

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA 2022

SAPIENTIA EMTE - CSÍKSZEREDAI KAR

A kereskedelmi forgalomban kapható búzalisztek fizikai és kémiai vizsgálata

Szerzők: *Salamon Brigitta* - Élelmiszeripari mérnök szak, III. év

Szakács Orsolya - Élelmiszeripari mérnök szak, II. év

Konzulensek:*dr. Szilágyi József* - Élelmiszertudományi Tanszék

dr. Bodor Zsolt - Biomérnöki Tanszék

Csíkszereda

2022

Bevezetés

A gabonafélék felhasználása úgy az emberi, mind az állati táplálkozásban egyaránt, nélkülözhetetlen fontossággal bír az ősidőktől kezdve egészen napjainkig. Világszinten a búzát (*Triticum aestivum*) tekintjük a legértékesebb gabonafélének, ezáltal az első helyet foglalja el a termesztési terület szempontjából is ¹. Vetésterülete világviszonylatban 245-250 millió hektár körül tehető, ami főként a búza jól alkalmazkodó képességének tudható be. A világnépességének felgyorsult növekedésével párhuzamosan az életszínvonal is változik, és a szükségleteink növekedésével a búza vetésterülete is évről évre egyre növekszik². A FAO (Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete) által szolgáltatott adatok alapján világviszonylatban, a 2020-as évre vonatkoztatva, a termesztett búza mennyisége meghaladta a 700 millió tonnát. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján az Európai Unióban termesztett búza mennyisége a 2020-as évben 126.659 tonnára tehető. Világviszonylatban Kína a legnagyobb búzatermesztő (134,3 millió tonna), a második helyen pedig India található a maga 107,6 millió tonnás termelésével. Vizsgálva Magyarország és Románia helyzetét, a 2021. évre vonatkozó magyarországi statisztikai adatok alapján elmondható, hogy a betakarított búza a termesztett összes gabonafélék 38,7%-át tette ki, ami 5,3 millió tonnát jelent ³.

Romániai viszonylatában elmondható, hogy az éves hazai búzatermelés átlagosan 10 millió tonna körül mozog szárazságmentes években (2017-2019). Ezt a búzamennyiséget 2,2 millió hektár nagyságú területről gyűjtik be, ami megközelítőleg 3-4,8 tonna/hektár termelékenységgel felel meg **(1. táblázat)**.

1. táblázat: Romániai búzatermelékenységi adatok

4.

Év	Termesztett terület, (hektár)	Termelékenység, (tonna/hektár)	Romániai össztermelés, (tonna)
2015	2.166.591	3.780	7.962.421
2016	2.137.731	3.944	8.431.131
2017	2.052.917	4.888	10.034.955
2018	2.116.154	4.793	10.143.671
2019	2.168.370	4.749	10.297.107
2020	2.145.791	2.987	6.410.194

1. Irodalmi áttekintés

Az **1. ábra** szemlélteti a búzát, mint növényt és termését. A búza szerkezeti (**2. ábra**) és élettani hatásának köszönhetően, széles körű felhasználási lehetőségeket biztosít, amelyek közül a legfontosabbak: kenyérgyártásra, cukrásziparban, takarmányozásra, sütőiparban, de még tésztaiparban is, ahol a búzaliszt a tészták fő alapanyaga.

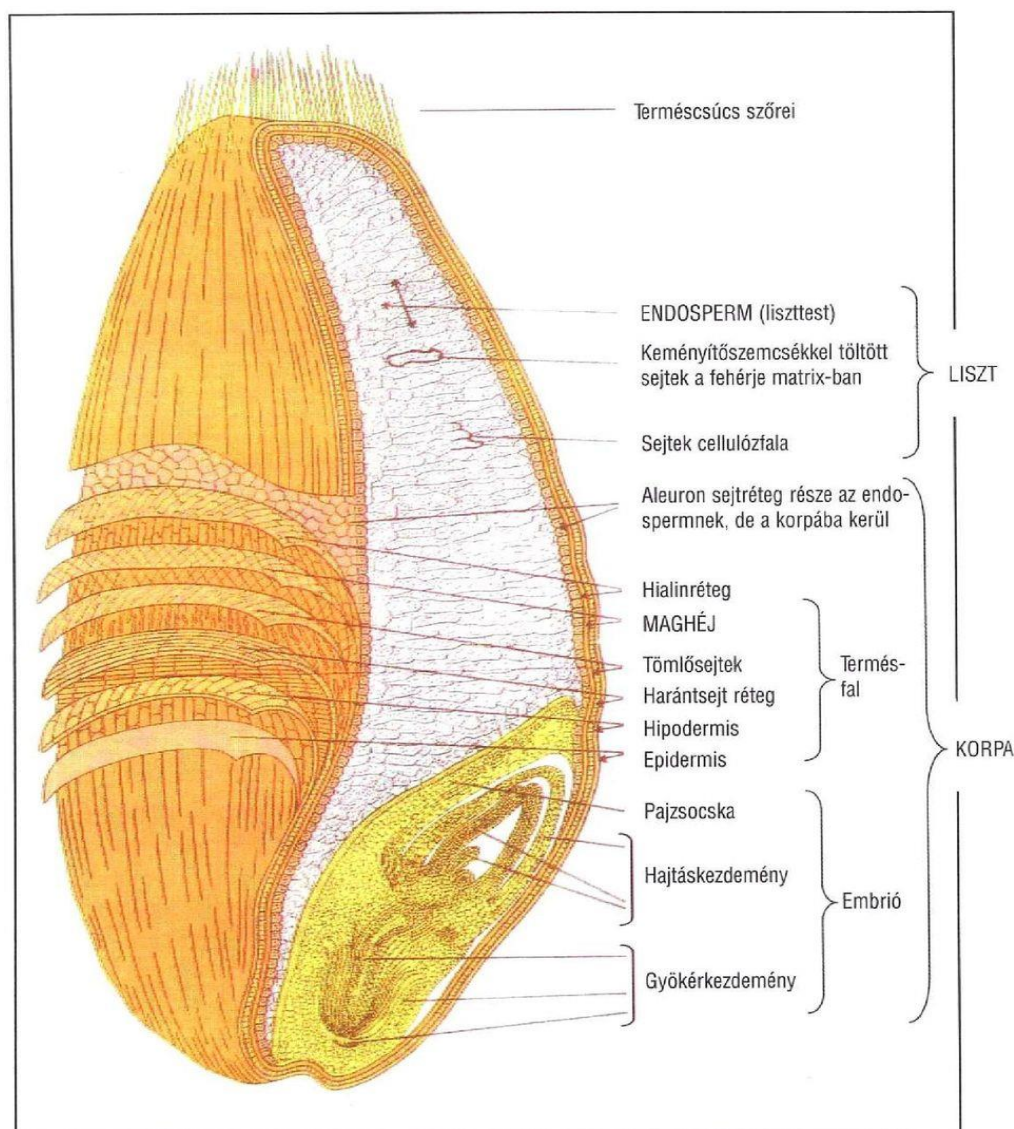


1. ábra: A búza (*Triticum aestivum*) növény (bal) és mag (jobb).

Hasonlóan más gabonafélékhez szénhidrátban (keményítő 63,07%, cukor 4,32%, cellulóz 2,76%) gazdag, kevés fehérjetartamú (16,06%), lágyszárú mezőgazdasági növény. A pászitfűfélék családjába tartozó egyszikű kalászos kenyérgabona, amely alacsony zsírtartalommal (2,24%) rendelkezik. A búza hamutartalma megközelítőleg 2,18%, a fontosabb ásványi mikroelemek közül megemlíthető a vas (33 ppm), réz (4,50 ppm), cink (25,8 ppm), illetve a makroelemek közül a kalcium (437 ppm) és magnézium (1100 ppm) ⁵. A megoszlásukat tekintve az ásványi anyagokat jelentős mennyiségben a héj illetve a csíra tartalmazza. A búza összetételében fellelhetők még vitaminok és enzimek (α -amiláz, β -amiláz, proteázok).

A búzában található fehérjék közül megkülönböztethetünk egyszerű vagy összetett fehérjéket. Az albumin, a globulin, a prolamin (gliadin) és a glutelin (glutenin) alkotják az egyszerű fehérjéket. A gliadin és a glutenin aránya fontos a sikér minőségénél, a gliadin adja a nyúlékonyságot és ragadóságot, míg a glutenin a sikér szilárdságáért, ellenállóságáért felelős. Az ideális gliadin:glutenin arány 3:1 ⁵⁻⁷.

