

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Készítette:

NYÁRI LADISLAV

doktorjelölt

Mosonmagyaróvár

2025

Nyári Ladislav

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris
Doktori Iskola

Doktori Iskola vezető: Prof. Dr. Varga László

Doktori program: Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Program

Doktori Program vezető: Prof. Dr. Pinke Gyula DSc

Kutatási téma címe:

**Szemestermények (gabonák) nyomon követése és minőségi paramétereinek
vizsgálata post-harvest műveletek során**

Tudományos vezetők:

Dr. habil. Kovács Attila PhD és

Dr. Teschner Gergely PhD

Képzési forma: nappali tagozat

Mosonmagyaróvár

2025

Szemestermények (gabonák) nyomon követése és minőségi paramétereinek vizsgálata post-harvest műveletek során

Írta:
NYÁRI LADISLAV

Jelen értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében készült a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Program keretében.

Témavezető: Dr. habil. Kovács Attila

Elfogadásra javaslom (igen/ nem)
(aláírás)

Témavezető: Dr. Teschner Gergely

Elfogadásra javaslom (igen/ nem)
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton..... %-ot ért el.

Mosonmagyaróvár,
.....
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen / nem
(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen / nem
(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen / nem
.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár,
.....
A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése:

.....
Az EDT elnöke

TARTALOM

BEVEZETÉS, TÉMAFELVEZETÉS.....	12
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS.....	14
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	16
2.1 Az őszi búza származása, hazai jelentősége, a felhasználás lehetőségei.....	16
2.2 Az őszi búza élettani jellemzése	20
2.2.1 Éghajlati igénye	20
2.2.2 Vízigénye	22
2.2.3 Talajigénye.....	24
2.2.4 Tápanyagellátása.....	26
2.3 Az őszi búza termesztése, fejlődésmenete, fenofázisai	30
2.4 Az őszi búza növényteni jellemzése	31
2.5 Őszi búza fajtahasználat	33
2.6 Malomipari tulajdonság.....	36
2.8 A logisztika célja, területei	40
2.9 Szemestermények raktározása.....	42
2.9.1 Raktározandó áru szállítása.....	44
2.9.2 A szemes termények átvétele, termesztés és a minőség összefüggései	46
2.9.3 A raktározás során fellépő gombabetegségek.....	52
2.9.4 A gabona raktározása és anyagmozgatás gépei.....	56
2.9.5 Raktártípusok	57
2.9.6 Szemestermények átszellőztetése	61
2.9.7 Gabonák beltartalmi értékeinek megóvása	65
2.10 Élelmiszer nyomon követés.....	71
2.11 Színképelemzés	72
3. Anyag és módszer	78
3.1. A búzafajtáink termőhelye.....	78

3.2 Búzaminták előkészítése.....	80
3.3 A színméréshez szükséges minták előkészítésének menete	82
3.4 Színmérés.....	84
3.1.5. Statisztikai elemzések	87
3.2 Innovatív Színképelemzési Módszerek Alkalmazása a Gabonafélék Minősítésében és Nyomon Követésében.....	90
3.2.1 Nyilvántartás és adatrögzítés	90
3.2.2 Mintavétel és homogenizálás	91
3.2.3 Laboratóriumi vizsgálatok	91
3.2.4 Adatrögzítés és raktározás	93
3.2.5 Minőségellenőrzés a raktározás során.....	93
3.2.6 Számlázás és adminisztratív folyamatok	94
4. EREDMÉNYEK	96
4.1 Kalibrációs egyenesek meghatározása és a HUE × C Index alkalmazása a búzafajták keveredésének modellezésére.....	96
4.2 A kalibrációs egyenesek és a raktári keverékek fotóspektrométerrel meghatározott méréseinek grafikonjainak összevetései.....	101
4.2.1 A 2021-es kísérlet eredménye.....	102
4.2.2 A 2022-es évi kísérleti eredmények.....	111
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	125
6. TÉZISEK.....	128
7. A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	129
8. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN EDDIG MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK	130
9. FELHASZNÁLT IRODALOM	131
9.1 Nyomtatott irodalom jegyzéke	131
9.2 Digitális irodalmak jegyzéke	150
10 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	152

Szemestermények (gabonák) nyomon követése és minőségi paramétereinek vizsgálata post-harvest műveletek során

Kivonat

Az élelmiszeriparban, különösen a gabonafeldolgozás területén, az élelmiszerek nyomon követhetősége kulcsfontosságú a minőség és biztonság szempontjából. A technológiai fejlődés és az automatizálás terjedése elősegíti az eljárások hatékonyságát és megbízhatóságát. Az egyik legkritikusabb probléma a gabonatételek hatékony elkülönítése és lokalizálása a tárolás során. Az optikai módszerek, például a színeképelemzés és a NIR spektroszkópia, hatékony megoldást kínálnak erre a problémára.

Ebben a tanulmányban a CIELab rendszer alkalmazásával vizsgáltuk a gabonák keveredését és színbeli változásait. Az általunk alkalmazott módszer lehetővé tette a színbeli változások objektív értékelését és a keveredések arányának pontos meghatározását. Kísérleteink során búza mintákat vizsgáltunk, melyek különböző arányú keverékeit állítottuk elő. A színmérések során D65 fényforrással ellátott reflexiós koloriméterrel dolgoztunk, és az összes mintát tíz ismétlésben mértük le. Az eredmények alapján lineáris trendvonalakat állítottunk fel, amelyek alátámasztják a keverések arányának változásának egyenletes hatását a színárnyalatra.

Ezen eredmények fontos információkat szolgáltattak a gabonák lokalizálásához és a keveredések arányának pontos beállításához a síkraktárakban. A tanulmányunk jelentőségét az adja, hogy kvantitatív módon vizsgáltuk a gabonafajták keveredésének hatását, és pontosan meghatároztuk ennek mértékét a színmérés segítségével. A kísérletek eredményei alapján hatékony és megbízható módszert dolgoztunk ki a raktározandó gabonák körülhatárolására.

A kutatás célja annak meghatározása volt, hogy a $HUE \times C^*$ index alapján milyen pontossággal lehet számszerűsíteni az egyes keveredési arányokat, valamint milyen módon lehet a fotospektrometriás méréseket kalibrációs egyenesek segítségével a gyakorlati alkalmazásba integrálni.

Ebben a munkában bemutatjuk a tárolt gabonák szemcsés halmazként való keveredésének mértékét és az elkülönítésüket lehetővé tevő megoldásokat, hangsúlyozva az alkalmazott módszerek tudományos és gyakorlati jelentőségét.

Follow-up of harvests (grains) and examination of their quality parameters during post-harvest operations

Abstract

Traceability of food is crucial from the aspect of quality and safety in the food industry, especially in areas of cereal processing. Technological

development and the spread of automation encourage the efficiency and reliability of processes. One of the most critical problems is the effective separation and localization of cereal batches during storage. Optical methods such as spectral analysis and NIR spectroscopy provide an effective solution for this problem.

In this study, the CIELab system was used to investigate the mixing of cereals and the changes in color of cereals. The method we used allowed the objective evaluation of changes in color and the accurate determination of mixing proportions. In our experiments, we tested wheat samples produced in mixtures of different proportions. During the spectral analysis, we used a reflectance colorimeter with a D65 light source, all samples were measured in ten repetitions. Based on the results, linear trend lines were established, confirming the consistent effect of varying the mixing ratio on hue.

The results provided important information for the localization of cereals and for the precise adjustment of the mixing ratios in flat storage. The significance of our study lies in the fact that we have quantitatively examined the effect of grain varieties mixing and accurately quantified the extent of this effect using colour measurement. Based on the results of the experiments, we have developed an effective and reliable method for the delimitation of cereals to be stored.

The aim of the research was to determine the accuracy of quantifying different mixing ratios based on the HUE \times C* index and to explore how spectrophotometric measurements can be integrated into practical applications using calibration curves.

In this study, we present the extent of mixing of stored grains as a granular mass and the solutions that enable their separation, emphasizing the scientific and practical significance of the applied methods.

BEVEZETÉS, TÉMAFELVEZETÉS

Az ellenőrzött élelmiszer előállítás, ezen belül gabonák feldolgozása az utóbbi évtizedekben egyre jelentősebb szerepet kap a minőségi élelmiszertermelésben. Azonban az élelmiszer alapanyagok (a termőföldtől az élelmiszer előállító üzemig) nyomon követése nem, vagy csak nagyon minimális szinten megoldott. Mindezt nehezíti, hogy a Föld lakossága rohamosan növekszik, a termőterület csökken és a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer előállítása a globális klímaváltozás hatása alatt az élelmiszertermelő fejlett országok számára egyre is nagyobb kihívást jelent. Ennek kritikus eleme lesz a teljes „szántóföldtől- asztalig” („from-field-to-fork”) történő nyomon követhetőség.

Az élelmiszer-biztonsággal kapcsolatos uniós fellépés az emberek, az állatok és a növények egészségének a mezőgazdasági üzemtől az étkezőasztalig terjedő valamennyi szakasz során történő védelmére irányul, ugyanakkor elősegíti az európai élelmiszeripar növekedését (URL1).

Az élelmiszer-biztonság és azon belül az élelmiszerek nyomon követhetősége sarkalatos pontját képezi az egyre szigorúbbá váló Európai Unió élelmiszerszabályozásnak is. Az ellátási lánc minden szereplője számára napjainkban már több rendelet (178/2002/EK, 852/2004/EK) és számos független agrár- és élelmiszeripari szabvány/rendszer (EUREPGAP, HACCP, ISO 22000, ISO 22005 stb.) határozza meg az élelmiszer-biztonságra, higiéniára és nyomon követhetőségre vonatkozó minimális előírásokat. A nyomon követhetőség, mint elvárás megjelenése egyébként sem meglepő, hiszen egy élelmiszerekkel kapcsolatos krízis esetén, jól működő nyomon követési rendszer nélkül elképzelhetetlen lenne a hatékony termékvisszavonás (Kétszeri, 2006).

Az Európai Parlament és a Tanács 178/2002 EK rendelete 2005. január 1-től rendelkezik az élelmiszerek teljes nyomon követésének bevezetéséről. A rendelet 18. cikke a következőket írja: „A termelés, feldolgozás és forgalmazás minden szakaszában biztosítani kell az élelmiszerek, a takarmányok, az élelmiszertermelésre szánt állatok valamilyen élelmiszerbe, vagy takarmányba bekerülő vagy vélhetően bekerülő egyéb anyag útjának nyomon követhetőségét.” (Németh, 2004).

Az élelmiszerek nyomon követhetősége tehát általánosan három dolgot jelent. Egyszer preventív biztonságot, ahol a termékkel együtt „görgetjük” a megbízhatóságát igazoló

információt, segítve a forgalmazás és a fogyasztás bizalmát. Másrészt lehetőséget biztosít arra az esetre, ha valami történik – vissza lehessen keresni, lokalizálni lehessen a baj forrását, megakadályozni a probléma tovább terjedését vagy a károsultak számának növekedését. A harmadik szerepe a felelőségek elhatárolása. Ha a származás ismert, a forgalmazás lépései követhetők, baj esetén a felelősség visszahárítható arra, aki elvben tehetett volna valamit annak elkerülésére (Kun, 2004).

A nyomon követhetőség iránti igény nem csupán szabályozási szempontból kritikus, hanem operatív előnyökkel is jár. Egy jól működő nyomon követési rendszer egyrészt preventív biztonságot nyújt, hiszen az egyes tételek megbízhatósága dokumentált, amely elősegíti a fogyasztói bizalom növelését. Másrészt válsághelyzetben gyors reagálást tesz lehetővé, hiszen az esetleges szennyeződési vagy minőségromlási problémák forrása azonosítható és izolálható, minimalizálva ezzel a káros hatásokat. Harmadrészt pedig a felelősségi viszonyok egyértelmű meghatározását biztosítja, hiszen a termék eredetének dokumentáltsága lehetővé teszi az ellátási lánc szereplőinek visszamenőleges ellenőrzését és az érintettek elszámoltathatóságát.

A doktori kutatásom célja a gabonák, mint szemcsés halmazok nyomon követésének vizsgálata, valamint egy olyan rendszer kidolgozása, amely a betakarítástól kezdve a feldolgozáson és a tároláson át biztosítja a tételazonosítást és a nyomon követhetőséget.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS

Doktori kutatásom célja egy komplex, gabonafélékre – mint szemcsés halmazokra – alkalmazható nyomon követési rendszer kidolgozása, amely az aratástól kezdődően a betakarítás utáni logisztikai folyamatokon keresztül (beleértve a tisztítást, szárítást és tárolást) biztosítja a tételazonosítást és a nyomon követhetőséget.

A gabonák nyomon követésének egyik fő nehézsége, hogy a termőföldtől a végső felhasználásig tartó folyamatban az egyes tételek keveredhetnek, amely csökkentheti az eredetazonosítás hatékonyságát. A kutatás során a színeképelemzés (spektrofotometria) alapú nyomon követési technológia fejlesztésére fókuszálok, amely lehetővé teszi a különböző keveredési arányok pontos meghatározását és a tárolt gabonák elkülönítését.

Vizsgálataimat elsősorban az AGROSID a.s. – SANAGRO GROUP cégnél terveztem elvégezni. Ez a cég gabona felvásárlással, tárolással, minősítéssel, értékesítéssel foglalkozik.

A kutatás előzményei közé tartozik a "Sörárpa termesztésének nyomon követése" című, precíziós mezőgazdasági szakmérnök MSc diplomadolgozatomban végzett vizsgálat, amely során a termelés folyamatának részletes elemzésével értékeltem a nyomon követhetőségi rendszer gyakorlatban történő alkalmazhatóságát. Az e kutatásban szerzett tapasztalatok és eredmények szerves alapját képezik doktori munkámnak.

A gabonaraktározási rendszerekben az egyes tételek már az aratás során nagyszámú adathalmazzal rendelkeznek, amely a modern élelmiszerbiztonsági és logisztikai követelmények teljesítésében jelentős szerepet játszhat. Az élelmiszer-feldolgozó üzemek számára ez a proaktív nyomon követési megközelítés különösen fontos lehet, hiszen lehetőséget biztosít az egyes tételek teljes életciklusának visszakövetésére még azelőtt, hogy azok a feldolgozási láncba kerülnének.

Kutatásom egyik legfontosabb újdonsága a színeképelemzés alkalmazása a gabonafélék nyomon követésében. A spektrofotometriás módszerek lehetővé teszik a különböző keveredési arányok számszerűsítését, valamint a HUE \times C* index alapján történő minősítést. A módszertan integrációja a NOC logisztikai rendszerbe jelentős előrelépést jelenthet az agrár-élelmiszeripari szektorban alkalmazott nyomon követési technológiák területén.

A rendszer egyik fő előnye, hogy az egyes gabonatételek azonosítása és visszakövetése objektív, kvantitatív adatokon alapul, amely jelentősen növeli az élelmiszer-biztonságot és

csökkenti az ismeretlen eredetű alapanyagok kockázatát. A precíz nyomon követési rendszer lehetővé teszi:

- A raktárban tárolt tételek pontos körül határolását
- A minőségromlási folyamatok akár (pl. Fusarium-fertőzés) gyors azonosítását
- A termelőhöz való visszakövethetőséget az esetleges problémák fellépésekor
- A szántóföldtől a feldolgozóüzemig tartó teljes körű dokumentációs lefedettséget

A kutatás során alkalmazott adatfeldolgozási és modellezési eljárások elősegítik az ellátási láncban felmerülő minőségellenőrzési, logisztikai és gazdasági folyamatok optimalizálását. A fejlesztett módszertan nem csupán tudományos jelentőséggel bír, hanem közvetlen ipari alkalmazásokhoz is igazítható, hozzájárulva az élelmiszerbiztonsági szttenderdek fejlődéséhez és az európai uniós előírások hatékonyabb teljesítéséhez.

A disszertáció célja ezen elméleti és gyakorlati aspektusok feltárása és bemutatása, a modern digitális adatfeldolgozás módszertanának felhasználásával.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Az őszi búza származása, hazai jelentősége, a felhasználás lehetőségei

A kalászosgabonák közül a búzát termeljük a legnagyobb felületen. Hazánkban is nagy hagyománya van. Táplálkozásunkban jelenleg is nagyon fontos. Jelentős mennyiséget használunk takarmányozásra és az utóbbi időszakban számottevő volt a búzaexportunk is (Ragasits, 1994).

A búzát mintegy 10-12 ezer évvel ezelőtt kezdték el termesztani. Termesztésbe vételét minden bizonnyal elősegítette a búzafajok sokfélesége, produktivitása, igénytelensége, alkalmazkodó képessége. Kialakulásának területe az ún. „termékeny félhold”, a mai Közel-Kelet területe lehetett. Még a történelmi időkben innen három irányú volt az elterjedése. Nyugat felé az európai kontinensen, kelet felé Ázsiában, dél felé pedig Észak-Afrikában és a mai Etiópia területén terjedt el és kezdték egyre szélesebb körben termesztani a legegyszerűbb búzafajokat (*Tr. monococcum*, *Tr. dicoccum*, *Tr. spelta*) (Pepó és Sárvári, 2011).

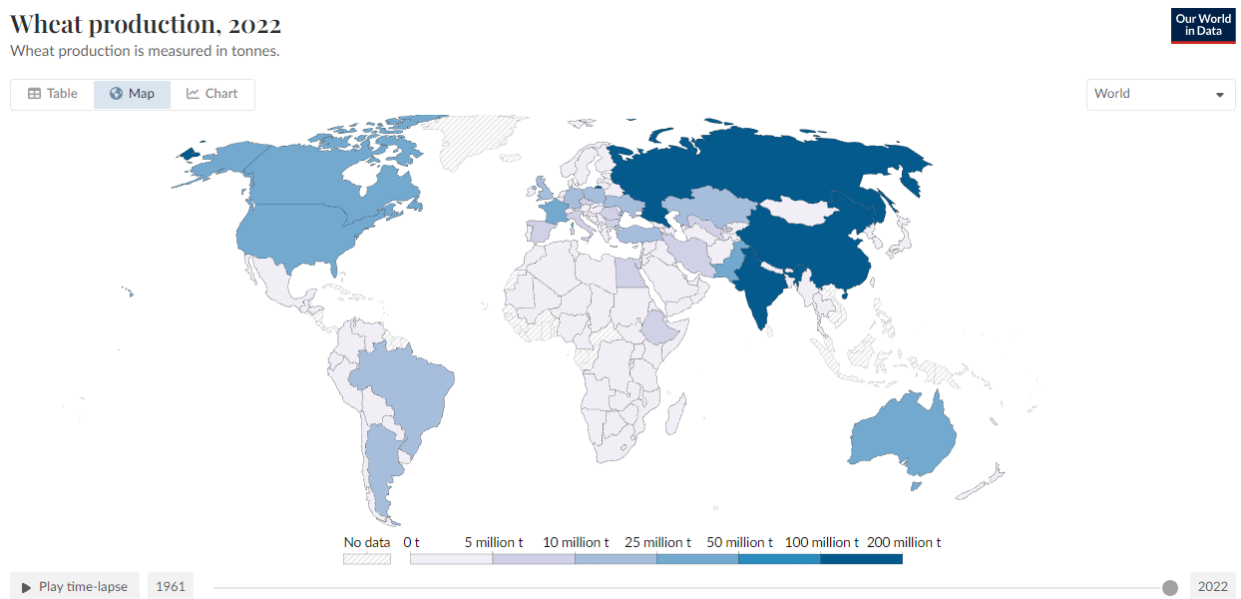
A késő bronzkorral újabb klímaváltozás következett be. A kenyérgabonák közül leginkább az alakor búzát (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*), vagyis egyszemű búzát termesztették, de megmaradt az árpa jelentősége is (Gyulai, 2004).

A középkor folyamán, az addig ismeretlen kontinensek felfedezésével párhuzamosan, a különböző gabonafélék fokozatosan elterjedtek a világ különböző régióiban, ahol korábban nem voltak őshonosak. Az ún. adventív gabonafajok új környezeti feltételekhez alkalmazkodva meghonosodtak, és idővel meghatározó szerepet tölthettek be a helyi mezőgazdaságban. Ennek eredményeként olyan növények, mint a búza, Észak- és Dél-Amerikában, valamint Ausztráliában váltak alapvető termesztett kultúrnövényekké, míg a kukorica Európában és Ázsiában terjedt el széles körben (Pepó és Sárvári, 2011).

A búzatermesztésben áttörést a XIX. század második fele jelentette, csakúgy, mint az a mezőgazdaság legtöbb területén is érzékelhető volt. Lényegében három tényező játszott döntő szerepet; elsőként a gépesítés, amely a talajművelés minőségi javulását eredményezte, a másik az agrokémia előretörése, amely a tápanyagellátás és a növényvédelem területén jelentett előrelépést, és végül, de nem utolsó sorban a genetika és a fajtanemesítés eredményeinek megjelenése (Hidvégi, 2007).

Óriási paradigma-váltáson ment keresztül az elmúlt három évtizedben a fejlett országok növénytermesztése. Míg az azt megelőző időszakban a maximális termésmennyiségek elérése volt a legfontosabb célkitűzés minimális minőségi paraméterek mellett, addig napjainkban optimális termésmennyiséget akarunk realizálni a lehető legjobb, maximális minőségi mutatókkal (Pepó, 2009).

A világon a búza (1. ábra), vetésterülete 245-250 millió hektár körül van. A világon több mint 270 millió hektáron foglalkoznak termesztésével. A világon a búza vetésterületének 90 %-án a közönséges búzát, 10 %-án pedig a keményszemű durumbúzát (keményszemű) termesztik.



1. ábra, a világ búza termelése. forrás: URL₁₇

Az elmúlt hat évtized során a búzatermelés jelentős globális növekedésen ment keresztül, amely elsősorban két tényezőre vezethető vissza: egyrészt a vetésterületek expanziójára, másrészt a genetikai fejlesztések révén elért terméshozam-növekedésre. Az új, magas hozamú búzafajták kifejlesztése és elterjedése, valamint a modern agrártechnológiai megoldások – például precíziós gazdálkodás, öntözési rendszerek fejlesztése és műtrágyahasználat optimalizálása – jelentős mértékben hozzájárultak a termésátlagok növekedéséhez valamennyi kontinensen.

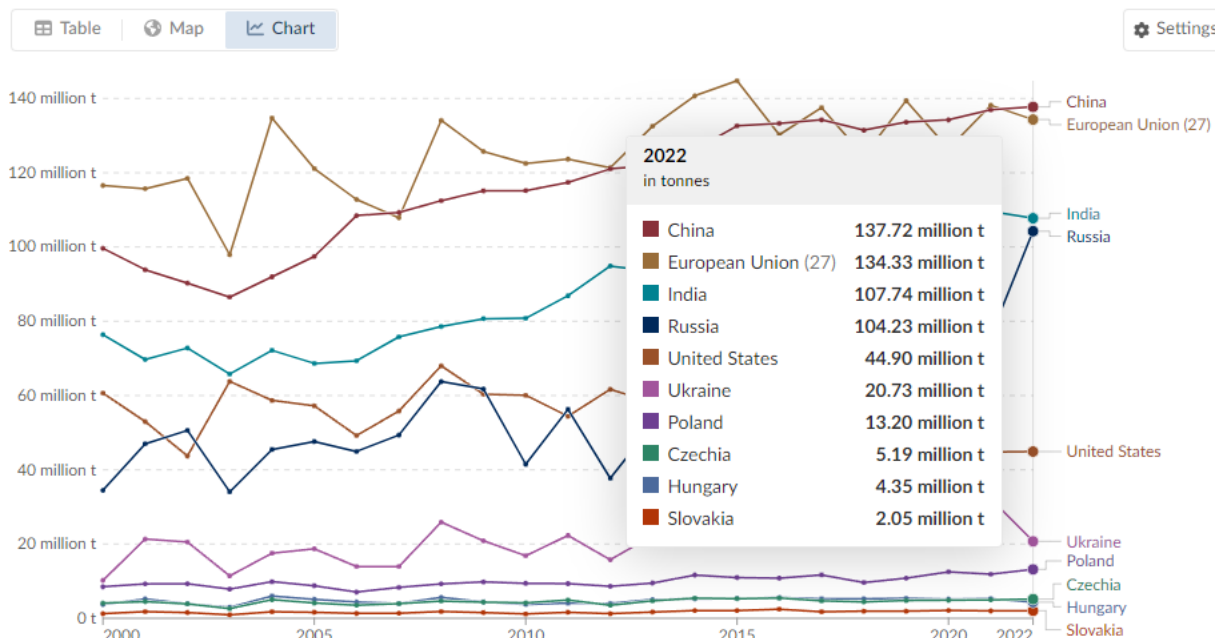
A világvezető búzatermelő régiói (2. ábra) közé tartozik az Európai Unió, amely 2022-ben mintegy 134,33 millió tonnás össztermelést ért el, ezzel a globális búzatermelés egyik meghatározó pólusává vált. Az EU-n kívüli országokat tekintve Kína a világ legnagyobb búzatermelője, amelynek mezőgazdasági fejlődése az elmúlt évtizedekben rendkívüli ütemben zajlott. Kína búzatermelése 1960-ban még nem érte el a 20 millió tonnát, azonban 2015-re

megaladta a 120 millió tonnát, míg 2022-ben már elérte a 137,72 millió tonnát. Ez a növekedés elsősorban a modern agrártechnológia térnyerésének, az öntözési infrastruktúra fejlesztésének, valamint a mezőgazdasági szektorba történő jelentős állami beruházásoknak köszönhető.

Wheat production, 2000 to 2022

Wheat production is measured in tonnes.

Our World in Data



2. ábra, a világ búza búzatermelő régiói, forrás: URL₁₆

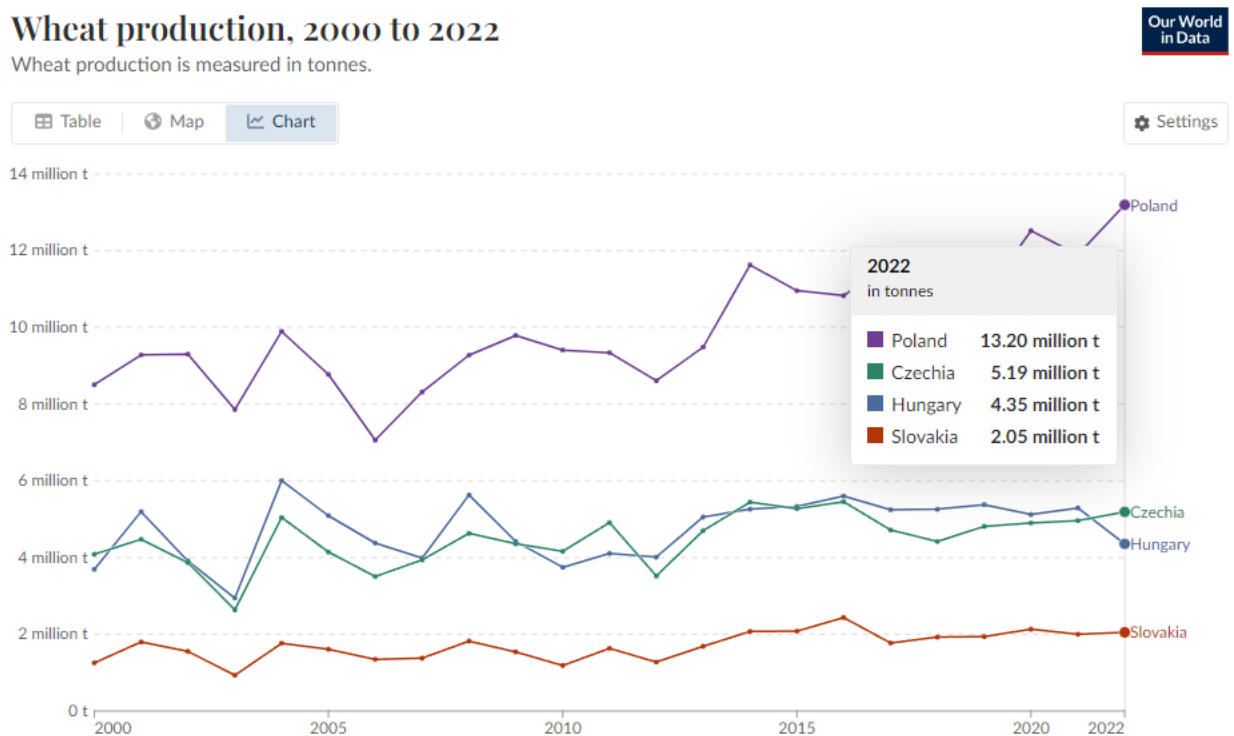
India és Oroszország szintén kiemelkedő szereplők a globális búzatermelésben. India 2022-ben 107,74 millió tonna búzát állított elő, míg Oroszország termelése 104,23 millió tonnára rúgott, amely a világ legnagyobb búzaexportőrei közé emelte az országot. Oroszország kedvező agroökológiai adottságai mellett a mezőgazdasági szektor növekvő modernizációja és a globális piacokra való fokozott exportorientációja is hozzájárult a termelés fokozásához.

Bár az Egyesült Államok továbbra is jelentős búzatermelő, a maga 44,90 millió tonnás termelésével relatív értelemben kisebb szerepet tölt be a globális piacon. Az USA agrárpolitikája az elmúlt évtizedekben a nagyobb jövedelmezőségű kultúrák, például a kukorica és a szója irányába mozdult el, így a búzatermelés aránya csökkent. Terület- és lakosságárányosan vizsgálva az USA búzatermelése inkább közepes volumenűnek tekinthető.

Az európai régióban külön figyelmet érdemel Ukrajna, amely 2022-ig az egyik legjelentősebb búzatermelő ország volt. Az ukrán mezőgazdaság földrajzi és klimatikus adottságai – például a rendkívül termékeny csernozjom talajok és az optimális kontinentális éghajlat – hozzájárultak a

kiváló terméshozamokhoz. 2022-ben az ukrán búzatermelés 20,73 millió tonnára csökkent, amely visszaesés elsősorban az orosz-ukrán háború következménye.

A Visegrádi országok (3. ábra) (Csehország, Magyarország, Lengyelország és Szlovákia) együttesen 24,79 tonna búzát állítanak elő évente. Lengyelország (13,20 millió tonna), Csehország (5,19 millió tonna), Magyarország (4,35 millió tonna) és Szlovákia (2,05 millió tonna), amelyek termelése elsősorban az Európai Unió belső piacainak ellátására koncentrálódik. E régiók termelési volumenei nagyban függenek az időjárási viszonyoktól, a mezőgazdasági támogatások mértékétől, valamint a fenntartható gazdálkodási stratégiák hatékonyságától.



3.ábra, a visegrádi országok búza termelése, forrás: URL₁₈

A búza élelmiszerkénti felhasználása főleg őrleményei formájában történik. Felhasználási területe széles körű; nagyjából kenyeret készítenek belőle, de a kenyéren kívül még számos sütő-, tészta- és cukrászipari felhasználási módja van. A sokrétű felhasználáshoz tartozik még az is, hogy a búza jó minőségű abrakanyag, de melléktermékei is értékesek.

Az őrlekor keletkező búzatorpa fehérjében gazdag abrakanyag. A búzaszalma értékes alomanyag - esetleg takarmánypótló-, de ipari felhasználása is előtérbe került (szalmacellulózgyártás, energetika stb.) A búza hazánkban is a legfontosabb és viszonylag nagy területen termesztett gabonaféle. Búzatermesztésünk nemzet gazdaságilag és üzem gazdaságilag

egyaránt jelentős ágazata növénytermesztésünknek, amelynek mindenkori feladata az, hogy a lakosság kenyérgabona-szükségletét hazai termeléssel biztosítsa. (Radics, 1994).

Kedvező beltartalmi értékei és egyéb tulajdonságai folytán táplálkozásunk alapját képezi. Jelentőségét növeli, hogy alkalmazkodóképessége szinte az ország egész területén lehetővé teszi termesztését (Ragasits, 1994).

A búza népelelmezési jelentőségét a rizs közelíti meg. A búza a legfontosabb gabonafélének. A búzaliszt azért olyan értékes táplálék, mert olyan arányban tartalmaz szénhidrátot és fehérjét, amilyen arányban az emberi szervezetnek e tápanyagokra szüksége van (Láng, 1976).

A búzafélék közül ennek a lisztje a legalkalmasabb a kenyérsütésre. A dietetikusok szerint a kenyérral fedezzük fehérje- és energiaigényünk hatodát. A kenyér csaknem minden létfontosságú kémiai elemet és a vitaminok nagy részét tartalmazza. Ezért volt lehetséges a középkorban a kenyéren és vízen élő rabok számára, hogy hosszú időn át élhessenek súlyosabb egészségkárosodás nélkül (Jolánkai és Szabó, 2005).

