milliárd ember él majd a bolygónkon, a takarmány- és élelmiszernövények iránti kereslet várhatóan 25-70%-kal fogja meghaladni a mai szintet. Az élelmezés biztonságának biztosítása érdekében a rovarok fontos szerepet fognak játszani a jövőben az emberi és állati táplálkozásban, hiszen gazdagok kiváló minőségű fehérjében és zsírokból, esszenciális aminosavakban, vitaminokban és ásványi anyagokban [15].

Az Európai Unióban azonban a felhasználásuknak szigorú jogszabályi feltételei vannak, amelyet a 2015/2283/EU rendelet tartalmaz. Jelenleg hat érvényes engedély van a rovarokkal kapcsolatban [16].

Gkinali és munkatársai [17] egy áttekintő tanulmányban vizsgálták a *Tenebrio molitor* lárvák táplálkozási összetevőit. Számos tanulmány foglalkozott már a tápanyag-összetétellel, és általában jó tápanyagforrásnak is tekintik, hiszen fehérjetartalma 41% és 66% közöttire tehető a tanulmányban látható táblázat szerint. Az esszenciális aminosavak iránti igénynek megfelelnek ezek a rovarok, hiszen leucinban, izoleucinban, lizinben, tirozinban, valinban és metioninban is gazdagok. Lipid tartalma a takarmányozás függvényében 15-50% tartományba tehető. Gazdag egyszeresen telítetlen zsírsavakban (MUFA; monounsaturated fatty acids), valamint telített (SFA; saturated fatty acids) és többszörösen telítetlen (PUFA; polyunsaturated fatty acids) zsírsavakban is. Az SFA mennyisége 23-34% és a palmitinsav (C16:0), sztearinsav (C18:0) értékei dominálnak, a MUFA tartalma 37-55% között változik és palmitoleinsavat (C16:1), valamint olajsavat (C18:1) tartalmaz főként, míg a PUFA (11,28-39,85%) közül a linolsav (C18:2) a főalkotó. Mindezek mellett az omega-6 és omega-3 zsírsavak aránya (2,5-50) is magas. Rosttartalma 1,97 és 18,84% közötti, de kitint is tartalmaz, ami emészthetetlen rostnak számít. Az energiaértékük pedig az összetételüktől, főként a zsirtartalmuktól függ. Mariod és munkatársai [18] szerint 100 g *Tenebrio molitor* 206 kcal-t ad. Ásványianyag-tartalmukról általánosságban elmondható, hogy nagy mennyiségű káliumot (850–1460), kalciumot (270–740), vasat (5,41–5,51) és magnéziumot (190–230) mutatnak. A vitaminok közül pedig nagy mennyiségben van jelen a riboflavin (B2; 0,41-2,13), a pantoténsav (B5; 3,72-6,88), a biotin (B7; 78.74–94.87), de más vitaminok is (például C-vitamin) megtalálható bennük. A kobalamin (B12-vitamin) csak állati eredetű élelmiszerekben fordul elő, és a *Tenebrio molitor* lárváiban is jól kimutatható, 0,47 µg/100 g mennyiségben.

3. Anyagok és módszerek

A termékfejlesztés méréseit a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszékén végeztük 2021 és 2022 években.

3.1 Felhasznált alapanyagok

3.1.1. Kölesliszt

A vizsgálataink egyik alapanyagát a kölesliszt (*Panicum miliaceum*) adta, ami a Balance Food Kft. által gyártott termék. A kölesliszt az 1. ábrán látható, valamint a csomagoláson feltüntetett tápérték adatait az 1. táblázat tartalmazza [19].



1. ábra A kölesliszt

Fig. 1 Millet flour

1. táblázat. A kölesliszt tápértékadatai [19]
Table 1. Nutritional data of millet flour [19]

Átlagos tápérték 100 g termékben	
Energia	362 kcal / 1520 kJ
Zsír	3,9 g
Amelyből telített zsírsavak	1 g
Szénhidrát	70,6 g
Amelyből cukor	12 g
Fehérje	11 g
Só	0,12 g
Rost	1 g

3.1.2. Rovarfehérje

A második alapanyagunk a rovarőrlemény, ami lisztukac (*Tenebrio molitor*) lárváiból készült és a MATE-ÉTTI Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszéktől sikerült beszerezni. A 2. ábrán látható a darált rovarőrlemény, Zielińska és munkatársai [20] által meghatározott tápérték adatait pedig a 2. táblázat



2. ábra. Lisztukac (*Tenebrio molitor*) őrlemény
Fig. 2 Mealworm (*Tenebrio molitor*) flour

tartalmazza.

2. táblázat. A lisztukac (*Tenebrio molitor*) tápértékadatai [20]
Table 2. Nutritional data of mealworm (*Tenebrio molitor*) [20]

Átlagos tápérték 100 g termékben	
Energia	607 kcal /2527 kJ
Zsír	43,57 g
Szénhidrát	16,38 g
Fehérje	37,06 g
Hamu	2,82 g

3.1.3. Konjac liszt

Mivel a köles nem tartalmaz sikéreképző fehérjéket, ezért szükségünk volt konjac liszt használatára is, ami állománykialakító tulajdonsággal rendelkezik.