Az összetett fehérjék közül a legfontosabb a nukleoproteid, ami főként a búzacsírában található meg. A fehérje és keményítő aránya jelzi a búzaszem minőségét, minél nagyobb a fehérje aránya a búza minősége annál jobb. A tartalékfehérjéinek fő komponensei a prolamin és glutelin frakciókban találhatók. Ezen vegyületek szerepe a nitrogén és kén atomok, valamint szénvázak biztosítása a csíranövény számára ⁸.



2. ábra: A búzaszem szerkezete ⁹.

A fenti ábrán (**2. ábra**) is megfigyelhető, hogy a gabonaszemet egy külső kutikula réteg borítja, alatta található az epidermis és hipodermis réteg, a kereszt-, hossz- és harántirányú réteg illetve a tömlős

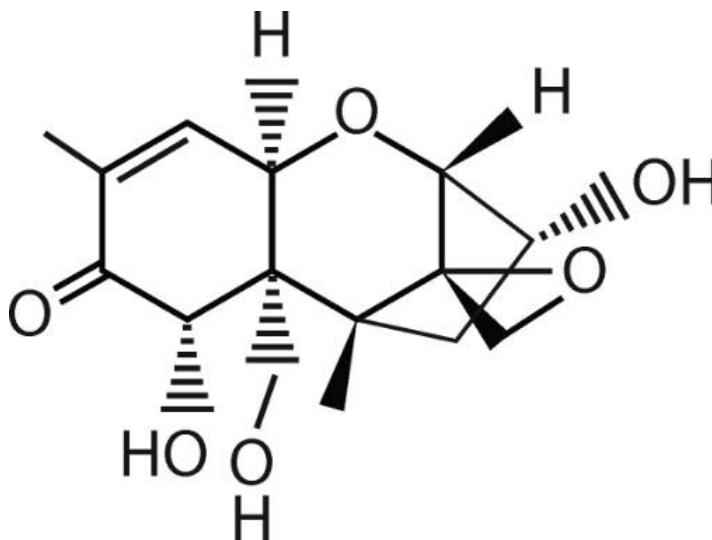
sejtek rétege. A fentiekben felsorolt rétegek alkotják a termésfalat, amely teljes egészében a maghéjat borítja. A magháj két hártýából tevődik össze: egy külső színtelen és egy belső színes, pigment tartalmú héjból, és a búza legbelső részét a magbelső alkotja. A magbelső, hasonlóan a többi alkotórészhez, több rétegből tevődik össze. A hialinréteg nedvességtartalom szabályzó szereppel rendelkezik, alatta helyezkedik el az aleuronréteg, amely a teljes szem ásványianyag-tartalom jelentős részét illetve a globulin fehérjét tartalmazza, szürkés színű, nagy sejtekből áll. Legbelül az endospermium található, amely a mag több mint 80%-át teszi ki, más néven belső liszttestnek nevezik, ez a rész tartalmazza a tartalékfehérjét (albumin,) és tartalék szénhidrátokat (keményítő) ¹⁰.

A búzaszem anatómiai felépítése alapján három fő részből áll: a liszttest (endospermium), a csíra (embrió) és a három rétegű háj, melynek legbelső rétege az aleuronréteg. A búzaszem tömegének 80-85%-át az endospermium adja. A fennmaradt részt az embrió a szem (2-3%), külső háj (2,5%), a magháj (5-6%), aleuronréteg (7-9%) teszi ki. A búza fehérjetartalom 8-15% között változik, mennyiségileg pedig 75% az endospermiumban, 14% az aleuronrétegbe, 7% az embrióban és 4% a búza héjában található. Az endospermium prolamin fehérjéi aminosav összetételét a következő aminosavak alkotják: glutamin (35,2%) és prolin (12,9%), (arginin 3,6% és lizin (2,1%), továbbá jellemző, hogy az embrió és az aleuronréteg fehérjéi kevés prolin és glutamin aminosavat tartalmaznak. Az aleuronrétegben megtalálható aminosav az arginin (11,1%), az embrióban pedig az aszparagin (10,4%)¹¹.

A kémia összetételen túlmenően fontos kitérni a búza mikrobiológiai állapotára, mivel nem elhanyagolható az a tény, hogy a búza őrlése során a lisztbe is bekerülhet a fertőzés (például a mikotoxinok, amelyeket különböző mikroszkopikus gombák termelnek). A deoxinivalenol (DON) a gabonafélék és az abból készülő termékek legismertebb és leggyakoribb szennyezője. A DON egyike azon számos mikotoxinnak, amelyet bizonyos *Fusarium (gabonarozsda)* fajok termelnek, és amelyek gyakran megfertőzik a kukoricát, a búzát, a zabot, az árpát, a rizst és más gabonákat a szántóföldön vagy a tárolás során. Az emberi expozíciós kockázat közvetlenül a növényi eredetű élelmiszereken (gabonafélék) vagy közvetve az állati eredetű élelmiszereken (vese, máj, tej, tojás) keresztül történik. Mikotoxin fertőzést mutattak ki hajdinában, pattogatott kukoricában, cirokban, tritikálében és más élelmiszertermékekben, beleértve a lisztet, a kenyeret, a reggeli gabonapelyheket, a tésztát is ¹².

A DON mikotoxinnal fertőzött élelmiszerek elfogyasztása után a következő tünetek jelentkezhetnek: akut átmeneti hányinger, hányás, hasmenés, hasi fájdalom, fejfájás, szédülés és láz. A DON a mikotoxinok trichotecének családjának tagja, 3 szabad hidroxilcsoportot tartalmaz, kémiai

szerkezeti képletét a (3. ábra) mutatja be, amelyek a toxicitásával hozhatók összefüggésbe. A DON egyik legfontosabb fizikai-kémiai tulajdonsága, hogy ellenáll a magas hőmérsékletnek, ami igen jelentős kockázatot jelent az élelmiszerekben történő előfordulása során¹³.



3. ábra: A DON kémiai szerkezeti képlete ¹⁴.

A 1881/2006 EK Rendelet értelmében a következő megengedett határértékek vannak érvényben a DON toxin estében ¹⁵ (2. táblázat).

2. táblázat: A DON toxin megengedett határértékei.

Termék	Megengedett maximális DON (mg/kg)
Feldolgozatlan gabonafélék kivéve a durumbúza, zab és a kukorica	1,25
Feldolgozatlan durumbúza és zab	1,75
Közvetlen emberi fogyasztásra szánt gabonafélék, gabonalisztek	0,75
Tészta (száraz)	0,75
Kenyér, tésztafélék, kekszek, gabonaszeletek, gabona pelyhek	0,5
Csecsemők és kisgyerekek számára készült feldolgozott gabona alapú élelmiszerek és bébitelek	0,2

1.1. A búza őrlési technológiája

Az őrléstechnológia három fő részből tevődik össze:

- előkészítés,
- őrlés,
- lisztkeverés.

Az előkészítés több fő műveletből tevődik össze: keverésből, halmaztisztításból (rostálás, szelelés, mágneses vaskiválasztás, száraz kő- és rög kiválasztás, triőrözés), felülettisztításból és kondicionálásból ¹⁶. Az őrlési folyamat során a búzából különböző szemcseméretű és hamu tartalmú lisztet állítanak elő. Tehát az őrlés célja a szem fő alkotóinak (magbelső, héj, csíra) szétválasztása, melynek során a fő termékként lisztet (főleg magbelső), melléktermékként korpákat, takarmány őrleményeket, csírákat kapunk. Az őrlési folyamatot megelőzi a gabonaszemek nedvesítése, más néven kondicionálás, majd ezt követi a pihentetés. A kondicionálásnak köszönhetően a mag héja szívósabbá válik, és az őrlés során kisebb mértékben aprózódik fel. A magbelső az áztatás hatására porhanyósabbá válik, az őrlést követő szitálással a nagyobb szemcseméretű héjat tartalmazó korpás rész, könnyebben szétválasztható a nagyobb mennyiségben magbelsőt tartalmazó liszttől ¹⁰.