Növekvő szerepe van a búza közvetlen ipari felhasználásának is. Ez elsődlegesen a magvak endospermiumának két fő komponense, a fehérje-, illetve a szénhidrát-tartalmú anyagok kinyerésére és további feldolgozására irányul. (Keményítő, illetve ennek derivátumai) (Hidvégi, 2007).

2.2 Az őszi búza élettani jellemzése

2.2.1 Éghajlati igénye

A búza egynyári, egyszer termő növény, az életciklusának időtartama alapján őszi, tavaszi és járó búzára csoportosíthatjuk (Pál, 1983).

A búza a mérsékelt éghajlat növénye, de mégél rendkívül szélsőséges éghajlati feltételek között is, kiváló adaptációs képességének köszönhetően (Nagy 1981; Szabó et al., 1987; Pepó és Sárvári, 2011).

A fajták négy ökotípusba sorolhatók:

- Humid éghajlat búzái.
- Sztyeppe típusú búzák
- Sivatagi és félsivatagi búzák
- A magas hegyvidék párás éghajlatú búzái (Bocz, 1992).

Az őszi búza –20 és +40 C közötti hőmérséklet tartományban biztonsággal megél. A durum búzák télállósága ennél szerényebb (Hidvégi, 2007).

A hasznos hőösszegigény 2000-2200 C, melynek megoszlása a tenyészidő folyamán igen változatos (Bocz, 1996).

A Kárpát-medence és így hazánk talajtani és időjárási feltételei között is nagy termések realizálhatók, a legjobb minőségű kenyérnek való búza is megtermelhető (Bedő et al., 1997).

A búza minősége is függ a klimatikus adottságoktól és az évjárat időjárásától. Száraz klímán kisebb mennyiségű, de jobb minőségű búza terem, míg nyirkos klímán vagy csapadékos évjáratban nagyobb lesz a termés mennyisége, de gyengébb lesz a minősége. Száraz nyarakon sok munkával és többletköltséggel lehet csak megfelelő magágyat készíteni (Koltay et al., 1982).

Hazánk éghajlata a búza termesztésére megfelelő, vannak azonban kedvezőbb és kevésbé jó búzatermő területek (Ragasits, 1994).

Az Alföldön a szélsőségesebb éghajlat (csapadékhiány) miatt nagyobbak a termésingadozások, mint a kiegyenlítettebb Dunántúlon, de a termés minőségére az Alföld éghajlata a megfelelőbb, mivel a szárazabb klíma kedvez a jobb minőségű termés kialakulásának (Láng 1976, Horváth, 1994).

A búza hőigénye a tenyészidő folyamán változik. A csírázás már nagyon alacsony, 0 °C hőmérsékleten megindul, az optimális hőmérséklet azonban a 18-25 °C. A búza kezdeti fejlődésének a hosszu, enyhe őszi kedvez (Ragasits, 1994).

Ha túl meleg ilyenkor az időjárás, melyhez még csapadék is társul siettetni a kelést. Túl hideg idő esetén késik a kelés és a bokrosodás (Erdei et al., 1975).

A tél kritikus időszak számára, mert a hótakaró nélkül különösen az érzékeny fajták, kifagyhatnak. Tél végén gyakran a felfagyás okoz kárt. Nappal a talaj felső rétege felmelegszik, éjszaka pedig megfagy. A hőingadozás következtében a talaj felső rétege elmozdul, és a gyökerek

elszakadnak. Különösen akkor pusztul el sok növény, ha a felfagyást száraz időszak követi. A tavaszi időjárás akkor kedvező a búzának, ha enyhe és csapadékos (Ragasits, 1994).

Előnyös, ha tél elején derült napos az idő, mert így a növény jobban felkészül a télre, fagyállóbb lesz (Láng, 1970).

A termésmennyiség és a termésbiztonság szempontjából a csapadékosabb, mérsékelt meleg, enyhe télű területek, míg a termésminőség vonatkozásában a mérsékelt arid klímájú területek a legkedvezőbbek (Bock, 1992).

A kedvezőtlen időjárási hatásokat a szakszerűen végrehajtott agrotechnikával (vetésváltás, talajművelés, vetéstechnológiai, növényvédelem, betakarítás) mérsékelni, tompítani lehet (Pepó, 2004).

Az évjáráthatás, mint kulcstényező markánsan befolyásolja a búza fejlődését- A nem megfelelő intenzitású megvilágítás, napsugárzás, illetve az árnyékolás kedvezőtlenül hat a fejlődésre (Duchemin et al., 2006).

Üzemi körülmények mellett az őszi búza növekedése függött a napsugárzás felhasználásának hatékonyságától (Gifford et al., 1984).

A minőségi paraméterek alakulását viszont a csapadék és az agrotechnikai tényezők egymáshoz való viszonya határozza meg (Hofmann et al. 2006).

2.2.2 Vízigénye

A hőmérsékleti, fény- és csapadékviszonyok általában az egész országban lehetővé teszik az eredményes búzatermesztést. E tényezők közül elsősorban a csapadék megoszlása jelentkezik egyes évjáratokban gátló tényezőként (Lelley és Rajháthy, 1955).

A búza vízigénye nagyobb, mint az őszi árpáé és a rozsé, de lényegesen kisebb, mint a kapásnövényeké. A kezdeti fejlődést döntő mértékben meghatározza a talaj vetéskori vízkészlete és a vetés után lehullott csapadék mennyisége. A talaj vetéskori vízkészletét lényegesen befolyásolja az elővetemény és talaj- előkészítés (Ragasits, 1994).

A szarba induló búza zavartalan vízellátást igényel, ugyanis e fázisban - amely mintegy 30 napig tart - termeli a legtöbb szárazanyagot, az összes szárazanyagnak közel 50%-át. A

kedvezőtlen vízellátás - abban az esetben, ha ősszel és télen kevés csapadék hullott, a tavasz száraz és meleg - zavarja a növény fejlődését. Kísérletek szerint, ha ezen fejlődési szakaszában éri aszály, a termés a felére csökken. A vegetatív szervek kisebbek lesznek, csökken az asszimilációs tevékenység is, ami a kalászkák virágszerveinek fejletlenségét vonja maga után (URL2).

A búza sok vizet és könnyen felvehető tápanyagot igényel a fejlődéséhez, mely meghatározza a talajigényét is (Borsos et al., 1994).

A tápanyagfelvétel üteme rendszerint intenzívebb, mint a víz felvétele, különösen a fejlődés kezdetén. Ez arra is utal, hogy a víz- és tápanyagfelvétel nem függ szorosan egymástól (Debreczeni, 1971).

Csapadékgénye szerény, minimálisan 300-350 mm, optimális fejlődéséhez azonban 500-600 mm-re van szüksége. A csapadék mennyiségénél fontosabb annak arányos eloszlása (Hidvégi, 2007).

A búza vízigénye 400-450 mm, folyamatos vízellátását a jobb vízgazdálkodású talajok biztosítani tudják (Bocz et al., 1992).

A tenyészidő egyes szakaszaiban eltérő a búza hőmérséklet- és csapadékgénye. A tenyészidő az éghajlatigény szempontjából négy szakaszra osztható melyet Erdei és Szániel (1975) a következő módon osztott fel:

- az I. szakasz a vetéstől a bokrosodás kezdetéig (októbertől decemberig)
- a II. szakasz a bokrosodás ideje (decembertől márciusig)
- a III. szakasz a bokrosodás végétől a kalászolásig (áprilistól május elejéig)
- a IV. szakasz pedig a kalászolástól a betakarításig (májustól július elejéig) tart.

A búza téli csapadékgénye 140-160 mm. Ha ehhez kellő légnedvesség áll rendelkezésre és borult az időjárás, akkor megfelelő a bokrosodás és kellően meg tud erősödni (Nagy, 1981).

A tavaszi és nyár elején lehulló nagy mennyiségű csapadék nagymértékű megdőlést okozhat. A megdőlést a fajta, a kijutatott nitrogén mennyisége és annak ideje, valamint a szárrövidítő szer alkalmazása befolyásolja számottevően (Crokk és Ennos, 1995).

A megdőlés a szemtelítődés időszakában okoz jelentős problémát, amikor nagy a talajnedvesség-tartalom (Crokk és Ennos, 1994).

Az országban, az egyes régiók időjárásában jelentkező eltérések következtében területileg különböző a nagy valószínűséggel bekövetkező vízhiány értéke. A Dunántúlon 0-80 mm-es, az Alföldön 60-120 mm-es vízhiány értékek valószínűsíthetők. A maximális egy adagban kijuttatható vízmennyiség a talajtípustól függően 20-40 mm. Száraz őszön jó hatékonyságú a kis víznormával történő kelesztő öntözés. A búza öntözésére hazánkban csak speciális esetekben kerül sor napjainkban. Pepó Pé. kísérleti eredményei azt bizonyították, hogy mérsékelt csapadékos, illetve átlagos évjáratban az öntözés valamelyest rontotta a minőséget, míg száraz évjáratban az időnyen kívüli öntözés hatására kedvezőbben alakultak a minőségi paraméterek. Az öntözés javítja a műtrágyázás hatékonyságát az őszi búza termesztésben is (Csajbók, 2004).

2.2.3 Talajigénye

A növények fejlődéséhez tápanyagra van szüksége. A tápanyagokat elsősorban a talajból veszik fel. A talaj a növényzet alapvető élettere. A legfontosabb tulajdonsága a termékenység, az a képesség, hogy a kellő időben és a szükséges mennyiségben képes-e ellátni a növényeket vízzel és tápanyaggal (Stefanovits, 1992).

Az őszi búza az ország valamennyi talajába vethető. Termesztésének sikerét, termésének nagyságát és minőségét az egyes termőhelyek talajának típusa, az időjárás alakulása és a választott termesztési módszer szakszerű alkalmazása határozza meg, vagy alakítja (Hidvégi, 2007).

Az őszi búza a mély termőrétegű, tápanyagokban gazdag, jó vízellátottságú, semleges vagy gyengén lúgos kémhatású (6-7,5 pH) talajokat kedveli. A legjobb termésre a mezőségi-, a közép-kötött erdő-, az öntés- és a réti agyagtalajokon számíthatunk (Bocz, 1996).

Az őszi búza a talajra kevésbé igényes termesztett növényeink közé soroljuk, de legnagyobb sikerrel a mélyrétegű, televényes, jó vízforgalmú, közel semleges kémhatású csernozjom típusú talajokon termesztendő (Koltay és Balla, 1982)

Legjobb talajai a közép-kötött mezőségi és közép-kötött erdő talajok. Ugyancsak megfelelőek a búza számára a belvizektől mentes és jó vízháztartású réti talajok (Hidvégi, 2007).

Igényeit legjobban a mezőségi, a meszes öntés- és a réti agyagtalajok elégítik ki. Barna erdőtalajokon megfelelő tápanyagellátással szintén jó termést lehet elérni (Ragasits, 1994).

Tápanyagellátással, öntözéssel, valamint talajjavítással azonban kötöttebb agyagtalajokon, szikeseken és jobb homokon is elfogadható terméseredményt ad (Prettenhoffer és Gratzl, 1961; Koltay és Balla, 1982).

Összegzésül megállapítható, hogy a csernozjom talajok tekinthetők az őszi búza számára legideálisabbnak, komplex fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaik miatt. Az erdőtalajok és réti agyagtalajok szintén kedvezőek lehetnek megfelelő tápanyagpótlással és vízgazdálkodással. Az öntéstalajok potenciálisan magas terméshozamot biztosíthatnak, de érzékenyebbek az időjárási szélsőségekre és vízállás-ingadozásokra. A talajtípusok közötti különbségek az agronómiai gyakorlat és az ökológiai adottságok figyelembevételével optimalizálhatók.

A búza t/ha hozama a szántóföldi termőhelyeken (Antal, 2000) szerint a következőképpen alakul:

- | | |
|------------------------------|---------------|
| • közepkötött csernozjom | 4,0-8,6 t/ha |
| • közepkötött erdőtalajok | 3,5-8,0 t/ha |
| • kötött réti talajok | 3,5-7,5 t/ha |
| • laza és homoktalajok | 2,5-5,0 t/ha |
| • szikések | 3,0-6,0 t/ha |
| • sekély termőrétegű talajok | 3,0-5,6 t/ha. |

A talaj kötöttsége befolyásolja az elvégzendő talajmunkákat. Homoktalajokon a talaj-előkészítés időpontjának és eszközének megválasztása nem kíván olyan körültekintést, mint kötöttebb talajokon. Jó szerkezetű közepkötött talajon a beérlelődés gyors és elsősorban a nedvességi állapot határozza meg. Fokozottan ügyelni kell a nedvesség megőrzésre. A kötött, rossz szerkezetű talajokon a legnehezebb a megfelelő magágy biztosítása. Törekedni kell arra, hogy porhanyó felső talajréteg alakuljon ki, amely véd a mélyebb rétegek kiszáradásától, a talajrepedések kialakulásától. A felső porhanyó talajréteget fenn kell tartani, de minden talajmunka után le kell zárni hengerrel a talajt (Ragasits, 1994).

A búza monokultúra a termés csökkenését okozza a vetésváltásban történő termesztéshez képest, mely főként a pathogenikus tényezőknek tudható be (Kükedi 1985; Berzsényi et al., 2000).

A növénytáplálkozás szempontjából a talaj szerves anyag tartalmának szerepe tartalékoló- illetve tompítórendszerként az egyes tápanyagok változásait kedvező irányba befolyásolja. A tápanyagok felvétele, megkötődése és oldódása nagymértékben függ a talaj vízgazdálkodási és levegőgazdálkodási tulajdonságaitól. Kedvezően hat a tápanyag-gazdálkodásra a nedves és száraz

állapot váltakozása, és a szélsőséges állapot rövid tartama. A levegőgazdálkodás a redoxviszonyok változása által irányítja a vegyértékváltó elemek oldhatóságát, közvetve pedig azon vegyületek és ásványok képződését, melyek fontos szerepet töltenek be a tápanyagok megkötődésében (Stefanovits, 1975).

2.2.4 Tápanyagellátása

Számos publikáció igazolja a tápanyag utánpótlás, műtrágyázás jelentőségét. A termesztés agrotechnikai tervezésének első kérdése, hogy extenzív vagy intenzív technológiát választunk. Extenzív termesztés esetében számolnunk kell a környezeti tényezők hatásával, melyek megközelítőleg 60%-ban érvényesülnek (Pepó, 1997; Pepó, 2006).

A trágyázás színvonala (mennyisége, minősége, kivitelezése) a növénytermesztés elsődleges, legfontosabb termesztéstechnológiai tényezője. Hatása valamennyi agrotechnikai elemnél érvényesül (Holló, 1998).

A nagy hozamok elérése érdekében a termelés egyéb tényezői mellett az optimális tápanyagellátás meghatározó szerepet játszik, a fajta a potenciális termőképességét abban az esetben tudja kifejteni, ha a megfelelő tápanyagellátás és a többi termelési tényező összhangja biztosított (Koltay és Balla, 1982).

Jelenleg köztermesztésben lévő fajták tápanyagigényét a talaj természetes tápanyag-szolgáltató képessége nem tudja kielégíteni. A szükséges műtrágyamennyiséget a tervezett termés, a talaj tápanyagtartalma, az elővetemény és az esetleges istállótrágya utóhatása ismeretében határozzuk meg (Ragasits, 1994).

A gabonanövények közül az őszi búza mélyebb rétegekben is képes a tápanyagok felvételére. A búza, a kukoricával ellentétben, a talaj 60 cm-nél mélyebbre nem mosódott tápanyagok felvételére is képes (Szirtes, 1976).

Egy tonna szem és a hozzá tartozó szalma, mint melléktermék a talajból országos átlagban a következő tápanyagokat veszi fel (Hidvégi, 2007):

- nitrogén (N) 27 kg
- mész (CaO) 6 kg

- foszfor (P₂O₅) 11 kg
- magnézium (MgO) 2 kg
- kálium (K₂O) 18 kg

A mezoelemek közül a kén szerepe kiemelkedő a nitrogénre gyakorolt pozitív hatása miatt. A kén hatására megnövekedett a biomassza és a szemtermés, javult a nitrogén hasznosulása, ami bizonyítja a kén és a nitrogén pozitív kölcsönhatását (Salvagiotti és Miralles, 2008).

Kalászvédellel egyidejűleg folyékony kéntrágya is kijuttatható, amely tovább fokozza, vagy fixálja és biztosítja számunkra a megfelelő, jó minőségű búzát (Győri és Győriné, 1998).

Műtrágyázás hatására a mikroelem-tartalom is változik. Az NPK-műtrágyázás a vizsgált mikroelemek (Fe, Mn, Zn, Cu) felvételét a kontrollhoz viszonyítva a teljes föld feletti növényben (a levélben, szárban, kalászban, szemben és szalmában) statisztikailag igazolhatóan növelte (Lásztity, 1988).

A gabonanövények eltérően hasznosítják a rendelkezésre álló erőforrásokat. A köztermesztésben lévő búzafajták N-igényének kielégítése céljából mintegy 120-200 kg, ha nitrogén hatóanyagra van szükség a fajtától, a talaj felvehető NPK-tartalmától, az előveteménytől és a búza vízellátásától függően (Harmati és Szemes, 1985).

A nitrogén műtrágya számított adagjából a magágyba csak starternyit kapjon. Jó elővetemény esetén 15-20 kg, nagyobb gyökér és tarlómaradványt visszahagyó őszi betakarítású növény után 25-50 kg N-t juttassunk a magágy készítésekor (Hidvégi, 2007).

Gabonanövények közül az őszi búza kevésbé hálálja meg a szervestrágyázást (Németh, 1994).

Istállótrágya nélkül, csak műtrágyázással az őszi árpa és az őszi búza termése 120-150 kg, ha N-szintig növekedett (Kismányoky és Kiss, 1998).

A bokrosodáskor kijutatott N fejtrágya elősegíti a kalászdifferenciálódást és a nagy levélfelület kialakulását. A kalászosítás előtt kijutatott N trágyázás eredményesen növeli a szenek fehérjetartalmát. A kikalászosított búza N trágyázása már sok esetben megdőlést okozhat (Antal, 1999).

A nitrogén csak megfelelő foszfor és kálium kijuttatása esetén hasznosul, egyoldalú, nagy adagú nitrogén termésdepressziót okoz (Sárvári 2006).

A búzanövény tápanyagellátását fontos a megfelelő fenológiai állapotokhoz igazítani. Az alaptrágyázás során adjuk ki a növény fejlődéséhez szükséges P és K egészét, és a N 50-80%-át (Debreczeni, 1991).

A kevés vagy túladagolt, valamint a nem megfelelő időben kijuttatott tápanyag a búza termésének minőségét erősen leronthatja (Bedő et al., 1998).

A foszfor-és káliumműtrágyázást alaptrágyaként be kell dolgozni a talajba, fejtrágyaként nem célszerű alkalmazni. Kivételt képeznek ez alól a humuszban szegény nagyon laza homoktalajok. Ezeken a kálium felét alaptrágyaként, a másik felét pedig fejtrágyaként tavasszal juttatjuk ki (Ragasits, 1994).

A kálium termésmenővelő hatása általában abból adódik, hogy javítja a növény betegségekkel szembeni ellenállását, ellensúlyozva az egyoldalú N vagy NP túlsúlyt (Kádár és Márton, 2009).

A K alapvetően meghatározza a növények ozmotikus potenciálját, a növényi sejtek, szövetek turgorát, a sztómasejtek működését. Kálium hiányában csökken a növényi hideg-, hő- és szárazságstressztűrő képessége, a betegségekkel szembeni ellenállóképessége, és romlik a szárszilárdsága, a gabonafélék könnyebben megdőlnek. Lényegében a K a termésbiztonságot fokozza (Pehő, 1984).

A foszfortrágya mind a kalászszaámot, mind a kalászsúlyt és ezen belül az ezermagtömeget jelentősen növelte. A nitrogéntrágyázás csak a kalásonkénti számszaámot gyarapította. A kalászszaám és a kalásztömeg növekedése jelentős termésmennyiség-növekedést eredményez (Harmati és Szemes, 1979).

A megfelelő foszforellátás meggyorsítja a növények fejlődését és érését, növeli a gabonák megdőléssel szembeni ellenállóképességét és a szemnek a szalmához viszonyított részarányát (Nagy, 1993; Sárdi és Csathó, 2002).

A foszfortrágyázás hatékonyságának elmaradása a talaj feltöltődésével magyarázható, de ennek hatása is elsősorban a kifejezetten száraz periódusokban jelentkezett (Hoffmann, 2009).

A foszfortúlsúly által kiváltott cinkhiány, illetve a termésdepresszió évenként eltérő mértékben jelentkezik, van tehát évjárathatás. A trágyázás jelentős pozitív hatást gyakorol a vegetatív tömeg mennyiségére (Kádár és Márton, 2007).

A búza lombtrágyázására csak kivételes esetben kell sort keríteni, így a hó alatt kikelt vetésre száraz tavasz esetén április vagy május elején (Hidvégi, 2007).

Öntözött körülmények között az 1kg NPK hatóanyagra vetített szemtermés többlet meghaladja az öntözés nélkül kapott értékeket. Fajtától, és a termesztés egyéb körülményeitől függően 20-80%-os hatékonyság javulás is elérhető. A javulás elsősorban a nagyobb műtrágyaadagoknál érvényesül, azonban az optimális adagot meghaladó tápanyagszinteken csökken a hatékonyság (Csajbók, 2004).

2.3 Az őszi búza termesztése, fejlődésmenete, fenofázisai

A kalászos gabonák vetésére sor, sávós, ill. szórva vető gépeket alkalmaznak. A kisebb vállalkozások. 10-30ha esetében az egyedileg üzemeltetett 2,4-3,0 m munkaszélességű függesztett gépek, a nagyobb, 300 ha termőterületű vállalkozások esetén a 4,0-6,0 m munkaszélességű vontatott gépek, a nagy termőterületek (1000 ha) vetésére pedig a nagy munkaszélességű pneumatikus magszállítású, sávban vető, ill. a gépkapcsolatban üzemeltethető sorvetőgépek alkalmazhatók megfelelő területteljesítménnyel (Kelemen, 2012).

A vetőmagmennyiséget a termőhelytől, a termesztés körülményeitől és a fajta igényétől függően kell meghatározni. Az intenzív fajtákat 5,5- 6,5 millió/ha csíraszámmal vetjük. Kedvező körülmények között így elérhetjük a 700-800 db/m² kalászszaámot. Kevésbé intenzív fajtákból 5-5,5 millió/ha csíraszámot ajánlott vetni (Ragasits, 1994).

A sűrű vetések önregulációja elsősorban az oldalhajtások és a kalászokban fejlődő szemek számának csökkenésében jelentkezik (Kováts 1981).

A búza csírázása már 0 C⁰-on megindul, de optimálisnak a 15-20 C körüli hőmérsékletet tekintjük (Ragasits, 1998).

Kezdeti fejlődésének a hosszú, enyhe ősz kedvez. Az októberi és novemberi szárazság, illetve erőteljes lehűlés gátolhatja a kelést és a kezdeti fejlődést (Jolánkai és Szabó, 2005).

A meleg, csapadékos őszi idő ugyan elősegíti a kelést, viszont általában maga után vonja a frittlégy és a gabonalegyek kártételét is. A túlságosan hűvös időjárás a kelést és a bokrosodást lassítja (Erdei és Szániel, 1975).

Bokrosodásról akkor beszélünk, amikor a bokrosodási csomó rügyeiből oldalhajtások fejlődnek (Ragasits, 1998).

2.4 Az őszi búza növénytani jellemzése

A közönséges búza (4. ábra) (*Triticum aestivum* L.) rendszertani besorolása (Hortobágyi, 1979):

- Ország: Növények (Plantae)
- Törzs: Zárvatermők (Angiospermatophyta)
- Osztály: Egyszikűek (Monocotyledonopsida)
- Rend: Pelyvások (Graminales)
- Család: Pázsitfűvek (Gramineae)
- Nemzetség: Búzanemzetség (*Triticum*)



4.ábra őszi búza, Forrás: saját kép

Alapkromoszómaszáma $x=7$, ennek megfelelően a diploid $2x=14$, a tetraploid $4x=28$, a hexaploid $6x=42$ kromoszómával rendelkeznek. Más kalászos gabonáktól eltérően a magyar nyelv az eltérő ploidszinthez tartozó fajok körét saját névvel illeti. Ezek az alaksor ($2x$), a tönkre ($4x$) és a tönköly ($6x$) (Hidvégi, 2007).

Világszerte 14 változata ismert, de hazánkban mindösszesen a változatok egynegyedének van jelentősége. Változatok közötti különbség alapvetően eltérő külső tulajdonságokból, alaktani bélyegekből, a kalász szálkázottságából, pelyva színéből, pelyva szőrözöttségéből, szemtermés színéből adódik. Egyéb csoportosítási szempont lehet az ökotípus szerinti osztályozás (humid, sztyepp, sivatagi vagy félsivatagi, párás vagy magas hegyvidék), illetve érési idő szerinti eltérések korai, középerésű és középkésői érésű fajtákat (Láng, 1976).

A búza bojtos gyökérrendszerét az elsődleges és a másodlagos vagy járulékos gyökerek alkotják (Ragasits, 1994).

A csírázás során a csíra gyököcskéjéből alakul ki a búza főgyökere, vagy alapgyökere majd a szikközépi szárból az elsődleges hajtáseredetű gyökerek vagy mellégyökerek fejlődnek ki. A búza elsődleges gyökérzete tehát az alapgyökérből és mellégyökerekből tevődik össze, amely őszi búzán még ősszel fejlődik (Lelley és Mándy, 1963).

A másodlagos, hajtás eredetű gyökerek a bokrosodást követően általában tavasszal fejlődnek ki, minden oldalhajtásnak önálló gyökérrendszere alakul ki. (Ragasits, 1994).

A fejlett búzanövény gyökereinek teljes hosszúsága 1-2 m, a gyökérszőröké pedig mintegy 10 km-re becsülhető (Lelley és Mándy, 1963).

A búzának szalmaszára van. A szárat az erősen kifejtett szárcsomók (nódu) szártagokra, internódiumokra osztják (Kovács és Ragasits, 1981).

Levélzetét a szárcsomókból eredő levélhüvelyeken alakítja ki. A levélhüvely és a levéllemez találkozásánál a fajra jellemző méretű fülecske és nyelvecske alakul ki. Az ún. gabona ABC (árpa, búza, rozs, zab fülecske-nyelvecske méret) empirikus szabály szerint már korai fenofázisban azonosíthatók a gabonafajok (Hidvégi, 2007).

A búza levélzetében a levelek sorrendje alapján a következő levélképleteket különböztetjük meg:

- rügyhüvely (coleoptyl)
- lomblevelek (folia)
- mellékhajtások előlevelei (prophyllum)
- virágzati fellevelek (pelyvák és toklászok, glumae és palaea) (Lelley és Mándy, 1963).

A búza levélzete lényegében nem tér el a többi kalászosgabonáétól, de a levélzet nagyságában, alakjában a fajták között különbség van (Ragasits, 1994).

Virágzata a kalász, botanikai szempontból füzéres füzér (Hidvégi, 2007).

A szemtermésnek háti és hasi oldalát, csúcsi és alapi részét különböztetjük meg. A csúcsi részen epidermiszszőrök, az alapi részen pedig a csírapajzs található. A hasi barázda alakulása fajtánként lényegesen eltérő (Kováts és Ragasits, 1981).

2.5 Őszi búza fajtahasználat

A sikeres búzatermesztés alapvető feltétele a lehetőségeknek (termesztési cél és termesztési körülmény) megfelelő fajta megválasztása, mivel eltérő termesztési viszonyok között a fajták termése jelentősen eltérhet egymástól, ami befolyásolja termesztés jövedelmezőségét (Matuz, 1998).

A nagy és stabil termés egyik alapvető tényezője a fajta. A fajták között jelentős különbségek vannak a termesztés során (Szunics, 1973).

Minden fajta rendelkezik egy rá jellemző genetikai teljesítőképességgel, de ennek elérésére csak akkor képes, ha a termesztési feltételek megfelelőek számára (Szániel, 1982; Barabás, 1987).

A Kárpát-medence ökológiai feltételei a középkorai-, vagy a korai érésű fajták termesztésére a legkedvezőbbek. A legkorábbi és a legkésőbbi fajtáink tenyészideje között 7-8 nap a különbség. A vetésidő és a tábla kiválasztásával a különbség 10 napra növelhető (Koltay és Balla, 1982).

A különböző országokban, nemesítő intézetekben megvalósuló búza nemesítési programoknak egyre inkább meghatározó célkitűzésévé válik a fajták termőképességének és termésstabilitásának növelése (Brancourt et al., 1994).

A fajtamegválasztás során a fajták ökológiai adaptációs tulajdonságaiban meglévő különbségeket célszerű figyelembe venni. A hazánkban termesztett búzafajták egyik legfontosabb értékmérő tulajdonsága az eltérő ökológiai, elsősorban az időjárási feltételekhez történő alkalmazkodóképesség (Pepó, 2004).

A búzatermesztés alapját a biológiai alapok helyes megválasztása jelenti. Olyan fajtákat érdemes termesztetni adott területen, amely az ottani ökológiai feltételek mellett kedvező és stabil minőséggel és termésmennyiséggel rendelkezik (Pepó, 1999; Ágoston és Pepó, 2005a, 2005b)

A búzafajták minősége igen összetett, mivel sok tulajdonság határozza meg a „kiváló”, a „jó”, a „közepes”, vagy a „rossz” minősítést (URL5).

A búza fajták vetőmagjainak legfontosabb minőségi tulajdonságai:

- Tisztaság
- Csírázóképeség
- Életrevalóság
- Ezerszemtömeg
- Osztályozottság.

A minőséget befolyásoló tényezők eltérő súllyal vesznek részt a minőség meghatározásában, a tényezők hatása szempontjából az agrotechnikai elemek mutatják a legnagyobb variabilitást. A tényezők közül meghatározó jelentőségűek a fajta minőségi és egyéb agronómiai tulajdonságai (betegségellenállóság, szárszilárdság stb.). A fajta minőségi tulajdonságai jelentik a termesztés során azt a felső (maximális) minőségi korlátot, melynek realizálását az agroökológiai és agrotechnikai tényezők elősegítik, ill. az esetek jelentős részében kisebb-nagyobb mértékben rontják (Csajbók, 2004).

Búzatermesztésünk egyik legfontosabb kérdése, hogy a jelenleg elismert fajtákból milyen arányban termesszünk ahhoz, hogy a legnagyobb termésátlagot a lehető legkisebb termesztési kockázattal elérhessük (Szániel, 1982).

A fajtaszerkezet kialakításakor figyelembe kell vennünk a fajok ökológiai, agrotechnikai igényét, a fenntartható termesztés szempontjait és a termesztés gazdaságosságát is (Ruzsányi, 1992).

A búzatermesztés potenciális és effektív termésszínvonalának, valamint a termésstabilitásának a növelése jelentős mértékben segíthető az agroökológiai feltételeknek megfelelő fajtaszerkezet kialakításával (Kutasy és Pepó, 1998).

A fajták termőképességének elbírálásakor nagy óvatosságra van szükség. Erre a célra a jól beállított és pontosan végrehajtott többismétléses, kisparcellás kísérletek elsődlegessége nem vitatható. A fajta azonban csak megfelelő agrotechnikai viszonyok között képes potenciális

termőképességének érvényesítésére. Búzafajtáink potenciális termőképessége 10 t ha körül van, de ennek a jobb gazdaságok is csak a 60-70 %-át tudják hasznosítani, országos átlagban pedig csak 40-50 %-os a kihasználás (Koltay és Balla, 1982).

Magyarországon olyan fajták állnak rendelkezésre, melyekkel megfelelő agrotechnika mellett teljesen reális elvárás lehet a hektáronkénti 6,0- 6,5 tonnás termésátlag és a versenyképes minőség, mely különösen fontos napjainkban (Balla, 2001).

Az elmúlt évtizedben a hazai búzatermesztés agronómiai, termesztéstechnológiai feltételei jelentős mértékben átalakultak: erőteljesen csökkent az agronómiai ráfordítások színvonala (kemikália, energia stb.). A csökkent inputfelhasználáshoz a nemesítés is igyekezett alkalmazkodni, egyre több kedvező adaptációs képességű, robosztusabb, erőteljesebb búzafajta jelent meg (Pepó, 2002).

A minőség szempontjából is jelentős változások történtek, az extenzív-low input típusú, mérsékelt befektetést igénylő fajták aránya lecsökkent (a korábbi 70%-ról 15%-ra), és megnőtt az átlagos intenzív technológiával termeszthető fajták aránya (a korábbi 30%-ról 85%-ra) (Pepó, 2014).

A nemesítők évről-évre jobb termőképességű fajtákat adnak a köztermesztésnek. A korszerű fajta genetikailag meghatározott képességét azonban csak megfelelő ökológiai feltételek között, valamint hatékony agrotechnikai eljárások alkalmazásakor fejti ki (Szániel, 1982).

