



Jakab Ivett¹, Kóczán–Manninger Katalin¹, Kovács Anikó³, Mednyánszky Zsuzsanna²

Érkezett: 2020. január – Elfogadva: 2020. július

Alternatív fehérjeforrások sütőipari felhasználása

KULCSSZAVAK: alternatív fehérjék, köles, kender, csillagfürt, lucerna, gluténmentes, aminosav-összetétel, reológiai vizsgálat

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszeripari ágazat szereplői gluténmentes termékek előállítására révén folyamatosan bővülő választékkal, minél szélesebb körben igyekeznek kiszolgálni a cöliákias (coeliakiás) betegek igényeit, biztosítani számukra a megfelelő tápanyagbevitelt. Munkacsoportunk ennek a célnak az eléréséhez kíván hozzájárulni olyan sütőipari termékek fejlesztésével, amelyek a szükséges szénhidrátmennyiségen túl értékes fehérje- és esszenciális aminosav-forrást is biztosítanak a szervezet számára. Célunk olyan lisztkeverék összeállítása, amely gluténmentes, nagyobb fehérjetartalommal rendelkezik, mint a kenyérgabonák, és sütőipari felhasználásra, elsődlegesen ostya készítésére is alkalmas. A lisztkeverék alapjául a köleslisztet választottuk, amelyhez kiegészítő fehérjeforrásként kender-, lucerna- és csillagfürtlisztet kevertünk.

Az aminosav-összetételre vonatkozó analitikai vizsgálatok elvégzése után fehérje minősítő értékeket állapítottunk meg (Amino Acid Score – AAS, Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score – PDCAAS), amelyek segítségével optimalítottuk a lisztkeverékeket.

Reológiai méréseket végeztünk az ostyák roppanóságának vizsgálatára. A csillagfürt- és a kendermagliszt adagolása nem változtatta meg jelentős mértékben a kontroll mintákhoz viszonyított keménység-adatokat, a lucerna adagolása viszont lágyította a tésztát.

A kedvezőbb fehérjetartalom elérése mellett természetesen célunk volt a fogyasztók számára megfelelő érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező termék gyártása. A kontroll mintához képest a csillagfürt adagolása csökkentette a köles alapú tészták keserű ízérzetét, és javult az ostya keménysége is. A kendermagliszt 35%-os keverése a kölesliszttel szintén megfelelő állományú és ízű sütőipari terméket eredményezett. A lucerna jó aminosav profilja ellenére rontotta az ostyák reológiai tulajdonságát és érzékszervi megítélését.

2. Bevezetés

A gabonafélék és a belőlük készült sütőipari termékek táplálkozásunk jelentős részét adják. Ezekkel a termékekkel biztosítjuk a napi szénhidrát- és fehérjeigényünk jelentős hányadát. A sütőipar legfontosabb alapanyaga a búza, amely kedvező élettani hatása mellett az egyik leggyakoribb allergénforrás a cöliákias betegek körében. A cöliákia egy genetikailag meghatározott, egész szervezetet érintő autoimmun betegség, amely a glutén ellen termelődő antitestek mellett felszívódási zavarral és abnormális bélboholy

szerkezettel, változó súlyosságú emésztőszervi tünetekkel jellemezhető [1]. A cöliákia az európai népesség egyik leggyakoribb krónikus betegsége, amely a lakosság legalább 1%-át érinti és incidenciája az utóbbi évtizedekben növekvő tendenciát mutat [2]. A cöliákia nem gyógyítható, ezért a betegek számára az élethosszig tartó gluténmentes diéta, amely a búza, az árpa, a rozs, a betegek egy részénél pedig a zab vagy ezek bármely formáját tartalmazó, illetve az ebből készült élelmiszerek kizárását jelenti [3].

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék

² Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

³ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Doktori Iskola

A munkacsoportunk által a kutatás során felhasznált növényi fehérje források a takarmányiparban már használatosak, így bízunk benne, hogy kutatási eredményeink humán célra való bevezetésükhöz is hozzájárulhatnak. A különböző lisztkeverékek aminosav-összetételét a FAO/WHO referencia fehérje aminosav-összetétele alapján állítjuk be az alapanyagok keverésével, elősegítve a fehérje hasznosulását a szervezetben [4]. Mivel a növényi fehérjeforrások nem teljes értékűek, a lisztkeverés célja a limitáló esszenciális aminosavak pótlása az egyes alapanyagok megfelelő arányának beállításával. A köles például az esszenciális aminosavak közül metioninban, ciszteinben, leucinban és izoleucinban gazdag, a csillagfürt lizin, leucin és treonin tartalma kiemelkedő, így ezek keverésével kiegészíthetjük a keverék aminosav-tartalmát.

A kutatás célja kiválasztani azokat a lisztkeverékeket, amelyek tápértéke optimális, sütőipari felhasználásra, egészen pontosan ostya készítésére alkalmasak, a táplálkozási igényeket kielégítik, és érzékszervi tulajdonságaik is megfelelők.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Köles (1. ábra)

A köles botanikáját és fiziológiáját tekintve a perjevirágúak (Poales) rendjébe és a perjefélék (Poaceae) családjába tartozó egyszikű növény. A kölesfélék (Panicoideae) alcsaládjába számos nemzetség sorolható, de a *Panicum miliaceum* L., vagyis a termesztett köles az, amit világszerte a legnagyobb mennyiségben előfordul.