3.1.4. Víz

A tésztakészítés során csakis ivóvíz minőségű, mikrobiológiailag kifogástalan víz használható.

3.2. A vizsgált anyagok

3.2.1. Lisztek, lisztkeverékek

- 100% kölesliszt + 1 g konjac liszt (LK 100K)
- 95% kölesliszt + 5% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (LK 5R)
- 90% kölesliszt + 10% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (LK 10R)
- 85% kölesliszt + 15% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (LK 15R)
- 80% kölesliszt + 20% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (LK 20R)
- 100% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (LK 100R)

3.2.2. Szárztészták

- 100% kölesliszt + 1 g konjac liszt (SZ 100K)
- 95% kölesliszt + 5% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (SZ 5R)
- 90% kölesliszt + 10% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (SZ 10R)
- 85% kölesliszt + 15% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (SZ 15R)
- 80% kölesliszt + 20% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (SZ 20R)
- 100% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (SZ 100R)

3.2.3. Főtt tészták

- 100% kölesliszt + 1 g konjac liszt (F 100K)
- 95% kölesliszt + 5% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (F 5R)
- 90% kölesliszt + 10% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (F 10R)
- 85% kölesliszt + 15% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (F 15R)
- 80% kölesliszt + 20% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (F 20R)
- 100% rovarfehérje + 1 g konjac liszt (F 100R)

3.3. A vizsgálandó tésztaminták elkészítése

A szárztésztákat a 3. táblázatban szereplő receptúrák alapján készítettük laboratóriumi körülmények között.

3. táblázat. Lisztek, lisztkeverékek és nyers tészták receptúrája
Table 3. Flours, flour blends and raw dough recipes

Lisztek, lisztkeverékek			
Minta	Kölesliszt	Rovarőrlemény	Liszt:víz
	%	%	arány
LK 100K	100	0	-
LK 5R	95	5	-
LK 10R	90	10	-
LK 15R	85	15	-
LK 20R	80	20	-
LK 100R	0	100	-

Nyers tészták			
Minta	Kölesliszt	Rovarőrlemény	Liszt:Víz
	%	%	arány
100K nyers tészta	100	0	5:3,5
5R nyers tészta	95	5	5:3
10R nyers tészta	90	10	5:3
15R nyers tészta	85	15	5:3
20R nyers tészta	80	20	5:3
100R nyers tészta	0	100	5:3,5

A táblázatban összefoglalt százalékos értékek mellett, minden nyers tésztához szintén adtunk 1 g konjac lisztet is.

Első lépésként a megfelelő arányokat kimértük egy két tizedes pontosságú táramérlegen. A lisztkeverékek homogenizálása után, a víz fokozatos adagolásával és a folyamatos tésztagyúrás következtében kialakult a nyers tészta.

Atlas Model Deluxe 150 típusú tésztaformázót használtunk a nyers tészta nyújtásához és a metélt forma kialakításhoz.

A tészták szárítását Armfield típusú fluidágyas szárítóban végeztük, amelyen optimalizáltuk a hőmérsékletet (80 °C), a légáramlási sebességet (0.5 m³/min) és a szárítási időt (8 min).

Az elkészült száraztésztákat az MSZ 20500/1-1985 szabványnak megfelelően tízszeres mennyiségű vízben megfőztük.

3.4. Vizsgálatok

3.4.1. Nedvességtartalom

A lisztek, lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták nedvességtartalmát Sartorius MA 50 típusú gyorsnedvességmérő készülékkel végeztük.

Az MSZ 6369-1:1985 alapján a lisztek nedvességtartalma legfeljebb 15%, a száraztésztáké 13% lehet.

3.4.2. Főzési tulajdonságok meghatározása MSZ 200500/1-1985 szerint

MSZ 200500/1-1985 szerint a főzési tulajdonságok értelmében meghatároztuk a főzési időt és a duzzadóképeséget.

3.4.3. Kivonatkészítés

A lisztek, lisztkeverékek, száraztészták és a főtt tészták vizes extraktumokat készítettünk, hogy meg tudjuk határozni a vízben oldható antioxidáns kapacitást és vízben oldható összes polifenol-tartalmat, valamint a vízben oldható összes fehérjetartalmat is. Az extraktumok készítésekor mechanikai feltárást végeztünk (0,1 g/ml koncentrációjú kivonat, centrifuga: 6000 rpm, 15 min, 4 °C).

3.4.4. Vízben oldható antioxidáns kapacitás meghatározása

Benzie és Strain [21] által kidolgozott, vasredukáló képességen alapuló módszer alapján végeztük a lisztek, lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták vízben oldható antioxidáns kapacitás meghatározását.

3.4.5 Vízben oldható összes polifenol-tartalom meghatározása

Singleton és Rossi [22] által kidolgozott módszer segítségével állapítottuk meg a lisztek, lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták vízben oldható összes polifenol-tartalmát.