A fajtaválasztás előtt fáradtságot nem kímélve mégis érdemes begyűjteni az információkat, és nem csupán a kereskedő vagy a fajtatulajdonos által közzétett adatokra hagyatkozni (Csajbók, 2017).

A doktori kutatás során alkalmazott őszi búzafajták kiválasztása során törekedtünk arra, hogy a fajták genetikailag és technológiailag is eltérő tulajdonságokat képviseljenek. A vizsgálatokban szereplő fajták:

- IS-18W1161 – Lila antociános őszi búza fajta, amelyet a Sósszigeti (SK) nemesítőintézet biztosított. E fajta különlegessége az antociántartalom, amely potenciálisan befolyásolhatja a szemek színeképét és élettani jellemzőit.
- BONAVITA – Sárga színű őszi búza fajta (Sóssziget, SK). Jelentősége abban rejlik, hogy világosabb színe kontrasztot biztosít a pigmentált fajtákkal szemben, így különösen alkalmas színelőjárású keverékek összehasonlító vizsgálatához.

- KARKULKA – Lila antociános búzafajta, származási helye Banská Štiavnica (SK). A fajtát magas színanyag-tartalma miatt választottuk ki, amely lehetőséget biztosított a színeké-analízis széles spektrumú értékelésére.
- GENIUS – Kontrollként használt standard őszi búza fajta (RWA Slovakia, SK), amely a szokványos, nem pigmentált típusok egyik reprezentánsa. A GENIUS fajta stabil agronómiai tulajdonságai révén kiváló viszonyítási alapot nyújtott a többi fajta minőségi paramétereinek értékeléséhez.

2.6 Malomipari tulajdonság

Legnagyobb mennyiségben ma is a kenyérbúzát („közönséges” búza) (*Triticum aestivum* L.) termesztik, mert valamennyi gabonaféle között egyedülálló abban a tulajdonságában, hogy lisztjének fehérjéi sikérképzésre alkalmasak. Ennek következtében őrlményéből laza állományú, könnyen emészthető sütőipari termékek készíthetők (Gianibelli et al., 2001).

A termesztés során a terméshozam meghatározó tényező, de a termény értékesíthetőségét annak minőségi tulajdonságai határozzák meg (Kajdi, 2006).

A minőséget meghatározó fizikai és kémiai tulajdonságokat (Halverson és Zeleny, 1988) több pontban foglalta össze.

- Fizikai tulajdonság:
 - Hektolitertömeg
 - Ezerszemtömeg
 - Szem alakja
 - Szemkeménység
 - Szín
 - Sérült szemek
 - Idegen és nem kívánt frakciók aránya (pl. törött, sérült, gyommagvak, szennyeződések)
 - Őrlési minőség
- Kémiai tulajdonság:

- Nedvesség tartalom
- Fehérje tartalom
- Fehérje minőség
- Alfa-amiláz aktivitás
- Szabad zsírsavak mennyisége
- Nyersrost- és hamu tartalom

A minőség kialakulásában valamennyi sikerfehérje szerepet játszik. A funkcionális tulajdonságok az egyes sikerfehérje típusok szerkezetétől, valamint ezek egymással és az egyéb komponensekkel (lipidekkel, szénhidrátokkal) kialakított kölcsönhatásaitól függenek (Lásztity, 1996).

A siker minőségét a belőle dagasztott tészta reológiai tulajdonságai (erőssége, stabilitása, nyújthatósága) és a siker proteolites állapota (sikerterülés) határozza meg. A végtermék minőségének megállapításában a kenyértérfogat, a bélzet és héjtulajdonságok jelentősek. A kenyérsütésre való alkalmasságuk alapján a búzaliszteket alapvetően két csoportba sorolhatjuk: gyenge és erős lisztek. (Pomeranz, 1988).

Pomeranz szerint a lisztek lehetnek:

- Erős lisztek: nagy fehérje tartalom, nagy gáztartó képesség, jól nyújtható-dagasztható tészta.
- Gyenge lisztek: alacsony fehérje tartalom, lágy siker, kevésbé elasztikus tészta, gyenge gáztartó képesség

A sütőipari értékszámot farinográffal vagy valorigráffal határozhatjuk meg.

A jó malom- és sütőipari minőségű búzák a keményszemű típusokhoz tartoznak

A búza nagy népszerűségének az az oka, hogy jó egyensúlyban van szénhidrát és fehérje tartalma, teljes gépesítettséggel gazdaságosan termesztethető, hosszú időn keresztül jól tárolható, akár öröletlen szemek, akár liszt formájában (Barabás, 1987).

Az őszi búzafajtákat malom- és sütőipari minőségük alapján az alábbiak szerint különböztetjük meg (Hidvégi, 2007):

- javító minőségű A1 vagy A2 lisztet adó és 34%-nál több sikért tartalmazó
- étkezési minőségű B1 vagy B2 lisztet adó és 27-34% nedves sikért tartalmazó

- takarmány minőségű C lisztet adó búzák.

A búza összetételét tekintve mind táplálkozástani, mind technológiai szempontból a fehérjék a legfontosabbak. A fehérjék közül a legnagyobb mennyiségben a két sikéreképző fehérje (gliadin és glutenin) fordul elő a búzában, kis hidratáltságú sikér formájában (Ewart, 1972).

A sütőipari termékek gyártása szempontjából a tészta minőségét a tartalékfehérje gének expressziója során keletkezett fehérjék, azok szerkezete, valamint a fehérjék egymás közötti és az egyéb komponensekkel (lipidekkel, szénhidrátokkal) kialakított kölcsönhatásai befolyásolják (Bushuk, 1998; Shewry et al., 1999).

A tészta 10 %-át kitevő sikér 80%-a (száraz anyagra nézve) fehérje, a többi része főként keményítőtől és lipidekből áll. E molekulák is a hidratált komplex szerves részét képezik. A lipidek és a lipid-fehérje komplexek meghatározó szerepet játszanak a dagasztás, a kelesztés és a sütés során kialakuló gáz-víz és gáz-olaj határfelületek stabilitásában (Marion et al, 1998).

Technológiai szempontból a sikér mennyisége, vízfelvevőképessége és fizikai tulajdonságai (nyújthatóság, rugalmasság, területekenység) a legfontosabbak (Gasztonyi et al., 1977).

2.7 Logisztika

A logisztikát az ellátás tudományaként szoktuk definiálni. Ennél sokkal többet mond az, amikor egy ésszerű gondolkodásmódként, filozófiaként említjük. Ezen filozófia központjában - mint hadszíntér - a piac, illetve a piaci verseny áll és ennek prominens főszereplője a vevő, korszerűbben a fogyasztó, a felhasználó (Körmendi, 2007).

A logisztika anyagok, személyek, energiák és információk rendszereken belüli áramlásának tervezésével, irányításával és ellenőrzésével foglalkozó tudomány (Jünemann, 1989).

A logisztika az ellátási láncnak az az része, amely alapanyagok, félkész-, és késztermékek, valamint a kapcsolódó információk származási helyről felhasználási helyre történő hatásos és költség hatékony áramlásának tervezési, megvalósítási és irányítási folyamata, a vevői elvárásoknak történő megfelelés szándékával. A logisztika javak és/vagy emberek mozgásának és elhelyezésének, valamint a hozzájuk kapcsolódó támogató tevékenységeknek tervezése, végrehajtása és irányítása meghatározott célok elérésére megszervezett rendszerekben. (Kovács, 2004).

Mi a logisztikai rendszer alatt olyan zárt folyamatot értünk, amely magába foglalja a beszerzés-termelés-szolgáltatás-elosztás-értékesítés-felhasználás-újrahasznosítás értékteremtő és – megőrző láncolatában meghatározó szerepet játszó anyagáramlást és az ehhez kapcsolódó, integráltan kezelt információ- energia- munkaerő- érték- és pénzáramlást (Cselényi et al., 2009).

A logisztika feladata az alapanyag beszerzéstől a végső fogyasztásig terjedően az anyagáramlásban előforduló összes szállítási, rakodási, tárolási tevékenységek tervezése, szervezése, irányítása és ellenőrzése azzal a céllal, hogy az áramlásban lévő anyag időben és a legkisebb ráfordítással a megfelelő helyre jusson (Halászné S. E, 2003).

A logisztikát másféleképpen az úgy nevezett M-ekkel is szokták jellemezni. Az 5M egy általános elfogadott alapfeltétel, amely révén a logisztikai szervezeteknek meg kell felelniük partnereik elvárásainak. Ezek az M-ek a kor előrehaladtával bővültek, így ma már beszélhetünk 6M-ről, 7M-ről 9M-ről is (URL4).

Az „M” a (1. táblázat) megfelelést jelenti, amely utal arra, hogy ezek úgynevezett célkitűzések. Megfelelések fejlődését a következő táblázat foglalja össze:

1. táblázat, M a megfelelőséget jelöli

5M	6M	7M	9M
Megfelelő termék	Megfelelő áru (szolgáltatás)	Megfelelő anyag (áru)	Megfelelő anyag (áru)
Megfelelő mennyiségben	Megfelelő mennyiségben	Megfelelő mennyiségben	Megfelelő mennyiségben
Megfelelő állapotban	Megfelelő minőségben	Megfelelő minőségben	Megfelelő minőségben
Megfelelő helyen	Megfelelő helyen	Megfelelő helyen	Megfelelő helyen
Megfelelő időben	Megfelelő időben	Megfelelő időpontban	Megfelelő időpontban
	Megfelelő ár mellett	Megfelelő költséggel	Megfelelő költséggel
		Megfelelő ügyfélnek	Megfelelő ügyfélnek
			Megfelelő energia
			Megfelelő információ

A logisztika legfőbb feladatát általában a 7M- vagy a 9M-elv (vagy 9Mfunkció) mentén szokás meghatározni. Ezek alapján nem csak a költség-, mennyiség-, és időtényezők kerülnek súlypontba. Mint a fentiekből is kitűnik, a mai modern logisztikában bár alapvető jelentőségű a raktár- és készletgazdálkodás, ill. a kapacitásához igazított szállítás, de nem egyedüli meghatározó tényező. (Dankó, 2009).

A logisztika napjainkban már több mint szállítmányozás. Egy megállapítás azonban biztos, a logisztika komplexitása ma már képes önállóan irányítani cégeket, szervezeteket. Napjainkra interdiszciplináris területté nőtte ki magát, mert valahol a társadalomtudományok és a természettudományok között helyezkedik el (Knoll, 2006).

2.8 A logisztika célja, területei

A logisztika összefüggő gazdasági és társadalmi folyamatokat átfogó, egyben integrált kezelésének tudománya. Célja a mikro- makro-környezet hatásvizsgálataira folyamatosan támaszkodva, a lehetséges maximális gazdasági és társadalmi eredmény elérése (Knoll, 2001).

A logisztika célja, hogy a megfelelő információ, a megfelelő anyag, a megfelelő energia, a megfelelő személyek jussanak el, a megfelelő mennyiségben, a megfelelő minőségben, a megfelelő időpontban, a megfelelő helyre megfelelő költséggel.

A logisztika tartalmaz minden olyan tevékenységet, amellyel egy hálózatban mozgásokat és tárolásokat alakítanak ki, irányítanak és szabályoznak. Az együttes működés a hálózatban tárgyak és információk áramlását indítja meg úgy, hogy teret és az időt minél eredményesebben hidalják át (Pfohl, 1972).

A logisztikai célkitűzések már az elmúlt 30 évben is folyamatosan átalakultak a fejlett ipari országokban. Míg korábban a logisztika elsősorban a vállalati anyagáramlásra összpontosított napjainkban egyre inkább egységes folyamatirányító funkciót kap, nemcsak a vállalatokon belül, hanem a több vállalat együttműködéseként megvalósuló ellátási láncokban is. Ezzel párhuzamosan folyamatosan kibővült a vállalati logisztika tevékenységi köre is. A klasszikusnak tekinthető logisztikai funkciók (anyagmozgatás, raktározás stb.) mellett ma már az olyan átfogó tevékenységeket is a logisztika feladatkörébe sorolják, mint pl. az ellátási lánc irányítása, az anyagigény tervezése, a hulladékkezelés, a területgazdálkodás stb. (Dömötörfi, 2013).

A logisztikai rendszereken belül megkülönböztetünk 2 rendszert:

- makro logisztikai rendszer
- mikro logisztikai rendszer.

A makrologisztika az elemek között lezajló áramlási folyamatokat optimalizálja, miközben az egyes elemek (önmagukban mikrologisztikai rendszerek) belső folyamatai figyelmen kívül maradnak (Halász S.E, 1998).

A mikrologisztikai folyamat a termelővállalatoknál a vevő megrendelésének fogadásától az alap- és segédanyagok és egyéb, a termeléshez szükséges anyagok, eszközök beszerzésén és termelésén keresztül a készterméknek a vevőhöz történő eljutásáig tart (Cselényi et al., 2009).

A mikrologisztikában három fő területet különböztetünk meg, melyek a:

- beszerzési logisztika
- termelési logisztika
- értékesítési logisztika.

A beszerzési logisztika feladata, hogy a termeléshez szükséges alap-, segéd és üzemanyagok, alkatrészek és szerelvények a megfelelő mennyiségben és minőségben, a megfelelő időpontban, a megfelelő helyen, megfelelő költséggel rendelkezésre álljanak, vagyis a beszerzési logisztika az anyagellátással kapcsolatos anyagáramlás és az ehhez kapcsolódó információáramlás megtervezését, megszervezését, irányítását és ellenőrzését végzi. A termelési logisztika funkciója

az anyagok, kereskedelmi és kooperációs alkatrészeknek, részegységeknek stb. a termelési folyamatokba történő belépésével kezdődik (alapanyag raktár) és a termelő rendszer szempontjából értelmezhető késztermékek raktárban (készáru raktár) történő megérkezésével fejeződik be (Cselényi et al., 2009).

Az értékesítési logisztika az információs és a termékáramlási folyamatokat foglalja magában. Feladatkörei a raktározáson kívül a piacelemzés, az értékesítés megtervezése, illetve a szerződésekben található információk átadása a termelésbe.

A logisztikai elveknek megfelelően mindig az értékesítési piac felé közelebb álló elemnek van meghatározó szerepe a folyamat megelőző elemével szemben (Déri et al., 2009).

A gazdaság átalakulása, és ennek hatására logisztikai követelmények megváltozása következtében megváltozik a logisztikai szolgáltatások iránti kereslet:

- nő a szállítandó áruk mennyisége.
- csökken a küldemények nagysága
- nő a küldemények értéke
- nő a szállítások gyakorisága
- nő a nemzetközi szállítások részaránya
- nő az átlagos szállítási távolság
- nőnek a logisztikai szolgáltatások minőségével kapcsolatos követelmények, előtérbe kerül a gyorsaság, pontosság, megbízhatóság, míg a szállítási költségek csökkentése kevésbé hangsúlyos
- nő a komplex (szerződéses logisztikai) és az értéknövelő szolgáltatások iránti igény (Dömötörfi, 2013).

2.9 Szemestermények raktározása

Keményné (2014) szerint a gabona-mennyiségek összegyűjtése és tárolása egyre fontosabbá válik a gabonakereskedelemben. A szemes terményeket akár takarmányozási, akár humán táplálkozási célra használjuk, azonos módon kell tárolni. A szemestakarmányok betakarítása évente egyszer történik, de egész éven át felhasználjuk őket, ezért legalább 3–12 hónapos tárolási

időszakkal szükséges számolnunk. A tárolási költségeket az is növeli, hogy a raktárkapacitást mindig a termelési ciklust követő legnagyobb volumenre kell tervezni (Bokori et al., 2003).

A raktár (5. ábra) fogalmát hagyományosan úgy határozhatjuk meg, mint a vállalati logisztikai rendszernek, vagy az ellátási láncnak azon része, amely a termékeket, azaz alapanyagokat, részegységeket, félkész- illetve késztermékeket a gyártási, a felhasználási pontokon és/vagy azok között tárolja és azokkal kapcsolatban információkat szolgáltat (Stock és Lambert, 2001). A raktárak a disztribúcióban központi szerepet töltenek be, rendelkezniük kell azzal az árukészlettel, amely az ellátók és a vevők közötti zökkenőmentes áruáramlat fenntartásához elengedhetetlen (Hirkó, 2007). Verdes (2012) megfogalmazásában a raktárnak minden oldalról zárt, fedett térnek (épületnek, helyiségnek) kell lennie. Azt is hozzáfűzi, hogy a földbe süllyesztett medencék; talajszinten kialakított rakterületek; a fedett, de minden oldalról nyitott színek; részben zárt fészerek stb. – nem sorolhatók a raktárak közé.



5. ábra gabonarakár JCB rakodógépekkel, Forrás: saját kép

A raktárakban történő beraktározás Pánczél (2013) szerint úgy fogható fel, mint az újratermelési folyamat szükséges láncszeme. Lakatos (2018) úgy írja le a raktározást, mint ami sajátos szerepet tölt be a kitermeléstől a felhasználásig (fogyasztásig) terjedő komplex anyagáramlási folyamatban. Lakatos (2018) azt is hozzáteszi, hogy a raktárak, mint alrendszerek a részfolyamatok összekötő elemeinek tekinthetők, amelyek a megelőző és a követő

részfolyamatok kapacitáskülönbségeinek kiegyenlítése és a termelés folyamatosságának fenntartása érdekében árukat halmoznak fel, majd azokat továbbadják.

A szántóföldtől a raktárig, majd a felhasználási helyig biztosítani kell az anyagáramlást szállítással, amelyet össze kell hangolni a betakarítással, figyelembe véve a raktárak és a szárítók munkarendjét és kapacitását (De Lucia és Assennato, 1994). Az anyagmozgatási rendszerek elemei egymásra hatást fejtenek ki. Az anyagmozgatási rendszerek így dinamikus rendszerek, elemeik aktív elemek (Pánczél, 2013).

A logisztikai rendszer fejlődésével és az ellátási lánc menedzsment gyakorlatának megjelenésével kapcsolatban ugyanakkor a raktár helyzete és szerepe is sokat változott. Ma már egyre gyakoribb, hogy a raktártól nem csak a termékek tárolását és a termékkel kapcsolatos információ-szolgáltatást várják el, de számos esetben korábban nem jellemző, vagy kisebb hangsúlyt kapó árumanipulációs tevékenység elvégzését is (Dankó, 2009).

Gelei (2007) szerint a raktározás a fő logisztikai célkitűzések megvalósítását segíti elő. A raktározásnál megkülönböztet négy fontos pontot:

- beérkezés;
- tárolás;
- kommissiózás;
- kitárolás.

2.9.1 Raktározandó áru szállítása

Az áruszállítás célját Pánczél (2012) úgy fogalmazta meg, hogy valamely árut a legkisebb költségráfordítással, a legrövidebb idő alatt, károsodás nélkül az egyik helyről a másikra eljuttatni. Az áruszállítással szemben támasztott három legfőbb követelmény:

- gazdaságosság;
- gyorsaság;
- biztonság.

A magyar gabonatermékek szállítmányozásával kapcsolatban elmondhatjuk, hogy az esetek döntő többségében ömlesztett áruk mozgatásáról beszélhetünk. Ez történhet közúti, vasúti, légi vagy folyami úton. Magyarországon, de a Közép-Európai országok döntő többségében a gabonák fogadása az egyes felvásárló és raktározó telepekre közúton történik (Csima és Szerb, 2016). Vasúti, illetve folyami gabona befogadó hely korlátozottan érhető el. Szegedi (1999) leírja, hogy

mivel Magyarországon a gabona termékeket közúton, vasúton és belvízi szállítványozással is lehet mozgatni, ennek köszönhetően a szektor logisztikai szempontból jól kapcsolódik a nemzetközi infrastrukturális hálózatokba.

A közúti áruszállítás (Magyari, 2005) szerint elsősorban a viszonylag rövid távú helyi és körzeti (regionális) forgalomban gazdaságos, számos előnye miatt azonban a távolsági (belföldi és nemzetközi) forgalomban is gyakran alkalmazzák. A közúti áruszállítás járművei a tehergépkocsik, a pótkocsik, illetve a félpótkocsik és vontatóik (Kovács, 2011). A közúton történő szemes termények szállítása (a szerző szerint) a legnehezebben szállítható termékek közé tartoznak a világon. A nehézségek magukban foglalják a gabonafélék szezonális mivoltát: mivel a gabona romlandó és kényes növény, ezért az időjárás és éghajlat függvényében változik az ideális vetési és betakarítási idő. Ennek köszönhetően a nemzetközi terményszállítványozók nem tudnak rutinszerű, előre meghatározott és eltervezett időpontokban szállítani, mindig felkészültnek kell lenniük a változó idejű megbízásokra. A másik nehézség az ugyancsak időjárástól függően változó termési mennyiség. A szállítandó áru mennyisége és térfogata, ezzel együtt az igény a fuvarozáshoz használt gépekre évről-évre, évszokról-évszakra változik. További gondokat okoz a piac dinamikussága, a kereslet és kínálat nagymértékű ingadozása. A gyakran változó felvásárlóknak, tehát úticélnak köszönhetően a fuvarozóknak gyakran új, eddig általuk nem használt útvonalakat kell igénybe venniük a termények célba juttatása érdekében (URL₂). A szemes termények közúton történő szállítása során a fuvarozók a fizetendő költségeket a vevő felé, az úgynevezett áruszállítás teljesítmény árutonna-kilométerben [átkm] fejezik ki:

elszállított tömeg [t] × szállítási távolság [km] > árutonna–kilométer [átkm] (Kovács, 2011).

Magyarországon a vasúti szállítások iránya Rieger (2019) kutatásai szerint Nyugat-Európa (Németország, Olaszország) irányába történik, de jelentős korlátokkal. Megállapítja, hogy a kiszolgálás tipikusan és kevés kivételtől eltekintve több évtizedes módszerrel történik: közúti rászállítás az állomásra, mobil berakógépek alkalmazása, jelentős élőmunka-igénnyel és környezeti károsodással.

A vasúti kiszállítások korábban a gabonapiaci intervenciónak köszönhetően kiegyenlítettebbek voltak annak ellenére, hogy az új terménytárolóknak nincs közvetlen vasúti kapcsolata. A régi betonsilók ma is rendelkeznek iparvágánnyal és bármilyen időjárásban alkalmasak vasúti rakodásra. A vasúti áruszállításban az egyik hátráltató tényező, hogy a legtöbb gabonaberakó pályaudvaron kicsi a berakó-kapacitás, többszöri beállással kell rakodni és hosszú a várakozási idő (URL₃). A vasútra és így a kötött pályás fuvarozási formára jellemző negatív

tulajdonság, hogy a vonalhálózat sűrűsége és annak minősége elmarad a közútétól. Az áruk fuvarozási ideje viszonylag hosszú, illetve rugalmassága korlátozott a megrendelői oldal irányába (Földesi et al., 2006). A vasúti gabona szállítmányozás egyik fontos szempontja a megfelelő vagon típusok igénybevétele. Magyari (2005) szerint a gabona- és takarmányküldemények, az ömlesztett műtrágyák korszerű fuvarozásához különleges építésű alul vagy oldalt üríthető vasúti kocsik szükségesek.

Magyarországon a gabona termények belvízi szállítmányozása Csima (2016) szerint csak egy folyónkra a Dunára korlátozódik.

A dunai kikötők fejlesztése folyamatban van, multifunkcionális és multimodális logisztikai központok jöttek, jönnek létre a nagy dunai kikötőkben (Csepel, Baja és Gönyű). A Duna melletti tárolási lehetőségek kiszolgálják a hajózási igényeket, a tárolókapacitás megfelelő a gyors és hatékony rakodásokhoz. Ide tartoznak az Adonyban, Dunaföldváron, Pakson, Mohácson, Baján található tárolók, melyek közül az adonyi önmagában is 600 ezer tonnás kapacitású (Rieger, 2019). Szegedi (2003) a belvízi fuvarozás pozitív tulajdonságai között megemlíti, hogy a vasúthoz hasonlóan nagyobb távolságok esetében kisebb a fajlagos energiaigénye, illetve a környezet terhelő hatása.

Csima (2016) megemlíti, hogy annak ellenére, hogy a Duna hazánkban az egyetlen alternatíva a vízi szállításra, stratégiaiag nagyon fontos szerepe van a szektorban, hiszen ez Európa egyetlen vízi útja, mely lehetővé teszi a kontinens áthajózását a Rajna-Majna-Duna-csatorna részeként. Hozzáfűzi továbbá, hogy a belvízi gabona szállítmányozás az időjárástól való nagymértékű függőség kockázatot jelent a gabonakereskedelem számára és nagymértékű volumenigadozással jár az export esetében.

A termények belvízi szállítása sem zökkenőmentes, tekintettel a fedett rakodóhelyek és hajókapacitások hiányára, a gázlókra és szűkületekre, de legfőképp a vízszint szélsőséges ingadozására. Nyáron és ősz elején ideális lenne a folyami áruszállítás, de a csúcs általában október végére tehető (URL₃).

2.9.2 A szemes termények átvétele, termesztés és a minőség összefüggései

Napjaink egyik legfontosabb problémája (Huszár, 2015) szerint az élelmiszerbiztonság kérdése. A biztonságos élelmiszertermelés alapkövetelménnyé teszi, hogy a termék útja pontosan

nyomon követhető legyen: a termőföldtől az asztalig. Ez a folyamat tehát magában foglalja a már betárolt termények védelmét, mennyiségének és minőségének megőrzését is.

Az áru átvétele rendszerint az átvevő helyiségben történik. Az átvevő helyiségek a mennyiségi és minőségi átvételhez szükséges berendezésekkel (mérlegek, osztályozóasztalok, kisebb tároló állványok stb.) vannak ellátva (Pánczél, 2006). Az átvétel a mozgatási funkció első tevékenységcsoportja, mely a szállítóeszközök lerakódásának, a beérkező áru mennyiségi és minőségi ellenőrzésének, a szállítmányt kísérő dokumentumok ellenőrzésének tevékenységeit foglalja magában (Gelei, 2007). A mennyiségi áruátvétel leggyakrabban alkalmazott módszerei Solyó (1991) szerint:

- az okmány szerinti;
- és a vakátvétel.

A raktár gyors, zavartalan és gazdaságos működése nagymértékben függ e folyamat – a raktáron belüli anyagáramlás – helyes kialakításától (Pánczél, 2013).

A termények minőségi átvételét kézi vagy gépi mintavevő eszközökkel járművenként kell elvégezni. Ehhez a legkorszerűbb berendezések olyan videokamerás rendszereket alkalmaznak, melyek felszín alatti akár 2 m-es mélységben is vételező szondái 3D irányban pneumatikusan vagy hidraulikusan működtethetők és távirányítóval kezelhetők. A berendezések által vett minták csővezetéken keresztül jutnak a laboratóriummal kiegészített korszerű mérlegházakba. Ezek a létesítmények a tömegmérésen kívül már a termények legfontosabb fizikai (faj, szárazanyag-tartalom, térfogattömeg, hőmérséklet stb.), beltartalmi és reológiai (nyersrost, siker, fehérje, olaj, keményítő, szedimentációs érték stb.) jellemzőinek megállapítására is alkalmasak (Bellus és Komka, 2017).

Győri és Győriné (1998) szerint átvételkor döntő fontosságú a gabonaminták érzékszervi vizsgálata. Megemlíti, hogy vizuálisan a szennyeződések, szaglással a dohosságot és a penészes szagot lehet felderíteni. A gabonák esetében fontosnak tartja a halmaztulajdonságot, a tisztaságot, a szemek kiegyenlítetttségét, a hektolitertömeget, az egészségi állapotot, illetve a nedvességtartalmat, és az acélosságot.

A gabonák beltartalmi minőségi paramétereinek a megőrzését, minden esetben a betárolt áru nedvességtartalma határozza meg. Mesterházy (1997) szerint a búza szabvány szerinti nedvességtartalma 14,5% (MSZ 6383:1998), azonban a tapasztalatok szerint ettől lényegesen alacsonyabb nedvességtartalommal – 13% körüli értékkel – tárolható minőségromlás nélkül

hosszabb ideig a gabona. Búza 16% feletti víztartalommal nem tárolható. Nedves 14,5% feletti nedvesség a beltartalmi értékekben minőségromlást (penészedés, csírázási erélyvesztés, siker, illetve fehérje csökkenést) okoz. Viszont gyakorlatban a gabonafelvásárló telepek, bizonyos esetekben (csapadékos nyarak) a 14%-túllépő nagyobb nedvesség tartalmú gabonát is átveszik. Szárítás nélkül a maximálisan elfogadott tolerancia szint 0,5%. Abban az esetben, ha a gabonák betárolandó nedvessége a 15% túllépi mindenképpen szárítani, kell.

A búzaszem minőségét meghatározó paraméterek közül Diós (2017) megemlíti, hogy a malomipar számára az egyik legfontosabb paraméter, a hektolitertömeg [kg/hl], amely a szem lehetséges lisztkihozatalára enged következtetni. Gabonáknál a standard minimális elfogadott hektolitersúly árpáknál 62,0 kg/hl, búzáknál 72-82 kg/hl.

A gabona fehérje, illetve siker tartalmát közeli infravörös reflexiós spektroszkópiával lehet meghatározni (URL₄). A közeli infravörös tartományban működő elemzők alkalmasak a búzát (gabonákat) alkotó számos vegyület jellegzetes elnyelési (abszorpciós) vagy visszaverődési (reflexiós) spektrumának vizsgálatára, ennek következtében a fehérje-, zsír-, nedvesség-, keményítő- és hamutartalom meghatározására. A fehérjetartalom alapján pedig a sikértartalom is megadható megfelelő kalibráció után.

Ezek az **NIR** (Near Infrared Reflectance – közeli infravörös reflektancia) vagy **NIT** (Near Infrared Transmittance – közeli infravörös átérésztés) elven működő analitikai berendezések (URL₅). A gabonaminták kémiai összetételét a 780–2500 nm közötti infravörös spektrum alapján, nem roncsolásos módon határozzák meg – napjainkban már darálást követően, illetve korszerűbb változataik esetén mintaelőkészítés nélkül is széles körben alkalmazhatók a búza átvételkori minősítésében. A **reflektancia-alapú NIR** módszerek elsősorban a minta felszínéről visszaverődő spektrális információkat hasznosítják, míg a **transzmittancia-alapú NIT** technikák a mintán áthaladó fény spektrumát elemzik, ami különösen előnyös lehet homogén vagy finomra őrölt minták esetén, biztosítva a beltartalmi paraméterek – például fehérjetartalom, nedvesség, keménység – gyors és pontos meghatározását.

A NIR spektroszkópia azon kevés módszerek egyike, melyek nem a haditechnika vagy az űrkutatás felől jutottak el a mezőgazdasági alkalmazásig. Ellenkezőképp, a módszer a mezőgazdasági kutatások eredményeként vált közismertté, és az ehhez kapcsolódó hardveres és szoftveres fejlesztések hatására alakulhatott ki egy olyan gyors, ám mégis nagyon megbízható módszer, mely ma már a mezőgazdaságon és élelmiszeriparon kívül számos egyéb iparág számára kínál analitikai megoldásokat akár laboratóriumi, akár gyártási folyamatba épített, automatizált

környezetben: az úrkutatástól a gyógyszeriparig szinte bárhol találkozhatunk e költséghatékony, roncsolás mentes analitikai módszerrel (URL₆).

Az acélosságot Csajbók (2012) úgy határozta meg, hogy 100 db búzaszem kettévágásával megállapította a vágási felület segítségével az acélos és a lisztes szemek arányát. Az acélos szemek nagyobb fehérje-, sikértartalommal rendelkeznek.

További értékmérő tulajdonság a szedimentációs érték (Zeleny-féle szám meghatározása): Csajbók (2012) leírásában a Zeleny-féle szám alkalmas nemcsak a búza minőségének becslésére, hanem mint értékmérő tulajdonságot felhasználják a fajtanemesítési kísérletekben és az agrotechnikai kísérletek kiértékeléséhez is. A vizsgálatkor egy rázóhengerbe lisztet, vizet és vegyszereket (indikátor, tejsav, alkohol) helyeznek el, rázatás után megméri a siker tejsavas oldatban történő duzzadását, ülepedését. Az üledék térfogatát mm-ben fejezik ki, minél magasabb az értéke, annál jobb a liszt minősége.

Fontos gabona beltartalmi értékszám az esésszám. Csajbók (2017) megfogalmazásában az esésszám a búzaszem szemmel nem látható, de már megkezdődött csírázásáról és a csírázással együtt járó, magban végbemenő biokémiai folyamatokról ad információt. A Hagberg-féle esésszám-meghatározó készülék egy speciális merülő viszkoziméter, amely meghatározott hőmérsékleten és időtartammal elcsirizesített liszt-víz keverékben méri az ejtőtest süllyedésének időtartamát másodpercben kifejezve. Sem a túl alacsony sem a túl magas esésszámú liszt nem alkalmas jó minőségű kenyér sütéséhez.