1. ábra. Termesztett köles (*Panicum miliaceum* L.) [5]
Figure 1. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) [5]

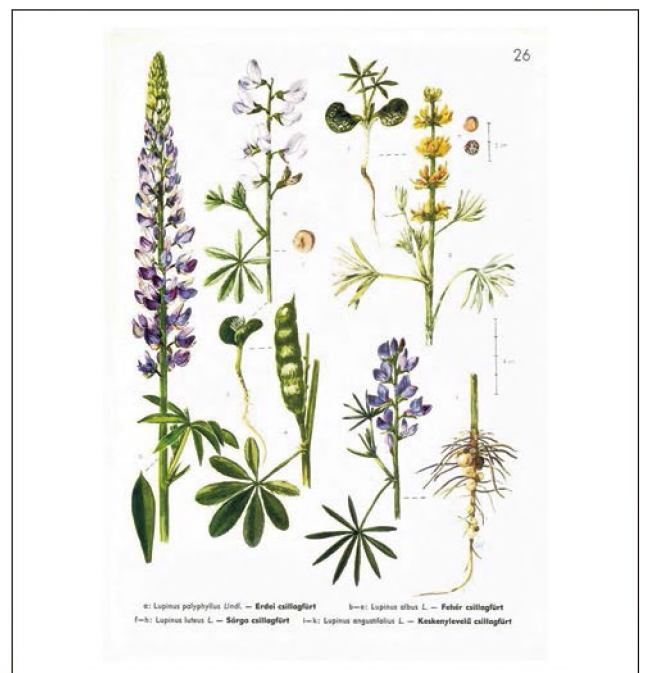
Ezen belül is megkülönböztetünk több fajtakört. A buga és a szemtermést borító toklász különbségei alapján beszélhetünk szétálló vagy terpedt bugájú, zászlós és tömött bugájú változatokról, valamint fehér (*P. miliaceum album*), piros (*P. miliaceum rubrum*), szürke (*P. miliaceum griseum*) és sárga (*P. miliaceum luteum*) kölesekről, amelyeknek a tenyészideje is eltérő [5].

Morfológiáját tekintve gyökérzete mélyre hatoló bojtos gyökérzet, szára jellegzetes szalmaszár, amely akár 100 cm magasra is megnőhet. Bugája és szemtermését fedő két sima pelyvalevélből álló takarója fajokra jellemző és jellegzetes színű. Virága összetett bugájú, fürtös virágzat, amely önporzó és jellegzetes színű. Levelei 1-2 cm szélesek és akár 50 cm hosszúak is lehetnek, a levélhüvelyek szőrözöttek. Csírázáshoz fele annyi csapadékra van szüksége, mint a gabonafélék esetében, melegigénye azonban ilyenkor nagyobb [6].

3.2. Csillagfürt (2. ábra)

A csillagfürt egy széles körben felhasznált hüvelyes növény, amelyet már az ókorban is termesztettek és a növénynevelésnek köszönhetően kiemelkedő biológiai értékű, fehérjedús takarmánynövény.

A csillagfürt botanikai szempontból a hüvelyesek (Fabales) rendjébe, a pillangós virágúak (Fabaceae = Leguminosae) családjába, ezen belül pedig a *Lupinus* nemzetségbe tartozik. Megtalálhatunk köztük évelő és egyéves fajokat egyaránt. Keserűségüket vagy édességüket a bennük található alkaloidok mennyisége határozza meg. Allergizáló hatásuk a mag tartékfehérjéinek következtében alakul ki.



2. ábra Különböző lupinus fajok [8]
Figure 2 Different lupine species [8]

A csillagfürt lágyszárú növény, karógyökérrel rendelkezik. Magja alacsony hőmérsékleten (2-6 °C) csírázik. Ujjasan összetett lándzsás alakú leveleinek száma és szélessége a sárga-, a kék- és a fehérvirágú változatok esetében eltérő. Nem csak pillangós viráguk színe, de illatuk is eltérő. Termésük felfelé álló hüvely, amelyben a magoknak (fajtól függően) csontfehér vagy rózsaszín színük van. Emellett a magok alakja, a termésfal vastagsága és színe is fajonként különbözik. A csillagfürt fajok betakarításának idejét és módját a termesztési cél határozza meg. A növénynevelés következményeként ma már több, mint 450 fajta létezik, a nemesített fajták fehérjetartalma kiemelkedően magas [7].

3.3. Lucerna (3. ábra)

A lucerna az ókor óta jelentős kultúrnövényünk, amely a pillangósvirágúak (Fabaceae) családjába tartozik. Itt önálló nemzetséget képez, további faji besorolását számos tényező nehezíti. A fajok többsége vadlucerna faj, de az ipar szempontjából a takarmánylucernának van nagyobb jelentősége. Hazánkban és Európában a kék- és tarkavirágú (*Medicago sativa* L. és *Medicago varia* Martyn) fajokat nevezik takarmánylucernának. Ezek nagyon hasonló takarmányozási értékkel rendelkeznek, de termesztési sajátosságaik kis mértékben eltérnek, hiszen a tarkavirágú lucerna egy állandósult keverékfaj, amely igénytelenebb a közönséges lucernánál, így gyengébb, homokos talajon is termesztethető [9].

Morfológiáját tekintve a virágzata fűrtbe rendeződött pillangós szerkezetű virágokból áll, amelynek fajonként eltérő színe és árnyalata lehet. A virágok nagy része nem öntermékenyülő, hanem a vadonélő mé-

hek és rovarok végzik a beporzást. Termése többmagvú hüvelytermés, amelynek változatos (csavart vagy akár sarlószerű) az alakja. A magok érettségét fényes sárga vagy vörösesbarna szín mutatja. Levelei hármasan összetettek, amelyeknél a levél és a szár aránya fajra jellemző tulajdonság. (A tarkavirágúaknál ez kedvezőbb, mint a kékvirágúaknál, de kevesebb terméssel rendelkeznek.) Szára jellegzetes dudvaszár, gyökere pedig fő- és mellégyökerekből áll. Nagy szárazságtűrő képességét annak köszönheti, hogy a növény főgyökere bizonyos esetekben akár 16-20 méter mélyre is hatolhat, így a vízzel együtt kalciumot, káliumot és foszfort is képes felvenni. Gyökérzete a vele szimbiózisban élő *Rhizobium* baktériumoknak köszönhetően nitrogénben gazdagítja a talajt. Ezért a lucernát sok növénytermesztő gazda talajjavítóként is használja [9].

3.4. Kender (4. ábra)

A kender a kenderfélék (*Cannabaceae*) családjába tartozik. Korábban a csalánfélék, vagy eperfafélék családjába sorolták a *Cannabis* L. nemzetséget, de ma már rokon fájával, a komlóval (*Humulus* L.) közösen külön családot alkotnak.

Az ipari kendert (subsp. *culta*) négy különféle rasszba sorolják: Északi kenderrassz, Közép-Orosz és Déli (mediterrán) kender csoport, valamint Ázsiai kender. Rassztól függően nem csak a termesztés helye, hanem a növény rost- és tetrahidrokannabinol (THC) tartalma, tenyészideje és szármagassága is eltérő.