3.4.6. Vízben oldható fehérjetartalom meghatározása

Layne [23] által kidolgozott módszer segítségével a lisztek, lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták vízben oldható fehérjetartalmát határoztuk meg.

3.4.7. Az eredmények kiértékeléséhez használt statisztikai módszerek

A mért és számított adatokat, eredményeket egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltük ki, amelyhez a PAST szoftvert használtuk. A szoftver segítségével, a varianciatáblázat összehasonlítja az eredmények átlagait, a Levene's test pedig a szórásaikat.

3.4.8. Az MSZ 20500/3-1985 alapján történő érzékszervi tulajdonságok vizsgálata

Az érzékszervi tulajdonságok bírálatát 30 db emberrel végeztettem el 2022. 05. 10-én. Az MSZ 20500/3-1985 tészta szabvány alapján értékelték a bírálók a főtt tésztákat és egy 0-tól 5-ig terjedő skálán minősítették azokat érzékszervi tulajdonságaik alapján (íz, szín, illat, utóíz, állag, ragadósság, külső megjelenés). Kizárólag egész számokat adhattak a bírálók, a maximum összesített pontszám pedig 20 volt. Ezután minőségi osztályok szerint lettek a tészták besorolva.

4. Kísérleti eredmények és értékelésük

4.1. Nedvességtartalom

Sem a lisztkeverékek, sem a száraztészták mért adatai nem haladják meg a megengedett 13%-os nedvességtartalmat, sőt jóval alacsonyabbak is. A lisztkeverékek értékei 9,627% és 8,637% közötti, a száraztésztáké pedig 0,417% és 0,400% közötti intervallumon voltak mérhetőek. A dúsítással csökkentek az értékek, mert a 100% rovarőrlemény (LK 100R 10,097%; SZ 100R 0,360%) kisebb nedvességtartalommal rendelkezik, mint a 100% kölesliszt (LK 100K 3,583%; SZ 100K 0,247%). Statisztikai szempontból is alá lehet támasztani, hiszen az átlagaik között szignifikáns eltérés van $p=0,01$ szignifikanciaszintet tekintve is ($F=66,512$ $p=9,944 \cdot 10^{-6}$).

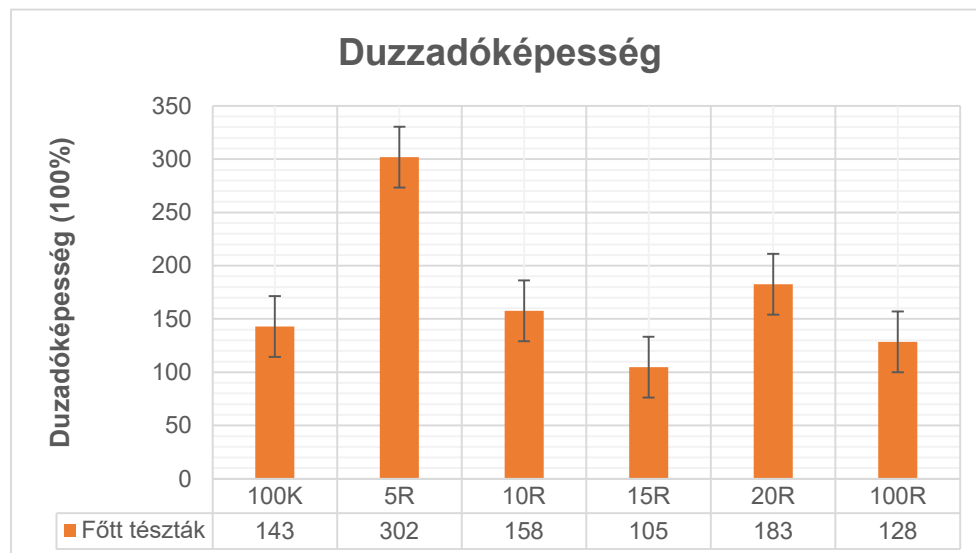
4.2. Főzési tulajdonságok meghatározása MSZ 200500/1-1985 szerint

4.2.1. Főzési idő meghatározása

A főzési idő 3 perc volt, amely megfelel a szabványban leírtaknak.

4.2.2. Duzzadóképesség meghatározása

A duzzadóképesség a főtt tészta meghatározó tulajdonsága, hiszen a száraztészta vízfelvevő képességére lehet következtetni a főzés során. A száraztészták minősítése szempontjából akkor elfogadható ez az érték, ha a minimum 100%-ot elérte. Minél magasabb a duzzadóképesség értéke, annál jobb minőségű a vizsgált száraztészta. A 3. ábrán látható eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgálat alá vetett összes száraztészta minta duzzadóképessége meghaladta a 100%-os értéket. A legmagasabb az 5% rovarliszttel dúsított minta (302%), míg a legalacsonyabbat a 15% rovarlisztet tartalmazó tészta (105%) érte el.