A búzalisztek csoportján belül 5 típusú lisztet különböztetünk meg:

- finomliszt (simaliszt),
- rétesliszt (fogós liszt),
- durumliszt,
- céllisztek,
- Graham-liszt¹³.

A búzalisztek tápértékét tekintve 100 gramm termékre vonatkoztatva átlagosan a következő értékekkel jellemezhetők:

- energiatartalom: 347 (kcal),
- fehérje: 14,4 (g),
- zsír: 1,8 (g),
- szénhidrát: 66,2 (g) ¹⁷.

A lisztek legnagyobb mennyiségben szénhidrátot tartalmaznak (65-80%), amely legnagyobb arányban keményítő (55-80%) formájában fordul elő, és amely a szervezetünk számára jól hasznosítható

energiaforrás. Továbbá élelmi rostot (héjban) cellulózt, hemicellulózt, illetve lignint és pektint tartalmaz. A lisztben található vízben oldódó rostanyagok jótékony hatásai között említendő, hogy hozzájárul a normális bélműködés fenntartásához és helyreállításához, továbbá a folyadékmegkötő képességüknek köszönhetően térfogatuk megnő, ezáltal lerövidíti a salakanyag tartózkodási idejét a bélrendszerben, így javul a bél perisztaltikus mozgása ¹⁸.

A különböző péktermékek előállításához, elengedhetetlen a specifikus liszt típusuk alkalmazása. Számos tanulmány foglalkozott világszerte a lisztek fizikai-kémiai tulajdonságának elemzésével és azok legoptimálisabb felhasználásával a céltermékek előállítása során ^{19,20,21,22,23}.

Célkitűzés

A kutatás célja a romániai kereskedelmi forgalomban kapható búzalisztek fizikai-kémiai paramétereinek meghatározása, osztályozása és a szabványokban meghatározott értékekkel való összehasonlítása volt, annak érdekében, hogy mennyiségi és minőségi értékelésünk segítse a fogyasztókat a termékválasztásban, továbbá, hogy feltárjuk úgy a különböző típusú búzalisztek, mint az azonos típusú búzalisztek közötti változatosságot.

2. Anyagok és módszerek

A kutatást megelőzően 2021 júniusában megvásároltuk a csíkszeredai kereskedelmi forgalomban kapható búzaliszteket:

1. **Fehér 000 búzalisztek:** *Băneasa, Baromir, Băneasa (kalács), Pambac, Raftul Bunici, Arpis, Grania, Gobé, Lido Garbea, Belbake, Harmopan,*
2. **Fehér 550 búzalisztek:** *Gyermelyi, Bácskai, Deliza (pizza), Pambac, Családi, Kunsági, Elan BFF, Elan, Gyermelyi pizza,*
3. **Fehér 650 búzalisztek:** *Pambac, Băneasa, Titan, K classic, Tótkomlósi, Góbé, Belbake, Harmopan,*
4. **Teljes kiőrlésű búzalisztek:** *Băneasa, Natural, Titan, Nagy Titka, Góbé, Belbake, Harmopan.*

A továbbiakban elvégeztük a laboratóriumi elemzéseket háromszoros ismételéssel alkalmazásával a következő paraméterekre: nedvességtartalom, hamutartalom, nedves sike, sikeáterülés, nedves sike szárazanyag-tartalom. Az alábbiakban ismertetjük a fizikai és kémiai tulajdonságok meghatározására alkalmazott laboratóriumi, valamint az adatfeldolgozáshoz alkalmazott módszereket.

2.1. Lisztek nedvességtartalmának meghatározása

A lisztek nedvességtartalmának meghatározásához a mintákat analitikai mérleg felhasználásával két tizedes pontossággal bemértük és szárító szekrényben 103°C-on tömegállandóságig szárítottuk (>4 óra). A zárt mintákat szárítás után exsikkátorba helyeztük és a kihűlést követően visszamértük. A nedvességtartalmat az 1. egyenlet alapján számítottuk ki:

$$\text{Nedvesség \%} = \frac{W1-W2}{m} * 100 \quad (1)$$

Ahol:

$W1$ = minta és az edény tömege szárítás előtt (g),

$W2$ = minta és az edény tömege szárítás után (g),

m = a szárításhoz bemért minta tömege (g).

Az búzalisztekre vonatkozó szabvány előírása alapján a különböző típusú lisztek nedvességtartalma 14,5% alattinak kell lennie ²⁴.

2.2. Hamutartalom meghatározása

A búzaliszt mintákat 550°C-on izzó kemencében elégettük. Exsikkátorban történő hűtés után a tégely és a benne lévő hamu tömegét együttesen visszamértük két tizedes pontossággal. A nyers hamutartalmat a 2. egyenlet felhasználásával számoltuk ki, tömegszázalékban kifejezve:

$$\text{Hamu}_{\text{nyers}, \%} = \frac{m^1-w^2}{m^0} * 100 \quad (2)$$

Ahol:

m^0 = a vizsgálathoz bemért minta tömege (g),

m^1 = a minta és tégely tömege az égetés után (g),

m^2 = a tégely tömege (g).

Figyelembe véve a minták nedvességtartalmát, a búzalisztek teljes hamutartalmát a 3. egyenlet felhasználásával határozzuk meg:

$$Hamu, \% = Hamu_{nyers} * (100 - Nedvesség) * 100 \quad (3)$$

Ahol:

$Hamu_{nyers}$ = nyers hamutartalom,

$Nedvesség$ = a minta nedvességtartalma.

A hamutartalom alapján a következő liszt típusokat különböztethessük meg, ahol a hamutartalom maximum értéken van megadva százalékban kifejezve:

1. 480-as Fehér liszt típus =000 (0,48%),
2. 550-es Fehér liszt típus (0,55%),
3. 650-es Fehér liszt típus (0,65%),
4. Félfehér liszt (0,66-0,90%),
5. Teljes kiőrlésű liszt (0,91-1,4%),
6. Teljes kiőrlésű diétás liszt (1,41-2,2%).

2.3. Nedves sikér és terület meghatározása

24 g lisztből vízzel tésztát gyúrtunk, majd a vízben oldódó anyagokat vízszaggárral szitán átmostuk. A maradék, vízben oldhatatlan összetevő a nedves sikér százalékos aránya. A glutén (sikér) mennyisége a búzafajták nagyon fontos minőségi mutatója. A javító minőségű liszt alkalmas a gyengébb minőségű lisztek feljavítására. A sikér mennyisége mellett a sikér területe is nagyon fontos minőségi mutató.

A nedves sikér területének meghatározásához 5 g nedves sikért mérünk be, amelyet kézzel megformáztunk gömb alakra és üveglapra helyeztük. Az üveglap alá helyezett milliméteres papír segítségével meghatároztuk a kezdeti átmérőt, majd egy óráig 38°C hőmérsékleten szárítószekrényben tartva meghatározzuk a sikérgolyó végső átmérőjét. A végső időpontban mért sikérgolyó átmérő és a kezdeti időpontban mért sikérgolyó átmérő közötti különbség adja a sikérterületet.

A nedves sikér alapján a következő osztályozást lehet elvégezni (**3. táblázat**).

3. táblázat: Különböző típusú búzák osztályozás a sikértartalom alapján.

	Javító- búza	Őrölt búza			Durumbúza	
		I.	II:	III:	I.	II:
Nedves sikér, % (w/w)	34	30	28	26	32	30
Nedves sikér területe, mm/h	2-5	3-8	3-8	-	2,5	2,5

2.4. Statisztikai elemzés

A laboratóriumi mérés során meghatározott értékeket statisztikai módszerekkel elemeztük. A három mérés eredményeiből átlagot számoltunk, majd meghatároztuk az átlag megbízhatóságát a 95%-os intervallumát alkalmazva a 4. egyenlet alapján.

$$\bar{x} - t * \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

Ahol:

$\bar{x}$ = átlagot képviselnek,

t = Student féle T,

s = szórás,

n = minta nagysága.

A különböző búzalisztekre alkalmaztuk a lisztleíró statisztikát, amely során kiszámoltuk a minták minimumát, 25 percentilisét, helyzeti középértékét, átlagát, 75 percentilisét és a maximum értékeket. Továbbá, alkalmazva a *Microsoft Excel* táblázatkezelőt doboz-ábra (Box-plot) elemzést végeztünk a vizsgált paraméterekre szétbontva.