A kender kétlaki növény, egyes fajainak szára akár a 4-5 méter magasságot is elérheti. Az elágazó karó- és oldalgyökerek nagysága a hím és a női egyedek



3. ábra. Lucerna növény [9]
Figure 3. Alfalfa plant [9]



4. ábra. *Cannabis sativa* L. [11]
Figure 4. *Cannabis sativa* L. [11]

esetében eltérő, ami a különböző tenyészidőkkel magyarázható. Termésének gazdasági szempontból a mag mellett a kender elfásodott, szögletes alakú, dudvás szárát is tekintik, amelyet mirigy-szőrök borítanak. A szár vastagságát jelentősen meghatározza a terület tápanyagellátása, valamint a növény neme is. A kifejezetten rostkenyérre vetett fajták szár állománya sűrű és elágazásmentes. A kender teljes tömegének 24–25%-át a 7-11 apróbb levélkéből álló levelek adják. Az újjasan összetett leveleket felépítő levélkék száma a kender fajának és növekedési szakaszának függvényében változhat. Virága egyivarú és idegentermékenyülő. A hím virágok (porzó) sárgászöld színűek, és kinyílt állapotban csillag alakúak. Ezzel ellentétben a női (termő) virágok egyszerűek, és kis távolságról is alig észrevehetőek [10].

4. Anyagok és módszerek

4.1. Vizsgálati minták (5. ábra)

Az ostyák elkészítéséhez alaplisztként a gluténmentesség érdekében Dénes Natura köleslisztet használtunk fel. A fehérjetartalom növeléséhez Aby Bio Perfect Day kendermag fehérjepor, Raab Vitalfood GmbH Bio Csillagfürt fehérje lisztet és Zöldvér 100%-os lucerna tablettát használtunk, utóbbit a felhasználás előtt aprítógépben porítottuk.

4.2. Alkalmazott módszerek és berendezések

Az aminosav-analízist AAA 400 (Ingos Kft., Csehország) típusú Automata Aminosav Analizátorral vé-



5. ábra. Az alkalmazott lisztek (saját kép)
Figure 5. The flours used (own image)



6. ábra. 3-point-bend mérőfej (saját kép)
Figure 6. 3-point-bend probe (own image)

geztük. Az elválasztás során gradiens elúciót alkalmaztunk lítium-citrát alapú pufferek segítségével. Az oszlop OSTION LG ANB kationcserélő gyanta (200x3,7mm) volt. A kromatogramokat CHROMULAN V 0.82 (PIKRON, Csehország) program alkalmazásával értékeltük ki.

Az aminosav-analízist a lisztalapanyagok és a kész ostyák esetében egyaránt elvégeztük. A lisztmintákat, illetve az elkészített ostyákat, amelyeket előzetesen egy aprítógép segítségével homogenizáltunk, 6 M HCl oldattal 24 órán keresztül 110 °C-on hidrolizáltattuk száraz blokktermosztátban, ezt követően 4 M NaOH oldattal semlegesítettük. Térfogatra-töltés és homogenizálás után a mintákat redős szűrőn, majd 0,22 µm-es fecskendőszűrőn átszűrtük. Az így előkészített mintákat megfelelő hígításban vizsgáltuk. A savas hidrolízis következtében a triptofán indolcsoportja elbomlik, ezért ezzel a mintaelőkészítéssel nem határozható meg.

Az ostyák reológiai méréseit egy Stable Micro Systems TA.XT2i Texture Analyser típusú készüléken végeztük. A készülékre felhelyeztük a 3-point-bend módszerhez szükséges fejet és mintatartót, majd 2 kg-os súllyal elvégeztük a nyomófejen az erő (19,61 N), valamint a távolság hitelesítését (40 mm) (6. ábra).

A mérés elindításakor a mérőfej 1,0 mm/s sebességgel halad lefelé, míg el nem éri a minta felületét. A termék felszínének elérését követően a fej 5 mm-t halad lefelé 3 mm/s sebességgel. Ezt követően a nyomófej elindul 10 mm/s sebességgel felfelé. A mért adatokat a műszerhez csatlakoztatott számítógép és Exponent program segítségével értékeltük ki. Az egyes ostyamintákon minden mérési időpontban 15 párhuzamos mérést végeztünk el.

A minták vízaktivitását Novasina MS1 típusú készülékkel, nedvességtartalmukat pedig SARTORIUS MA 50 típusú gyors nedvességtartalom-mérő készülékkel mértük.

4.3. Ostyakészítés

Az ostyák készítése során a gluténmentesség érdekében alapliszt gyanánt köleslisztet használtuk. A lisztkeverékek fehérjetartalmát kendermag-, csillagfürt- és lucernaliszt hozzáadásával növeltük. A receptek összeállítását megelőzte az alapliszteken végzett aminosav-analízis, amelynek eredményeit figyelembe véve készítettük el a lisztkeverékeket. A tészták összetételét az 1. táblázat mutatja be.

A 1. táblázat alapján összemértük a megfelelő mennyiségű száraz és nedves alapanyagokat, amelyeket azután egy keverőtálban homogenizáltunk. Ezt követően az előmelegített Trisa 734070 típusú (7. ábra) ostyasütőbe bemértünk 33g-ot az elkészített tésztából és 2 percig sütöttük.

A kihűlt ostyákat 24 °C-on, 42%-os relatív páratartalom mellett 8 héten keresztül tároltuk és mérésekkel nyomon követtük nedvességtartalmuk és vízaktivitásuk esetleges változását.

5. Vizsgálati eredmények

5.1. Aminosav-összetétel és fehérjetartalom

Kutatásunk célja gluténmentes, teljesértékű és mennyiségében is nagyobb fehérjetartalmú ostya gyártása volt. A gluténmentességet a nyersanyagválasztás biztosította. A teljesértékű és az emelt fehérjetartalom megállapítása érdekében az aminosav-összetételre vonatkozó analitikai vizsgálatok elvégzése után fehérjeműködő értékeket állapítottunk meg (AAS, PDCAAS).