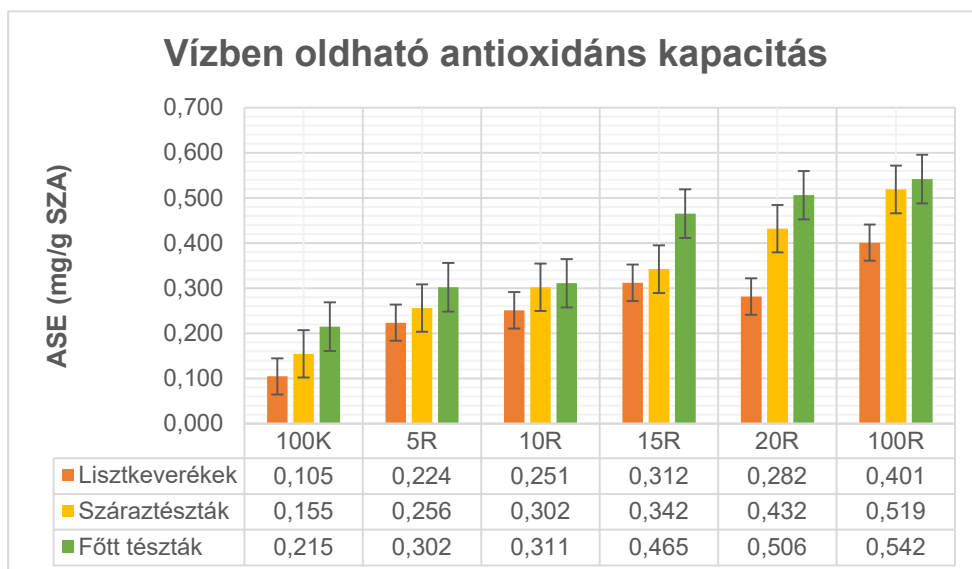


3. ábra. Rovarőrlemény-dúsítással készült főtt tészták duzzadóképesség-értékei
Figure 3. Swelling capacity values of cooked pasta enriched with mealworm meal

4.3. Vízben oldható antioxidáns kapacitás meghatározása

FRAP módszer segítségével megvizsgáltuk az összes minta esetében a vízben oldható antioxidáns kapacitást, melynek eredményeit a 4. ábra foglalja össze. A mérés megkezdése előtti felvetésünk az volt, hogy minél nagyobb mértékű a rovarfehérje dúsítása, annál magasabbak lesznek az értékek. Keil és munkatársai [24] különböző szárítási eljárásokat alkalmazva vizsgálták a liszt kukac lárvák antioxidáns kapacitását: jelentős

mennyiségű poláris vagy apoláris extrahálható antioxidánst tartalmaznak. A legmagasabb antioxidáns kapacitást a magas hőmérsékleten szárított lárvák érték el.



4. ábra. Rovarőrlemény dúsítással készült lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták vízben oldható antioxidáns kapacitás eredményei

Figure 4. Water-soluble antioxidant capacity values of flour mixtures, raw pasta and cooked pasta enriched with mealworm meal

Az eredményeket szárazanyagra vonatkoztatva adtuk meg minden esetben. A 100%-os rovarőrlemény magasabb antioxidáns kapacitással rendelkezik, mint a 100%-os kölesliszt, közel négyszerese. Lisztkeverékek esetében, a dúsítással lineárisan növekedett az antioxidáns tartalom és a 15R minta érte el a legkimagaslóbb eredményt (0,312 mg/g SZA).

A szárítás egy meghatározó kritikus pontja a száraztészta gyártásának, hiszen magas hőmérsékleten (kb. 80°C-on) történik a hőkezelés és a tartósítás. Elméletileg, a szárítás csökkentené az antioxidáns kapacitást, azonban éppen az ellenkezője történt, ugyanis kismértékben, de növekedés mutatkozott. Dolinsky és munkatársai [25] tanulmányukban megállapították, hogy magas hőmérsékleten inaktíválódnak a pro-oxidáns aktivitást serkentő peroxidáz enzimek, így tehát növekedni tud az antioxidáns kapacitás.

A főzés is pozitív hatást gyakorolt. A 20R minta érte el a maximális értéket (0,542 mg/g SZA) mind a három fázist figyelembe véve, de a magasabb rovar tartalmú főtt tészták is hasonló eredményűek (15R: 0,312 mg/g SZA, 20R: 0,506 mg/g SZA). A főzés egy magas hőfokú vizes extrakció, ezért elsősorban csökkenést kellene tapasztalni. Léteznek azonban úgynevezett antioxidáns aktivitást gátló enzimek, amelyek feltehetőleg inaktíválódtak a főzés közbeni hőhatásra, így tudhatott a minták antioxidáns kapacitású molekuláinak mennyisége növekedni.

Varianciaanalízissel, $p=0,05$ szignifikancia szinten vizsgálva a minták átlagai között nincs szignifikáns eltérés ($F=1,691$, $p=0,218$). Levene's testtel a szóráshomogenitást vizsgálva sincs különbség ($p=0,458$).