Az SPSS statisztikai program felhasználásával Hierarchikus klaszteranalízist végeztünk, és a klasztereket dendrogram formájában ábrázoltuk. A dendrogram elkészítéséhez a következő beállításokat alkalmaztuk: középpontú klaszter, négyzetes Euklideszi távolság és a standardizálást -1 és 1 közötti értékre alkalmaztuk. A vizsgált búzalisztek esetében Spearman korrelációt számoltunk, az

R programcsomag felhasználásával. A Spearman korreláció elkészítéséhez használt parancssor az *R* programban a következő:

```
library("readxl")
my_data <- read_excel(file.choose())
coef <- cor(my_data, method="spearman")
round(coef, 2)
library(corrplot)
png(file="bm.png", width=4500, height=3000, units="px", res=500)
colnames(coef) <- c("Nedvesség ", "Hamu", "Nedves sikér", "Sikér terület", "Száras sikér")
rownames(coef) <- c("Nedvesség ", "Hamu", "Nedves sikér", "Sikér terület ", "Száras sikér")
```

3. Eredmények és értékelésük

3.1. Leíró statisztika

A kapott eredmények alapján a vizsgált liszt nedvességtartalma 9,76% és 11,15% között változott. A legalacsonyabb hamutartalma a *Gobé 000* fehér lisztnek (0,36%) volt, míg a legmagasabb hamutartalmú liszt a *Nagyi titka* fekete liszt (202%) esetében volt tapasztalható. A nedvességtartalom alapján valamennyi vizsgált búzaliszt nedvességtartalma a megengedett érték (14,5%) alatt volt, amely a termék megfelelő tárolása szempontjából fontos betartandó paraméter. A magas nedvesség tartalmú lisztekre jellemző lehet a szavatossági idő eltelte előtti minőség csökkenés, szennyeződés, a kedvezőtlen fizikai és kémiai folyamatoknak köszönhetően. Mindezen nemkívánatos folyamatok hatására romlik a búzaliszt érzékszervi tulajdonsága (kedvezőtlen szagok és ízek megjelenése), továbbá a mikotoxinokkal történő fertőzöttség esetében élelmiszerbiztonsági szempontból is kifogásolhatóvá válhat a búzaliszt felhasználása ²⁵.

A nedves sikértartalom 27,9 % és 40,65% között változott. A nedves siker szárazanyagtartalmát figyelembe véve kiszámítottuk a sikerkoncentrációt. A száraz sikértartalom alapján a vizsgált lisztfajták átlagosan a következő sorrendben változtak:

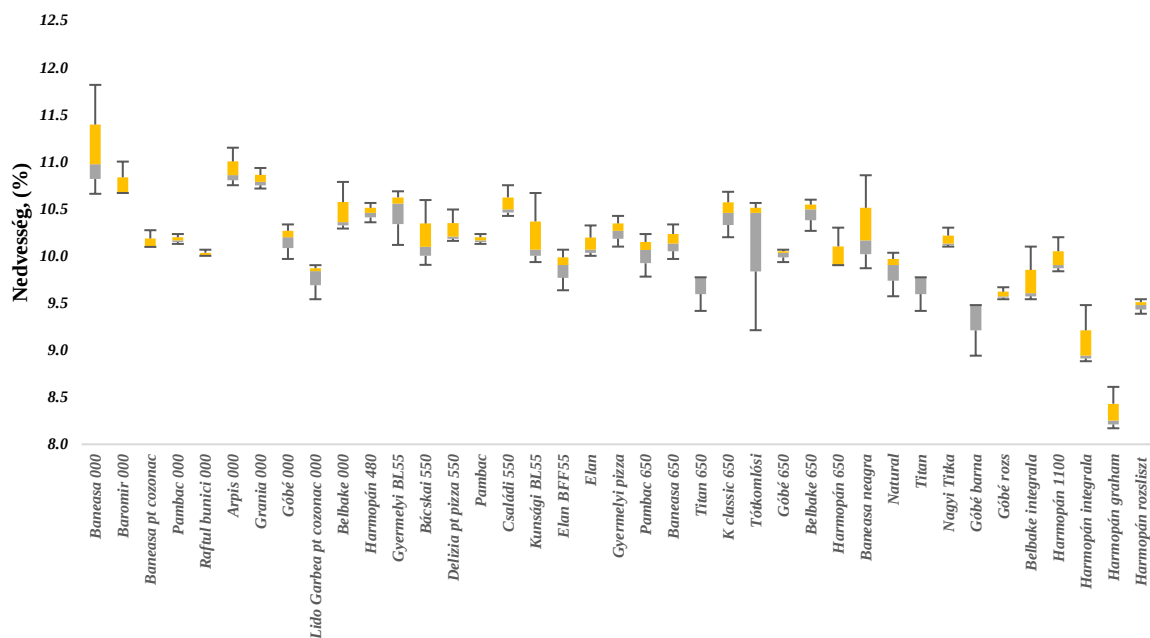
480 Búzaliszt (13,19%) > 550 Búzaliszt (12,89%) > 650 Búzaliszt (11,87%)

A különböző lisztfajták esetében kapott eredményeket a **4. táblázat** összegezi.

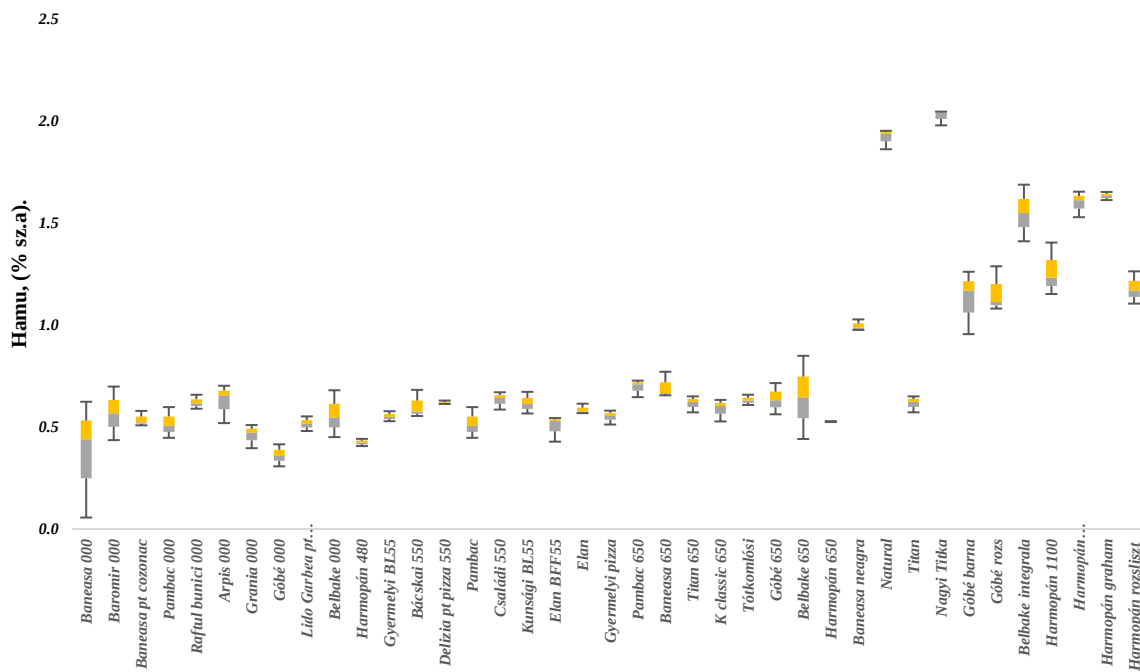
4. táblázat: Leíró statisztikák a különböző lisztfajtákról.