1. táblázat. A tészták összetétele
Table 1. Composition of the doughs

	Lucerna-Köles Alfalfa-Millet	Csillagfürt-Köles Lupine-Millet	Kender-Köles Hemp-Millet	Lucerna- Kender-Köles Alfalfa- Hemp-Millet	Kontroll Control
Kölesliszt Millet flour	200 g	200 g	200 g	200 g	300 g
Lucerna örlemény Ground alfalfa	100 g	-	-	50 g	-
Csillagfürtliszt Lupine flour	-	100 g	-	-	-
Kendermagliszt Hemp seed flour	-	-	100 g	50 g	-
Porcukor Powdered sugar	200 g	200 g	200 g	200 g	200 g
Tej / Milk	200 ml	200 ml	200 ml	200 ml	200 ml
Tojás / Eggs	106 g	106 g	106 g	106 g	106 g
Olaj / Oil	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml

Első lépésben az esszenciális aminosavak alapján kiszámoltuk az aminosav-értékeket (AAS) [12]. Ez a hányados határozza meg az adott fehérjét felépítő aminosavak relatív hiányosságait. Számításakor a vizsgált fehérjeforrás aminosav-tartalmát (g/100g fehérje) elosztják a referencia fehérje aminosav-tartalmával (g/100g fehérje). Azt az elméleti referencia fehérjét, ami ideális arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat, a FAO/WHO szakemberei alkoták meg [4]. Mivel az aminosav-szükséglet az egyén életkora szerint változik, a szakemberek megállapították a csecsemő (0,5 éves kor), a kisgyermek (1-2 és 3-10 éves kor), a serdülő (11-14 és 15-18 éves kor) és a felnőtt (18 éves kor felett) kornak megfelelő összetételt is [13]. Mintáink értékeléséhez a felnőtt kornak megfelelő referencia fehérje összetételét vettük alapul.

A **9. ábrán** a vizsgált lisztminták és a FAO/WHO által javasolt, felnőttekre vonatkozó referencia fehérje esszenciális aminosav-összetételét tüntettük fel.

A kölesliszt esetében a referencia-mintához képest a lizin, a valin és az izoleucin értékeiben alacsonyabb eredményeket kaptunk. A legkisebb mennyiségben a köles- és a kendermagliszt tartalmazza a lizint, ami ilyen módon limitáló aminosavnak tekinthető ezeknél a mintáknál. A treonin-tartalom meghaladta a referencia-minta treonin tartalmát, a többi lisztmintához képest azonban ez a kölesben volt a legalacsonyabb. A vizsgált köles őrlemény a legnagyobb mennyiségben leucint (12,9 g/100g fehérje) tartalmaz, amelyet alátámasztanak Kalinova és Moudry (2006) [14] mérési eredményei is. A mintában kiemelkedően magas a kéntartalmú vegyületek mennyisége is, a hüve-



7. ábra. Ostyasütő készülék (saját kép)
Figure 7. Wafer oven (own image)



8. ábra. Megnövelt fehérjetartalmú gluténmentes ostyák (saját kép)
Figure 8. Gluten free wafers with increased protein content (own image)

lyesekkel való együttes fogyasztás esetében ezáltal képes azok limitáló cisztein- és metionin-tartalmát kiegészíteni.

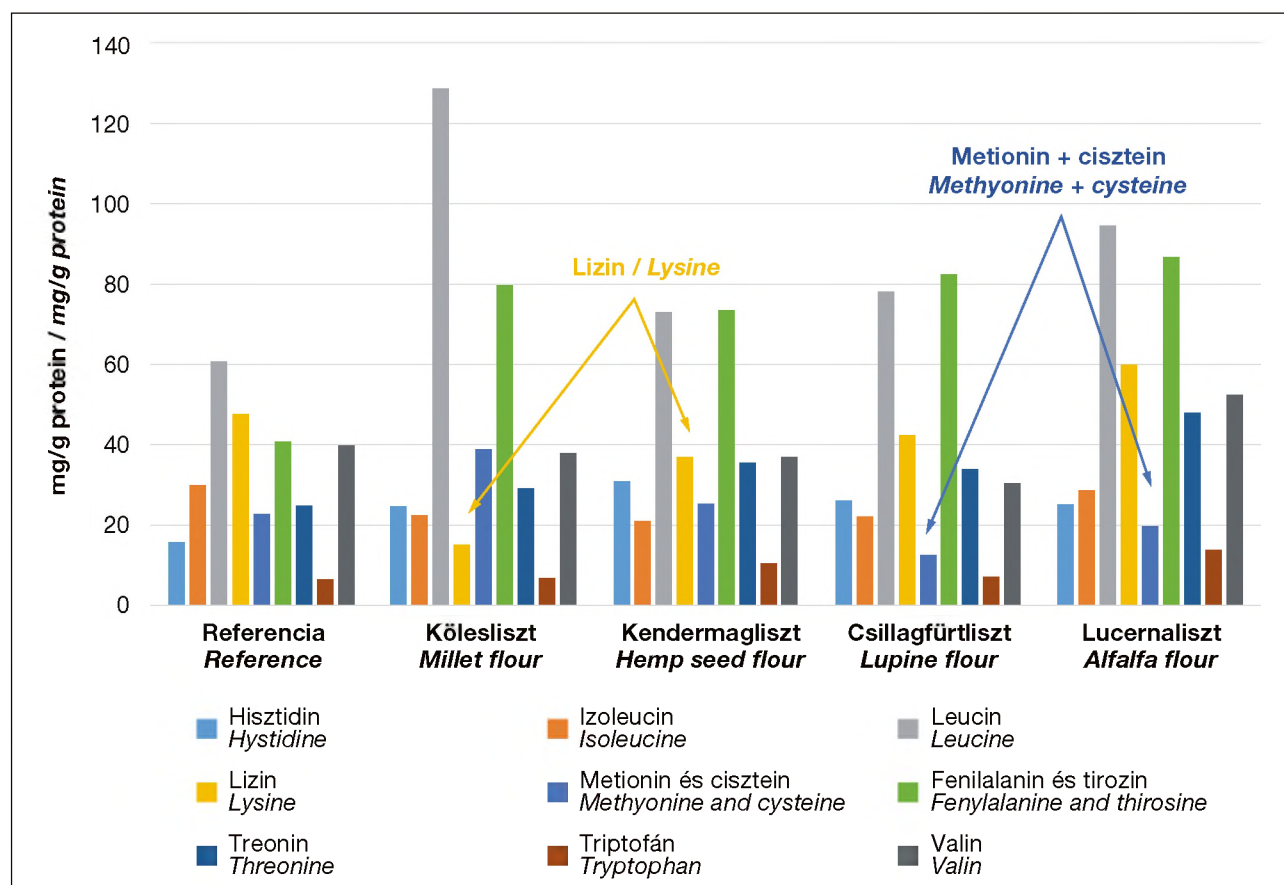
A csillagfűrt és a lucerna esetében a kén-tartalmú aminosavak limitáló tulajdonságúnak bizonyultak. Ezen felül a csillagfűrt lizin-, izoleucin- és valintartalma is alacsonyabb a referenciaértékeknél. A lizin mennyisége azonban még így is majdnem kétszerese (4,24 g/100g fehérje) a köles esetében kapott értéknek, és treoninban is gazdagabb, így együttes fogyasztásuk kedvezőbb esszenciális aminosav-arányt eredményezhet.