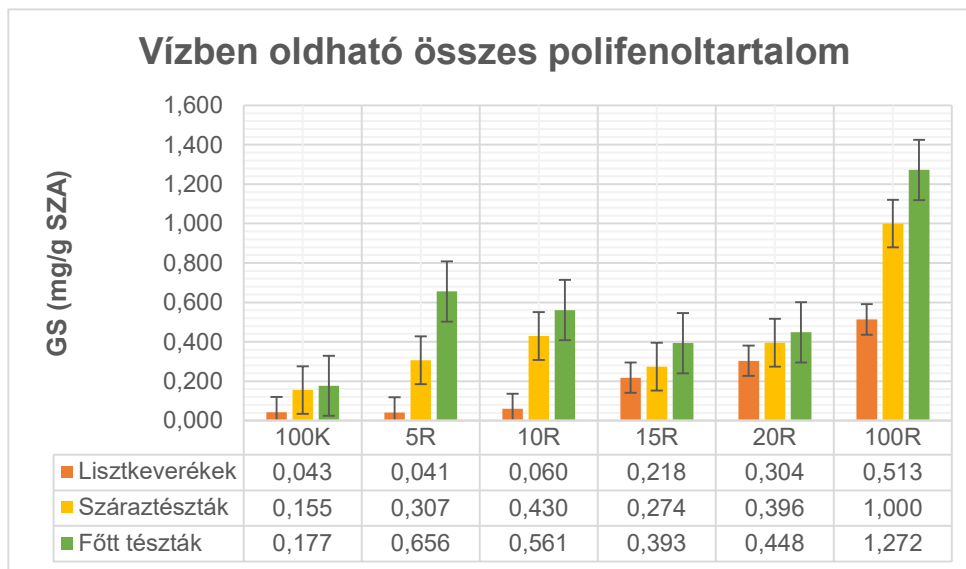
4.4. Vízben oldható összes polifenol-tartalom meghatározása

Singleton és Rossi által kidolgozott módszer segítségével megvizsgáltuk az összes minta esetében a vízben oldható összes oldható polifenol-tartalmat, melynek eredményei az 5. ábráról olvashatók le. Szintén azt vártuk a méréstől, hogy ha több rovarőrleményt tartalmaz a minta, annál magasabb értékű vízben oldható polifenol-tartalommal fog rendelkezni.

Az eredményeket a vízben oldható összes polifenol-tartalom meghatározásánál is szárazanyagra vonatkoztatva adtuk meg. A 100%-os rovarőrlemény magasabb értéket mutat, mint a kölesliszt, majdnem 12-szerese a kontroll, 100K mintának. A dúsítással a lisztkeverékeknél növekedés mutatható ki.

A szárítás az összes esetben pozitív hatással volt a tészták vízben oldható polifenol-tartalmára, hiszen minden mért érték meghaladja a lisztkeverékek értékét. Érdekes, hogy a legalacsonyabb értékű ebben az esetben a 15R minta lett. Hasonlóan, itt is megnövekedhetett a hő hatására a vízben oldható polifenol-tartalmú komponensek mennyisége, ami feltételezhetően azért következett be, mert hő hatására peroxidáz enzim inaktíválódott, amely így nem tudja bontani a polifenolos vegyületeket.

A főtt tészták mindegyikénél ugyanaz a pozitív változás figyelhető meg, mint a száraztészták esetében. Bár, nem lineárisan, de mondhatni növekvő tendencia figyelhető meg a több rovarőrlemény hozzáadásával. A legmagasabb vízben oldható összes polifenol-tartalommal a 100R rendelkezik, ami 7-szerese a legalacsonyabb, 100K tésztában mért értéknek.



5. ábra. Rovarőrlemény-dúsítással készült lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták vízben oldható összes polifenol-tartalom eredményei

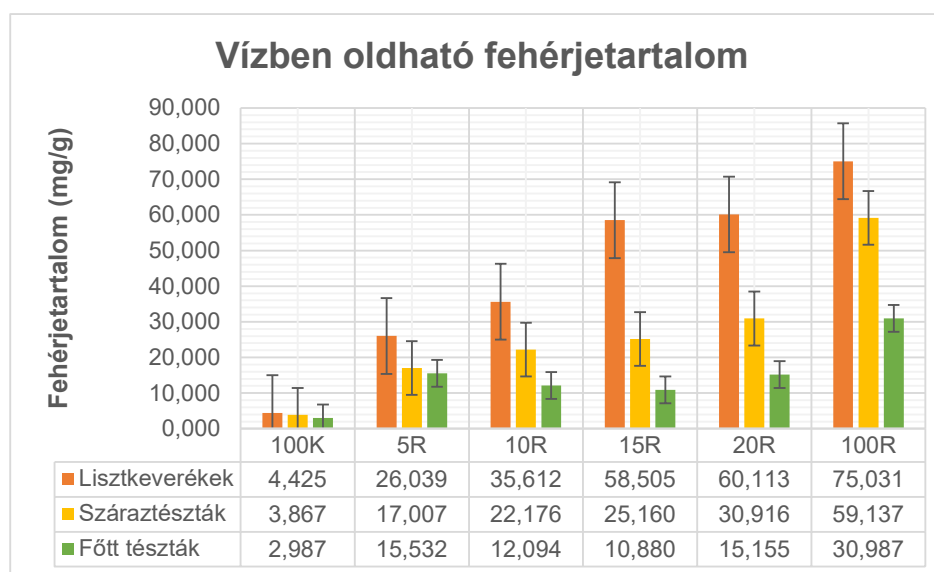
Figure 5. Water-soluble total polyphenol content values of flour mixtures, raw pasta and cooked pasta enriched with mealworm meal

Variációanalízist itt is alkalmazva kiderül, hogy a rovarőrleménnyel dúsított lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták átlagai között nincs szignifikáns eltérés ($F=2,601$, $p=0,107$) és a szórás-homogenitásuk között nincs különbség ($p=0,661$).