		N	Nedvesség	Hamu	Nedves sikér	Nedves sikér területe	Sikér nedvesség
M.E			%	% sz.a.	%	mm	%
480 Fehér Liszt	min		9,76	0,36	27,90	0,00	49,59
	Átlag		10,44	0,51	31,79	1,33	58,37
	CI95% -	11	10,21	0,46	29,89	0,89	56,51
	CI95% +		10,68	0,55	33,68	1,78	60,23
	max		11,15	0,63	39,32	2,87	61,91
	min		9,87	0,50	24,76	0,25	57,94
550 Fehér Liszt	Átlag		10,24	0,57	31,90	1,92	59,56
	CI95% -	9	10,12	0,55	28,57	1,08	59,02
	CI95% +		10,36	0,60	35,23	2,75	60,10
	max		10,55	0,63	40,65	4,67	60,71
	min		9,65	0,53	22,34	0,00	55,57
	Átlag		10,10	0,63	30,02	0,77	60,39
650 Fehér Liszt	CI95% -	8	9,93	0,59	25,80	0,09	58,34
	CI95% +		10,28	0,67	34,24	1,45	62,45
	max		10,45	0,70	39,47	2,67	66,49
	min		8,3	0,6	25,2	0,0	56,4
	Átlag		9,59	1,37	32,05	0,33	58,41
	CI95% -	11	9,29	1,14	26,54	-0,04	56,46
Teljes kiórlású liszt	CI95% +		9,89	1,60	37,56	0,70	60,36
	max		10,30	2,02	39,47	0,83	61,22

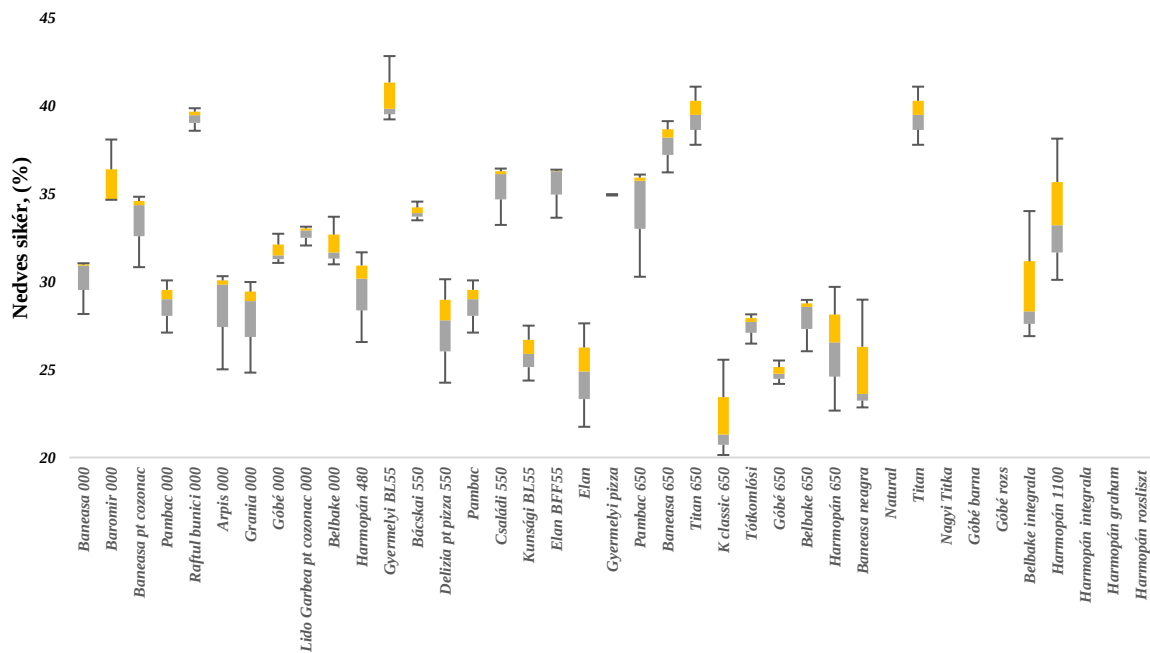
A vizsgált minták egyéni értékeit a következő ábrák mutatják be:



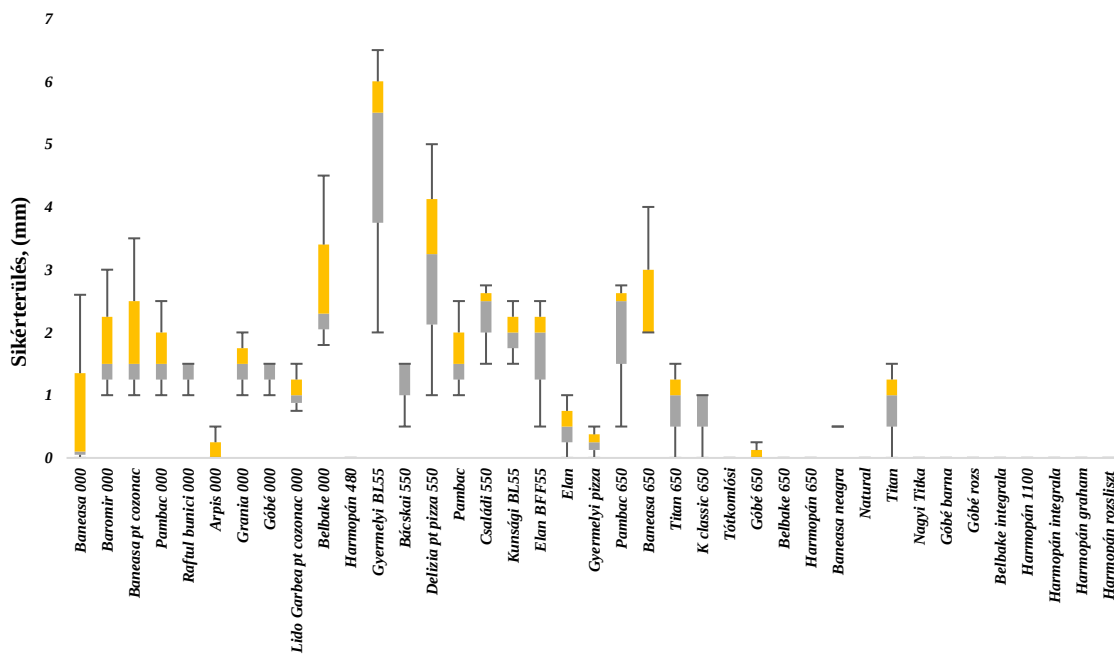
4. ábra: A vizsgált búzalisztek nedvességtartalma.



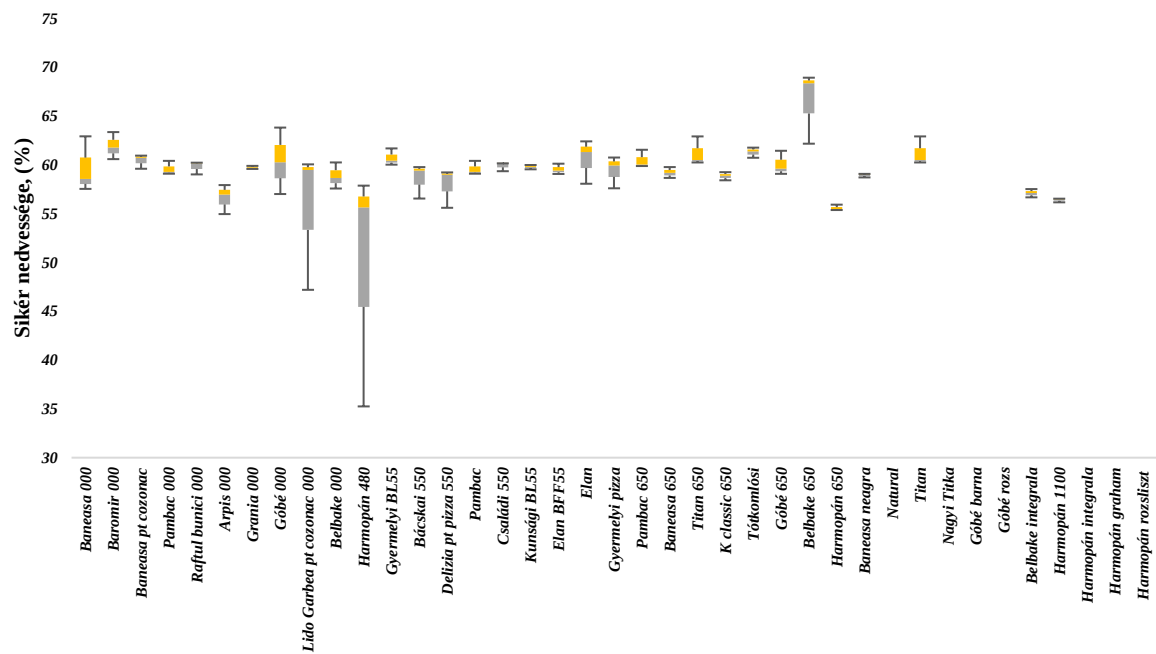
5. ábra: A vizsgált búzalisztek hamutartalma.