A vizsgált minták közül a lucernaőrleményben találtuk a legtöbb lizint (6 g/100g fehérje), ami azért is fontos, mert ez az aminosav elengedhetetlen a gyermekek megfelelő növekedéséhez. Emellett jelentősen magasabb triptofán, valin és treonin tartalommal rendelkezik a referenciaértékhez és a vizsgált lisztekhez képest.

A kendermagliszt izoleucinban, lizinben és valinban hiányos a referencia fehérje összetételéhez képest. Limitáló aminosavjának a lizin tekinthető, ami valószínűleg a növény nem megfelelő nitrogén ellátottságának köszönhető [15]. Metionin- és ciszteintartalma meghaladja a referenciaminta és a hüvelyes

őrlemények esetében mért értékeinket, így együttes alkalmazásuk lehetőséget nyújt teljes értékű fehérjét tartalmazó termék előállítására.

Az élelmiszerek fehérjetartalmának hasznosulását számos tényező befolyásolja. A fehérjék mennyisége és aminosav-összetétele valójában csak összehasonlítást tesz lehetővé, hiszen a hasznosulás az élelmiszerekből, mint komplex rendszerből történik. Az emésztés és a felszívódás nem önállóan a fehérjéket érinti, hanem az ételként elfogyasztott fehérjéből, szénhidrátból, zsírból és egyéb makro- és mikroelemekből álló rendszert. A növényi fehérjék hasznosulása, emésztése és felszívódása a jelenlévő rostok vagy antinutritív komponensek miatt hosszadalmas lehet, míg az állati fehérjék hozzáférést a zsírok nehezíthetik. Állatkísérletekkel is csak becsülni tudjuk, mi történik az étellel a tápcsatornában. A táplálkozástudományi vizsgálatokat ma már megkönnyítik azok az emésztési modellek, amelyek az emberi gyomor- és bélrendszer működését imitálják, és amelyek vizsgálják a komplex élelmiszerek emészthetőségét és felszívódását. Ilyen modellek segítségével állapítják meg a szakemberek az emészthetőségi együtthatót (%) egyes tisztított fehérjékre, növényi és állati eredetű élelmiszerekre (például savófehérje, szójafehérje-izolátum, zöldborsó, tehéntej, búzaliszt), vagy akár kész ételekre vonatkozóan is. Szakirodalomból



9. ábra. Lisztminták és a FAO/WHO referencia fehérje összehasonlítása
Figure 9. Comparison of the flour samples and the FAO/WHO reference protein

gyűjtöttük ki a vizsgált lisztek emészthetőségi együtthatóját (**2. táblázat**), hogy azok segítségével további értékeléseket végezhesünk el.

A fehérje biológiai értékének a meghatározására a FAO/WHO által elfogadott módszer a fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav érték (PDCAAS). A PDCAAS értéket úgy állapítjuk meg, hogy az adott

2. táblázat. A lisztminták AAS és PDCAAS értékei
Table 2. AAS and PDCAAS values of the flour samples

Vizsgált minták Samples tested	Emészthetőség % Digestibility %	AAS	PDCAAS
Kölesliszt Millet flour	96% ¹⁶	0.32	0.3
Csillagfürtliszt Lupine flour	90% ¹⁷	0.56	0.51
Kendermagliszt Hemp seed flour	87% ¹⁸	0.77	0.67
Lucernaliszt Alfalfa flour	85% ¹⁹	0.87	0,74

3. táblázat. A lisztkeverék-arányok PDCAAS és DRV% értékei
Table 3. PDCAAS and DRV% values of the flour mixtures

Lisztkeverék Flour mixture	100% kölesliszt 100% millet flour	75:25 köles-csillagfürt 75:25 millet-lupine	70:30 köles-csillagfürt 70:30 millet-lupine	75:25 köles-kender 75:25 millet-hemp	70:30 köles-kender 70:30 millet-hemp	65:35 köles-kender 65:35 millet-hemp	75:25 köles-lucerna 75:25 lupine-alfalfa	65:35 köles-lucerna 65:35 lupine-alfalfa
Fehérjegtartalom Protein content	11.20	19.15	20.74	19.00	20.56	22.12	14.65	16.03
A tészta PDCAAS értéke PDCAAS value of dough	0.30	0.43	0.46	0.40	0.42	0.44	0.54	0.63
Tészta-adag (g) Portion of dough (g)	55	55	55	55	55	55	55	55
A fehérje mennyisége egy adag tésztában (g) Amount of protein in one portion dough (g)	6.16	10.53	11.41	10.45	11.31	12.17	8.06	8.82
Napi fehérje-igény Daily protein demand	50	50	50	50	50	50	50	50
DRV% DRV%	3.73	9.09	10.43	8.40	9.52	10.70	8.64	11.03
A fehérje minősítése Classification of protein	Nem-megfelelő Inappropriate	Nem-megfelelő Inappropriate	Jó fehérjeforrás Good protein source	Nem-megfelelő Inappropriate	Nem-megfelelő Inappropriate	Jó fehérjeforrás Good protein source	Nem-megfelelő Inappropriate	Jó fehérjeforrás Good protein source

fehérje aminosav értékét (AAS) korrigáljuk a vizsgált minta emészthetőségével [12]. A PDCAAS-érték legfeljebb 1,00 lehet.