4.5. Vízben oldható fehérjetartalom meghatározása

Layne által kidolgozott módszer segítségével megvizsgáltuk az összes minta esetében a vízben oldható fehérje tartalmát, melynek eredményei a 6. ábrán találhatóak. Az elvárásunk ebben a mérésben is az volt, hogy a dúsítás mértékének növelésével a vízoldható fehérjetartalom is lineárisan növekszik, illetve az egyes hőkezelésekkel csökkenés mutatkozik meg.

A kapott értékek szárazanyag tartalomra vonatkoznak. Az összes minta közül a legmagasabb fehérjetartalmú a 100R, 75,031 mg/g SZA értékkel, tehát magasabb, mint a 100%-os köleslisztben mért érték (4,25 mg/g SZA). A lisztkeverékek fehérjetartalma a dúsítással fokozódik. Az eredményekben viszont csökkenés mutatkozik a szárítással és a főzéssel is, de a tésztakészítmények még így is jelentősen magasabb eredményűek, mint a 100K bármely fázisban lévő anyaga. A mérés során nem a teljes fehérje összetétel vizsgálatára került sor, hanem csak a vízben oldható frakciókéra, amelyek egy része főzéskor kioldódhat a főzővízbe. Szárításakor, a magas hő hatására a vízben oldhatatlan molekulák vízben oldhatóvá alakulhatnak át. Ezek a folyamatok adhatnak magyarázatot a csökkenő tendenciára.



6. ábra. Rovarőrlemény dúsítással készült lisztkeverékek, száraztészták és főtt tészták vízben oldható fehérjetartalom eredményei

Figure 6. Water-soluble protein content values of flour mixtures, raw pasta and cooked pasta enriched with mealworm meal

A szoftverrel végzett vizsgálat alapján elmondható, hogy $p=0,05$ szignifikancia szinten nincs szignifikáns különbség sem az átlagok ($F=3,388$, $p=0,06$), sem pedig a szórások között ($p=0,07$).

4.6. MSZ 20500/3-1985 alapján történő érzékszervi tulajdonságok vizsgálata

Az MSZ 20500/3-1985 szabvány alapján elvégzett érzékszervi bírálatok kapott és számított eredményeit a 4. táblázat tartalmazza. Az érzékszervi bírálók vak kóstolást végeztek a tésztákon és a külső megjelenés, illat, íz és állomány szempontok alapján egy 0-tól 5-ig terjedő skála szerint pontozták azokat. A tésztákat minősítő eredményeket átlagoltuk, majd a szabvány által megadott súlyozófaktorokkal súlyozott átlagot számítottunk. Ezeket a súlyozott átlagokat összesítettük és az így kapott végső pontszám megadja, hogy melyik minőségi osztályba tartoznak a tészták, amelyet a 5. táblázat mutat be.

4. táblázat: Rovarörlemény-dúsítással készült tészták MSZ 20500/3-1985 alapján történő érzékszervi bírálat eredményei
Table 4. Organoleptic evaluation of insecticide-enriched pasta; results of sensory evaluation according to MSZ 20500/3-1985

Tulajdonság csoport	Minta	Átlag	Szórás	Súlyozófaktor	Súlyozott átlag
Külső megjelenés	5R	3,917	0,793	1,2	4,7
	10R	3,583	0,793		4,3
	15R	3,167	0,718		3,8
	20R	3,333	0,888		4
Illat	5R	3,333	0,651	1	3,333
	10R	3,33	0,778		3,333
	15R	2,833	0,389		2,833
	20R	2,25	0,452		2,25
Íz	5R	3,417	0,515	1	0,515
	10R	3,33	0,778		3,333
	15R	2,75	0,622		2,75
	20R	2,167	0,577		2,167
Állomány	5R	4,333	0,888	0,8	3,467
	10R	4	0,739		3,2
	15R	3,417	0,669		2,783
	20R	3,333	0,778		2,667

5. táblázat. Érzékszervi bírálat alapján történő minőségi osztályba való sorolás
Table 5. Quality grading based on sensory evaluation

Minta	Érzékszervi pontszámok összesítve	Minőségi osztály
5R	14,917	II. osztály
10R	14,167	II. osztály
15R	12,117	II. osztály
20R	11,083	Nem megfelelő
100K	15,817	II. osztály

A legkedveltebb tészta a 100% köles tartalmú volt, amely még így is csak a II. osztályba került. Az összesítés elvégzése után látható, hogy a kisebb rovartartalmú tésztákat sokkal jobban kedvelték a fogyasztók, hiszen már a 20%-ban dúsított a „Nem megfelelő” kategóriába sorolódott át.