Az esésszám értéke a részidők összege. Az előírás az, hogy a búzaőrlemények esésszáma 200 és 300 között legyen (Radics, 2010).

Az átlagmintákból gabonasziták segítségével meghatározzák a gabona osztályozottságát is. Radics és társai (2010) leírják, hogy a gabonák tisztításánál különféle rostákat kell alkalmazni. Az őszi búza esetében 2,2 mm-rostát, míg durum búza esetében a 2,0 mm-es rostát kell használni. Hatsoros árpánál minimum 2,0 mm-es, kétsoros fajtánál 2,2 mm-es hasítékolású rostát használják. Csupasz árpánál a kívánt rostaméret 1,8 mm. A tavaszi árpát (sörárpa) 2,5 mm-es résrostával osztályozzák.

Az első és másodosztályú söripari méret (a 2,8 mm feletti, illetve 2,5 - 2,8 mm közötti) összege jelenti az osztályozottságot a teljes tömeg százalékában kifejezve. Gyakorlatilag a 2,5 mm-nél nagyobb szemek aránya a teljes mintamennyiség százalékában kifejezve (URL₄).

Fontos értékmérő szám a gabonák életképessége. Izsáki és Lázár (2004) leírják, hogy az életképességnél a magban rejlő potenciális lehetőséget, a mag életlehetőségét, életképességét próbálják meghatározni. Az életképesség megállapítására többféle módszer lehetséges, leggyakrabban a vetőmagvizsgálatban a laboratóriumi biokémiai módszereket alkalmazzák. A módszerek lényege, hogy biokémiai festékek segítségével feltérképezik az élő és holt szövetek arányát, majd ebből következtetnek a mag életképességére. Az ISTA-módszertan a 2, 3, 5, Tripheniltetrazoliumkloridot (TTC) vagy -bromidot (TTB) ajánlja erre a célra.

A csírázási erély az az értékszám darabszámra vonatkoztatott százalék, amely azon a napon adja meg az ép, fejlett csíranövények számát, amely a szabványban szerepel az első értékelési napként (Izsáki és Lázár, 2004). Aratáskor a betárolandó gabona általában 99-100% csíráképes. Viszont raktározás során a csírázási erély folyamatosan csökken. Egy év raktározás során az elvárt minimális csírázási erély gabonák esetében 95%.

Simič et al. (2003) szerint elengedhetetlen, hogy tökéletesen ismerjük a betárolandó búza beltartalmi tulajdonságait, így a beraktározáskor biztosíthatjuk a lehető legjobb raktározási feltételeket.

Magyarországon a búza minőségét a Magyar Szabványügyi Testület által kiadott MSZ 6383:2017 szabvány írja le. A beminősített őszi búzát minőségi értékszám alapján sorolják be hat minőségi értékcsoportha. Ezek a következők:

- A1 -A2 javító;
- B1 -B2 malmi;
- C1 -C2 takarmány búzák (URL₇).

Árpák esetében Radics (2010) kifejti, hogy évjáráttól függően a nyers termés 60-90% felel meg a söripari szabványnak (1. táblázat), de vannak olyan esetek, mikor a felvásárlók még az alapkövetelménynél is szigorúbb kritériumokat írnak elő.

2. táblázat A sörárpa minőségi paramétereit (Radics, 2010)

A sörárpa minőségi követelményei (MSZ-081326) / Quality parameters of barley based on Hungarian Standard (MSZ-081326)		
Minőségi jellemző / Quality parameter	Alapkövetelmény / Base value	Határkövetelmény / Limit value
Hektolitertömeg / Hectoliter weight (kg hl-1)	68	>65
Tisztaság / Cleaness (%)	98	96
Keverék / Mixture (%)	2	<4
Értékes keverék / Valuable mixture (%)	1,5	<3
Értéktelen keverék / Unvaluable mixture (%)	0,5	<1
Káros keverék / Harmfull mixture (%)	0,2	<0,5
Osztályozottság / Classification	Alapkövetelmény / Base value	Határkövetelmény / Limit value
2,5 mm-es lyukbőségű fennmaradó / Remaining on 2.5 mm mesh (%)	75	>70
2,2 mm-es lyukbőségű szitán áthulló / Passing through on 2.2 mm mesh (%)	4	<5
Csírázóképesség / Germination capacity (%)	96	>95
Fehérjetartalom (szárazanyag %) / Protein content (dry matter %)	11,5	12,5

Őszi búzánál tároláskor Pomeranz (1971) leírta, hogy a frissen őrölt búzaliszt sütőipari minősége általában egy ideig javul, majd hosszabb tárolás esetén fokozatosan csökken. Balla et al. (1993) szerint a tárolásra kerülő búza magtömegében számos, külön-külön jól meghatározható és számos, kölcsönhatásaiban jelentős folyamat mehet végbe. Az utóérés ezek közül kiemelkedik, melynél még folytatódnak a szintetizáló folyamatok, pl. javul a sikér minősége. A nedves sikér mennyiségében lényeges változást nem tapasztaltak raktározás során, ellenben az utóérés időszakában a sikér minőségében a sikérváz kialakulása, stabilizálódása miatt előnyös változás volt tapasztalható. Kedvezőtlen tárolási körülmények hatására a kimosható sikér mennyisége csökken, a belőle sült próbacipó kisebb térfogatú és tömörebb bélzetű (Daftary et al., 1970).

A betárolt búzánál Györi (1999) a Hagberg-féle esésszámot vizsgálta 10 hónapon keresztül, megfigyelte, hogy a raktározás időtartama alatt egyértelmű változás nem volt megállapítható. Lund et al. (1971) leírja, hogy búza esetében a lizintartalom csökkenése a tárolási időszak kezdetén jelentősebb, mint később. Gabonák kereskedelmi tárolása során Pixton és Hill (1967) nyolc évig tartó kutatásaik alapján megfigyelték, hogy a búza fehérjetartalom (Kjeldahl-módszerrel mérve) kis mennyiségben növekedett. A búza fehérjetartalom növekedést a szénhidrátok légzési veszteségével magyarázták.

Tavaszi árpák (sörárpa) esetében Radics (2010) kifejti, hogy az optimális tárolás feltételei:

- 13-14% víztartalom (maximum 15%);
- 10 °C hőmérséklet (maximum 15-18 °C);
- 65% relatív páratartalom (maximum 75%);
- 0,5% idegen anyag jelenléte (maximum 1%).

Móré és Diósi (2014) megállapítják, hogy a megfelelő minőséget minden esetben a végső fogyasztó határozza meg a feldolgozóiparon keresztül, így a minőség relatív, azaz termékenként más és más paraméterek a meghatározóak. A folyamatosan fennálló minőségi követelmények a Magyar Szabvány Testület által kiadott leírások tartalmazzák.

2.9.3 A raktározás során fellépő gombabetegségek

Az élelmiszer felhasználásra kerülő gabonátételeknek idegen anyagtól mentesnek, egészségesnek kell lenniük. A különböző gombafertőzések termékei kellemetlen íz anyagai miatt okoznak minőségromlást, a Fusarium-fertőzés sörvadulást okoz, az anyarozs mérgeanyagai miatt okoz problémát (Basa, 1998).

A gabona tárolása során a penész elszaporodása jelentős kockázatot jelent a mikotoxinokkal való szennyeződés szempontjából, amelyek a gombák által termelt káros biokémiai anyagok. Ezek a mikotoxinok nemcsak a növényeket károsítják, hanem az emberi és állati egészségre is veszélyt jelentenek (Yi et al., 2022). A nem megfelelő betakarítás utáni kezelés felgyorsítja a romlást, rontva a tárolt gabona minőségét, csírázókéességét és tápértékét (Manandhar et al., 2018). (Hui Li et al., 2025) leírják, hogy a kártevők és penészgombák jelenléte a gabona tárolása során jelentősen befolyásolja az élelmiszerbiztonságot. Ez nemcsak a gabona minőségét befolyásolja, hanem potenciális veszélyt jelent az emberi egészségre is.

A mikotoxinok keletkezésének lehetősége az élelmiszerlánc teljes folyamatában fennáll, a termőföldön, raktározás során, az élelmiszeripari feldolgozás, tárolás és forgalmazás körülményei mellett egyaránt (Sohár, 2007). Tančinová (2009) megállapítása alapján, az is igaz, hogy a megfelelő tárolás minimalizálja a mikroszkopikus gombák szaporodásának lehetőségét és megakadályozza a további szennyeződést is. A fogyasztó szempontjából az az alapszabály érvényesül, hogy semmi penészes áru nem szolgálhatja sem az emberek sem az állatok táplálkozását.

Hudec (2025) kifejti, hogy bár a fuzáriumos fertőzöttség és a mikotoxinok előfordulása más gabonaféléknél – például a rozsnál – is gyakori, ezen növények esetében a szennyeződés kisebb

figyelmet kap, mint a búza vagy az árpa esetében. A probléma súlyosságát elsősorban az okozza, hogy az élelmiszer-alapanyagok fusariotoxinokkal való szennyeződését igen nehéz teljes mértékben megakadályozni vagy megszüntetni. Európa gabonatermő területein jellemzően kisebb-nagyobb mértékben jelen vannak ezek a toxinok, különösen a dezoxinivalenol (DON).

Jávor és Szigeti (2011) szerint a mikotoxin probléma Magyarországon azért is figyelmet érdemel, mert ezek a toxinok főként azokban a gabonafélékben találhatóak (pl. kukorica, búza), amelyek az ország vetésterületének jelentős hányadát foglalják el, és a lakosság számára is fő táplálékul szolgálnak. D’Mello és Macdonald (1997) megemlítik, hogy az élelmiszerekben előforduló mikotoxinok egyes penészgombák által termelt másodlagos anyagcseretermékek, amelyek erős toxikus hatással bírnak, és ezért élelmiszerbiztonsági szempontból magas kockázatot jelentenek. A penészgombák kártétele már a betakarítás előtt álló termésen érzékelhető, mely a nem megfelelően történő tárolás, hosszú ideig tartó szállítás során még jelentősebbé válhat (Kovács, 2001).

A gabonafélék szemtermésének a minőségét – amely jelentősen befolyásolja élelmezési és takarmányozási célra, valamint vetőmagként való felhasználásukat – elsősorban a különböző nemzetségekbe (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*) tartozó penészgombák veszélyeztetik. Ezek a mikroszkopikus gombák többféle módon ronthatják a gabona minőségét: csökkentik a csírázóképeséget, szemmel látható elszíneződést, penészesedést okoznak, hatásukra dohos vagy savanyú szagú lesz a gabona, csökken a szemek szárazanyagtartalma, tápanyagtartalma, kémiai összetételük megváltozik, a tárolt gabona befülled, illetve mikotoxinnal szennyeződik (Sauer et al., 1992; Veres et al., 2002). A mikotoxinok erős mérgek, több közülük karcinogén, mutagén és befolyásolja az immunrendszert (Sohár, 2007). A mikotoxin probléma jelentősége Magyarországon azért is elsőrendű fontosságú, mivel ezek a természetes toxinok a gabonafélékben (pl. búza, kukorica) találhatóak (Kovács et al., 1998; Veres et al., 2002). A mikotoxinnal szennyezett takarmány, illetve élelmiszer fogyasztása mind az állati, mind az emberi szervezet számára súlyosan ártalmas, gazdasági kárhoz (elhullás, fejlődésbeli visszamaradás, vetélés stb.) és humán megbetegedésekhez vezet (Kovács, 2004).

Könnyen veszteséghez vezethet az is, ha a termést leminősítik, és a termelő alacsonyabb áron tudja csak eladni. A legrosszabb eshetőség pedig az, ha a termés teljesen értékesíthetatlenné válik. A felvásárlóknak szintén jelentős ráfordítási többletet jelenthet, ha a fertőzésmentes gabonát távolabbi területekről kell beszerezni és szállíttatni, valamint a termés tárolása is fokozottabb figyelmet követel a csapadékos években. Levegőtlen, magas nedvességtartalmú és hőmérsékletű

tárolóhelyen a gomba a termésben felszaporodhat és fokozza mikotoxin-szennyezettségét (Veres et al., 2001).

Az emberi és az állati szervezetben súlyos szövődményeket, rövidebb-hosszabb idő alatt kialakuló kórképeket, betegségeket, sok esetben maradandó károsodást okozhatnak (Galvano 2005; Kovács 2010). Berek et al. (2001) leírásában az emberi immunrendszert már 50 ppb *DON toxin*, *T-2 toxin*, *fusarenon-X*, illetve a *nivalenol*, amely nem kevesebb, mint 80%-ban gátolja az immunrendszert. Abramson (1998) kutatásában összefoglalta az egyes tárolt termékekben (2. táblázatban) előforduló toxinok hatását a szervezetre.

Magyarországon Mesterházy (2002, 2005) és Szabó-Hevér (2013) szerint a legnagyobb problémákat leggyakrabban a *Fusarium* fajok okozzák, melyek a gabonaféléken élőködhetnek. Jelentős gazdasági kárt okoznak nemcsak a növénytermesztésben, de az állattenyésztésben is, és ezek eredményeként a humán-egészségügyi következményük is számottevő. Rafai (1999) szintén a *Fusarium* toxinok, illetve az egyes raktári penészgombák által termelt mikotoxinok kedvezőtlen köz- és állategészségügyi hatásaira hívja fel a figyelmet.

3. táblázat Különböző tárolt termékekben előforduló gombatoxinok és szájon át adagolva kifejtett toxicitásuk (Abramson, 1998)

Mikotoxin / Mycotoxin	Gombafaj / Fungi species	Termény / grain	LD50 mg/kg
Aflatoxin B1	A. flavus	kukorica / maize	7,2 – patkány / rat
	A. parasiticus	diófélék / nuts	
	A. nominus	gyapotmag / cotton seed	
Ciklopiazonsav / Cyclopiazonic acid	A. flavus		
	A. tamari	kukorica / maize	36,0 – patkány / rabbit
	P. griseofulvum	földimogyoró / peanut	
	P. communae	sajt / cheese	
Citrinin	P. camembertii		
	P. verrucosum	búza / wheat	56,0 – pulyka / turkey
	P. citrinum		
Ochratoxin A	A. terreus		
	P. verrucosum	búza / wheat	22,0 – patkány / rabbit
	A. ochraceus	árpa / barley	
	A. ostianus	rizs / rice	
Patulin	P. expansum	alma / apple	35,0 – egér / mice

	<i>P. griseofulvum</i>		
Penicillinsav / Penicillinic acid	<i>P. aurantiogriseum</i>	kukorica / maize	90,0 – csirke / chicken
	<i>P. aurantiovirens</i>	bab / bean	600,0 – egér / mice
	<i>P. cyclopium</i>		
	<i>P. freii</i>		
	<i>P. viridicatum</i>		
Penitrem A	<i>P. crustotum</i>	búzakenyér / wheatbread	10,0 – egér / mice
	<i>P. melanoconidium</i>	dió / nut	
		sajt / cheese	
Szekalonsav / Secalonic acid	<i>P. oxalicum</i>	kukorica / maize	25,0 – patkány / rabbit
Viomellein	<i>P. freii</i>	árpa / barley	
	<i>P. cyclopium</i>		
	<i>P. viridicatum</i>		
Xanthomegnin	<i>P. freii</i>		
	<i>P. cyclopium</i>		
	<i>P. viridicatum</i>		

Az Európai Bizottság megállapította gabonákban, illetve gabonakészítményekben a maximálisan megengedhető fuzáriumtoxin mennyiségeket, amelyet az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szóló 1881/2006/EK rendelet, és az ezt módosító 1126/2007/EK rendelet szabályoz (URL₈).

Berek et al. (2001) leírja, hogy Magyarországon a feldolgozatlan élelmiszeripari célokra felhasználható búza szemtermésénél a DON toxin határértéke a magyar egészségügyi normában (1200 ppb, vagy 1,2 ppm) lehet. A durumbúza esetében a megengedett legmagasabb DON-toxin egészségügyi normája 1,75 ppm, míg árpánál 1,2 ppm.

Sokszor ajánlották a fertőzött tétel hígítását egészséges terménnyel. Ha a toxintartalom magas, akkor a keverés után még mindig határérték feletti adatot kapunk, azaz eredményt nem értünk el, de sikerült a fertőzött takarmány tömegének akár többszörösét is tönkre tenni, azaz csak a bajt növeltük. Néhány határeset kivételével (amikor a toxintartalom a határértéket éppen csak meghaladja) az eljárást ezért nem ajánlott. Ha mégis próbálkoznak vele, először kis tételben végezzék el a keverést és toxikológiailag ellenőrizni kell az eredményt (Mesterházy, 2002). Sinha (1998) leírja, hogy a gomba toxinnal szennyezett gabonáknál számos detoxikálási eljárás van, amellyel csökkenthetők bizonyos esetekben a gabonák toxintartalma. A szennyezett gabonát állati takarmányozásra csak bizonyos feltételek mellett lehet felhasználni, de humán felhasználásra soha.

Mesterházy (2002) felveti a kérdést, hogy mi legyen azoknak a gabonatételeknek a sorsa, amelyek mikotoxintartalmuk miatt nem felelnek meg a szabványértékeknek, és veszélyes hulladéknak minősülnek. Járványos évjáratokban ez akár több százezer tonna terméket is érinthet. A lehetséges megoldások közé tartozik az energetikai célú felhasználás (pl. biogáz vagy hőenergia termelése), ipari hasznosítás (pl. bioetanol-gyártás), illetve a szakszerű megsemmisítés. A megfelelő döntéshez elengedhetetlen a pontos tételazonosítás és a hatékony nyomkövetési rendszer működtetése.

Az élelmiszerekre vonatkozó, jogszabályban megadott határértékek betartása kötelező, a határértéket meghaladó szennyezettségű tétel nem hozható forgalomba. Tekintettel arra, hogy ezeket a határértékeket az Unió rendelettel szabályozza, a rendelet hazánkban is közvetlenül, kötelezően érvényes (URL₈).

2.9.4 A gabona raktározása és anyagmozgatás gépei

Leggyakrabban azért történik a tárolás, mert a termék fogyasztási helye más, mint az előállítás helye, a termék szezonális, de a fogyasztás egész évben zajlik, és a további feldolgozást többek között más helyen végzik (Jayas, 2012).

Grídek (2019) leírásában a gabonaraktárnál nagyon fontos, hogy tiszta, beázásmentes és ép szerkezetű legyen. Éppen ezért az épületet először tüzetesen át kell vizsgálni, az esetleges hibákat pedig kijavítani. Ha ez elmarad, később komoly problémákat okozhat a raktárba bekerülő eső, hó. A beszivárgó nedvesség, a becsöpögő eső ugyanis bemelegíti az árut, ami tönkreteszi annak beltartalmát, és kiváló terepet biztosít a rovarkártevők szaporodásának. Ha a szükséges karbantartások megvoltak, következik a takarítás és a fertőtlenítés. Ilyenkor oda kell figyelni a kisebb repedésekre is, hiszen ezekben a résekben húzódnak meg a gombák, rovarok. A száraz, tiszta helyre történő betárolás az alapja mindennek.

A gabona bevételezése után megkezdődhet maga a tárolási folyamat, melynél Shepherd (1993) leírja, hogy a gabonaféléket a felhasználásig, általában több hónapon át kell tárolni mennyiség- és minőség-csökkenés nélkül, ezáltal a tárolási körülmények és azok ellenőrzései döntőek. Tovább taglalja, hogy míg a gazdálkodók és kereskedők a későbbi, magasabb piaci ár reményében, addig a feldolgozók folyamatos működésük biztosítása érdekében tárolják a gabonákat. Ugyanez vonatkozik arra is, amíg az importőrök az egyszerre behozott nagyobb mennyiséget az értékesítésig kénytelenek tárolni, addig a kormányok az élelmiszer-ellátás biztonsága, vagy a piaci folyamatokba való beavatkozás miatt tárolhatnak terményeket.

A raktár mozgatási funkciójának tevékenységei, részfolyamatai közül a hatékonyság és a gazdaságosság biztosítása szempontjából kiemelkedik a kommissiózás (Gelei, 2007). A kommissiózás az áruk konkrét megrendelések szerinti kigyűjtését és összeválogatását megvalósító folyamat (Prezenszki, 2002).

Az anyagmozgatás munkafázisai jelentős időt, energiát, illetve költséget kötnek le, ezért napjaink gépesítettségének fejlődése fellendült. A teleszkópos homlokrakodók mezőgazdasági alkalmazási területe széleskörűnek mondható, ugyan az alapgépek kialakítása azonos elven történik, a különféle csatlakoztatható adapterek számában és sokrétű funkciójában térhet el egymástól. A teleszkópos gémszerkezet előnye abban rejlik, hogy míg korábban a nagy magasságokba (~6,0–12,0 m) történő rakodást két vagy több lépcsőben lehetett megoldani, addig ezek a gépek a kitolható, teleszkópos kialakítású gémszerkezettel egy menetben végzik az anyagok rakodását. Ezen gépekkel a nagy magasságokba is egyszerűen, gyorsan elhelyezhetők a rakományok akár nagy tömegben is (~2,5–6,0 t) (Kassai, 2014). Szemes termények horizontál tárolóból történő kitárolás és szállítóeszközre történő rakodás esetén is a nagy raktérfogatú rakodókanalat kell használni. A teleszkópos rakodógépek emelési magassága és gémkinyúlása, és a munkaeszköz billentési szöge biztosítja a szóródásmentes rakodást (Kelemen, 2012). Gyakorlati hasznuk, mind betárolásnál, mind kitárolásnál megkérdőjelezhetetlen. A kitárolás pontos tervezést és odafigyelést igényel, melynek gyorsasága és eredményessége nagyban függ az emberi tényezőtől.

Hajdú (2017) a teleszkópos rakodógépekkel kapcsolatosan megjegyzi, hogy a mezőgazdaságban szinte valamennyi anyagmozgatási technológiában bevethetők, a szántóföldön (bálarakodás), a szérűkben és tárolókban, tárházakban (ömlesztett termények, egységakományok, big-bag konténerek stb. rakodásában), ill. az állattartó telepeken a silótérben, az istállókban, vagy a trágyatárolók környékén egyaránt bevethetők.

2.9.5 Raktártípusok

A korszerű raktárak, elosztó/szolgáltató központok létesítése ma számos tényezőtől függ, nevezetesen: a várható forgalomtól, a nemzetközi érdekeltségtől, a kiszolgálás gyorsaságától, a beruházások megtérülési idejétől és így tovább (Lakatos, 2018).

A gabonátároló rendszerek elégtelensége jelentős betakarítás utáni veszteségekhez vezethet, ami kihat az ágazat általános termelékenységére és gazdasági életképességére (Nadimi et al., 2023).

Raktárakkal szembeni követelményeket Dankó (2009) négy pontba foglalta össze, melyek (Dankó 2009):

- védjék meg a tárolt áru mennyiségét és minőségét;
- korszerű árumozgatást és tárolást tegyenek lehetővé;
- megfelelő munkakörülményeket biztosítson;
- jól megközelíthetőek legyenek (pl.: nagy szállítójárművekkel).

A raktározás technikai elemei Pánczél (2006, 2013) szerint biztosítják a raktározással szemben támasztott technikai, technológiai, valamint a szabályozási feladatok egy részének maradéktalan kielégítését. A technikai elemek közé sorolhatók:

- a létesítmények (épület, bunker, rakodó stb.);
- a tárolóeszközök és berendezések (állványok stb.);
- az anyagmozgató gépek és eszközök;
- az ügyviteli és nyilvántartó eszközök;
- az ellenőrző eszközök (mérleg, ellenőrző műszerek stb.);
- a kiegészítő berendezések (légkondicionáló, hűtő, szárító, töltő stb. eszközök és gépek).

Pánczél (2006, 2013) továbbá hozzáfűzi, hogy a gabonaraktórozó telepek létesítésénél figyelembe kell venni:

- Olyan raktárak kialakítását, melyeknél a be-, illetve kitárolás gépesítése technikailag megoldott. A raktárak minden esetben átszellőztethetőek legyenek.
- A telep minden egyes raktára és az annak a kiszolgáló épülete gépjárművel megközelíthető legyen.

A tárolótér kialakításának kérdése Gelei (2007) szerint magába foglalja a raktár elrendezésének kialakítását (layout), a megfelelő raktár technológia (legyen szó akár tárolási, akár anyagmozgatási rendszerek technológiájáról) kiválasztását, de a kialakított tárolótérben az áruelhelyezési szabályok meghatározását is.

A raktárak elrendezésének (layout) alapvetően követnie és támogatnia szükséges a raktárban zajló folyamatokat. Ezért egy tipikus raktárban külön területet szükséges kijelölni az áruátvétel, a tárolás, a kommissiózás, a kiszállítási egység kialakítása és a kiszállítást megelőző tárolás számára (Gelei, 2007).

A gabonák raktározása történhet horizontális tárolóban, illetve toronysilóban. (Rieger, 2007) adatai szerint 2007-ig közel 4 millió tonna raktárkapacitás épült, amelynek 70%-a csarnoktároló, 30%-a pedig vasbeton siló. Mindkét raktározási technológiánál az áru minőség megőrzése a cél.

A horizontális tárolók vagy magtárak kisebb fajlagos beruházási igénnyel építhetők, de üzemeltetésük költségesebb, mint a silóké. A gabona tárolása a silók megjelenése előtt kizárólag magtárakban történt (Bokori et al., 2003).

Bellus és Komka (2016) megfigyeléseik szerint mivel a tárolók alapterülete adott, a tárolási magasság nem csak a nedvességtartalom függvénye, nagyságára befolyással van még a gabona fajtája, hőmérséklete, térfogattömege, rézsűszöge, tisztasága és a tetőszerkezet teherbírása is. A csarnoktárolók, mint egyszintes épületek fesztávolsága és belmagassága az alkalmazott technológia függvénye. Befogadóképességük a hasznos alapterület és teherbíró oldalfalmagasság, valamint a konstrukciós kialakítás (ömlesztett vagy cellás tárolás, átforgatáshoz és kezeléshez szükséges 15-20% alapterület többlet stb.) alapján határozható meg.

Eőry és Köves (2017) összefoglalta az ömlesztett anyagok főbb jellemzőit anyagmozgatási, raktározási szempontból, melyek:

- szemnagyság, szemcsealak, szemösszetétel;
- fajlagos tömeg;
- belső súrlódás, kohézió, természetes rézsűszög (az ömlesztetőséget, rézsűképző tulajdonságot meghatározó jellemzők);
- időjárási hatásokra való érzékenység;
- nedvességtartalom;
- egyéb sajátosságok (pl.: súrlódási tényező különböző felületeken, gyúlékonyság, robbanékonyság, porképző hajlam).

Az ömlesztett anyagok jelentős része zárttéri tárolást kíván. A zárt csarnokraktárakban és a szabadtéri tárolókon az ömlesztett anyagok támfalas megtámasztással (esetenként az épület fala képezi a támaszfalat), vagy garmadákban tárolhatók (Pánczél, 2006).

Pánczél és Nagy (2013) leírja, hogy a garmadák alakja és mérete a tárolt áruk jellemzőitől és az anyagmozgatás rendszertől függően különböző lehet. A garmadák alaptípusai között három típust különböztet meg melyek:

- csonka kúp;

- prizma alak;
- M alak.

A korszerű létesítmények mobil vagy stabil anyagmozgatással, igény szerint szellőztetéssel, valamint a termények fizikai és a környezeti levegő állapotjellemzőinek mérési lehetőségével is rendelkeznek. A szellőztető csatornarendszer biztosítja a levegő egyenletes elosztását, mely a tárolók fenéklapján, vagy abba beépítve kerülhet elhelyezésre. Vízszintes tárolóknál a kisebb halom magasság miatt a csatornarendszer térben nagyobb kiterjedésű és emiatt fajlagosan drágább, de ezeknél a tárolóknál a tároló egy részének szakaszolásával – nagyobb légcsereszám biztosításával – lehetőség van a szellőztetési-szárításra is (Komka, 2001).

Bellus és Komka (2016) leírják, hogy a gabonák mobil be- és kitérőlétele tehergépkocsikkal, traktoros és tehergépkocsi szerelvényekkel vagy kamionokkal, mobil fogadógaratokkal, univerzális rakodógépekkel, felszedő-rakodókkal, mobil garatos és esetenként állítható ledobófejes szállítószalagokkal és szalagrendszerekkel, valamint csöves szállítócsigákkal oldható meg. A kaparókaros, a vederkerekes, a kaparószalagos vagy szállítócsigás rakodógépek rendszerint egy kitérő szállítószalagra továbbítják a felvett anyagot (Pánczél, 2006).

A horizontális tárolóban történő tárolásnál alapvető fontosságú a gabona megfelelő magasságban és egyenletesen legyen betárolva. Kelemen (2012) leírja, hogy a teleszkópos rakodógépek 7-10 méter gémkinyúlása és emelési magassága révén biztosítja a horizontális tárolókban a 4-5 méteres rakatmagasság megvalósítását. Ezzel szemben a gyakorlat azt mutatja, hogy a 3 métert meghaladó raktározási magasság esetén már bemelegedhet az áru. Hosszan tartó raktározásra nem megfelelő.

A horizontális tárolók mellett elterjedtek a toronysilók. Dulácska és Bódi (2018) leírják, hogy a silók általában 5-10 méter átmérőjű, 10-40 méter magas, csőszerű létesítmények, melyeket különböző porszerű, vagy szemcsés anyagok tárolására szoktak használni. A leggyakoribb a különböző szemes termények, gabonák tárolására szolgáló siló.

A silók általában fémből vagy vasbetonból készülnek. Toronysilóban történő tárolásnál elsődleges szempont a tárolt magvak megóvása érdekében a szellőztetés, illetve a gabona háromhavonta történő átforgatása, illetve kártevőktől való mentesítése. Lakatos (2013) javasolja a megfelelő hőmérséklet szinten tartása végett hőmérők elhelyezését. Schmidt (1996) leírja, hogy a torony közepén húzódó légcatorna segítségével, vagy ezek híján, a termény másik silóba való átűritésével lehet a termény szellőztetéséről gondoskodni. Lakatos (2013) szerint a szellőztetés, átforgatás művelete azért fontos, mert a búza utóérése során felszabadult hő és nedvesség

elvezetése így lehetséges. A szellőztetés miatt a toronysilók aljába szintén korrózióvédelemmel ellátott rácspadozatot helyeznek el. A padozat sík felülete a kitároló bolygócsiga zavartalan működését is biztosítja. Az anyag kitárolása elektromos meghajtású bolygócsigákkal történik. A bolygócsigák az anyagot a padozat alá épített kitároló csigára juttatják (Kelemen, 2021). A silótornyok esetében a viszonylag kis alapterület és nagy halom magasság miatt a csatornarendszer beruházása olcsó, és az átszellőztetés a viszonylagos egyenletes rétegvastagságnak köszönhetően egyenletesnek tekinthető, a gravitációs kitárolást a csatornarendszer nem akadályozza (Komka, 2001).

Szendrő (2000) szerint azokat a tárolótelepeket, amelyek magtisztító gépekkel, szárítóberendezésekkel és tárolólétesítményekkel is rendelkeznek, úgy kell megtervezni, hogy a lehetőségek közül azt a megoldást válasszák, amely leginkább megfelel az adott üzem sajátos adottságainak és működési igényeinek.

2.9.6 Szemestermények átszellőztetése

Szócs (2007) szerint a betárolt gabona, – bármely tárolási módot is alkalmazunk – két fő veszélyforrásnak van kitéve. Az egyik a gabonában megmaradt, technológiai előírások be nem tartásából származó túlzottan magas nedvességtartalom miatt meginduló erjedési, gombásodási, befülledési jelenség. Ezek az élettani folyamatok hőtermelők, és öngerjesztők. A másik melegezési folyamatot megindító hatás a gabonában található rovarok, lepkék, lárvák élettevékenységének következménye. A gabonaszemek köztes terében található levegő lehetővé teszi ezek szaporodását, amelynek a tűzvédelmi szempontokon kívül a terményben okozott veszteség a káros hatása.

Fontos, hogy olyan raktárakban történjen a raktározás, amelyek jól átszellőztethetőek. Ezzel kapcsolatosan Bokori (2003) leírja, hogy raktározás során egy minimális mértékű légzés ugyanis a szárítást követően egy ideig még a légszáraz magvakban is folyik. Az ennek során termelődő hő felmelegítheti a tárolt gabonát, a keletkező víz pedig nedvessé teheti a magvak felszínét. Mindez együtt a mikrobás tevékenység beindulásával járhat. Ezért a raktár szellőztetése létfontosságú.