6. ábra: A vizsgált búzalisztek nedves sikkértartalma.



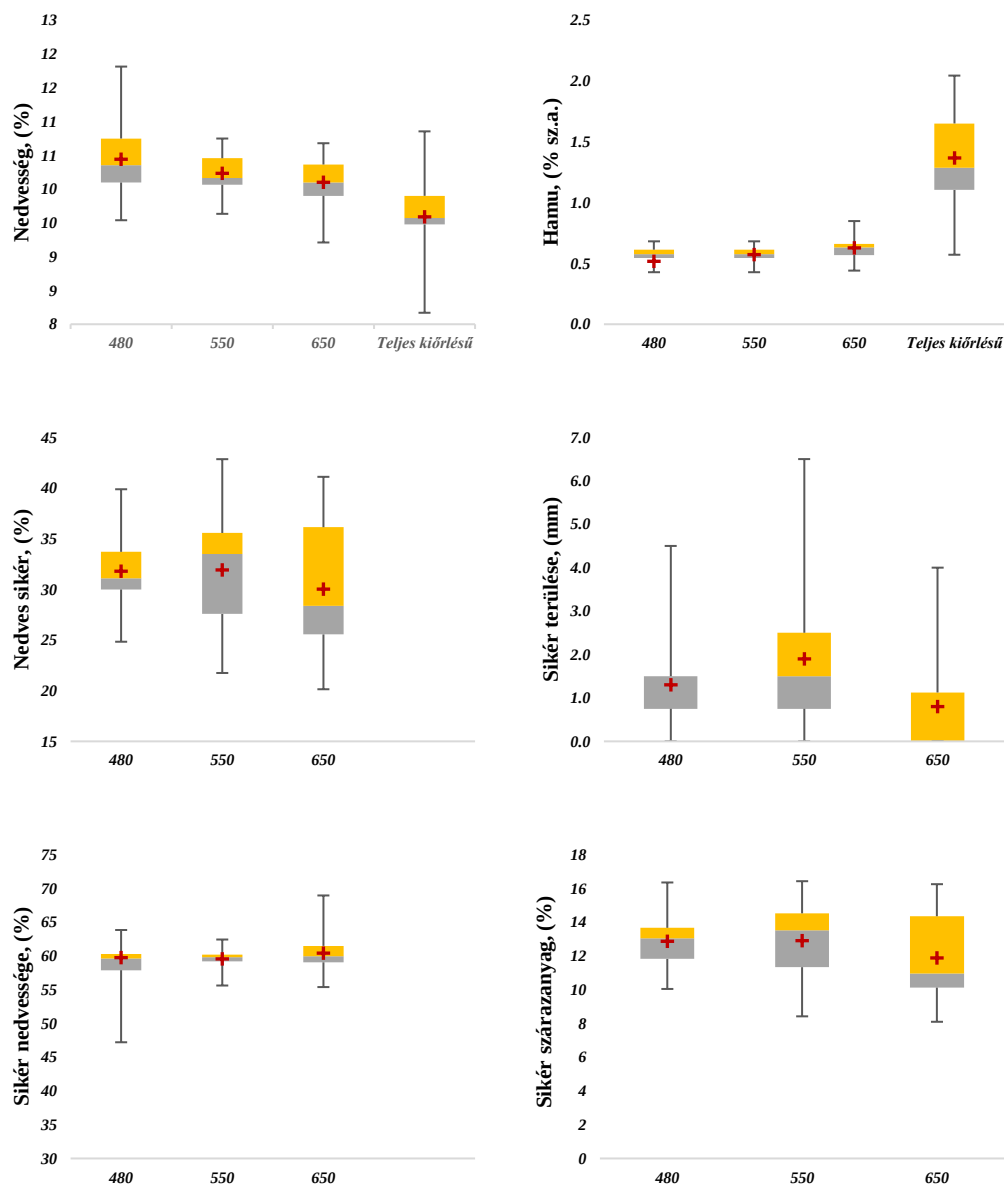
7. ábra: A vizsgált búzalisztek nedves sikkér területe.



8. ábra: A vizsgált búzalisztek sikér nedvessége.

3.2. Box-plot elemzés (doboz-ábra elemzés)

A mediánok, vagy más néven a helyzeti középértékek, alkalmasabbak a Box-plot analízissel történő elemzésre, ahol a minimum és maximum értékek a tartományt, a kvartilisek szélessége (Q2-szürke és Q3-sárga) pedig a minták előfordulását jelentik. A nedvességtartalmat tekintve a legmagasabb koncentrációt a fehér liszteknél (480 Fehér Liszt > 550 Fehér Liszt > 650 Fehér Liszt), az ellenkező oldalon a legalacsonyabb nedvesség koncentrációt a teljes kiőrlésű liszteknél tapasztaltuk. Az 550-es és 480-as búzaliszt esetében megközelítőleg azonos magas szintű nedves- és szárazsíkér-koncentrációt észleltünk. A 650-es búzaliszt esetében magasabb volt a siker nedvessége, így a száraz sikektartalom alacsonyabb értékű (**9. ábra**).



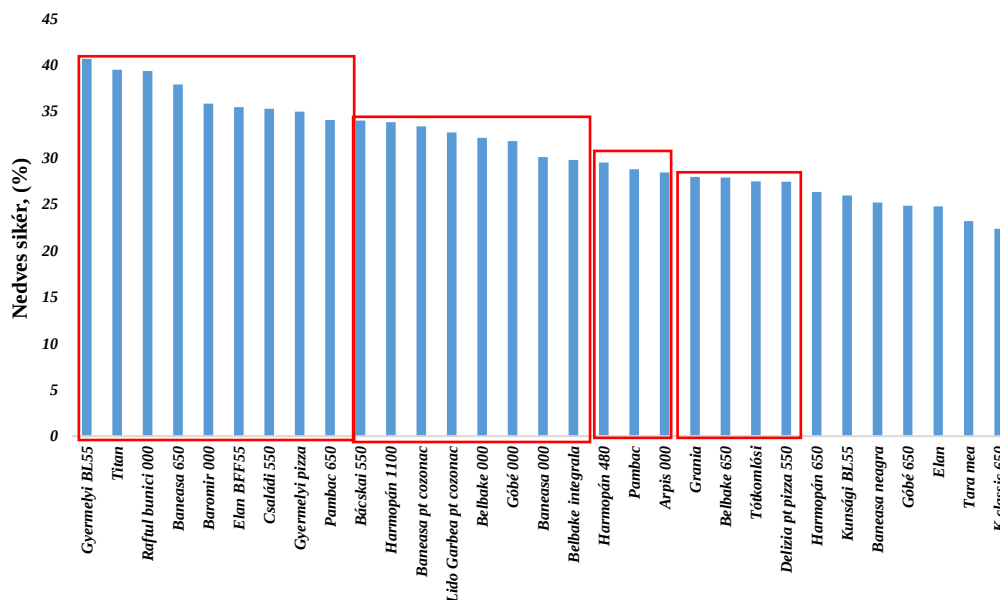
9. ábra: A vizsgált lisztek doboz-diagram (box-plot) elemzése.

Az alsó (szürke) és felső (sárga) határok képviselik a második (Q2) és harmadik (Q3) kvartiliseket. Az átlagokat a piros kereszttek jelöltük, míg az alsó és a felső karok a minimum és maximum értékeket szemléltetik. Az ábrák a Microsoft Excel program felhasználásával készültek.

3.3. Különféle lisztek osztályozása a nedves sikértartalom alapján

A vizsgált búzalisztek csoportokba soroltuk a nedves sikértartalom alapján. A mérési eredményekből következik, hogy a vizsgált lisztek 32,1%-a (9 db) javító lisztnek minősült, így a nedves sikértartalom a következő búzaliszt típusok esetében meghaladta a 34%-ot: *Gyermelyi BL55*, *Titan 650*, *Raftul bunicii 000*, *Baromir 000*, *Elan BF550*, *Családi 550*, *Gyermelyi pizza*, *Pambac 650* (10. ábra).