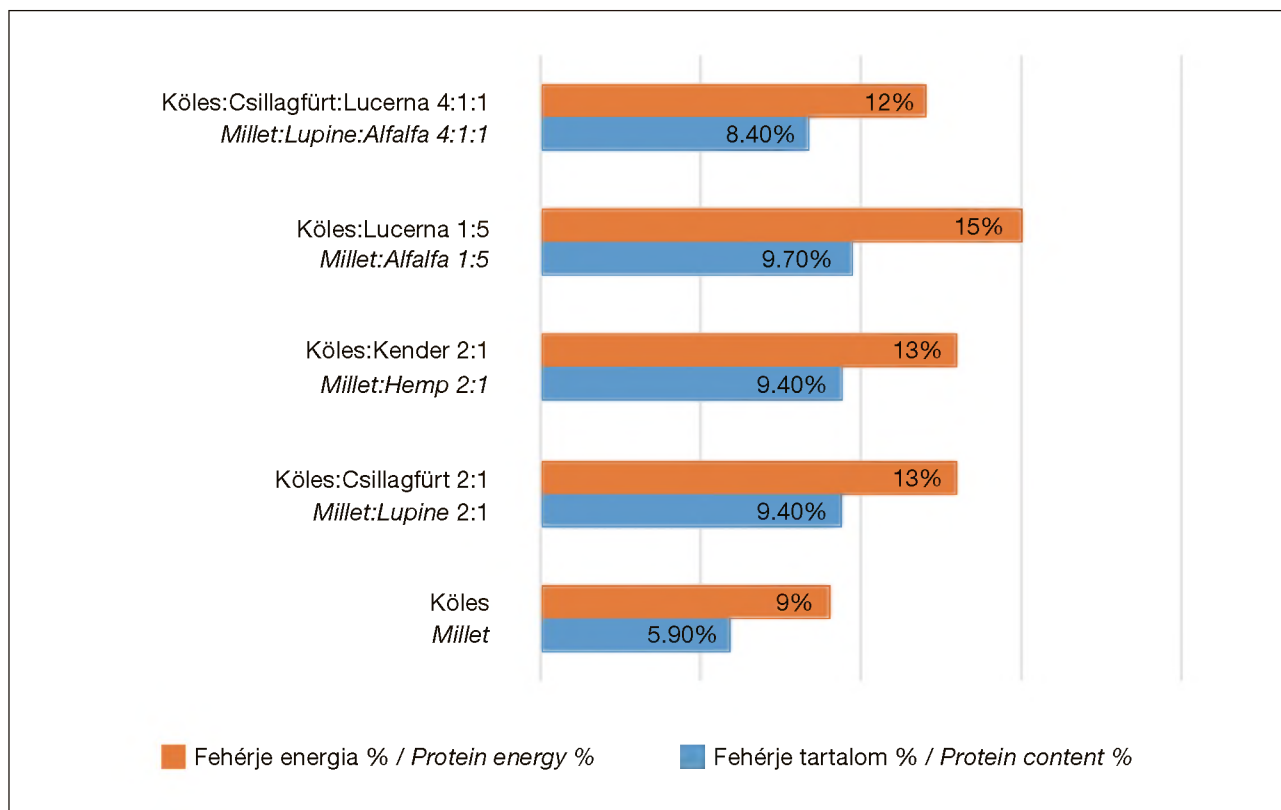
A vizsgált lisztminták a PDCAAS skálán (2. táblázat) nem érik el az 1,00-t, a lucerna PDCAAS értéke 0,74, a kendermagliszt értéke 0,67, míg a csillagfürt és a kölesliszt esetében alacsony értéket kaptunk (0,30-0,51).

Ezek ismeretében lisztkeverékeket állítottunk elő a limitáló esszenciális aminosavak pótlására az egyes alapanyagok megfelelő arányának beállításával. A köles az esszenciális aminosavak közül metioninban, ciszteinben, leucinban és izoleucinban gazdag, a csillagfürt lizin, leucin és treonin tartalma kiemelkedő, így ezek keverésével komplettálhatjuk a keverék fehérjetartalmát. A keverékek összeállításának megkönnyítése céljából készítettünk egy algoritmust a mérési adatok felhasználásával; az algoritmusban a lisztek arányának változtatásával a keverék PDCAAS értéke kiszámolható (3. táblázat).

A tápanyagokra vonatkozó napi referenciaértéket (Daily Reference Value, DRV%) az USA Élelmiszer-biztonsági és Gyógyszerészeti Hivatala fejlesztette ki; ennek segítségével értékelhetjük, hogy az elfogyasztani kívánt élelmiszeradag fehérjemennyisége hány százalékban fedezi a napi fehérjeszükségletünket. A számításhoz figyelembe veszik a vizsgált élelmiszer fehérjetartalmát, PDCAAS értékét és a napi fehérjeszükségletet, amit egységesen 50 g-ra értelmeznek. A számítás képlete:

$$DRV\% = \frac{\text{élelmiszer fehérje tartalma (g)} \times \text{PDCAAS}}{\text{napi ajánlott bevétel (g)}} \times 100$$

Ha az élelmiszer DRV% értéke 10 % alatti, akkor „nem megfelelő fehérjeforrás”, ha 10 és 19,9% között van, akkor „jó fehérjeforrás” megnevezést kap, 20% felett pedig „kiváló fehérjeforrás”-nak számít [20]. Kiszámítottuk az összeállított lisztkeverékek DRV% értékét és megállapítottuk az ennek megfelelő minősítést 100 g élelmiszeradaggal számolva (3. táblázat).



10. ábra. Az ostyák fehérje- és fehérje-energia tartalma
Figure 10. Protein and protein energy content of the wafers

4. táblázat. A lisztkeverékek összetétele
Table 4. Composition of the flour mixtures

Lisztkeverék / Flour mixture	Lisztek aránya g-ban / Proportion of flours in g
Köles / Millet	300
Köles: csillagfürt / Millet: lupine	200:100
Köles: kender / Millet: hemp	200:100
Köles: lucerna / Millet: alfalfa	50:250
Köles: csillagfürt: lucerna / Millet: lupine: alfalfa	200:50:50

A **3. táblázat** adataiból látható, hogy a kölesliszt csillagfürt-, kendermag- és lucernaliszttel különböző arányban történő keverése milyen minősítésű fehérjeforrást eredményez az alapanyagoknak. További olyan keverési arányok minősítő mutatóit is kiválasztottuk és kiszámoltuk, amelyek a tésztakészítés és az ostyasütés kívánalmainak egyaránt megfeleltek.