5. Összefoglalás

Kutatásunk fő célja egy olyan tészta fejlesztése volt, amelyen komplex fizikai és kémiai vizsgálatokat végezhetünk el. A tészta elkészítésénél a magas fehérjetartalom elérése volt a szempontunk, ezért a választásunk az alapanyagok tekintetében a köleslisztre esett, amelyet 5, 10, 15 és 20%-ban dúsítottunk rovarörleménnyel (*Tenebrio molitor*).

Először az alapanyagokat vizsgáltuk meg a nedvességtartalom tekintetében. Mind a lisztkeverékek, mind a száraztészták megfelelnek a 15% és 13%-os határértékeknek, sőt alacsonynak is mondhatók.

További fizikai vizsgálatokat végeztünk a MSZ 20500/1-1985 szerint a főzési idő, valamint a duzzadóképeség meghatározásában és a vizsgált tészták mindegyike megfelelt az előírtaknak.

Kémiai vizsgálatok tekintetében nyomon követtük a vízben oldható antioxidáns kapacitást, a vízben oldható összes polifenol-tartalmat és a vízben oldható fehérjetartalmat. A rovarőrleményes tészták a vízben oldható antioxidáns kapacitása szárítás és főzés hatására is növekedett, ezek közül is a legmagasabb a 100R főtt tészta, 0,542 mg/g értékkel. Hő hatására a vízben oldható összes polifenolok tartalma szintén növekedett a rovarőrleményes száraz- és főtt tésztáknál. A vízben oldható fehérjetartalom mérésekor csökkenő tendencia mutatkozott, ami azért lehetséges, mert nem az összes fehérjetartalmat vizsgáltuk, hanem a vízben oldható frakciót, melynek mennyisége a forró vizes extrakció következtében csökkenhetett. A legmagasabb értékű a 100R lisztkeverék, 75,031 mg/g SZA értékkel.

Érzékszervi vizsgálat elvégzésére is sor került az MSZ 20500/3-1985 alapján, ami szerint a 100K lett a legjobb értékű, illetve a bírálók jobban preferálták az alacsonyabb mértékű dúsítást.

Véleményünk szerint, a jövőben érdemes a meglévő eredmények alapján további kísérleteket végezni a *Tenebrio molitor* rovarőrleménnyel kapcsolatban, például más termékeket kifejleszteni, mint keksz, ostya vagy egyéb snack termékek, de akár a frisstészta gyártás kivitelezésének lehetőségét is egy jó tanulmányozási ötletnek tartjuk.

Összességében, a kapott kísérleti eredmények megmutatják, hogy a rovarőrlemény és a használatának elterjedése nem csak táplálkozás élettani szempontból lenne egy kifejezetten jó lehetőség, hanem környezetünk védelmének érdekében is tudnánk lépéseket tenni. Az alternatív megoldásoktól fontos nem elzárkózni, hanem a bennük rejlő potenciált minél inkább kihasználni és megfelelően kamatoztatni.

6. Irodalom

- [1] Marques, A., Nunes, M. L., Moore, S. K., Storm, M., S. (2010): Climate change and seafood safety: Human health implications. *Food Research International*; 43 (7): 1766-177
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.010>
- [2] Országos Meteorológiai Szolgálat (2021): Hírek a meteorológia világából
https://www.met.hu/ismeret-tar/meteorologiai_hirek/index.php?id=3113&utm_source=related&utm_medium=www.met.hu&utm_campaign=widget-6973185
Hozzáférés / Acquired: 27. 11. 2021.
- [3] Hoegh-Guldberg, O., et al (2019): The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5°C. *Science*; 365 (6459): 1-11.
DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaw6974>
- [4] Gomez-Zavaglia, A., Mejuto, J. C., Simal-Gandara, J. (2020): Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. *Food Research International*; 134: 109-256
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>
- [5] González, N., Marqués, M., Nadal, M., Domingo, J. L. (2020): Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Research International*; 137: 109-341
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>
- [6] Farchi, S., De Sario, M., Lapucci, E., Davoli, M., Michelozzi, P. (2017): Meat consumption reduction in Italian regions: Health co-benefits and decreases in GHG emissions. *PLoS ONE*; 12 (8): e0182960
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182960>
- [7] Cheeseman, J. (2016): 7 - Food Security in the Face of Salinity, Drought, Climate Change, and Population Growth. *Halophytes for Food Security in Dry Lands*; 111-123
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801854-5.00007-8>
- [8] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2021): The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food system for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. FAO; Rome
DOI: <https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- [9] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2022): The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. FAO; Rome
DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- [10] Cooper, M., Müller, B., Cafiero, C., Bayas, J. C. L., Cuaresma J. C., Kharas, H. (2021): Monitoring and projecting global hunger: Are we on track? *Global Food Security*; 30
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100568>
- [11] WFP and FAO (2022): FAO-WFP early warnings on acute food insecurity: June to September 2022 Outlook. *Hunger Hotspots*; Rome
<https://www.fao.org/3/cc0364en/cc0364en.pdf>