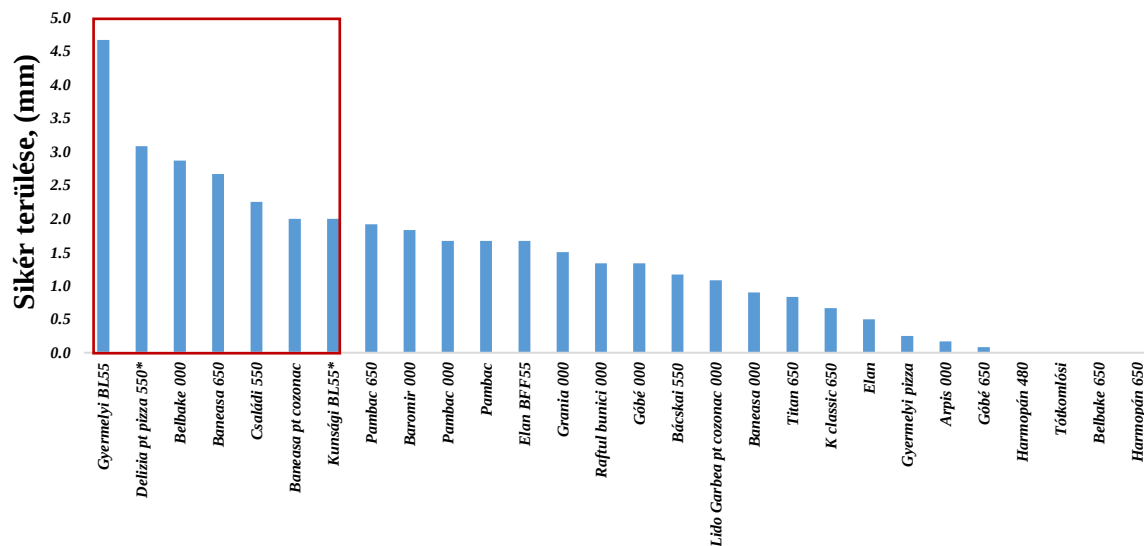
A második kategóriába sorolhatók a lisztek közel egynegyede, melyekre jellemző, hogy a nedves sikértartalmuk magasabb mint 30%. A II és a III típusú lisztekhez 3 illetve 4 lisztfajta sorolható. Ezekre jellemző, hogy a nedves sikértartalmuk magasabb mint 28%, illetve 26%. A nedves sikértartalom a liszt fontos minőségi mutatója, mert egybeesik a sikérképző fehérje koncentrációjával, amelyek a tésztakeverés és a sütési tulajdonságok kulcsfontosságú paraméterei. A magas nedves sikértartalmú lisztek (>34%) alkalmasak a gyengébb minőségű lisztek tulajdonságainak feljavítására.



10. ábra: A búzalisztek osztályozása a nedves sikértartalom alapján.

3.4. Különböző lisztfajták osztályozása a nedves sikerterület alapján

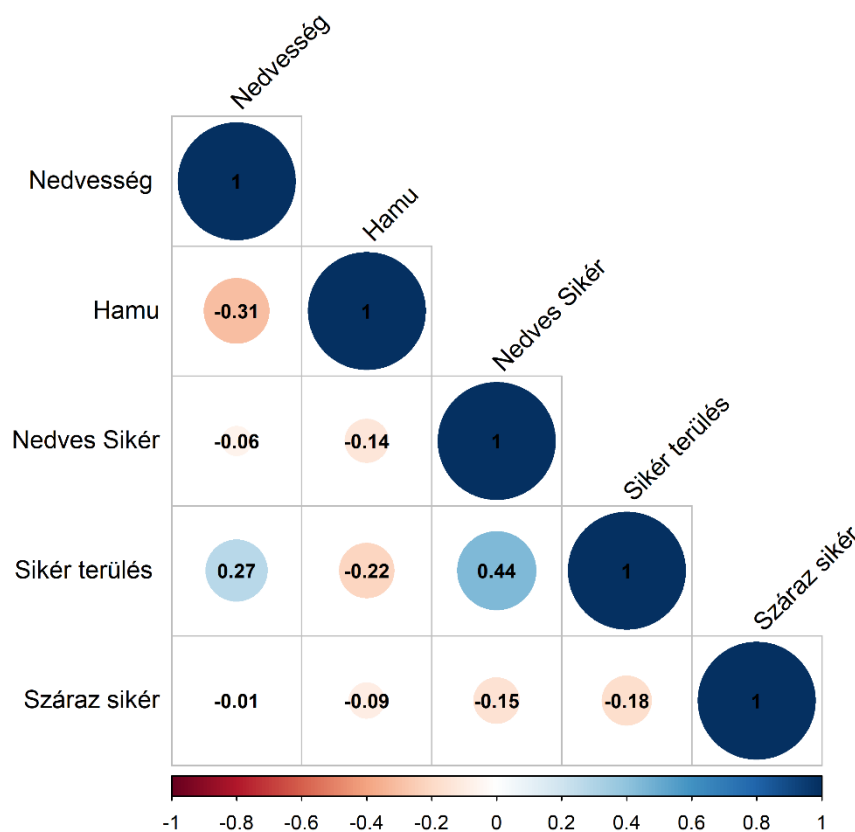
A sikerterület alapján nagy különbségeket figyeltünk meg a vizsgált búzalisztek között. 7 lisztmárka (Gyermelyi BL55, *Deliza pizza 550*, *Belbake 000*, *Băneasa 650*, *Családi 550* és *Băneasa* (kalács)) átlagos terület sorolható a 2-5 mm terület estén megfelelőnek. Figyelembe véve e lisztek nedves sikértartalmát is, a *Deliza pt pizza 550* és *Kunsági BL550* nedves sikértartalma nem érte el a jó minőségű lisztek küszöbértékét. A többi vizsgált lisztnél a sikerterület 2 mm-nél kisebb volt (**11. ábra**).



11. ábra: A búzalisztek osztályozása a sikerterület alapján.

3.5. Spearman korreláció

Az R 3.6.2 statisztikai program felhasználásával elvégeztük a Spearman korrelációelemzést, meghatározva a korrelációk nagyságát. A mintanagyság alapján ($N=31$, $P<0,1$) a szignifikáns szintet $r=0,24$ -ben határoztuk meg. Ennek a szignifikancia szintnek ismeretében pozitív korrelációt mutattunk ki a nedves siker és a sikerterület között ($r=0,44$). Szintén pozitív korrelációt véltünk felfedezni a sikerterület és a búzaliszt nedvességtartalma között. A pozitív korreláció egyenes arányosságot jelöl, tehát minél nagyobb a nedves siker % annál valószínűbb, hogy a sikerterületünk is nagyobb lesz. Szignifikáns negatív korreláció volt kimutatható a búzaliszt nedvességtartalma és hamutartalma között ($r=0,44$). Ebben az esetben a negatív korreláció fordított arányosságra utal, tehát az alacsony hamu tartalmú fehér lisztek magasabb nedvességtartalommal jellemezhetők (12. ábra).