A próbatészta-gyártás és a próbasütés után alkalmazott liszt keverék-arányokat a **4. táblázat** tartalmazza.

Az alapanyagok optimalása után elkészítettük a tésztát, majd a próbasütés és az ostyák színre sütése következett. A késztermékek fehérjetartalmát Kjeldahl-módszerrel mértük meg (**10. ábra**).

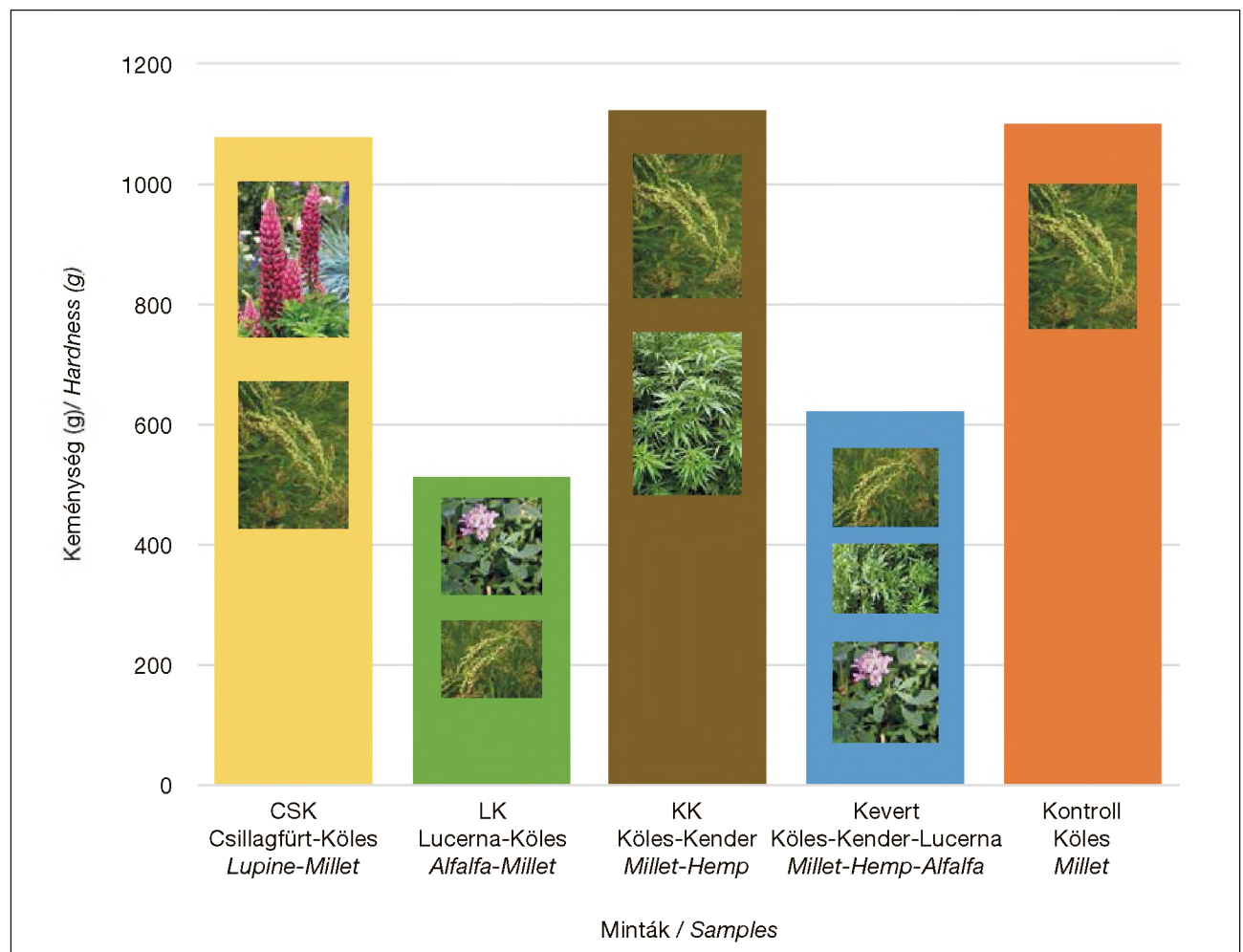
5.2. Reológiai, érzékszervi vizsgálatok, víztartalom és vízakaktivitás meghatározása

A reológiai mérések eredményét a **11. ábra** szemlélteti.

Ostyák esetében fontos érzékszervi tulajdonság a roppanósság, ezért vizsgáltuk a négy különböző lisztkeverékből gyártott ostya keménységét. A csil-

lagfürtöt (CSK) és a kender (KK) tartalmazó ostyák és a kontroll kölesliszt alapú ostya (Kontroll) keménysége között nincs szignifikáns különbség. A lucerna (LK) és a csillagfürt (CSK), valamint a lucerna (LK) és a kender (KK) tartalmú minták keménysége között viszont t-próba segítségével szignifikáns különbség állapítható meg. A lucernaliszt (LK)-tartalmú ostya keménysége csillagfürt (KEV) hozzáadásával kismértékben javítható volt. Ilyen módon a kevert (köles:csillagfürt:lucerna) lisztből készült ostya reológiai és tápérték-tulajdonságai is jobbnak bizonyultak.

Az ostyák nedvességtartalma jelentősen befolyásolja azok eltarthatóságát. Abban az esetben, ha a termék nedvességtartalma 12% alatt van, akkor az ostyák minden különösebb tartósítási eljárás nélkül eltarthatók 60 napig. Az elkészített mintákat 8 héten keresztül tároltuk 24 °C-on, 42%-os relatív páratartalom mellett. A nedvességtartalom a 8. hétre sem érte el a 12 %-ot, a legnagyobb értéket (8,39%-ot) a lucernával kevert ostya esetében kaptuk. Ennek a mintának volt a legnagyobb a kiindulási nedvességtartalma, és ennek megfelelt a keménységmérés eredménye is. A vízakaktivitás-értékek a 8. héten is 0,6 alatt maradtak (**12. ábra**).