Mivel a gabona élő anyag, ezért megfelelő időközönként legalább kéthavonta forgatni kell a terményt. A forgatási folyamat egyik fontos része az átszellőztetés, aminek hatására a betárolt gabona megszabadulhat az aratáskori sok esetben 40 °C-os maghőmérséklettől, illetve nedvességtől. Ez a raktározás során a magnyugalmi állapot fenntartását biztosítja. (Misusztyn et al., 1963) is megállapította, hogy magnyugalmi szempontból a légzést szabályozó alapvető

tényezők: a nedvesség, a hőmérséklet, a szellőzés (oxigén tenzió) és a mag állapota, amelyek közül a nedvesség mértéke a legfontosabb.

Tomay (1971) a raktárak levegőztetésére hívja fel a figyelmet, miszerint a búza tárolása során különösen új gabonánál és nagyobb nedvességű, vagy magasabb hőmérsékletű gabonánál rendkívül nagy jelentősége van az intenzív szellőztetésnek. Ezen kívül megemlíti, hogy a szellőztetésen kívül gondoskodni kell a rovarfertőzöttség, valamint a rágcsálók elleni folyamatos védelemről is.

Radics (2010) a tavaszi árpánál leírja, hogy feltétlenül szellőztetni kell, ha a külső hőmérséklet 5 °C-al alacsonyabb, mint a tárolt árpáé vagy, ha a relatív páratartalom 75% feletti.

Komka (2005) szerint a termények átszellőztetése történhet az adott célnak megfelelően:

- környezeti levegővel;
- előmelegített levegővel;
- hűtött levegővel végezhető el.

Terménytárolás során a szellőztetés hatékonyságát és időtartamát több, egymással összefüggő fizikai tényező határozza meg. Az átszellőztetés időigényét elsősorban a hűtött zóna halomban való haladási sebessége, valamint a terményhalom magassága befolyásolja. A hűtött zóna előrehaladása – amely alatt a levegő által lehűtött és stabilizált réteget értjük – jellemzően a befűjt levegő sebességének ezredrésze, azaz rendkívül lassú. Például egy 5 méter magas terményhalom (mintegy 500 m³ térfogat) esetében, ha a befűvott levegő térfogatárama 15 m³/h, a levegő áramlási sebessége pedig 0,02 m/s, a hűtött zóna előrehaladási sebessége körülbelül 0,072 m/h, ami alapján az átszellőztetés folyamata körülbelül 70 órát vesz igénybe. Ugyanezen eredményre jutunk, ha légcsereszám alapján számolunk: azaz a ventilátor légszállítását elosztjuk a halom térfogatával, majd az 1.000 értéket elosztjuk ezzel a légcsereszámmal – ez szintén mintegy 70 órás ciklusidőt ad eredményül. A szellőztetés gyakoriságát elsődlegesen a termény kezdeti hőmérséklete és nedvességtartalma határozza meg. Átlagos feltételek mellett – például 14,0%-os nedvességtartalom és 25 °C hőmérséklet esetén – az átszellőztetést 35–40 naponta célszerű megismételni. Amennyiben azonban a tárolt termény hőmérséklete hirtelen, napi 2–3 °C-kal emelkedik, azonnali szellőztetési beavatkozás szükséges a terményminőség és biztonság megőrzése érdekében (Komka, 2001).

Komka (2005) hangsúlyozza, hogy az állagmegóvó célú szellőztetés technológiailag és gazdaságilag is kedvezőbb alternatívát jelenthet az átforgatásos eljárással szemben. Az átforgatás energiaigénye jelentősen magasabb, emellett növeli a porlási veszteséget, valamint a törtszemek arányát, ezáltal rontva a tárolt termék minőségét. További hátrányt jelent, hogy a tárolókapacitás kihasználtsága csökken, mivel a termék átmozgatásához a tárolótér egy részét üresen kell hagyni.

Az egyszeri átszellőztetés időtartama szoros összefüggésben áll a befűjt levegő sebességével és a terményhalom magasságával. Gyakorlati tapasztalatok alapján, ha a levegő sebessége 0,05–0,1 m/s, akkor 3 méter magas terményhalom esetén az átszellőztetés időtartama 20 és 120 óra között változhat – ez nagymértékben függ a halom belső szerkezetének homogenitásától és a környezeti feltételektől. 10 méteres halommagasság esetén – ugyanebben a légsebességi tartományban – az átszellőztetés időigénye 35–70 óra, mivel a hűtött zóna előrehaladása a megnövekedett rétegvastagság miatt lassabbá válik. A szellőztetés optimális időpontját három fő paraméter határozza meg: a külső levegő hőmérséklete, annak relatív páratartalma, valamint a tárolt termék aktuális hőmérséklete. A levegő és a termék közötti hőmérsékletkülönbség következtében a befűjt levegő relatív páratartalma megváltozik a halom belsejében, ami közvetlenül befolyásolja a vízleadási folyamat hatékonyságát. E három tényező együttesen határozza meg a szellőztetésre alkalmas légállapotot, különös tekintettel a befűjt levegő megengedhető maximális relatív páratartalmára.

A gabonátárolás során a szellőztetés akkor tekinthető hatékonynak és biztonságosnak, ha a szellőztetésre használt levegő relatív páratartalma nem haladja meg a megengedett határértékeket, és egyben hőmérséklete legalább 4–5 °C-kal alacsonyabb, mint a tárolt gabona (pl. búza vagy rozs) aktuális hőmérséklete. E hőmérséklet-különbség biztosítása elengedhetetlen a nedvességkivonás megindításához, valamint a mikrobiológiai aktivitás és a minőségromlás megelőzése érdekében.

Tehát a szellőztetés a gabona mag légzés szempontjából elsődlegesen fontos. Raktározás szempontból Vašák (2008), illetve Gridék (2019) is leírják, hogy magának a levegőnek a légcseréje a fontos tényező. A tél beköszöntével a raktározásra kifejezetten oda kell figyelni, amikor több pára képződik a tételekben, amely később lecsapódva a termék nedvesedéséhez és tömörödéséhez vezet, aminek elengedhetetlen következménye a szemek beltartalmi romlása. Ha az áru állagromlása, egyszer elindul, beavatkozás nélkül már nem visszafordítható. A veszteségek minimalizálása a cél, melynek eszközei az árukezelés, árumozgatás, áttárolás.

Egy 14,5%-os szárazanyag-tartalmú gabona szárazanyag-vesztesége 23–25 °C-os tárolási hőmérséklet mellett, 5 hónap alatt, pl.: 2000 tonna tárolt mennyiség esetében meghaladhatja a 8-12 tonnát. (Muchová és Okrajová, 2005) megfogalmazásában a betakarítás utáni tárolásnál figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a gabona bonyolult metabolikus légzési jellege és lefolyása miatt a szárazanyag-nál veszteség fog fellépni.

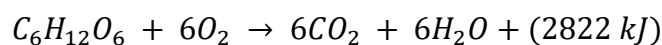
(Tomay, 1984) levezette, hogy raktározott gabonánál az általános gabonarakározási feltételek mellett, gondos szellőztetési technológiával a következő veszteségekre kell számítani:

- | | |
|--|-------|
| • fertőzés során fellépő értékcsökkenés | 0,33% |
| • gabona száradása során fellépő veszteség | 0,48% |
| • szellőztetés kifolyólag tömegveszteség | 0,50% |
| • veszteségek összesen: | 1,31% |

Ilyen nagyságrendű veszteséget okoz az is, ha a hőmérséklet emelkedése miatt áttárolásra van szükség, amely egyidejűleg a szemtöréssel minőségromlást is okoz.

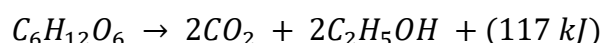
Tomay (1970) kutatásai alapján leírja, hogy a gabonafélék hosszú idejű tárolását optimálisan 18 °C hőmérsékleten és 14-15% nedvességtartalom mellett célszerű végrehajtani. Ilyen feltételek mellett a keletkező szén-dioxid fajlagos mennyisége 1,4 mg (CO₂/kg gabonatömeg/óra) lesz.

A gabonaszemek légzésével kapcsolatban Bellus és Komka (2016) rámutatnak arra, hogy a tárolás során a szemek légzése mind aerob, mind anaerob körülmények között végbe mehet, attól függően, hogy a terménytérben rendelkezésre áll-e elegendő oxigén. Aerob légzés esetén a glükóz teljes oxidációja történik meg, amelynek során 6 mol oxigén felhasználásával 6 mol szén-dioxid és 6 mol víz keletkezik, miközben a rendszer 2822 kJ/mol energiát szabadít fel hő formájában:



A reakció során az oxigénfogyasztás és a szén-dioxid-termelés aránya 1:1, így a légzési hányados (RQ = respiratory quotient) értéke 1,0. Ez az egyensúly az optimális, oxigéndús tárolási körülmények között valósul meg, és a gabona minőségének hosszú távú megőrzését szolgálja.

Ha azonban a tárolási környezetben oxigénhiány lép fel – például tömörödött halmazban, nem megfelelő szellőzés esetén –, a sejtlégzés részben vagy teljesen anaerob módon zajlik le. Ilyenkor a glükóz alkoholos fermentáción megy keresztül, melynek során 2 mol etanol és 2 mol szén-dioxid keletkezik, a reakció hőmérlege viszont lényegesen kisebb:



A -117 kJ/mol érték itt az alkoholos fermentáció bruttó reakcióentalpiája, azaz az az energiamennyiség, amely egy mol glükóz lebontása során szabadul fel anaerob úton. Ez az érték -117 kJ/mol és -122 kJ/mol között mozog, attól függően, hogy a reakció során milyen oldat- és környezeti feltételekkel számolunk. Az aerob légzéssel összevetve jól látszik, hogy az anaerob útvonal energiahasznosítása töredéke a teljes oxidációjának.

Az anaerob légzés során a szén-dioxid termelése kevesebb, mint az aerob esetben, ugyanakkor az oxigénfogyasztás hiányzik vagy minimális, így a légzési hányados (RQ) meghaladja az 1-et, nem pedig alacsonyabb annál, ahogyan a forrás tévesen állítja – ezt érdemes pontosítani: anaerob folyamat esetén a légzési hányados nem értelmezhető a klasszikus formában, mivel nincs oxigénfogyasztás, tehát az RQ elméletileg ∞ .

Tartós oxigénhiány esetén a tárolt terménymegben bedohosodás lép fel, amely egyrészt a mikrobák anaerob metabolizmusának, másrészt a keletkező illékony vegyületek (pl. etanol, szerves savak) kondenzációjának következménye. A dohos szag, valamint a szöveti károsodások már visszafordíthatatlan minőségromlást okozhatnak, különösen vetőmag esetén. A kialakult anaerob góc megszüntetése célzott szellőztetéssel történhet, amely lehet a tárolócsatorna adott szakaszának aktiválása, vagy mobil szellőztetőcsövek helyi alkalmazása, a gázcsere felgyorsítása és az oxigéndús levegő bejuttatása érdekében.

2.9.7 Gabonák beltartalmi értékeinek megóvása

(Qiang et al., 2024) leírják, hogy a gabonák minősége és tárolási stabilitása kulcsfontosságú a globális élelmezésbiztonság szempontjából. Ezek a tulajdonságok azonban romolhatnak a belső légzési folyamatok és külső tényezők miatt, ami olyan hátrányokhoz vezethet, mint a színváltozás, a lipidromlás, a keményítő öregedése és a fehérjék denaturálódása.

A gabonafélék szezonális betakarítása, időszakos tárolása és folyamatos értékesítése konfliktust eredményez a betakarítás szezonális jellege, valamint a folyamatos fogyasztási és feldolgozási igények között. A tárolási stabilitás biztosításához olyan racionális és hatékony tárolási eljárások és eszközök kialakítása szükséges, amelyek megfelelnek ezeknek a kihívásoknak (Tong et al., 2019). Ugyanakkor a gabonák tárolási minőségét számos tényező befolyásolja, például a hőmérséklet, a páratartalom és a tárolási idő hossza, amelyek az idő előrehaladtával jelentős fizikai és kémiai változásokat okozhatnak. Például a gabonaszemek elsötétedhetnek vagy besárgulhatnak, valamint kellemetlen szagokat bocsáthatnak ki a zsírsavak oxidációja és savasodása miatt. Emellett a nem megfelelő tárolási körülmények lényegesen befolyásolhatják a

feldolgozási tulajdonságokat, például csökkenhet a viszkozitás, nőhet a keménység, és megváltozhat a zselatinizációs hőmérséklet (Hu et al., 2022).

A terményvédelem súlypontosan a prevencióra, a megelőzésre épül, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a terménynek jó tárolási feltételeket biztosítva megszüntetünk, minden kedvező körülményt a károsítók számára, a hosszabb ideig tárolni kívánt búzát, kukoricát, napraforgót stb., pedig a betárolással egy időben megelőző védelemben részesítjük (Cziklin, 2014).

Surovčík et al. (2001) szerint a raktározás során megfelelő hőmérséklet és páratartalom kialakításával a károsító rovarok életfolyamatai és a károkozás foka lefékezhető. Hozzáfűzi továbbá, hogy a raktározott gabona kedvező állapotának a megőrzése érdekében a következő méréseket kell elvégezni:

- Hőmérséklet: a betakarítást követően az első három hónapban a száraz gabonát kétnaponta, nedves gabona esetében naponta kell mérni a hőmérsékletváltozásokat. A téli időszakban két hetente egyszer kell ellenőrizni a hőmérsékleteket, míg tavasszal elég hetente csak egyszer. Rendellenes hőmérséklet emelkedés esetén naponta egyszer kell mérést végezni.
- Páratartalom: havonta egyszer ellenőrizni.
- Kártevők monitorozása: a hőmérséklettől függően, a 10 °C hőfok felett esetén hetente egyszer, az 5-10 °C értéknél 14 naponta egyszer, míg az 5 °C alatt havonta egyszer vizsgáljuk a gabonát.
- Egészségi állapot: a gabona érzékszervi vizsgálata is fontos. Havonta egyszer figyelni kell a búzaszem fényességét, színét, illatát (szagát). A csírázási erélyt pedig havonta kétszer kell elvégezni.

Mosonyi (1989) a raktározás során a szemes terményekben lejátszódó folyamatok közül a hőmérsékletnek, a levegőforgalomnak, illetve a termény és a körülötte lévő környezet nedvességtartalmának tulajdonít szerepet.

Radics (2010) kifejti, hogy gabonák tárolási ideje alatt ügyelni kell az esetleges befülledés elkerülésére, illetve a raktári kártevők (zsizsik, moly stb.) elleni gondos védekezésre.

A gabonát olyan körülmények között kell tárolni, amelyek megőrzik vagy akár javítják a gabona minőségét, mint az aratáskor. A minőség biztosítása érdekében ellenőrizni kell a rovarokat és a nedvességet. Különböző gabonafélék különleges feltételeket igényelhetnek, amelyek fenntartják a következő szakaszban felhasználó számára szükséges minőséget, különösen az árpa,

a rizs és a búza esetében. A szállítás során lehetővé kell tenni a szállítmányok nyomon követését, hogy a többi, potenciálisan összeférhetetlen minőségű tételtől elkülöníthető legyen (Ian Batey, 2017).

(Navnath et al., 2023) kutatásukban azt vizsgálták, hogyan változik a durum búza minősége, ha öt hétig nedves körülmények között tárolják. Három különböző búzafajtát (AAC Spitfire, CDC Defy és AAC Stronghold) elemeztek szinkrotronos röntgenképkalkotási és spektroszkópiai technikákkal, hogy feltárják a tárolás során bekövetkező biokémiai és táplálkozási változásokat. Az eredmények szerint az AAC Stronghold fajta jobban ellenállt a károsodásnak, míg az AAC Spitfire és CDC Defy fajták táplálkozási értéke és összetétele jelentősebb romlást mutatott.

(Nithya et al., 2011) a kutatásaik célja a durum búza tárolási körülményeinek optimalizálása volt, mivel ez a búzafajta érzékenyebb a romlásra, mint más gabonafajták. A vizsgálatok során különböző nedvességtartalmú (15–20%) és hőmérsékletű (10–40 °C) tárolási körülményeket teszteltek 12 hét alatt. A romlási paraméterek, mint a csírázóképeség, penészképződés, szabad zsírsav értékek és ochratoxin-termelés, szoros összefüggést mutattak a nedvességtartalommal, a tárolási idővel és a hőmérséklettel. Látható penész jelent meg minden magas nedvességtartalmú (17, 18, 19 és 20%) mintában, amelyeket magas hőmérsékleten tároltak. A minták szabad zsírsav értékei a nedvességtartalom és a tárolási idő növekedésével párhuzamosan emelkedtek.

A szemes termények minőségi és mennyiségi megőrzésének legfontosabb eleme a megelőző kezelés. A művelettel a kártevők egyrészt kizárhatók a létesítményekből, vagy olyan viszonyok állíthatók elő, melyekkel kifejlődésük és szaporodásuk akadályozható meg. A megelőzés eredménytelensége esetén a megtelepedett kártevők további elszaporodása és tevékenysége kárelhárítási műveletekkel szorítható vissza, vagy küszöbölhető ki (Bellus és Komka, 2017).

Sipos és Zsombik (2006) szerint a raktári kártevők elleni védekezésre megoldás lehet a sűrű szövésű, szellőző anyaggal történő takarás, vagy leggyakrabban a tárolótér és a termény gázosítása. A gabonakárosító raktári kártevők ellen a csapdázás egy lehetőség, de a fertőzést nem szünteti meg. A csapdák lehelyezése általában a raktárépületen kívül történik, melyben rágcsálóirtó anyag van elhelyezve. Abban az esetben, ha a csapda a raktáron belül kerül elhelyezésre, akkor a raktározott gabona fertőződését megakadályozva a csapda belsejébe csak ragasztó szalagos csapdát alkalmazhatunk.

A károsítók elleni védekezés további eleme a betárolással egyidejű szerves savas konzerválás, mely hasonló hatást fejt ki, mint a fent említett módszerek (Bellus és Komka, 2017). Karnóth

(2014) kifejti, hogy a biztonságos tárolás lehetséges módszere takarmányozási célú termények esetében a szerves savakkal történő tartósítás. Komka (2001) a szerves savas terménytartósításnál, az elsődleges célként a különböző gombaflóra élettevékenységének megakadályozását, azaz a penészgátlást jelölte meg. A termény beltartalmi értéke nem romlik és elkerülhető a káros mikotoxinok keletkezése. A szerző kiemeli, hogy a szántóföldről származó, már kialakult mikotoxin-szennyeződések e technológiai eljárással ugyan nem lehet eltávolítani, azonban a penészképződés megelőzésével a további mikotoxintermelés hatékonyan megakadályozható. A szerves savas takarmány-tartósítási technológia lényege abban áll, hogy a szemes terményeket betakarításkori nedvességtartalmuk mellett – aminek csak a további felhasználás szab határt – általában 14-20% nedvességtartalom mellett a tárolóba juttatásuk előtt folyékony tartósítószerrel kezelik. A folyékony tartósítószer kifejezetten antimikrobiális hatásúak, ezért alkalmasak hosszabb idejű tartósításra. A tartósított gabonát nem kell a tárolás alatt mozgatni vagy szellőztetni, ezért egyszerű tárolóknál, hosszú idejű tárolás esetén is sikeresen alkalmazható a technológia.

Szemes terményeinek hosszú idejű és kockázatmentes tárolásához biztosítani kell a betakarítás, az elő- és utótisztítás, valamint a szárítás és a szükség szerinti kezelés műszaki és technológiai feltételeit. A szemes termények lélegzésekor lejátszódó biokémiai folyamatok hatására a tárolt halmazok hőmérséklete és nedvességtartalma az adott körülményektől, így többek között a termények tisztaságától, a szárítás mértékétől és homogenitásától, a törtszem-tartalomtól, valamint a károsítók megjelenésétől függően különböző mértékben megnő. Hatásukra a tárolt halmazokban káros folyamatok indulhatnak be, ezzel és az elmaradó termény- és tároló fertőtlenítés hatására visszafordíthatatlan károk keletkezhetnek (Bellus és Komka, 2017).

Tároláskor különböző folyamatok játszódnak le a terményben, ezek szempontjából fontos szerepe van a tisztaságnak (Győri, 1999).

A learatott gabona tartalmaz idegen anyagokat is, amelyek a termény tisztaságát csökkentik, a kártevők pedig nedvességtartalmuk mellett anyagcseréjükkel bemelegedést okozhatnak, amely kedvez a mikrobiális fertőzéseknek. Ezért betárolás előtt halmaztisztítás javasolt kiválasztásukra, valamely tulajdonságuk halmaztól való eltérése alapján (Véha és Markovics, 2013; Tomay, 1987).

A tisztítás előrostálásból, toklásolásból, szelelőrostálásból áll. A tisztított gabona serleges felvonókkal jut az ellenőrzőmérlegekre, ahonnan elosztók segítségével a szárítóvonal előtartályaiba, illetve közvetlenül vagy elosztó rédlereken keresztül a tárolótartályokba kerül (Forgács, 2006).

A betakarított termények halmaztisztításának leggyakrabban alkalmazott berendezései közé tartoznak a különféle rosták (rög-, szem- és porrosta), a szelelőrosták (tarár), valamint a mágneses szeparátorok, kő- és rögleválasztók, triőrök és az entoléterek. E gépek célja a szennyezőanyagok, idegen anyagok és nem kívánatos frakciók eltávolítása a további feldolgozás vagy tárolás minőségi biztonságának érdekében (Véha és Markovics, 2013; Tomay, 1987).

Német (2014) leírja, hogy aratáskor az ún. egyensúlyi nedvességtartalom a különböző termények esetében általában 13–14% körül van. A kalászos gabonák szárítása a nyári időszakban tapasztalható magas (30 °C) hőmérséklet miatt nem szükséges. Nedves csapadékos nyarakon viszont szükség van a gabonaszárítókra. A gabonák szárítását akkor végezzük mikor a termény nedvességtartalma 14% fölötti. A szárítás célja a szemben zajló enzimműködés lassítása, illetve a tárolás biztonságának fokozása.

Tomay (1987) a szárítás követelményének: az egyenletes nedvességtartalom elérését, a hőmérsékleti maximum betartását, a nagy és gyors hőmérséklet-változások kerülését tartotta.

A gabonaszárításnál nem mindegy milyen a szárító levegő hőmérséklete. Pepó és Sárvári (2011) szerint a szárító levegő hőmérséklete a felhasználástól függően változik:

- étkezési és takarmánybúza (max. 70 °C);
- vetőmag búza (max. 45-50 °C).

Radics (2010) leírja, hogy tavaszi árpa (sörárpa) esetében a szárító levegő hőmérséklete nem haladhatja meg a 40 °C-t, mert az a csírázóképeség elvesztésével jár.

Ezeket a hőmérsékleti értékeket a gabona szárítása alatt nem szabad túllépni. Bocz (1996) leírta, hogy a termény óránként csak 2-3% vízelvonást tűr el, ezért javasolt a kíméletes szárítása. Ginzburg (1979) a szárítóközeg paramétereit közül a levegő hőmérsékletét, illetve a levegő sebességét vette alapvető fontosságúnak. A levegő sebességének hatása a folyamat kezdetén nagyobb mértékben jelentkezik, ami az állandó sebességű szárítási szakaszt jellemzi. Ha a levegő sebességét 0,1 m/s-ról 0,5 m/s-ra növelik, a szárítás időtartalma kb. 1,5 részére csökken.

A hőkezeléses szárítók közvetett vagy közvetlen fűtésűek lehetnek. A szárítás művelete előmelegítési, szárítási és hűtési szakaszokból áll. A szárítónál előtárlókból kombináltszárítógépből és utótárlóból áll. A gabona hőkezelés nélküli szárítása, szellőztetése az aktív (mesterséges) légcserén alapul. Utántisztítási műveletre akkor kerül sor, ha különösen szennyezett vagy sérült a gabona. A tisztítónál szelelőrostálásból és triőrözésből áll. Az

utántisztítás melléktermékeit (por, toklász, rög stb.) megsemmisítik, a töröttes apró szemeket a takarmánygyártásban hasznosítják (Forgács, 2006).

A gabonák raktározásánál (6. ábra) a tűzvédelemről is kell pár szót ejteni. Szócs (2007) a raktározott szemes termények tűzvédelmének fontosságára hívja fel a figyelmet. Leírja, hogy a kémiai reakciók mechanizmusának vizsgálatából ismert, hogy a reakciósebesség a közeg hőmérsékletének 14 °C fokenkénti emelkedésével megduplázódik. Megállapította, hogy a nem megfelelően raktározott termény bemelegedése során fellép a reakciótér rossz hőcseréje, így a keletkező hő felhalmozódik, és lokális túlhevülést okoz. Az idő előrehaladtával a hőmérséklet eléri a gabona gyulladási hőmérsékletét, ami később az öngyulladás következtében a gabona megsemmisülését eredményezi.

Gabonaszárítók esetében a tűzvédelemre is fokozottan oda kell figyelni. Gyakran előfordul, hogy nyáron a gabonaszárítók csak időleges vannak használva, és általában időspórolás végett a szárító toronyban marad a leszárított áru. Ha áll a termény a toronyban, sőt az előrejelzések szerint még napokig nem is indulhat újra a betakarítás, le kell üríteni a szárítót és felülről lefelé haladva át kell vizsgálni, és megszüntetni az esetleges boltozódásokat (URL₉).



6. ábra Gabonaraktár, Forrás: saját kép

2.10 Élelmiszer nyomon követés

A nyomon követés egyértelmű alapkövetelménnyé vált a szervezetek számára világszerte. Az ellátási lánc minőségének, hatékonyságának és átláthatóságának javítása mellett a nyomon követési adatok kötelezően elvégzendő megosztása és felhasználása lehetővé teszi olyan megoldások kifejlesztését, amelyek növelik az ellátási lánc biztonságát (Bart et.al, 2018).

A nyomonkövetéshez, illetve a nyomon követési rendszerek kiépítéséhez nélkülözhetetlen egy globálisan alkalmazható, egyedi azonosításra tökéletesen megfelelő, a felek által kölcsönösen ismert szabvány megléte. A nyomonkövetési rendszerek feladata a pontos és gyors termékazonosítás, a kérdéses termékek eredetének és jelenlegi tartózkodási helyének meghatározása. A rendszerek bevezetésével lehetővé válik egy esetleges élelmiszerbiztonsági probléma kiindulási pontjának meghatározása, és az érintett termékek, tételek piacról történő visszahívása, illetve kivonása. Egy jól kialakított és működtetett élelmiszer-nyomonkövetési rendszerrel, az élelmiszeripari vállalkozók nagy lépést tehetnek a fogyasztók bizalmának elnyerésében (Dankó, 2009).

A nyomon követés lehetővé teszi az adott tárgyhoz (objektumhoz) tartozó releváns adatokhoz való hozzáférést, hogy az adatok elemezhetőek legyenek, és döntéseket lehessen hozni. Az adatok hozzáférhetősége kulcsfontosságú a válaszadási sebesség és az elemzés pontosságának növeléséhez. A nyomonkövetési rendszereket nyomonkövetési adatok működtetik. A nyomonkövetési adatok az egyes szervezetek által végrehajtott különböző üzleti folyamatok végrehajtásával jönnek létre. Minden olyan esetben, amikor egy nyomon követéshez kapcsolódó folyamatot végrehajtanak bármely szervezetben, nyomonkövetési adatok keletkeznek. Ezek az adatok üzleti adatokat tartalmaznak az adatokat használó alkalmazások számára, és öt fontos dimenzióra kiterjedő információt tartalmaznak: Ki, mi, hol, mikor és miért (Bart et.al, 2018).

Ha a nyomonkövetési adatokat megosztjuk az ellátási lánc szereplőivel vagy külső érintettekkel, az adatáramlás és információmegosztás módjától függően az alábbi öt nyomonkövetési modell – más néven koreográfia – különböztethető meg:

- *Egy lépést fel, egy lépést le:* minden szereplő csak a közvetlen beszállítójától és vevőjétől kap és ad tovább információt.
- *Centralizált modell:* minden nyomonkövetési adat egy központi adatbázisban kerül rögzítésre és kezelésre.

- *Hálózati modell:* az információ megosztása több szereplő között valósul meg, egymással közvetlen kapcsolatban álló pontokon keresztül.
- *Halmazott modell:* az adatok egymásra épülve, lépésről lépésre kerülnek továbbításra és összesítésre a lánc mentén.
- *Decentralizált modell:* az adatok tárolása és kezelése az egyes szereplőknél történik, de szabványos protokollok segítségével biztosított az interoperabilitás.

A nyomon követhetőség koncepciójának egy legkritikusabb pontja, hogy a folyamat során elveszhet az azonosíthatóság. Például, ha egy malomban több gazdaságból érkezett búzát dolgoznak fel. A feldolgozás során a különböző beszállítóktól érkező alapanyagok összekeverednek, ezért a későbbiekben újra elkülönítésük nem lehetséges. Az előállított terméknek nyilván kell tartani az egyes alapanyagait, illetve származásukat (Füzesi et al., 2004).

2.11 Színképelemzés

Az élelmiszer-gabona minőségének és tulajdonságainak értékelése számos technológiai megközelítést foglal magában, amelyek közül egyik legelterjedtebb az optikai képalkotás. Az értékelési folyamat első lépése a képek rögzítése, és bár a legtöbb esetben látható spektrumú kamerákat használnak, néhány kutatás az infravörös spektrumot is bevonja. Emellett vannak olyan megközelítések, amelyek más típusú képeket alkalmaznak, például multispektrális vagy hiperspektrális képeket, amelyek nagyobb mennyiségű spektrális információt nyújtanak. Általánosságban elmondható, hogy a multispektrális képek egy adott jelenetről készült felvételeknek felelnek meg, amelyeket az elektromágneses spektrum meghatározott hullámhossz-tartományában rögzítettek, beleértve a látható spektrumot, valamint az infravörös és ultraibolya tartományt. A multispektrális képek általában 3-20 spektrális sávból állnak (Henry O.et. al., 2021).

Ellentétben a multispektrális képalkotással, amely az elosztott spektrális sávokat méri, a hiperspektrális képalkotás folyamatos spektrális sávokat mér. Ez nagyszámú képet eredményez, több mint 20, általában 200 sávot, amelyek lefedik az elektromágneses spektrum nagy részét (Henry O.et. al., 2021).

Berman et al. (2007) infravörös hiperspektrális megközelítést mutatott be az egyedi és antociánost búzaszemek osztályozására, melyek 24 különböző ausztrál fajtához tartoztak. A kép adatokat az átlagok alapján normalizálták, a spektrális alakzat felhasználásával. A kísérleteket 420-2500 nm, 420-1000 nm és 420-700 nm hullámhossz-tartományba eső képminták segítségével

végezték el. Chu et al. (2020), pedig a fertőzött kukorica vetőmagok osztályozására egy infravörös hiperspektrális kép alkotást használt fel a 900-1700 nm tartományban.

Philippe és társai (2018) a tanulmányukban részletesen tárgyalták a közeli infravörös (NIR) hiperspektrális képalkotás és kemometria kombinált alkalmazásának lehetőségeit a magok elkülönítésére a beraktározási folyamat szakaszában. Az elkülönítés szempontjából fontos kritériumok közé tartozik a morfológia, a NIR spektrumok, a fehérjetartalom és a mag üvegszerúsége. A tanulmányban a teljes mintahalmaz 257 mintából állt. Az eredmények szerint a minták 96,5%-a és 88,3%-a volt helyesen osztályozva a morfológiai és NIR spektrális profil alapján. A morfológiai jellemzők és a NIR spektrális profil kombinált alkalmazása lehetővé teszi a durumbúza és a közönséges búza magjainak megbízható megkülönböztetését.

A látható és a közeli infravörös (Vis-NIR) spektroszkópiát a számítógépes látással kombinálták annak érdekében, hogy megkülönböztessék a DON (deoxinivalenol) szennyezett búzaszemeket a tiszta, nem szennyezett szemektől (He et al., 2021). Létrehoztak egy dinamikus érzékelőrendszert, amely lehetővé tette a búzaszemek spektrális és képi adatainak online rögzítését és elemzését. Ezek alapján meghatározták az „egészséges” búzaszemek optimális spektrális és képi jellemzőit. Ezt követően a spektrum- és textúrajellemzőkre épülő lineáris diszkriminancia analízis modellezés segítségével a kalibrációra és validációra 95,06%-os, illetve 91,36%-os pontosságot értek el a szennyezettségi szintek megkülönböztetésében.

Zayas et al. (1989) tanulmányukban a gépi látást alkalmazták különböző búzafajták azonosítására és a búza és a nem búza összetevők megkülönböztetésére. A kamerafelvételek alapján morfológiailag elemezték az egyes magok geometriai méreteit. Kilenc geometriai paramétert definiáltak, amelyek alapján a búzamagok és egyéb összetevők jól elkülöníthetőek voltak.