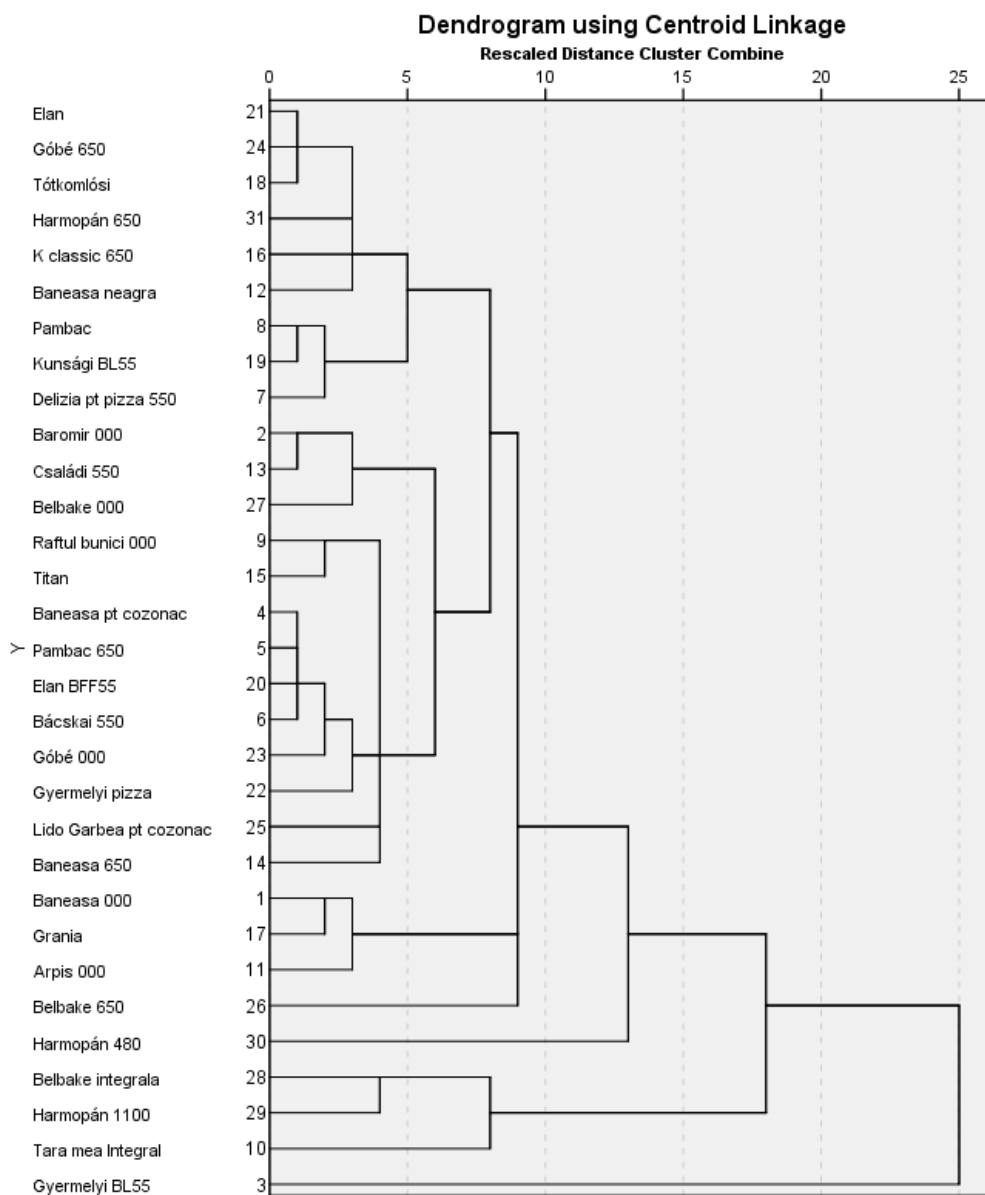


12. ábra: A vizsgált búzalisztek Spearman korrelációja.

3.6. Hierarchikus klaszteranalízis

Felhasználva az SPSS statisztikai programot, elkészítettük a vizsgált búzalisztek hierarchikus klaszterelemzését. A különböző típusú búzalisztek minél közelebb kapcsolódnak a klaszterekhez, és azon belül az al-klaszterekhez, annál jobban hasonlítanak a meghatározott paraméterek (nedvesség, hamutartalom, nedves sikér, sikérterület, sikér szárazanyag) alapján. A hierarchikus klaszterelemzés elkészítése során 31 búzaliszt vizsgált paramétereit vettük figyelembe.

A dendrogramból (**13. ábra**) kiolvasható, hogy a *Gyermely BL55* búzaliszt kivételével mind az első nagy klaszterben kapcsolódnak különböző sorrendben. Az 1.1 al-klaszter felöleli a vizsgált minták 87%-át. Ebben a klaszterben a fehérlisztek (000, 550, 650) helyezkednek el. Az 1.2-es al-klaszterben találhatóak a magas hamutartalmú búzalisztek (*Belbake, Harmopan, Tara mea*).



13. ábra: A vizsgált búzalisztek hierarchikus klaszterelemzése.

Összefoglalás

Jelen tanulmányban a romániai piacról származó 39 búzaliszt nedvesség-, hamu- és sikér tartalmát (nedves, száraz, terület) elemeztük. A vizsgált lisztkategóriák között különbségek mutatkoztak. A fehér búzaliszteket magasabb nedvesség-, nedves sikér- és alacsonyabb hamutartalom jellemezte. Továbbá a teljes kiőrlésű búzalisztek alacsonyabb nedvesség- és magasabb hamutartalommal rendelkeztek.

A laboratóriumi meghatározások eredménye alapján a vizsgált búzalisztek nedvességtartalma 9,5 és 11,8% között változott. A hamutartalom alapján a legalacsonyabb és legmagasabb értékekkel az *Elan BFF55* (0,427 g/100 g) és *Granny's Secret* (2,04 g/100 g) kereskedelmi forgalomban kapható liszt márkák rendelkeztek. A vizsgált lisztek átlagos nedves sikértartalma 30 és 32% között változott, a lisztek átlagos száraz sikértartalma pedig 12,8% volt.

További vizsgálatokra van szükség a búzalisztek szénhidrát-, fehérje-, élelmi rost- és ásványi anyag összetételének meghatározásához, annak érdekében, hogy megbecsülhessük a különböző gabonafajtáknak tulajdonított lehetséges egészségügyi hatásait.

Irodalomjegyzék

1. Horváth József, K. L. *A világ mezőgazdaságának fejlődési tendenciái.* (2016).
2. Borsos János, Pusztai Péter, Radics László, Szemán László, T. L. V. *Szántóföldi növénytermesztés.* (1994).
3. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2021/index.html>. (2021).
4. <https://www.madr.ro/culturi-de-camp/cereale/grau.html>. (2022).
5. Varga Csaba. *Élelmiszeripari ismeretek.*
6. <https://foodandwine.hu/2013/05/16/lisztek-kodfejtes-liszterzekenyseg/>. (2022).
7. <http://www.garakft.hu/drupal/?q=buza>. (2022).
8. Mariann Móré, Zoltán Győri & Péter Sipos. The relationship between gluten proteins and baking quality. *Acta Agrar. Debreceniensis* 117–122 (2012) doi:10.34101/actaagrar/48/2465.
9. Kónya Éva. Közeli infravörös spektroszkópi alkalmazása búza minták reológiai vizsgálatára. (2015).
10. Manninger Katalin. *Búza fizikai tulajdonságai, labormalmi őrlés, szitaanalízis.* (2021).
11. Tamásné Nyitrai, E. C. A búza (*Triticum aestivum* L .) táplálkozási értékének javítása géntechnológiai módszerrel. 81 (2009).
12. Alisaac, E. *et al.* Assessment of fusarium infection and mycotoxin contamination of wheat kernels and flour using hyperspectral imaging. *Toxins (Basel)*. **11**, 1–18 (2019).
13. J Hughes, V Vaiciurgis, S. G. Flour for Home Baking : A Cross-Sectional Analysis of. (2020).
14. <https://en.wikipedia.org/wiki/Vomitoxin>. (2022).
15. European Commission. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union* **30**, 127–129 (2006).
16. Szép Alexandru. *A technológiai folyamat elemzése és szintézise – jegyzet.* (2013).
17. Rodler, I. *Tápanyagtáblázat.* (Medicina, 2005).

18. Zhang, H., Wang, H., Cao, X. & Wang, J. Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. *Food Res. Int.* **113**, 24–35 (2018).
19. Araujo, R. G. O. *et al.* Mineral composition of wheat flour consumed in Brazilian cities. *J. Braz. Chem. Soc.* **19**, 935–942 (2008).
20. Dabija, A. & Paius, A. M. Study on Flour Quality Assessment Designed to Obtain Biscuits. *Food Environ. Saf.* **14**, 218–222 (2015).
21. Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A. & Delcour, J. A. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *J. Cereal Sci.* **54**, 266–279 (2011).
22. Kumar, P. *et al.* Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat: A Review. *Life Sci. Med. Res.* **2011**, 22 (2011).
23. Škrbić, B., Durišić-Mladenović, N. & Cvejanov, J. Principal component analysis of trace elements in Serbian wheat. *J. Agric. Food Chem.* **53**, 2171–2175 (2005).
24. 687/2008/EK RENDELET. 1–89 (2008).
25. Eeckhout, M., Landschoot, S., Deschuyffeleer, N., De Laethauwer, S. & Haesaert, G. Guidelines for prevention and control of mould growth and mycotoxin production in cereals. *Mycobunt, synagra. be/Download. ashx* (2013).

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk **Dr. Szilágyi József** és **Dr. Bodor Zsolt** vezetőtanároknak, valamint **drd. Bodor Katalinnak** a dolgozat elkészítése során nyújtott támogatásukért.