11. ábra. Az ostyák keménységmérésének eredménye
Figure 11. Results of the hardness measurements of the wafers

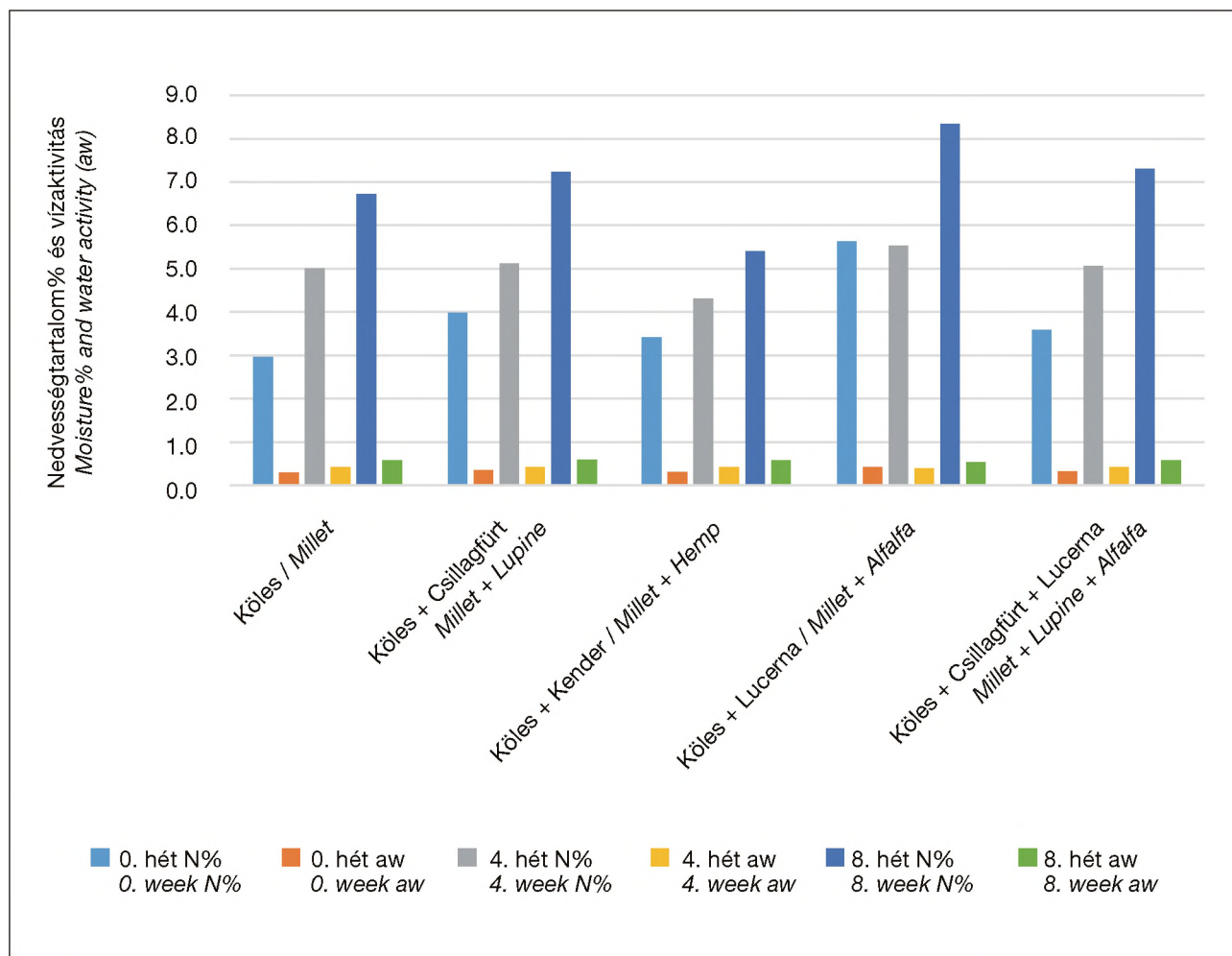
A kedvezőbb fehérjetartalom elérése mellett fontos szempont volt, hogy az ostya kedvező érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezzen. A kölesliszt önmagában kesernyés mellékizt kölcsönöz a termékeknek, emiatt korlátozott a sütőiparban történő felhasználhatósága. A csillagfürt adagolásával csökkenthető a keserű ízérzet, és javul az ostya keménysége, roppanósága is. Az érzékszervi bírálók egyöntetűen a csillagfürt tartalmú ostyákat ítélték a legjobbnak, színük élénk sárgasága, keménységük és ízük az első helyre sorolta őket a minták között. A kender és a kölesliszt együttes használata szintén jobb érzékszervi tulajdonságú terméket eredményezett a kontroll köles ostyához képest, mivel kedvezőbb ízű és kevésbé kesernyés. A lucerna az ostyától idegen, zöld színt és ízben is észlelhető füves-jelleget adott a terméknek, valamint állománya sem múlta felül várakozásainkat. Ehhez a keverékhez csillagfürtöt adva javultak az érzékszervi tulajdonságok.

Az analitikai, reológiai és érzékszervi vizsgálatok eredményei alapján úgy gondoljuk, hogy sikerült olyan ostyareceptúrákat összeállítanunk a kiválasztott alapanyagokból, amelyek megfelelnek a gluténmentesség kívánalmainak és nagyobb fehérjetartalommal rendelkeznek, mint a hasonló búzaalapú

termékek. Az ostya aminosavtartalmát a különböző növényi alapú lisztek keverésével egészítettük ki, így jól hasznosuló fehérjeforrást hoztunk létre. Az ostyáknak megfelelő állomány és a kedvező érzékszervi tulajdonságok miatt a termékek népszerűek lehetnek, különösen a gyermekek körében. Tárolhatóságuk, roppanóságuk megőrzése biztosítja a termékek viszonylag hosszú minőségmegőrzési idejét. Vizsgálatainkat tervezzük folytatni további ízesítések és korigált lisztarányok kipróbálásával, édes és sós ostyák receptúrájának összeállításával.

6. Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát a „Tudományos utánpótlás erősítése a hallgatók tudományos műhelyeinek és programjainak támogatásával, a mentorálás folyamatának kidolgozásával” című (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 azonosítószámú) projekt könnyítette meg.



12. ábra. A minták nedvességtartalmának (N%) és vízáktivitásának (aw) változása 8 hetes tárolás alatt
 Figure 12. Changes in the moisture content (N%) and water activity (aw) of the samples during 8 weeks of storage