Majumdar et al. (2000) egy olyan algoritmust fejlesztettek ki, amely morfológiai jellemzők alapján képes automatikusan osztályozni az egyes gabonaszemeket. A vizsgálat során öt gabonafélét (kanadai vörös tavaszi búzát, durum búzát, árpát, zabot és rozst) különböztettek meg 23 morfológiai tulajdonság segítségével. A kutatók a gabonaszemek pontos osztályozására diszkriminanciaanalízist alkalmaztak, amelynek eredményeképpen 81,6% és 99,9% közötti pontosságot értek el a gabonafajták felismerésében.

Vithu és Moses (2016) elemezték a gépi látórendszerek lehetséges alkalmazását (előnyeit, esetleges hiányosságait, korlátait) a különböző gabonaminőség-értékelési rendszerekben.

Megállapították, hogy a képfeldolgozási és képelemzési technikák, a gépi látásrendszerek képesek felváltani a gabonaminőség értékelésének hagyományos módszerét. Nevezetesen a szemrevételezést (kézi módszer), amely még a képzett személyzet számára is kihívást jelent a gyorsaság, a megbízhatóság és a pontosság szempontjából.

Kar és munkatársai (2020) egy új és innovatív rendszert mutattak be, amely lehetővé teszi az élelmiszer gabonafélék minőségének gyors és pontos automatikus becslését. Ennek érdekében kifejlesztettek egy algoritmust, amely egy zöld A4-es méretű papírlapra szórt gabonaféléket azonosítja és elemzi RGB képek alapján. A zöld szín megkülönbözteti a gabonafélék részecskéit (teljes, töredezett, sérült stb.), a szennyeződések és más gabonaféléket a háttérszíntől. Az algoritmus először a képen lévő gabonát választja ki a háttérszíntől, majd ezeket a kiválasztott képrészleteket osztályozza különböző kategóriákba. A rendszer hatékonyságának és pontosságának hála jelentősen csökkentették a manuális minőségbecslési folyamatok időtartamát.

Van Haute és társai (2023) kísérleteik során a multi spektrális képalkotás segítségével mérték a fodormenta olajtartalmát. A színmérés segítségével gyorsabban és roncsolás mentesen meghatározták a szárított fodormenta illóolaj-tartalmát. Ez a technika gyorsabb és olcsóbb megoldást biztosít az illóolaj tartalom meghatározására.

Egy átfogó cikkben Chen és társai (2022) a fekete teának a hervadó leveleit a közeli infravörös spektroszkópiával (NIRS) illetve az E-eye technológiával vizsgálták. A tanulmányban a NIRS és az E-eye technológia használatával meghatározták a hervadó levelek nedvességszintjét. Eme módszer javítsa a fekete tea beltartalmi és minőségi paramétereit feldolgozáskor.

Az elmúlt évtized során a CIELAB színmérési rendszeren alapuló képalkotó technológiák alkalmazási spektruma számottevően bővült: mára már nem csupán a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban, hanem az erdészeti kutatásokban is egyre meghatározóbb szerepet töltenek be.

Tiago H. társaival (2021) azt vizsgálták, hogyan befolyásolják a mesterséges és természetes időjárás hatások a fák és faalapú anyagok kémiai és fizikai tulajdonságait, például a nedvességtartalmat, sűrűséget, összetételt és színt. Kiemelten foglalkoztak az ultraibolya sugárzás (UV) színváltozásokra gyakorolt hatásával, és nyolc különböző fafajt (kemény- és puhafákat) vizsgáltak szilárdsági osztályuk alapján. A színméréseket a CIELAB* rendszerrel végezték, és megfigyelték, hogy az UV-sugárzás hatására a fáknál a sötét színű felületeken szürke tónus alakult ki. A természetes környezetben kitett minták reagáltak a hosszú távú UV-expozícióra, ami azt mutatja, hogy a faanyagok tulajdonságaiknak a meghatározása során figyelembe kell venni a levegőszennyezést és más öregedési tényezők hatását.

Cesa S. és társai (2017) a kék áfonya (*Vaccinium spp.*) kivonatok feldolgozási hatásait értékelték az anthocyanin tartalomra és a színváltozásokra vonatkozóan. Két homogenizációs módszert hasonlítottak össze a kék áfonya püré előállításához, majd különböző hőkezelési eljárásoknak vetették alá, majd a minták pH-értékét is ellenőrizték. A hidroalkoholos kivonatok CIELAB és HPLC-DAD analízisekkel vizsgálták, hogy részletes információkat kapjanak a pigmentek teljes tartalmáról és a bioaktív színanyagok minőségi és mennyiségi profiljáról. A gyártókat ezek az információk segítik abban, hogy a püré előállításához kiválasszák a hatékony és megfelelő feldolgozási technikákat.

Conesa és munkatársai (2019) három évig végeztek kísérleteket, hogy megvizsgálják a CIELAB színkoordináták és a citromgyümölcsben található pigmentek közötti kapcsolatot. A vizsgálat során 49 citromot figyeltek meg a fejlődésük során, az érési időszaktól a betakarításig. Céljuk az volt, hogy megértsék a citromhéj színváltozásait (színkoordináták) és a pigmenttartalom közötti összefüggéseket, valamint a lutein és a β -kriptoxantin karotinoidok relatív fontosságát a teljes karotinoid tartalomhoz képest. A kísérlet két különböző helyszínen zajlott, és rendszeresen megmérték a gyümölcsök színét és a klorofill, lutein és β -kriptoxantin koncentrációját. Az eredmények azt mutatták, hogy erős korreláció volt a színkoordináták és a citromhéj pigmentjei között. Az összes színpigment (klorofilok, karotinoidok és lutein) erősen korrelált az a^* és b^* színkoordinátákkal, valamint a színárnyalat-indexszel. Ezek az eredmények segítenek a citromgyümölcs minőségének és érettségének meghatározásában, illetve a CIELAB színkoordináták használata lehetővé teszi a gyümölcs pigmenttartalmának megbízható becslését is.

Irwin R. és társai (2013) a cikkükben részletesen leírják egy statisztikai mintafelismerő technikát, amely színes képek alapján képes objektív és következetes minőségértékelésre, különösen frissen szeletelt gesztenyék esetében. Az eljárás alapja a számítógépes látórendszerek és a jellemzők kinyerése az ismert képek kategóriáiból. Ezt követően a módszer az osztályozásra alapuló statisztikai és klaszterezési algoritmusok segítségével értékeli a gesztenyék minőségét, és lehetővé teszi a betakarítás előtti és utáni kezeléseket hatásainak számszerűsítését. A módszer további alkalmazása révén az ipar számára lehetőség nyílik a gesztenyék minőségének előrejelzésére és az általános minőségértékelésre, javítva a feldolgozott termékek minőségét.

Ezequiel et al. (2020) tizenhárom különböző kereskedelmi hibrid kukoricafajtában mérték meg a mag keménységét (beleértve a vizsgálati tömeget, az üvegszerűséget), a karotinoid koncentrációt és a színt a HunterLab színrendszer segítségével. A genotípusok között jelentős

különbségeket figyeltek meg mind a magkeménység, mind a karotinoid koncentráció, valamint a HunterLab színdimenziók tekintetében. Megállapították, hogy a mag színértékei és a keménysége között összefüggés van, és a sárgaság (b^*) genotípusbeli különbségei olyan szemeknél jelentkeztek, amelyek hasonló karotinoid koncentrációval rendelkeztek, de eltérő keménységgel bírtak. Az eredmények azt mutatták, hogy amikor az egész szemeket megőrölték és a kapott liszten színt mértek, a sárgaság genotípusbeli különbségek eltűntek, ami azt sugallja, hogy a mag üveges szerkezete befolyásolja a mag színét.

Ramirez et al. (2020) kutatásaiknak célja olyan gépi tanulási és számítógépes látáson alapuló algoritmusok kifejlesztése, amelyek lehetővé teszik a sörárpa gabona minőségének automatikus értékelését. A bemutatott megközelítés a helyi fáziskvantálási leíró, valamint szín- és formajellemzők kombinációját alkalmazza, amely a legjobb teljesítményt nyújtja, felülmúlva a fejlettebb helyi leírók eredményeit. Az SVM-RBF osztályozó nemcsak megfelelő a feladathoz, hanem gyors és pontos megoldást is biztosít. A kutatás hangsúlyozza a gondosan kiválasztott jellemzők, a magas teljesítményű osztályozók, valamint a kontrollált világítás és felvételi eszközök alkalmazásának jelentőségét, mivel ezek megbízható megoldást eredményeznek a sörárpa minták minőségi értékelésére. Ezenkívül a szín- és textúrajellemzők szerepe is kiemelendő, amelyek segítik az árpafajták megkülönböztetését, és lehetővé teszik a sérült minták, valamint a szennyeződések azonosítását.

A CIELAB rendszerhez hasonlóan a Near Infrared közeli infravörös spektroszkópia (NIR) is az utóbbi évtizedben vált népszerűvé a gabona beltartalmi értékeinek a meghatározásában. A NIR spektroszkópia alkalmazásával az infravörös spektrumot a gabona mintából mérik, amely az anyagok molekuláris összetételét mutatja. A spektrumot összehasonlítják egy előre meghatározott referenciával, amely megadja a gabona minőségét, például a fehérjetartalmat, a nedvességet, a keménységet stb.

A NIR-technológia megbízható alkalmazása azonban évenkénti kalibrációt igényel, mivel a gabonafélék optikai és kémiai tulajdonságai jelentős változékonyságot mutatnak a fajta, a termőhely, az évjáratú sajátosságok, valamint a termesztéstechnológiai tényezők függvényében. A kalibrációs folyamat során akkreditált laboratóriumban referenciaméréseket végeznek, amelyek során pontosan meghatározzák az adott kontrollminta fehérje- és sikértartalmát. A kapott értékek szolgálnak alapul a NIR berendezés szoftverének hangolásához, lehetővé téve az adott búza- vagy árpátételhez igazított, nagy pontosságú beltartalmi méréseket.

Az aratási időszak kezdetén minden évben elvégzik a NIR berendezés szoftverénél a kalibrációs eljárást, amely során az első betakarított tételekből vett minták referenciamérései alapján történik meg az eszköz újra kalibrálása. Ez a gyakorlat biztosítja, hogy a műszer az adott évjáratra jellemző eltérésekhez igazodva is megbízható és reprodukálható eredményeket szolgáltatson a teljes betakarítási és tárolási időszak alatt.

A NIR technológia mellett a CIELAB rendszerénél is évenkénti kalibrációt kell végezni, mert az újonnan learatott gabonák színe a környezeti hatások miatt évenként változik. A kalibrációnál minden egyes beraktározott tételnek meghatározzuk a színeképét, majd az adott gabona fajtára jellemző kalibrált sorokkal, az egyes gabona halmazok keveredésének a mértéke körbe határolható. A CIELAB foto spektrométer jól kiegészítheti a NIR technológiát.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A búzafajtáink termőhelye

Szlovákia Közép-Európa középső részén található (16 ° - 23 ° keleti hosszúság, 47 ° - 50 ° é), melynek területe 49 035 km² (Fendeková et al., 2018). A délnyugati régióban, ahol a Kis-Kárpátok hátsó oldala található, az alföldön az éves csapadékmennyiség 500-650 mm között mozog (Pokorna et al., 2013; Rastislav et al., 2024).

A kísérletbe vont parcellákon az éves csapadékmennyiség 2021-ben 535 mm, 2022-ben 472 mm es, és a 2023-as évben 744 mm volt.

Az alföldek a Pannon-medence részét képezik (Kozak et al., 2013). A dél-szlovákiai Duna menti szikes mocsarak és sztyeppék a közép-európai szikes talajok komplexumának legészakibb határán fekszenek (František, 1976). A mezőgazdasági földterületek több mint kétharmadát nagy ráfordítást igénylő őszi búza, kukorica, repce, árpa, napraforgó, cukorrépa és egyéb növények termesztésére használják (Rastislav et al., 2024). A délnyugati síkvidékein hatalmas intenzíven művelt termőföldek találhatóak (Hološková et al., 2023).

A 2021, 2022, 2023-as években búza fajták is ilyen egyforma szikes talaj adottságú területen lettek elvetve. A különböző színű gabonátételek termeltetése négy különböző mezőgazdasági parcellán történt. A nagy pontosságú kalibrációs vizsgálatok elvégzéséhez jól elkülönülő színű búzafajtákat használtunk.



7.ábra színben eltérő különböző fajta búzák

Az 7. ábra négy különböző búzafajtát mutat be. Ezek között volt „hagyományos” köztermesztésben szokványos színű búza fajta, egy sárga színű búza fajta, illetve két antociános búzafajták, amelyekben magas koncentrációban fordulnak elő az antocianinok. Az antociános búzafajták magas antocianin-tartalmuknak köszönhetően intenzívebb pigmentációval rendelkeznek, amely spektrálisan is jól megkülönböztethetővé teszi őket a hagyományos és a sárga színű búzafajtáktól.

A hagyományos búzafajtákban csak nagyon kevés antocianinvegyület található (Abdel et al., 1999; Abdel et al., 2003). Az antocianinok felhalmozódnak a búza aleuronjában vagy maghéjában, és biztosítják a szem kék, lila és vörös színét (Ficco et al., 2014). Az antociános búzában a delphinidin-3-glükozid található (El-Sayed et al., 2006).

3.2 Búzaminták előkészítése

A 2021, 2022 és 2023-es évek vizsgálataihoz szükséges gabonaminták előkészítése a bősi (Gabčíkovo, Szlovákia) AGROSID a.s. (AGROSID Rt.) telephelyén történt, ahol az egyes gabonátételek kalibrálása, valamint a búzaszemek keveredési arányának kiértékelése is megtörtént.

A búza minták négy különböző gazdálkodótól származtak, nevezetesen a Corn s.r.o.-tól, a MESZ-AGRO s.r.o.-tól, az Agrosil s.r.o.-tól és a Csiba Farm Family-től. Mindegyik gazdálkodó eltérő mezőgazdasági parcellán eltérő búzafajtát vetett el.

A kísérlet során felhasznált őszi búza fajták a következők:

- IS-18W1161 lila antociános őszi búza fajta (Sóssziget, SK)
- BONAVITA sárga színű őszi búza fajta (Sóssziget, SK)
- KARKULKA lila antociános búza fajta (Banská Štiavnica, SK)
- GENIUS kontroll őszi búza (RWA Slovakia, SK)

Az előbb említett különféle őszi búza fajtákat egymás mellé leöntve beraktároztuk. Minden egyes beraktározott őszi búza súlya 2,5 tonna volt.

Az 4. táblázatban szerepelnek a búza fajták, annak rövidítései, továbbá a búzák színe, illetve az, hogy mely években használtuk fel a kísérleteinkhez. Ezeket a rövidítéseket, alkalmaztuk az

egyedi azonosításra és nyomon követésre a tárolt búza különböző származási forrásainak kezelése során.

4.táblázat a kísérleti búzák rövidítései

Búza fajtája	Abbreviations (rövidítések)	Búza színe	Kísérlet éve		
			2021	2022	2023
GENIUS	K	világosbarna	X	X	X
KARKULKA	MK	antociános	X		X
BONAVITA I*	MB	sárga		X	
IS-18W1161	AG	antociános	X	X	X
BONAVITA II*	CS	sárga	X	X	X

*A BONAVITA fajtát két különböző területen termesztettük

A minták beltartalmi értékei is meghatározásra kerültek. Az eltérő színű búzafajták (2.táblázat) eltérő beltartalmi tulajdonságokkal rendelkeztek.

A beltartalmi értékek (5. táblázat) NIR általi vizsgálata során kapott adatok a következők.

5.táblázat a kísérletbe vont búzák beltartalmi értéke

Búza fajtája	Beltartalmi mutatószámok:	2021	2022	2023
GENIUS	Sikér (%)	26,51	26,34	27,07
	Fehérje (N)	12,14	12,18	12,41
	Fajsúly (g/l)	775	782	772
	Esésszám (s)	269	287	274
KARKULKA	Sikér (%)	23,44		23,99
	Fehérje (N)	10,91		11,33
	Fajsúly (g/l)	754		766
	Esésszám (s)	237		241
BONAVITA I	Sikér (%)		23,05	
	Fehérje (N)		10,76	
	Fajsúly (g/l)		758	
	Esésszám (s)		224	
IS-18W1161	Sikér (%)	28,46	29,94	29,41
	Fehérje (N)	13,01	13,34	13,12
	Fajsúly (g/l)	793	807	795
	Esésszám (s)	288	292	304
BONAVITA II	Sikér (%)	21,30	20,22	19,15
	Fehérje (N)	10,20	10,90	8,72
	Fajsúly (g/l)	748	752	748

A beltartalmi értékekből sajnos nem tudtuk eldönteni, hogy milyen mértékben keveredtek az egyes búza tételek egymással. A NIR (Near-Infrared Spectroscopy) rendszer nem volt elegendő a különböző búza tételek keveredésének objektív meghatározásához. Ez a technológia ugyan alkalmas a beltartalmi paraméterek gyors vizsgálatára, de a keveredés pontos határainak meghatározása bonyolultabb feladat, különösen akkor, ha a két tétel beltartalmi értékei hasonlóak. Tehát nem lehetett egyértelműen eldönteni, hogy hol helyezkedik el az a pont a beraktározott két gabona tétel között, ahol már nincs keveredés a gabonák között.

3.3 A színméréshez szükséges minták előkészítésének menete

Az négy termelőtől származó fajta azonos gabona mintákból (AG, K, CS és MK és MB) készítettük el az adott arányú keverékeket.

Az évente a vizsgált négy búza fajtából, hat különböző keverék készült. Egy keverés a négy búzából tetszőlegesen választott kétfajta keverését jelentette.

A 2023-as évben egy keverés hiányzott. Ennek oka az volt, hogy a raktárban tárolt gabonák esetében is csupán öt különböző keverési lehetőség állt rendelkezésre.

A fenti mintákat először laboratóriumi körülmények között megtisztítottuk. A minták tisztításához szükséges laboratóriumi eszközök a következők voltak:

- digitális analitikai mérleg (RADWAG WPX4500)
- kalibrált gabona sziták (1,0 mm, 2,5mm, 3,5 mm hosszúságú beosztással)
- gabona osztályozását végző szitarázó gép (SWING 160).

Minden egyes búza fajtából kimértünk 100 gramm-ot az analitikai mérlegen. A kimért mintákat méret szerint (1,0 mm, 2,0 mm, 3,5 mm) osztályoztuk, illetve megtisztítottuk az idegen magoktól, szennyeződésektől.

A gabonaminták előkészítése során a szemek osztályozottságát és tisztítását a SWING 160 típusú laboratóriumi szitarázó berendezéssel végeztük el. A tisztítási eljárás minden esetben 5 perces időtartamban, 140 rezgés/perc frekvenciával zajlott. Az alkalmazott szitasorban az 1,0 mm-es és a 3,5 mm-es hosszúságú nyílású szitákon fennmaradt frakciókat idegen magvak, törött szemek és szemét kategóriák szerint szétválogattuk és kvantifikáltuk. A további mérésekhez kizárólag a

2,0 mm feletti szitán fennmaradó, tiszta és idegen anyagoktól mentes búzaszemeket használtuk fel, biztosítva ezzel az elemzésekhez szükséges egységes és homogén mintaminőséget.



8.ábra lezacskózott két búza minta

A színképelemzési vizsgálatok során minden egyes keverési arányhoz (0–100% között 10%-os lépésekben, lásd 8. ábra) egységesen 200 darab tisztított búzaszemet választottunk ki, amelyeket egy speciálisan kialakított mérőedényben helyeztünk el. Ez a mintaméret megfelelő statisztikai reprezentativitást biztosított a színparaméterek (CIELAB: L^* , a^* , b^*) jellemzéséhez, figyelembe véve az egyes keverékek belső heterogenitását. A vizsgálatok évente 60 különböző mintára terjedtek ki, mindegyik esetben eltérő fajtaarány mellett.

A mérési eljárás ismételhetőségének és megbízhatóságának értékelése céljából minden mintát tízszer mértünk meg, ugyanazon 200 szem felhasználásával. Azaz minden ismétlés során ugyanaz a minta került újra a mérőberendezésbe, nem történt újabb szemek kiválasztása. Az így kapott tíz mérési eredményből átlagértéket számoltunk, amely hozzájárult a véletlenszerű mérési hibák csökkentéséhez és a színparaméterek becslésének pontosságához.

Az átlagos színértékeket az adott keverési arányhoz rendeltük, és a kapott eredményeket grafikus formában is megjelenítettük, lehetővé téve a színparaméterek és a keveredési arány közötti összefüggések szemléletes értelmezését.

3.4 Színmérés

Wyszecki et al. (2004) a "Colorimetry" című CIE Technikai Jelentés részletesen ismerteti a színmérés és színtérképek alapvető elveit, köztük a színérzékelés és a színreprodukció folyamatát. A jelentésben külön is kitérnek a CIELAB színtérre, amelyet a Nemzetközi Fénytechnikai Bizottság (CIE) fejlesztett ki a színek objektív mérésére és összehasonlítására. A CIELAB színtér az L^* (világosság), a^* (zöld-piros tengely) és b^* (kék-sárga tengely) koordinátákból áll, és lehetővé teszi a színek egymás közötti összehasonlítását és reprodukálását különböző környezetekben. A CIELAB színtér előnyei közé tartozik az egyszerű használhatóság, a széleskörű elfogadottság és a színek pontos megjelenítése különböző környezetekben.

A gabonák keveredését biztosító színeképelemzést a Széchenyi Egyetem Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar Fizika és Kémia Tanszék laboratóriumában végeztük el.

Az 9. illetve a 10. ábra a Hunterlab XE reflexiós színmérő készüléket mutatja be, amelyet a gabonahalmazok heterogenitásának változásának meghatározására és az eltérő búzafajták keveredésének vizsgálatára alkalmaztunk. Az eszköz lehetővé teszi a gabonatételek optikai tulajdonságainak kvantitatív elemzését, biztosítva a különböző fajták precíz azonosítását spektrális



9. ábra CIELab Color Space színekép spektrométer

A színmérési eljárás során a CIELab Color Space színekép spektrométer (9 illetve a 10. ábra) és a hozzá kapcsolódó szoftver segítségével rögzítettük és elemeztük a gabonafajták spektrális jellemzőit. A rendszer lehetővé teszi:

- a különböző színű búzafajták precíz differenciálását,
- a keveredési arányok pontos meghatározását,

- a tárolási körülmények hatásainak objektív értékelését.



10.ábra CIELab Color Space színekép spektrométer illetve a hozzá tartozó szoftver program

Minden évben négy egymástól eltérő búza fajtát vizsgáltunk a keveredési arányok hatásainak feltárása érdekében. A spektrumok méréséhez különböző arányú keverékeket alkalmaztunk, amelyek az alacsonytól (10%) a magas (90%) db szám keveredési arányokig terjedtek. Tehát a keveredési minta sorozatból kilenc mintával rendelkezünk, plusz a 100%-os azonos fajtatípusú mintákkal.

Az összes mintát minden esetben tíz ismétlésben mértük le. A tíz mérésből átlagot számoltunk, majd adatokat grafikonokkal ábrázoltuk.

Az antociános, sárga és hagyományos őszi búzafajták spektrális eltéréseinek meghatározása kulcsfontosságú volt a raktári keveredési folyamatok tudományos alapú feltérképezéséhez és modellezéséhez. Az optikai mérések eredményei lehetőséget biztosítottak a keveredési zónák pontos körül határolására, ami hozzájárulhat a gabonatételek szeparálásának hatékonyabb megvalósításához.

Kísérleteink során a fényforrásunkként a D65-ös típusú fényforrást használtuk. A CIELAB fotospektrométerünk a 45/0° geometriát alkalmazta, amelynek segítségével rögzítettük az L*, a* és b* színtér adatait, valamint meghatároztuk a teljes színelkülönbség (ΔE) értékét.

A minták színét a D65 fényforrással felszerelt MiniScan XE Plus reflexiós koloriméterrel mértük (HunterLab, Inc., USA). A CIELAB színtérben az "L*" érték a fényerőt méri feketétől (0) fehérig (100), az "a*" érték a színárnyalati paramétert jelöli, a pirostól a zöldig, ahol a pozitív értékek pirosat, míg a negatív értékek zöldet jelölnek. A "b*" érték pedig a színezési paramétert méri, a kéktől a sárgáig, ahol a pozitív értékek sárgát, míg a negatív értékek kéket jelölnek.

A műszer geometriája 45°/0° volt, amelyben a forrás (xenon villanólámpa) által kibocsátott beeső fény 45°-os szöget zár be a normáltól a mintafelületig. Az ugyanarról a felületről visszaverődő fény 0°-nál érkezik a normálhoz képest. A szín meghatározásához a CIELAB L* (világosság) a* és b* (zöld-piros, illetve kék-sárga színindex) színteret használtuk. A dE^* és a C* színelkülönbséget a, $dE^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ és $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ szerint számítottuk ki.) Az automatizált mérésekhez a kolorimétert az EasyMatch QC szoftver segítségével számítógéphez csatlakoztatták.

Minden mérési sorozat előtt fehér és fekete standard lapkákat használtunk a kalibráláshoz.

3.1.5. Statisztikai elemzések

Kétszakaszos elemzést végeztünk annak érdekében, hogy (1) kiválasszuk a legmegfelelőbb színváltozót a kilenc jelölt színváltozó közül, valamint, hogy (2) megvizsgáljuk, hogy az első lépésben kiválasztott színváltozó alapján megkülönböztethetők-e a két különböző búzafajta homogén és heterogén keverékrszei.

6.táblázat 17 gabona keverék korrelációs táblázata

17 gabona keverék	kilenc színváltozó								
	DL ²	Da ²	Db ²	DE*	C*	ΔC*	ΔH*	HUE	HUE×C*
A1-K1	0,9342	0,5298	0,9152	0,9300	0,8789	0,8789	0,7408	0,9387	0,9263
A1-CS1	0,9694	0,4430	0,9623	0,9576	0,9601	0,9601	0,9337	0,9550	0,9732
A1-M1	0,5274	0,8581	0,8931	0,5359	0,8912	0,8912	0,8839	0,0833	0,8965
K1-CS1	0,9338	0,7002	0,8770	0,8311	0,8608	0,8608	0,8220	0,1008	0,8905
K1-M1	0,9356	0,9082	0,2697	0,9484	0,4492	0,4492	0,8130	0,9188	0,6808
CS1-M1	0,9599	0,8749	0,8277	0,9622	0,6035	0,6035	0,2651	0,9608	0,8998

A2-K2	0,9516	0,1046	0,9603	0,9492	0,9486	0,9486	0,9243	0,9234	0,9551
A2-CS2	0,9647	0,8461	0,9680	0,9618	0,9642	0,9642	0,9560	0,9165	0,9664
A2-M2	0,9602	0,9131	0,9687	0,9498	0,9695	0,9695	0,9663	0,9267	0,9698
K2-CS2	0,9446	0,8345	0,9073	0,8679	0,9028	0,9028	0,8902	0,2050	0,9080
K2-M2	0,9307	0,9120	0,9471	0,6144	0,9497	0,9497	0,9487	0,4690	0,9466
CS2-M2	0,6768	0,6950	0,9205	0,2975	0,9222	0,9222	0,9106	0,6533	0,9163
A3-K3	0,9424	0,5007	0,9586	0,9314	0,9576	0,9576	0,9529	0,8957	0,9540
A3-CS3	0,9684	0,9126	0,9731	0,9432	0,9738	0,9738	0,9675	0,9143	0,9760
K3-CS3	0,0303	0,0414	0,1270	0,0905	0,1236	0,1236	0,1074	0,0478	0,1585
K3-M3	0,9436	0,7899	0,9213	0,9410	0,8806	0,8806	0,4600	0,9125	0,9306
CS3-M3	0,9363	0,4804	0,9384	0,9219	0,9267	0,9267	0,8961	0,8943	0,9372
átlag	0,8535	0,6673	0,8432	0,8020	0,8331	0,8331	0,7905	0,6892	0,8756
szórás	0,2428	0,2778	0,2470	0,2621	0,2302	0,2302	0,2598	0,3550	0,1968
maximum	0,9694	0,9131	0,9731	0,9622	0,9738	0,9738	0,9675	0,9608	0,9760

Az első lépésben korrelációanalízist hajtottunk végre. Meghatároztuk a Pearson-féle korrelációs együtthatók (Pearson 1895) abszolút értékét a kilenc jelölt színváltozó (lásd 6. táblázat) és a két búzafajta aránya között a 17 gabonakeverékben. Az egyes színváltozók esetében kiszámítottuk a 17 korrelációs együttható átlagát, maximumát és szórását. Az eredmények alapján (részletes kifejtés a következő szakaszban) a HUE×C* színváltozó egyértelműen kiemelkedett a jelöltek közül, mivel ennek volt a legmagasabb átlagos és maximális korrelációs együtthatója, valamint a legkisebb szórása. Ennek megfelelően a második lépésben a HUE×C* színváltozót használtuk.

A második lépésben a 17 gabonakeverék mindegyikére lineáris modellt kalibráltunk, ahol a HUE×C* háttérváltozóként, míg a két búzafajta aránya válaszváltozóként szerepelt. A kalibrációs adathalmazt a modell betanítására használtuk, majd a kalibrált modell segítségével előrejeleztük a kétfajta arányát az értékelési adathalmazon mért HUE×C* színváltozó alapján. A modell teljesítményét több mérőszám (determinációs együttható – R^2 , korrigált determinációs együttható és gyökátlagos négyzetes hiba – RMSE) alapján értékeltük mind a kalibrációs, mind az értékelési adathalmazon. Ezen túlmenően a megfigyelt és a becsült fajtaarányokat binarizáltuk (azaz homogén vagy heterogén keverékként osztályoztuk), majd a modell által generált zavaró mátrix alapján további teljesítménymutatókat számítottunk ki: a valódi pozitív arányt (TPR) és a precizitást.

A statisztikai elemzéseket és az ábrázolást az R statisztikai szoftver (R Core Team 2024) és annak ‘caret’ (Kuhn 2008) valamint ‘ggplot2’ (Wickham 2016) csomagjai segítségével végeztük el.

3.2 Innovatív Színképelemzési Módszerek Alkalmazása a Gabonafélék Minősítésében és Nyomon Követésében

A gabonák nyomon követése és minősítése több lépésből áll, melynek során a NOC logisztikai program segítségével rögzítik az adatokat, és különböző laborvizsgálatokkal határozzák meg a minőségi paramétereket. Kutatásaink során ezt a nyilvántartási rendszert bővítettük a gabonák színképelemzésével.

3.2.1 Nyilvántartás és adatrögzítés

A folyamat a gabona beérkezésével kezdődik, amikor a digitális mázsa leméri a kocsi súlyát. Az így kapott nettó súlyérték automatikusan rögzítésre kerül a NOC szoftverben (11. ábra), amely az alábbi adatokat tárolja:

- Telephely neve
- Dátum és időpont
- Rendszám
- Szállító neve
- Nettó súly
- Raktár sorszáma
- Laboratóriumi vizsgálati adatok

2. Fajsúly

meghatározása

A gabonák minőségi besorolása a fajsúly alapján történik. Malmi búzánál és árpánál a szlovák előírások szerint az elfogadott minimumértékek:

- Malmi búza: 75–82 kg/hl
- Sörárpa: 72 kg/hl felett

3. Fehérjetartalom vizsgálata infraspektrométerrel

Az infraspektrométer a mi esetünkben Perten P9500 Inframatic (12. ábra) segítségével meghatározzák a gabona fehérjetartalmát. Ez kulcsfontosságú paraméter a malomipar és a sörgyárak számára. Sörárpa esetén a fehérjetartalomnak 9,5–13,5% között kell lennie. A kenyér búzánál pedig a fehérje tartalomnak a 10,5-13,5% között kell lennie.



12. ábra. Perten Inframatic 9500, közeli infravörös spektrométer

4. **Esésszám** **mérés**

Az esésszám vizsgálat a gabona enzimaktivitására és csírázási potenciáljára utal.

- 220 feletti érték esetén malmi búzáról vagy sörárpáról beszélünk.
- 220 alatti érték esetén a gabona takarmánynak minősül.

5. **Csírázási** **erély** **mérése**

A csírázóképeességet trifenil-tetrazolium-klorid oldattal vizsgálják. Az élő gabonaszemek piros színűre változnak a kémiai reakció során. Ha a minta 80%-a nem csírázik ki, a gabonát takarmánynak minősítik.

6. **Osztályozottság** **meghatározása** **szítással**

A gabona osztályozására előírt szitákat használnak:

- Árpa esetében: 2,5 mm, 2,2 mm, 1,0 mm
- Malmi búzánál: 3,5 mm, 2,0 mm, 1,0 mm

A szítálás után digitális mérlegen mérik a fennmaradó mennyiségeket, és az eredmények alapján történik a besorolás.