- [12] FAO (2022): G20: FAO says global threats to agrifood systems need complex approach <https://www.fao.org/newsroom/detail/g20-fao-says-global-threats-to-agrifood-systems-need-complex-approach/en> Hozzáférés / Acquired: 20. 07. 2022.
- [13] Gallo, M. (2019): Novel Foods: Insects - Safety Issues. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*; 1: 294-299.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22134-3>
- [14] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2018): *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Bulding climate resilience for food security and nutrition*. FAO; Rome ISBN: 978-92-5-130571-3
- [15] Baiano, A. (2020): Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science & Technology*; 100: 35-50
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>
- [16] Nébih (2023): Lehet-e a tücsök titkos összetevő? <https://portal.nebih.gov.hu/-/lehet-e-a-tucsok-titkos-osszetevo>
Hozzáférés / Acquired: 28. 02. 2023.
- [17] Gkinali, A. A., Matsakidou, A., Vasileiou, E., Paraskevopoulou, A. (2022): Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*; 119: 495-507
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.024>
- [18] Mariod, A. A., Mirghani, M. E. S., Hussein, I. (2017): Chapter 50 - *Tenebrio molitor* Mealworm. *Unconventional Oilseeds and Oil Sources*; 331-336
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809435-8.00050-0>
- [19] A kölesliszt tápértékadatai. <https://www.balancefood.hu/spd/121340/Kolesliszt-500-g#>
Hozzáférés / Acquired: 01.03.2023.
- [20] Zielińska, E., Zieliński, D., Jakubczyk, A., Karaś, M., Pankiewicz, U., Flasz, B., Dziewięcka, M., Lewicki, S. (2020): The impact of polystyrene consumption by edible insects *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* on their nutritional value, cytotoxicity, and oxidative stress parameters. *Food Chemistry*; 128846
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128846>
- [21] Benzie, I. F. F., Strain, J. J. (1996): The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of „Antioxidant Power: The FRAP Assay”. *Analytical Biochemistry*; 239(1): 70- 76
DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- [22] Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965): Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*; 16: 144-158
- [23] Layne, E. (1957): Spectrophotometric and Turbidimetric Methods for Measuring Proteins. *Methods in Enzymology*; 447-454.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(57\)03413-8](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(57)03413-8)
- [24] Keil, C., Grebenteuch, S., Kröncke, N. Kulow, F., Pfeif, S., Kanzler, C., Rohn, S., Boeck, G., Benning, R., Haase, H. (2022): Systematic Studies on the Antioxidant Capacity and Volatile Compound Profile of Yellow Mealworm Larvae (*T. molitor* L.) under Different Drying Regimes. *Insects*; 13 (2): 166.
DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13020166>
- [25] Dolinsky, M., Agostinho, C., Ribeiro, D., Rocha, G. D. S., Barosso, S. G., Ferreira, D., Polinati, R., Ciarelli, G., Fialho, E. (2015): Effect of different cooking methods on the polyphenol concentration and antioxidant capacity of selected vegetables. *Journal of Culinary Science & Technology*; 14 (1): 1-12.
DOI: <https://doi.org/10.1080/15428052.2015.1058203>

Réka MAJOROS¹, ILDIKÓ Judit SZEDLJAK¹DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2023/3-2-HUN>

Received: June 2023 / Accepted: August 2023

Development, Chemical and Organoleptic Characterisation of Gluten-free Millet Pasta Enriched with Insect Larvae – Abstract

Keywords: *Tenebrio molitor*, insect meal, millet, dry matter, antioxidant capacity, polyphenol content

Summary

Traditional pasta is a common and popular product in the world, however, it is high in carbohydrates and calories and low in fiber, which can rapidly raise blood sugar levels. One of the best alternatives may be millet pasta, which is not only filling, nutrient rich, and naturally gluten-free but also contains significant amounts of essential amino acids. The question is whether it is possible to produce pasta that can be incorporated into a wide range of diets and have the lowest possible environmental impact? In our work, we have therefore enriched millet flour with insect larvae (*Tenebrio molitor*) at 5, 10, 15 and 20% and then carried out physical and chemical tests on the flour mixtures, dry pasta, and cooked pasta. Physical measurements have shown that the moisture content of the flour mixtures and the dry doughs decreased with enrichment (values ranging from 9.627 to 8.637% and from 0.41 to 0.400%, respectively). In terms of chemical results, cooking and drying increased the water-soluble antioxidant capacity (values ranging from 0.25 to 0.432 mg/g DM and 0.302 to 0.506 mg/g DM) and the total water-soluble polyphenol content (0.30 to 0.396 mg/g of DM and 0.65 to 0.448 mg/g of DM) of dry doughs compared to the flour mixes, while the water-soluble protein content (17.007 to 30.916 mg/g DM and 15.532 to 15.155 mg/g DM) decreased.

(DM = dry material)

¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology, Department of Grain and Industrial Plant Processing