7. **DON** **toxin** **vizsgálat**

Gyorsméréssel (pl. RIDA QUICK SCAN) ellenőrzik, hogy a gabona DON toxintartalma nem haladja-e meg az 1250 ppm határértéket. Ha a szennyezettség magasabb, a gabonát fuzáriumosnak minősítik, és külön raktárban tárolják.

8. **A kutatási eredmények hatására:** A színképelemzéssel bővített gabona adatok.

3.2.4 Adatrögzítés és raktározás

A laboreredmények alapján a gabonát minőség szerint osztályozva raktározzák el. A raktározási folyamatban minden egyes tétel saját sorszámot kap a NOC logisztikai rendszerben, így az áruk pontosan visszakövethetők. A sörgyarak és malmok elvárása a legalább 85%-os fajtatisztaság, amelyet a rendszer garantál.

3.2.5 Minőségellenőrzés a raktározás során

A raktározási idő alatt is ellenőrzik a gabona állapotát, mivel bizonyos minőségromlási tényezők csak hónapokkal az aratás után jelentkeznek:

- A gabona keményedése a raktárban (különösen a felső harmadban)
- A csírázási erély csökkenése
- Nedvesség-eltérések, amelyek az aratáskor nem voltak kimutathatók

A színeképelemzés révén lehetőség nyílik a raktározott gabonatételek pontos körül határolására, amely kulcsfontosságú a nyomon követhetőség és a minőségbiztosítás szempontjából. Az egyes azonosított tételek adatai a NOC rendszerben kerülnek rögzítésre, amely integrálja az összes, a termelési folyamat során keletkező információt, a szántóföldi termesztéstől kezdve egészen a raktározásig.

Ez a komplex adatkezelési megközelítés lehetővé teszi, hogy amennyiben minőségromlás (például Fusarium-fertőzés) tapasztalható, a színeképelemzéssel bővített NOC rendszer adatai alapján az érintett tétel pontos eredete visszakövethető legyen. Ezáltal biztosítható a hosszú távú minőségbiztosítás, és lehetőség nyílik a potenciális problémák forrásának gyors azonosítására, valamint a megelőző intézkedések hatékony bevezetésére.

3.2.6 Számlázás és adminisztratív folyamatok

A minősítési eredmények meghatározó szerepet játszanak a gazdasági és logisztikai folyamatokban, különösen a számlázás és adminisztráció terén. Az alábbi tényezők alapján történik a költségek kalkulációja és elszámolása:

- Raktározási költségek a bevételezett mennyiség függvényében
- Tisztítási és szárítási költségek, amennyiben az adott tétel kezelést igényel
- Fajtatisztaság biztosítása, amely elengedhetetlen a szerződéses partnerek számára

Az AGROSID a.s. által működtetett, színeképelemzéssel kiegészített NOC rendszer átfogó megoldást kínál a gabonafélék teljes életciklusának nyomon követésére. A rendszer lehetővé teszi az információáramlás optimalizálását a szántóföldtől a raktározásig, a raktártól a feldolgozóüzemekig, majd onnan vissza a termelési lánc kiindulópontjáiig.

A digitális dokumentáció archiválása biztosítja, hogy minden egyes szállítmány adatai visszakereshetők maradjanak, elősegítve a múltbeli trendek elemzését és a jövőbeni aratások minőségi előrejelzését. Ezen információk nem csupán az agráripari döntéshozatalt támogatják,

hanem hozzájárulnak a beszállítók megbízhatóságának objektív értékeléséhez is, ezáltal növelve a teljes ellátási lánc hatékonyságát és fenntarthatóságát.

4. EREDMÉNYEK

4.1 Kalibrációs egyenesek meghatározása és a HUE × C Index alkalmazása a búzafajták keveredésének modellezésére

A 13. ábra a 2021-es kísérletek során végzett színeképlemezési mérések eredményeit mutatja be, ahol két-két eltérő búzafajtát kevertünk össze különböző arányokban (10-90%). A keverékeket fotospektrometriás vizsgálatnak vetettük alá, majd az így nyert spektrális adatokat statisztikai módszerekkel elemeztük.

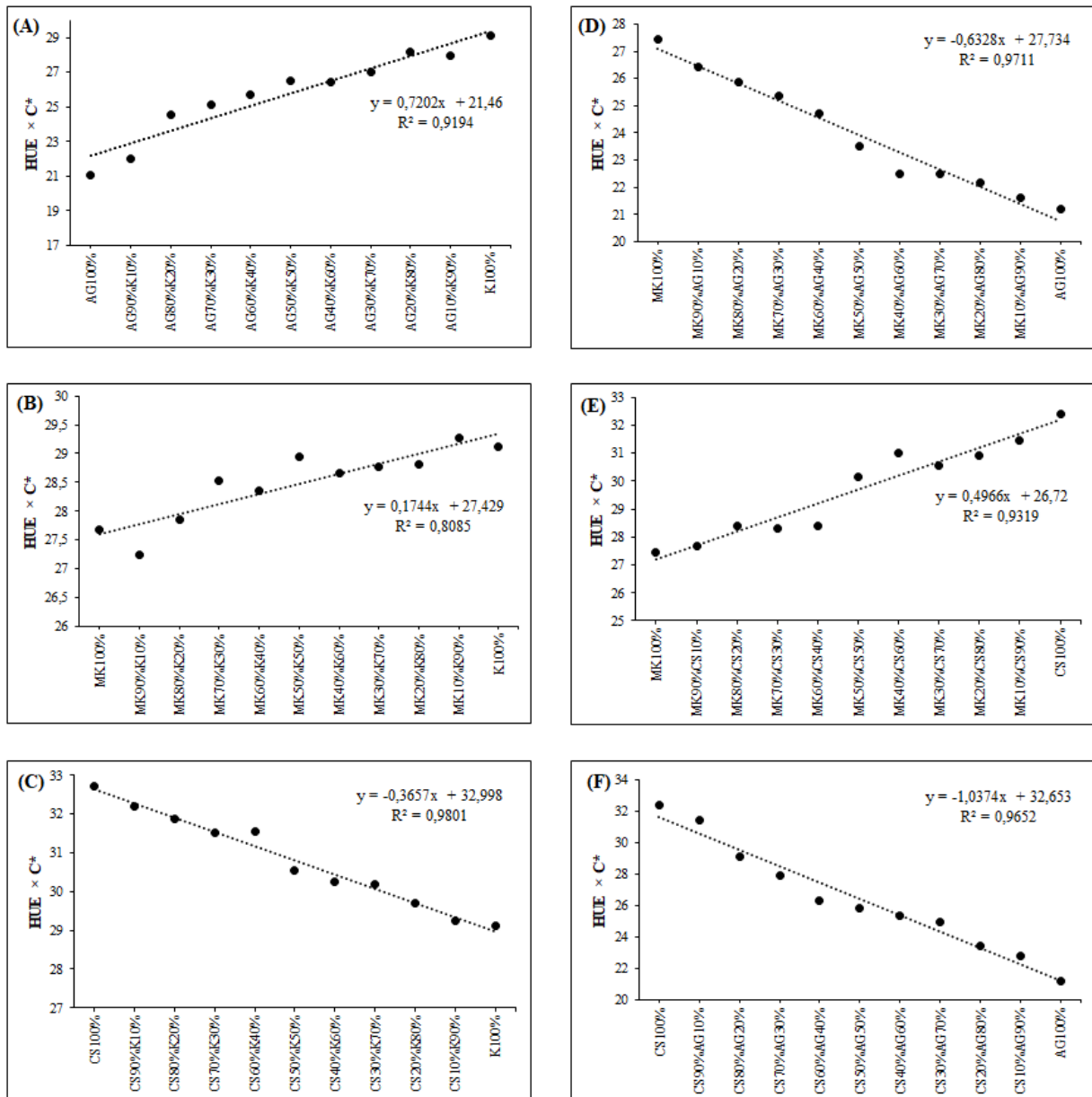
Az előzetes vizsgálatok alapján a HUE × C* indexszám bizonyult a legjobban korreláló mérőszámnak a búzafajták keveredési arányának pontos meghatározásához. Ennek megfelelően összehasonlító és kalibrációs vizsgálataink során ezt az indexet használtuk referenciaértékként.

Az egyes grafikonok a keverési arányok növekedésével vagy csökkenésével jól látható lineáris trendeket mutatnak, amelyeket az adott keverék kalibrációs egyenesei írnak le.

A trendvonalak magas determinációs együtthatói ($R^2 > 0.90$) igazolják, hogy a HUE × C* index alapján a különböző keverékek arányai statisztikailag jól modellezhetők.

A párosított búzafajták spektrális eltérése befolyásolja a trendvonal meredekségét és az eltolási állandót, ami azt jelzi, hogy az eltérő genotípusok spektrális jellemzői különböző mértékben befolyásolják a keveredési folyamatok érzékelhetőségét.

Ezek az eredmények megerősítik, hogy a fotospektrometriás módszer alkalmas a különböző búzafajták keveredésének objektív, kvantitatív meghatározására.

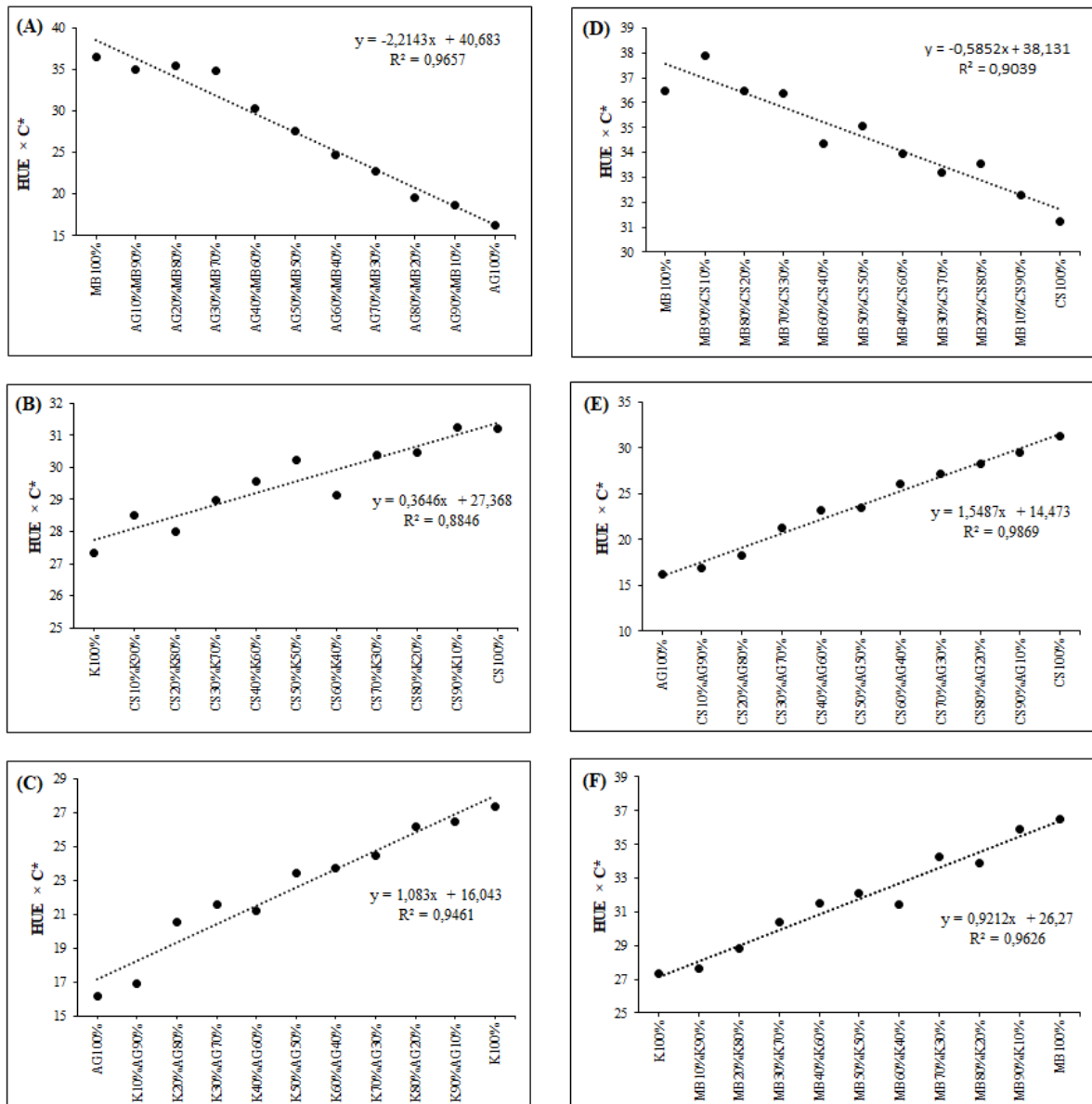


13. ábra. A 2021-es évben a hat különböző búza keverék HUE × C* trendvonalait ábrázolja

Az előbb szemléltetett labor mintákból színképelemzéssel megszerzett keveredési adatok segítségével, meg tudtuk határozni, hogy az egyes raktári keverékek milyen %-os arányban keveredtek vagy sem egymással.

A kalibrációs sorokat, amelyeket az előző évben határoztunk meg, a 2022-es évben learatott gabonákkal szintén megismételtük. Ez a kalibrációs eljárás lehetővé teszi, hogy a mérési hibákat minimalizáljuk, és biztosítsuk, hogy az eredmények megbízhatóak és reprodukálhatóak legyenek. Az ismétlésekkel azt tudjuk igazolni, hogy az egyes években kapott eredmények, a kidolgozott módszer mennyire reprodukálható és mennyire működik jól.

Az előző 2021-es kísérlethez képest változás egy fajta vetőmag esetében lépett fel. A 2022-es évben a MESZ-AGRO részére a KARKULKA fajta vetőmag nem állt rendelkezésre, helyette a BONAVITA került elvetésre.

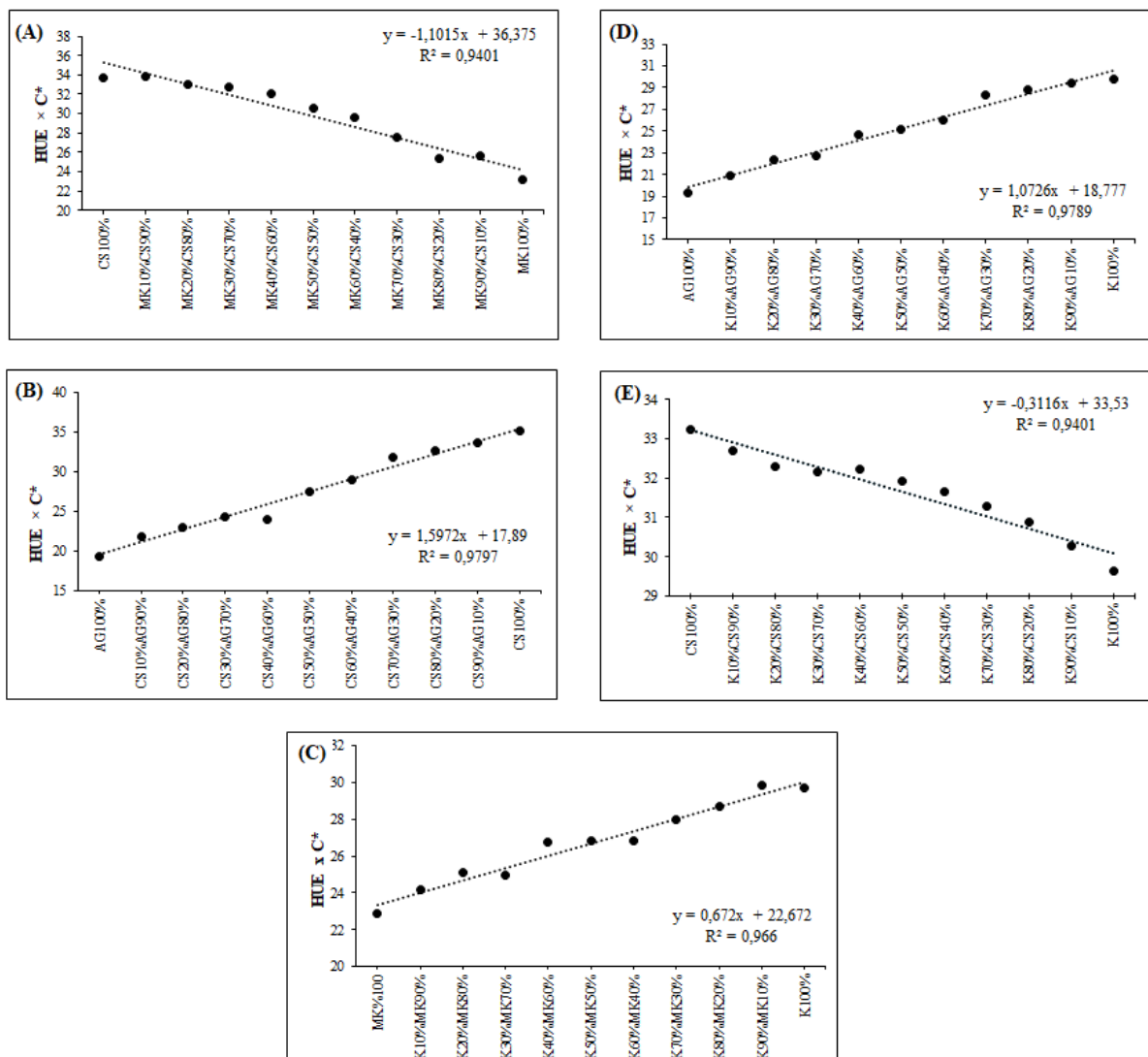


14. ábra. A 2022-es évben lemért egyes búza keverékek grafikonjai

A 2022-es eredmények (14. ábra) szignifikánsan alátámasztják a különböző keverékek közötti színbeli különbségeket és az egyes keverésekben mérhető különbségeket. A trendvonalak lineáris jellege azt mutatja, hogy a keverések arányának növelése vagy csökkentése egyenletesen változtatja a színárnyalatot. Ez fontos információ lehet az élelmiszeriparon belül a síkraktárakba beraktározott gabonák lokalizációjára, illetve a keveredések arányának pontosabb beállításához.

A korábbi 2021-es és 2022-es évek során meghatározott kalibrációs sorokat a 2023-as évben az akkor learatott gabonafélékkel ismételtük meg. Ennek célja az volt, hogy ellenőrizzük és optimalizáljuk mérési eszközeink pontosságát és megbízhatóságát. Ez a kalibrációs folyamat kiemelkedő fontossággal bír a mérési hibák minimalizálásában, és biztosítja, hogy az eredmények konzisztensek és reprodukálhatóak legyenek.

Az 2023-as év során, a kettes keverékek esetében, amelyekből összesen hat különböző kombináció volt, csupán (15. ábra) öt kombinációt vizsgáltunk meg. Ennek oka az volt, hogy a raktárban tárolt gabonák esetében is csupán öt különböző keverési lehetőség állt rendelkezésre.



15. ábra. A 2023-es évben lemért egyes búza keverékek grafikonjai

Az 15. ábrán látható kalibrációs görbék a különböző búzafajta-párok keveredési sorozataiból származó színképi (HUE × C*) értékeket mutatják be. Minden grafikon (A–E) egy-egy fajtapárt ábrázol, 10–90%-os keverési lépésekben.

▪ Trendvonalak linearitása

Mindegyik diagramon jól illeszkedő lineáris regressziós trendvonal látható, amely arra utal, hogy a HUE × C* index egyenletesen változik a keverési arány függvényében. Ez a lineáris viselkedés azt jelenti, hogy a különböző keverékek spektrális jellemzői kiszámíthatóan változnak, tehát kvantitatívan modellezhetők. A trendvonalak lineáris jellege azt mutatja, hogy a keverések arányának növelése vagy csökkentése egyenletesen változtatja a színárnyalatot.

▪ R² értékek (determinációs együtthatók)

- Az R² értékek mindegyik esetben 0,94–0,98 közötti tartományban vannak, ami nagyon erős korrelációt jelez. Ez megerősíti, hogy a HUE × C* index magas megbízhatósággal reprezentálja a keverési arányokat.

○ Például:

- (A): R² = 0,9401 → MKC/CS keverék
- (B): R² = 0,9797 → AG/CS keverék
- (C): R² = 0,9660 → MKC/K keverék
- (D): R² = 0,9789 → AG/K keverék
- (E): R² = 0,9401 → CS/K keverék

▪ Meredekségek értelmezése (koefficiens x)

A trendvonalak meredeksége a keveredési érzékenységet tükrözi:

- A nagyobb abszolút értékű meredekség (pl. 1,5972 a (B) grafikonon) azt mutatja, hogy a két fajta jelentősen eltérő spektrális karakterisztikával rendelkezik, így kis keverési arányváltozás is erőteljesen tükröződik a HUE × C* indexben.
- A kisebb meredekségű trendek (pl. 0,3116 az (E) grafikonon) kevésbé különböző fajtapárookra utalnak, ahol a detektálhatóság mérsékeltebb.

▪ 4. Spektrális eltérések és detektálhatóság

- Az ábrák jól szemléltetik, hogy a különböző fajtapárok színbeli eltérései – azaz a spektrális kontraszt – meghatározzák a detektálhatóság pontosságát.
- A nagyobb eltérésű párok esetében (pl. AG vs. CS) a módszer különösen hatékony a keveredési arány meghatározására

A R^2 értékek magas szintje jelzi a trendvonalak megbízhatóságát és azt, hogy a fotó spektrométer által mért adatok megbízhatóan reprezentálják a keverések színbeli összetételét. Ez az információ szintén hasznos lehet az előbbieken említett élelmiszergyártás és azon belül a minőségellenőrzés és a gabona nyomon követhetősége terén.

4.2 A kalibrációs egyenesek és a raktári keverékek fotóspektrométerrel meghatározott méréseinek grafikonjainak összevetései

Az 2021,2022 és a 2023-as kísérletek során kapott kalibrációs egyenesekkel, meg tudtuk határozni, hogy az egyes raktári keverékek milyen %-os arányban keveredtek vagy sem egymással.



16. ábra a raktárba leöntött búza fajták

A raktárban leöntött négy búza fajtát úgy öntöttük le, hogy mind a négy gabona érintkezzen a mellette lévővel. Az 16.ábra vizuálisan is megerősíti azokat a spektrális különbségeket, amelyeket a fotospektrometriás elemzéssel detektáltunk. Az eltérő árnyalatú búzahalmazok jól elkülönülnek egymástól.

4.2.1 A 2021-es kísérlet eredménye

Az előbbieken ismertetett búza fajták (K, MK, AG, CS) a 2021-es beraktározás során fizikailag keveredtek egymással. Minden az általunk beraktározott gabonák összefolyásánál, ahol az egyes tételek érintkeztek, gabona mintavevő stekkerrel levettük az egyes mintákat.



17.ábra gabona szondával végzett mintavétel

A 17. ábra egy gabona mintavevő szondát (steckert) ábrázol, amelyet a raktárban található gabonahalmazok érintkezési zónáiban alkalmaztunk a mintavételezéshez. A mintavevő szondát a gabonahalmazba szúrva különböző mélységekből és rétegekből vettünk mintát, ami biztosítja a keveredési zónák vertikális és horizontális vizsgálatát.



18. ábra a raktárból levett gabona minták

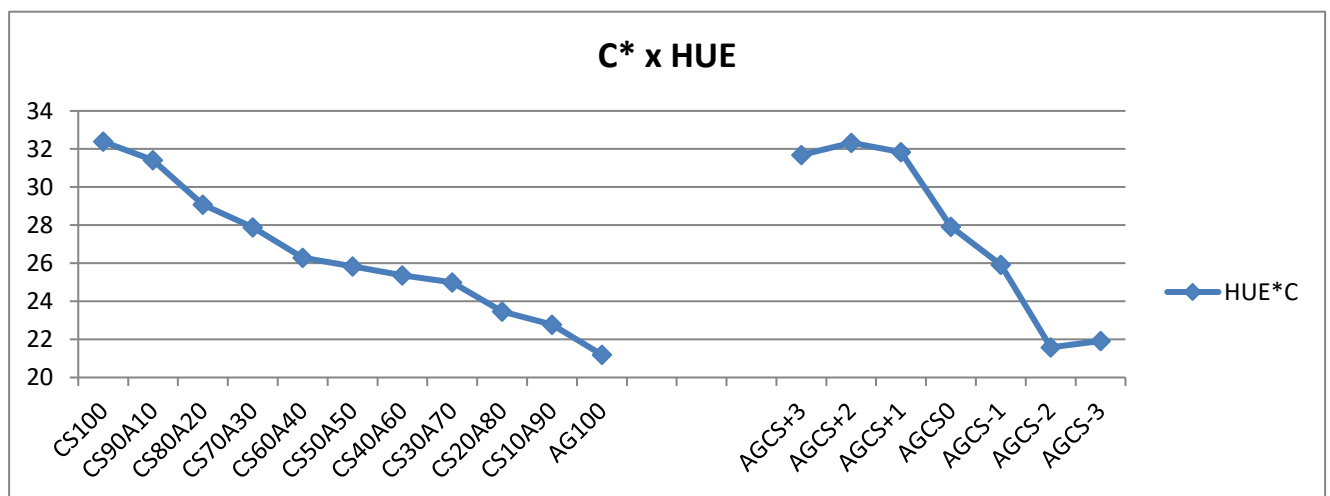
A két gabona összefolyási pontját a 0-s számmal jelöltük meg. Majd bal, illetve jobb irányban haladva a 0-s ponttól egyenlő 30 cm távolságra (18.ábra) gabona mintavevő steckerrel (z. ábra) levettük a további mintákat, és lemértük azoknak beltartalmi értékeit.

A mintavételezés célja, hogy a fotospektrometriás elemzések alapján meghatározzuk a különböző gabonafajták térbeli eloszlását és az egyes pontokon fennálló keveredési arányokat. Az így gyűjtött minták spektroszkópiai vizsgálata segítségével objektív módon igazolható, hogy a különböző gabonafajták milyen mértékben keveredtek a raktári tárolás során.

Minden egyes levett mintának 10x elvégeztük a színeképelemzését. A 10 mérésből átlagot számoltunk. Az adatokat grafikonok segítségével ábrázoltuk.

A standard keverési minták színeképelemzése során kapott grafikonokat összehasonlítottuk a raktárban levett minták színeképelemzett grafikonjaival. Meg tudtuk állapítani, hogy a raktárban levett minták milyen százalékban tartalmazták az egyik, illetve a másik fajtát.

1. grafikon



Az 1. grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – CS és AG búza keverékei)

Az első szakasz CS100 és AG100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. CS90AG10, CS80AG20 stb.), és a C x HUE értékek csökkenő trendet mutatnak* a CS100-tól az AG100 felé haladva.

Ez a tendencia azt jelzi, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői eltérnek, és a változás egyértelműen nyomon követhető a keveredési arány függvényében.

Az így kialakított kalibrációs egyenesek lehetőséget biztosítanak arra, hogy egy ismeretlen minta keveredési aránya pontosan meghatározható legyen.

Az 1. grafikonnál a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – AGCS jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait szemléltetik.

A AGCS0 a keveredési zónát jelöli, míg AGCS-1, AGCS-2, AGCS-3 az egyik gabonahalmaz felé, AGCS+1, AGCS+2, AGCS+3 pedig a másik irányba történő távolodást mutatja.

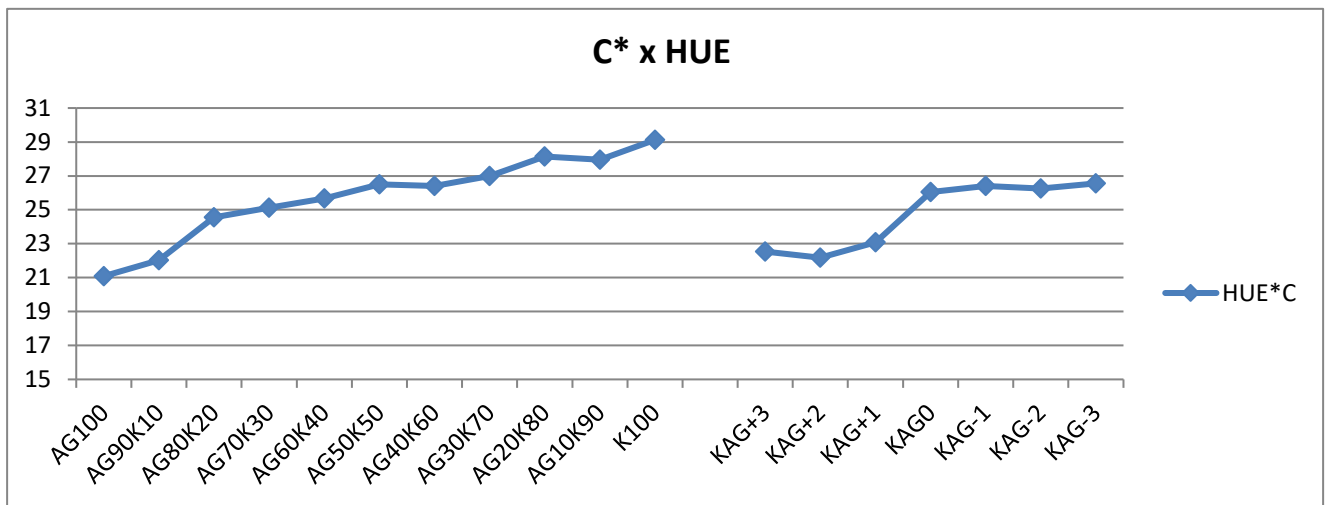
A grafikon ezen szakasza azt mutatja, hogy a C x HUE értékek a keveredési zóna közepén jelentősen változnak, majd a halmazok szélein stabilizálódnak*.

Az adatokból megállapítható, hogy a keveredés hatása egy bizonyos távolságon (kb. 120 cm) belül még kimutatható, azon túl pedig a gabonahalmazok spektrálisan elkülöníthetők.

A trendvonal éles csökkenést mutat a keveredési zónán belül, majd az egyes búzahalmazoknál stabilizálódik, ami azt igazolja, hogy a két búzafajta között egy jól körülhatárolható átmeneti zóna található a raktárban.

A CS, illetve az AG gabona mintáknál jól látni, hogy a bal oldali AGCS+3, AGCS+2, AGCS+1-nél bőven 90% felett van az AG gabona, míg a jobb oldalon az AGCS-2 illetve az AGCS-3-nál van 90% felett a CS gabona.

2. grafikon



A 2.grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – AG és K búza keverékei)

Az első szakasz AG100 és K100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. AG90K10, AG80K20 stb.), és a C x HUE értékek növekvő trendet mutatnak* az AG100-tól a K100 felé haladva.

Ez a növekedés arra utal, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői eltérőek, és az egyes keverékarányokhoz egyedi spektrális értékek rendelhetők.

Az így kialakított kalibrációs egyenesek lehetőséget biztosítanak arra, hogy egy ismeretlen minta keveredési aránya pontosan visszakövetkeztethető legyen, így objektív módon meghatározható a keveredési viszony a raktárban tárolt gabonák között.

A 2.grafikonnál a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – KAG jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait tükrözik.

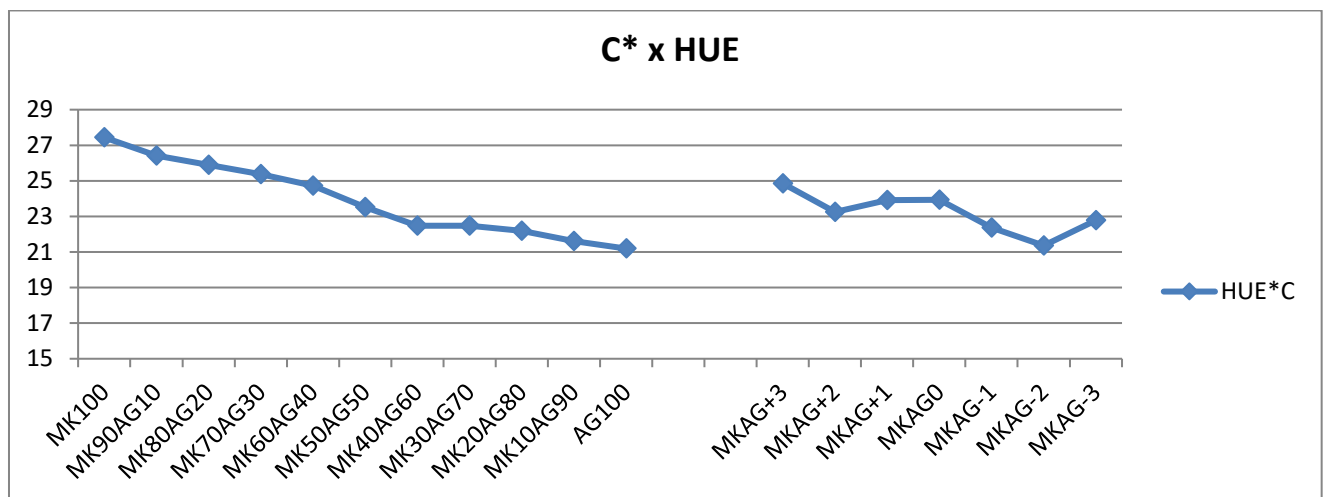
A KAG0 a keveredési zóna közepét jelöli, míg KAG-1, KAG-2, KAG-3 az egyik gabonahalmaz felé, KAG+1, KAG+2, KAG+3 pedig a másik irányba történő távolodást mutatja.

A C x HUE értékek a KAG0 közvetlen környezetében jelentős változást mutatnak*, ami azt jelzi, hogy a két búzafajta spektrális keveredése a raktáron belül egy meghatározott tartományra korlátozódik.

A görbe stabilizálódása azt mutatja, hogy a keveredés hatása egy bizonyos távolságon túl már nem kimutatható, így a különböző búzafajták térben elkülöníthetők.

Az adatok alapján megállapítható, hogy a keveredési hatás körülbelül 120 cm távolságig érzékelhető, ezen túl a búzahalmazok spektrálisan homogének és elkülönülnek.

3. grafikon



Ez a grafikon két, antociános gabonafajta színképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja. Az eredmények alapján a két vizsgált gabona spektrális eltérése minimális, amely a keveredés meghatározásának kihívásaira is rámutat.

3.grafikon esetében a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – MK és AG búza keverékei)

Az első szakasz MK100 és AG100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. MK90AG10, MK80AG20 stb.), és a C x HUE értékek enyhe csökkenő trendet mutatnak* az MK100-tól az AG100 felé haladva.

Az értékek közötti különbség viszonylag kicsi, ami arra utal, hogy az MK és AG búzafajták spektrális jellemzői nagyon hasonlóak, így a színképelemzéssel történő elkülönítésük nehezebb lehet más, eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkező búzafajtákhoz képest.

Ennek ellenére a kalibrációs egyenesek segítségével a keveredési arányok meghatározása lehetséges, bár a pontosság valószínűleg korlátozottabb, mint eltérő spektrumú gabonafajták esetében.

A 3 grafikon jobb oldali szakasza (Raktári keveredés vizsgálata – MKAG jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait mutatják.

A MKAG0 a keveredési zóna közepét jelöli, míg MKAG-1, MKAG-2, MKAG-3 az egyik gabonahalmaz felé, MKAG+1, MKAG+2, MKAG+3 pedig a másik irányba történő távolodást mutatja.

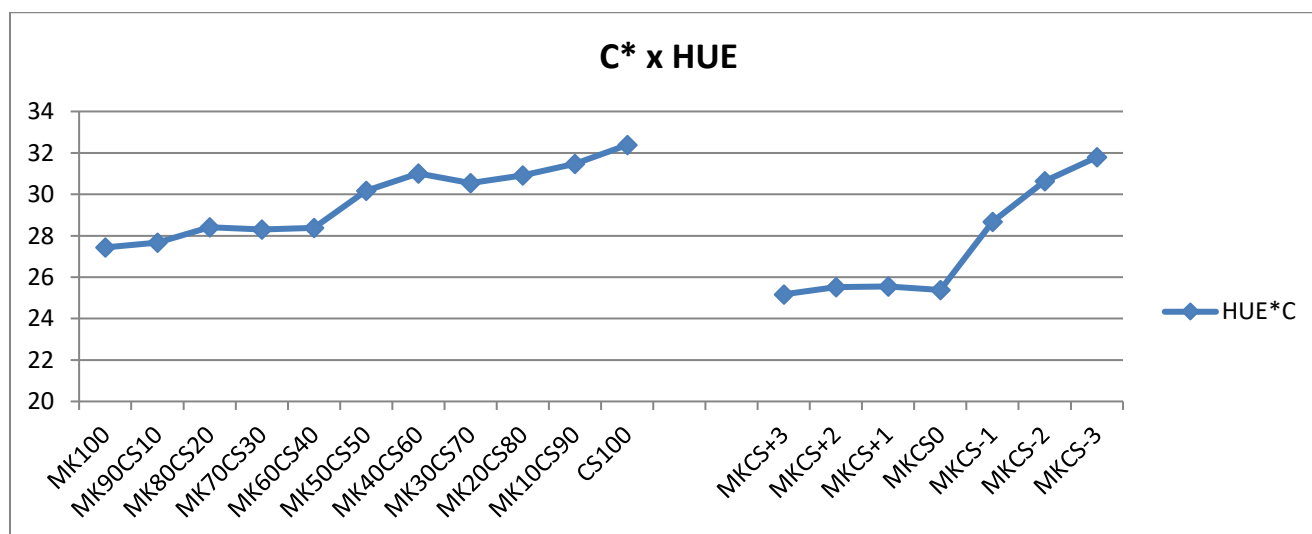
Az értékek nem mutatnak jelentős eltérést a keveredési zóna mentén, ami arra utal, hogy

a két gabonafajta közötti spektrális különbségek kicsik, így a keveredés határvonalának meghatározása nehezebb, mint eltérő színképi jellemzőkkel rendelkező búzák esetében.

A keveredési zóna határai nem rajzolódnak ki élesen, ami azt jelzi, hogy a két búzafajta keveredése spektrálisan nem olyan markáns, mint más esetekben.

A görbe enyhe ingadozása arra utal, hogy a spektrális eltérések kimutatása érzékeny lehet a mérési körülményekre vagy egyéb tényezőkre.

4. grafikon



Ez a 4.grafikon a sárga színű (CS) és az antociános (MK) búzafajta színképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja. A két búzafajta jelentősen eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkezik, ami lehetővé teszi a keveredési arány és a raktári keveredési zónák pontos meghatározását.

A 4. grafikon bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – MK és CS búza keverékei)

Az első szakasz MK100 és CS100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. MK90CS10, MK80CS20 stb.), és a C x HUE értékek egyértelmű növekvő trendet mutatnak* az MK100-tól a CS100 felé haladva.

A trend azt jelzi, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői jelentősen eltérnek, így a keveredési arányok pontosan meghatározhatók színeképelemzéssel.

Ez azt bizonyítja, hogy a két búzafajta eltérő színeképi tulajdonságai alapján egyértelműen visszavezethető a keveredési arány egy ismeretlen mintában is, ami lehetőséget biztosít a raktári tételek összetételének pontos megállapítására.

A 4. grafikon esetében a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – MKCS jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait mutatják.

A MKCS0 a keveredési zóna közepét jelöli, míg MKCS-1, MKCS-2, MKCS-3 az egyik gabonahalmaz felé, MKCS+1, MKCS+2, MKCS+3 pedig a másik irányba történő távolodást mutatja.

A trend egyértelmű elkülönülést mutat a két gabonahalmaz között, ami azt jelzi, hogy a két búzafajta keveredési határa egy jól definiált térbeli zónában lokalizálható a raktáron belül.

A C* x HUE értékek gyors változása a keveredési zóna közepén egy éles keveredési határ jelenlétére utal, ami azt jelenti, hogy a tárolt tételek spektrális különbségei miatt könnyen azonosítható a keveredési zóna határa.

Az adatok alapján a keveredés hatása kb. 120 cm távolságig nyomon követhető, ezen túl a gabonahalmazok spektrálisan homogének és elkülöníthetők.

Az CSAG, AGM, CSM keverékek esetében is megfigyelhető a színeképben a bal és jobb oldalon tapasztalható eltérés a 0 tengelyhez képest. A színeképelemzés segítségével megállapítható, hogy a különböző gabonafajták halmazai között nincs keveredés 90-100 cm távolságban. Ez az információ hasznos lehet a raktárakban történő árukészlet-kezelés során és a nyomon követhetőség biztosításában az élelmiszeriparban.

4.2.2 A 2022-es évi kísérleti eredmények

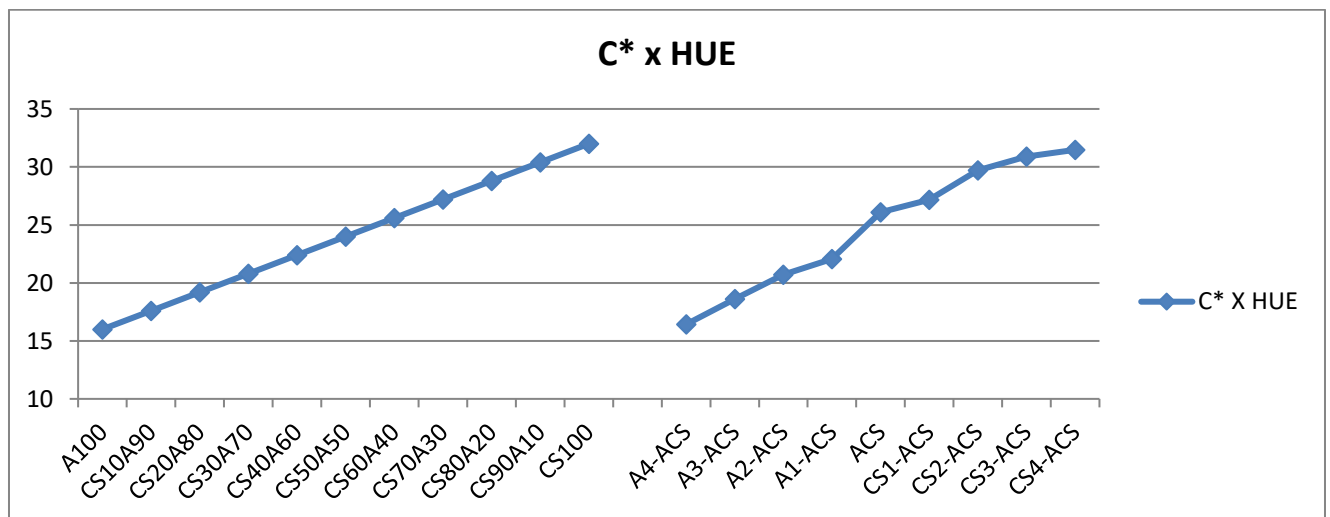
Az előző évi kísérlethez képest a változás egy fajta vetőmag esetében lépett fel. A 2022-es évben a MESZ-AGRO részére a Karkulka fajta vetőmag nem állt rendelkezésre, helyette a Bonavita került elvetésre

A 2022-es évre vonatkozóan ismételt mintavételt végeztünk a gabonák összefolyási pontjainál, ahol az előzőekben említett AG, MB, CS és K búzafajták fizikailag keveredtek egymással a raktározás során. A mintavételeket gabonamintavevő stekkerrel terveztük végrehajtani minden olyan ponton, ahol az egyes tételek érintkeztek a raktározás során.

Az 2022-es évi mérések során minden minta esetében tízszer végrehajtottuk a színeképelemzést, majd a tíz mérés átlagát számoltuk ki. Az adatokat továbbá grafikonokkal is ábrázoltuk a könnyebb áttekinthetőség érdekében.

A standard keverési minták színeképelemzése során kapott grafikonokat összehasonlítottuk a raktárban levett minták színeképelemzett grafikonjaival. Megállapítottuk, hogy meghatározható a beraktározott gabona fajtájának a százalékos aránya.

5. grafikon



Ez az 5. grafikon a sárga színű (CS) és az antociános (A) búzafajta színeképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színeképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja. A két búzafajta jelentősen eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkezik, így a keveredési arány és a raktári keveredési zónák pontos meghatározása jól nyomon követhető.

Az 5. grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – AG és CS búza keverékei)

Az első szakasz AG100 és CS100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. CS10A90, CS20A80 stb.), és a C x HUE értékek egyértelmű növekvő trendet mutatnak* az A100-tól a CS100 felé haladva.

Az egyértelmű és folyamatos spektrális változás arra utal, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői jelentősen eltérnek, így a keveredési arányok pontosan meghatározhatók színképelemzéssel.

Ez a tendencia lehetővé teszi, hogy bármilyen keverési arány esetén visszakövetkeztessünk a pontos összetételre, ami raktározási és minőségellenőrzési szempontból kiemelkedően hasznos.

Az 5. grafikonnál a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – ACS jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait mutatják.

Az A4-ACS, A3-ACS, A2-ACS, A1-ACS jelölések az antociános búza (A) dominanciáját mutatják, míg CS1-ACS, CS2-ACS, CS3-ACS, CS4-ACS a sárga búza (CS) felé történő átmenetet jelölik.

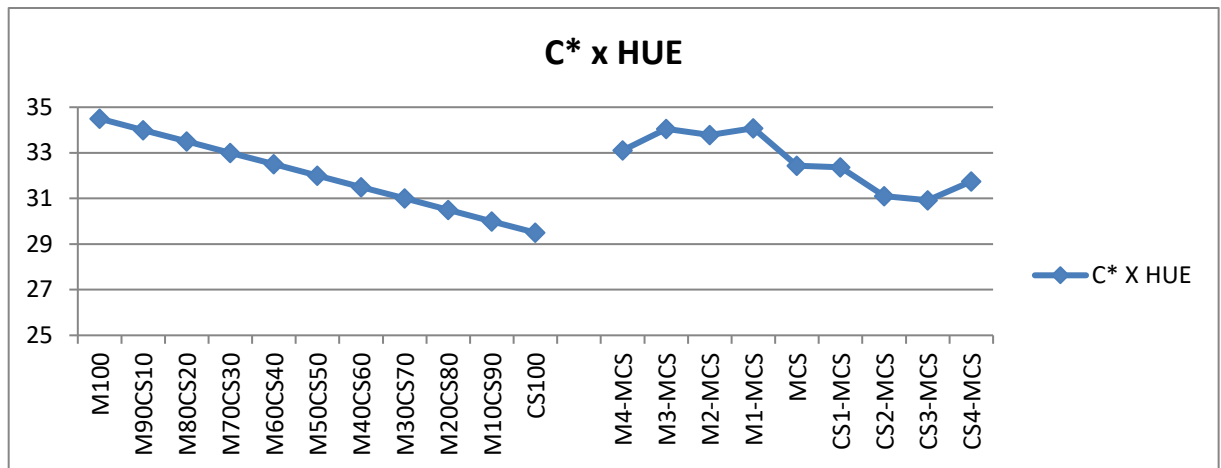
A görbe a keveredési zónában is egyértelmű tranzíciós mintázatot mutat, amely azt jelzi, hogy a két búzafajta keveredési határa jól meghatározható a raktárban.

A C x HUE értékek gyors változása a keveredési zónában* arra utal, hogy az A és CS gabonák spektrális különbsége olyan mértékű, hogy az átmeneti tartomány pontosan beazonosítható.

A görbe végső stabilizálódása azt jelzi, hogy a keveredés hatása egy bizonyos távolságon túl (kb. 120 cm) már nem kimutatható, így a gabonahalmazok spektrálisan elkülöníthetők.

Az AG, illetve a CS) keverékeknél is látni, hogy az egyes minták milyen arányban tartalmazzák az egyik vagy a másik fajtát. A grafikomból kiolvasható, hogy az AG4-AGCS minta 90% felett tartalmazza az AG mintát, míg a CS4-AGCS minta a CS gabonából tartalmaz 90% felett.

6. grafikon



A 6. grafikonon a sárga színű (CS) és egy másik sárga színű (M) búzafajta színképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja. A két búzafajta nagyon hasonló spektrális tulajdonságokkal rendelkeznek, ami jelentős kihívást jelent a keveredési arány pontos meghatározásában és a raktári tételek elkülönítésében.

Az 6. grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – M és CS búza keverékei)

Az első szakasz M100 és CS100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. M90CS10, M80CS20 stb.), és a C x HUE értékek csökkenő trendet mutatnak*, azonban a különbségek viszonylag kismértékűek.

Az egyértelmű, folyamatos változás ellenére az eltérések nem olyan markánsak, mint más eltérő színű gabonafajták esetében (például amikor sárga és antociános búza keverését vizsgáltuk).

Ez a tendencia arra utal, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői nagyon hasonlóak, ami megnehezíti a keveredési arány pontos meghatározását kizárólag színképelemzés alapján.

Az 6. grafikonon a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – MCS jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait mutatják.

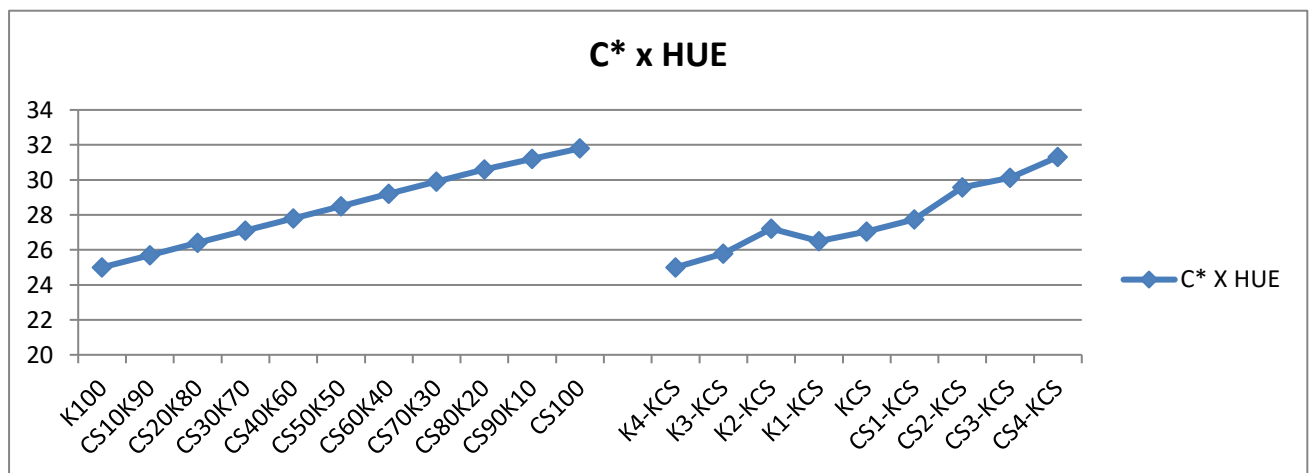
Az M4-MCS, M3-MCS, M2-MCS, M1-MCS jelölések az M búza dominanciáját mutatják, míg CS1-MCS, CS2-MCS, CS3-MCS, CS4-MCS a CS búza dominanciája felé történő átmenetet jelölik.

A grafikon ezen szakaszában a C x HUE értékek változása kevésbé egyértelmű*, és a keveredési határ nem olyan élesen kirajzolódó, mint más, spektrálisan eltérő búzafajták esetében.

A görbe ingadozása azt jelzi, hogy a keveredési zóna határai nem könnyen meghatározhatók, és az eltérések kisebbek, ami azt mutatja, hogy a két búzafajta keveredése spektrálisan nem olyan markáns.

A keveredési hatás így hosszabb térbeli kiterjedést mutathat, és nem olyan pontosan körül határolható, mint eltérő színű gabonafajták esetében.

7. grafikon



A 7. grafikon a hagyományos színű őszi búza (K) és a sárga színű búza (CS) színeképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színeképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja. Mivel a két búzafajta eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkezik, a keveredési arány és a raktári keveredési zónák pontos meghatározása jól nyomon követhető.

Az 7. grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – K és CS búza keverékei)

Az első szakasz K100 és CS100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. CS10K90, CS20K80 stb.), és a C x HUE értékek egyértelmű növekvő trendet mutatnak* a K100-tól a CS100 felé haladva.

A folyamatos spektrális változás egyértelműen igazolja, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői jelentősen eltérnek, így a keveredési arányok színeképelemzéssel pontosan meghatározhatók.

Ez a tendencia lehetőséget biztosít arra, hogy egy ismeretlen minta összetétele visszakövetkeztethető legyen, ami minőségellenőrzési és raktározási szempontból kiemelkedően fontos.

Az 7. grafikon esetében a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – KCS jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait mutatják.

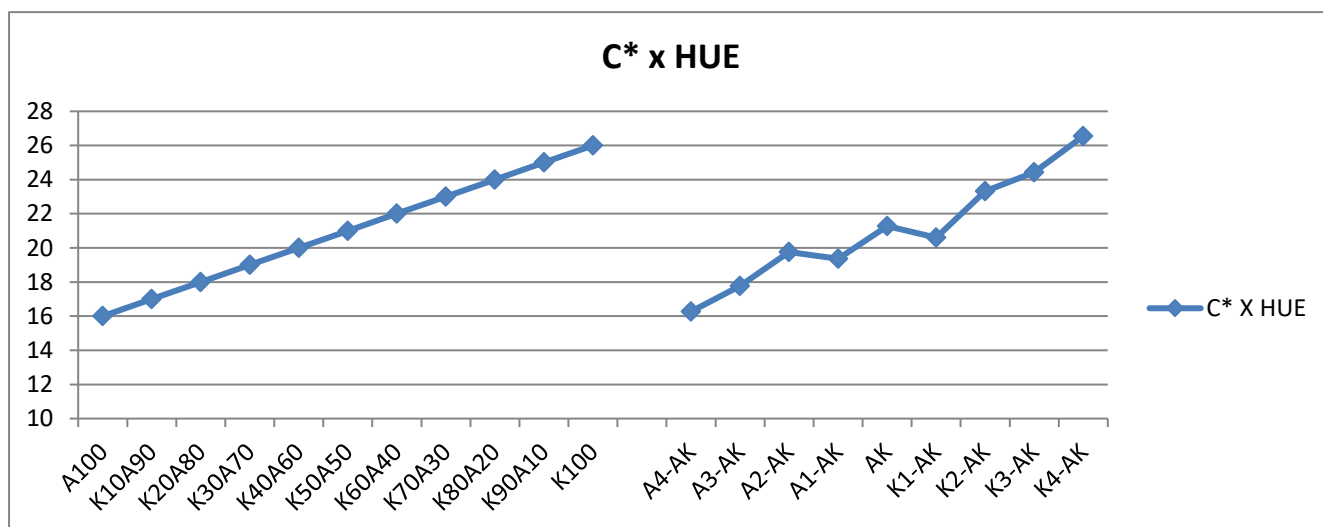
Az K4-KCS, K3-KCS, K2-KCS, K1-KCS jelölések az őszi búza (K) dominanciáját mutatják, míg CS1-KCS, CS2-KCS, CS3-KCS, CS4-KCS a sárga búza (CS) dominanciája felé történő átmenetet jelölik.

A keveredési zóna folyamatos és jól meghatározható spektrális átmenetet mutat, ami azt jelzi, hogy a két búzafajta keveredési határa egy jól definiált térbeli zónában lokalizálható a raktáron belül.

A $C^* \times HUE$ értékek gyors változása a keveredési zónában egy éles keveredési határ jelenlétére utal, amely lehetőséget biztosít a gabonahalmazok pontos térbeli elkülönítésére.

A görbe végső stabilizálódása azt jelzi, hogy a keveredés hatása egy bizonyos távolságon túl (~120 cm) már nem kimutatható, így a gabonahalmazok spektrálisan elkülöníthetők.

8. grafikon



A 8. grafikon a hagyományos színű őszi búza (K) és az antociános búza (A) színképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja. A két búzafajta jelentősen eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkezik, így a keveredési arány és a raktári keveredési zónák pontos meghatározása jól nyomon követhető.

Az 8. grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – A és K búza keverékei)

Az első szakasz A100 és K100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. K10A90, K20A80 stb.), és a C x HUE értékek egyértelmű növekvő trendet mutatnak* az A100-tól a K100 felé haladva.

Az egyértelmű és folyamatos spektrális változás arra utal, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői jelentősen eltérnek, így a keveredési arányok pontosan meghatározhatók színképelemzéssel.

Ez a tendencia lehetőséget biztosít arra, hogy bármilyen keverési arány esetén visszakövetkeztessünk a pontos összetételre, ami minőségellenőrzési és raktározási szempontból kiemelkedően hasznos.

Az 8. grafikonnál a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – AK jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban lévő búzahalmazok keveredésének spektrális változásait mutatják.

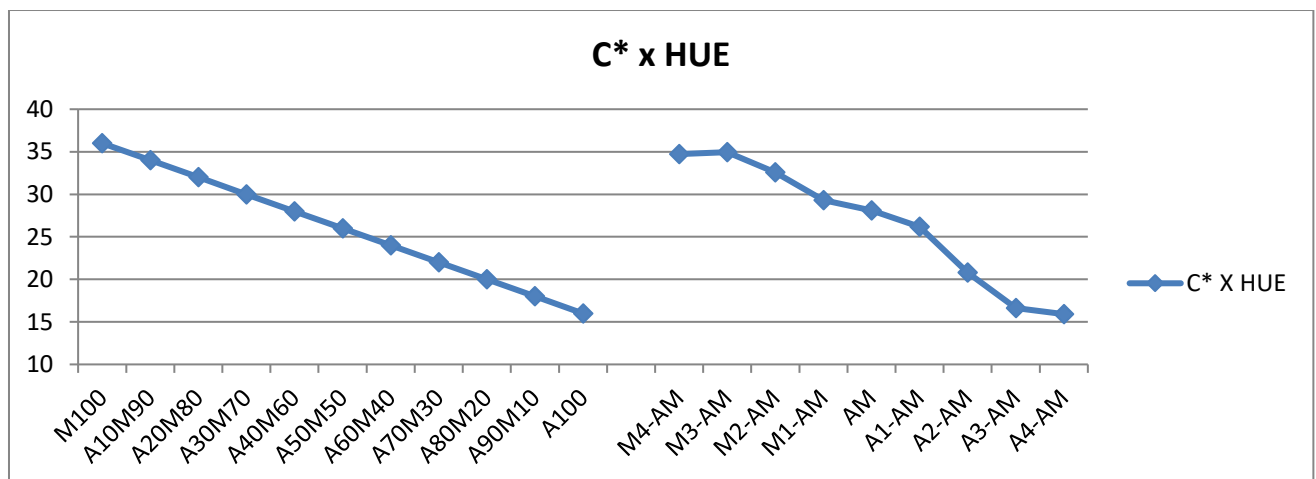
Az A4-AK, A3-AK, A2-AK, A1-AK jelölések az antociános búza (A) dominanciáját mutatják, míg K1-AK, K2-AK, K3-AK, K4-AK az őszi búza (K) felé történő átmenetet jelölik.

A keveredési zóna folyamatos és jól meghatározható spektrális átmenetet mutat, ami azt jelzi, hogy a két búzafajta keveredési határa egy jól definiált térbeli zónában lokalizálható a raktáron belül.

A C* x HUE értékek gyors változása a keveredési zónában egy éles keveredési határ jelenlétére utal, amely lehetőséget biztosít a gabonahalmazok pontos térbeli elkülönítésére.

A görbe végső stabilizálódása azt jelzi, hogy a keveredés hatása egy bizonyos távolságon túl (~120 cm) már nem kimutatható, így a gabonahalmazok spektrálisan elkülöníthetők.

9. grafikon



A 9. grafikon a sárga színű búza (M) és az antociános búza (A) keveredési folyamatát vizsgálja színképelemzéssel. Az ábrázolás két fő szakaszból áll: az első rész (bal oldali szakasz) a kalibrációs egyeneseket mutatja, míg a második rész (jobb oldali szakasz) a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színképelemzéssel kapott eredményeit szemlélteti. A két búzafajta spektrálisan jól elkülöníthető, ami elősegíti a keveredési zónák pontos meghatározását.

A 9 grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – M és A búza keverékei)

Az első szakasz az M100 és A100 különböző arányú keverékeinek spektrális jellemzőit ábrázolja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. A10M90, A20M80 stb.), és a C x HUE értékek egyértelműen csökkenő tendenciát mutatnak* az M100-tól az A100 felé haladva.

Ez a folyamatos csökkenés arra utal, hogy a két búzafajta spektrális tulajdonságai jelentősen eltérnek, ami lehetővé teszi a keveredési arány pontos meghatározását.

Az eredmények alátámasztják, hogy egy ismeretlen gabonaminta spektrális jellemzői alapján visszakövetkeztethető a keveredési arány, ami jelentős előnyt biztosít a minőségellenőrzés és a tárolás során.

A 9. grafikonnál a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – AM jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban tárolt búzahalmazok keveredésének térbeli változásait mutatják.

A M4-AM, M3-AM, M2-AM, M1-AM jelölések az M búza dominanciáját jelzik, míg A1-AM, A2-AM, A3-AM, A4-AM az antociános búza felé történő átmenetet ábrázolják.

A keveredési zóna egyértelműen meghatározható, mivel a két búzafajta spektrális különbsége kifejezett, ami egy jól definiálható keveredési határt eredményez a raktáron belül.

A C* x HUE értékek folyamatos és éles változása a keveredési zónában azt mutatja, hogy a két búzafajta keveredése jól nyomon követhető, és a keveredési határvonal tisztán kijelölhető.

Az értékek stabilizálódása azt jelzi, hogy a keveredési hatás egy adott távolságon (kb. 120 cm) túl már nem észlelhető, így a gabonahalmazok spektrálisan egyértelműen elkülöníthetők.

Az MBCS, KCS és AGK, AGM gabonakeverékek esetében is megfigyelhető, hogy a 0 tengelyhez viszonyítva jelentős eltérések figyelhetők meg a színeképelemzés során. A vizsgálatok szerint a keveredés határvonala nagyjából 90cm-100cm távolságra tehető, azaz ezen távolság fölött már nem figyelhető meg jelentős keveredés az egyes gabonatételek között.

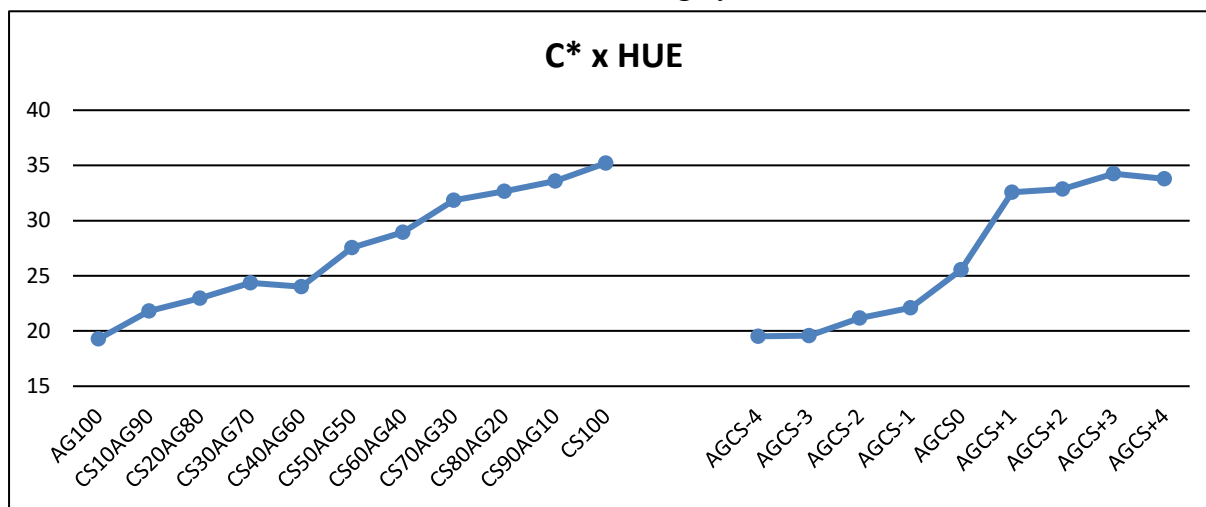
4.2.3 Az elvégzett kísérletek eredménye a 2023-as évben

A 2023-as mérések során minden mintát tízszer alávetettünk színeképelemzésnek, majd az egyes mintákra vonatkozóan a tíz mérés átlageredményét határoztuk meg. Az adatokat a jobb áttekinthetőség érdekében grafikus formában is megjelenítettük.

A 2023-as standard keverési minták színeképelemzése alapján készült grafikonokat összevetettük a raktárban tárolt minták színeképelemzési eredményeit reprezentáló grafikonokkal.

Az elemzés eredményeként megállapítottuk, hogy a tárolt gabonák összetételének fajtankénti százalékos aránya meghatározható.

10. grafikon



A 10. grafikon a búza színeképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színeképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja.

A 10. grafikonnál a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – AG és CS búza keverékei)

Az első szakasz a AG100 és CS100 búzafajták különböző arányú keverékeiből származó színeképi jellemzőket mutatja.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. CS10AG90, CS20AG80 stb.), és a C x HUE értékek növekvő trendet mutatnak* az AG100-tól a CS100 felé haladva.

Ez az eredmény arra utal, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői jelentősen eltérnek egymástól, és a kalibrációs egyenesek segítségével a keveredési arány pontosan meghatározható.

Az így kialakított kalibrációs modellek lehetőséget nyújtanak a raktári minták összetételének visszavezetésére a kiindulási keverékarányokra.

Az 10. grafikonnál a jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – AGCS jelölés)

A jobb oldali szakasz a raktárban található búzahalmazok keveredési folyamatát tükrözi.

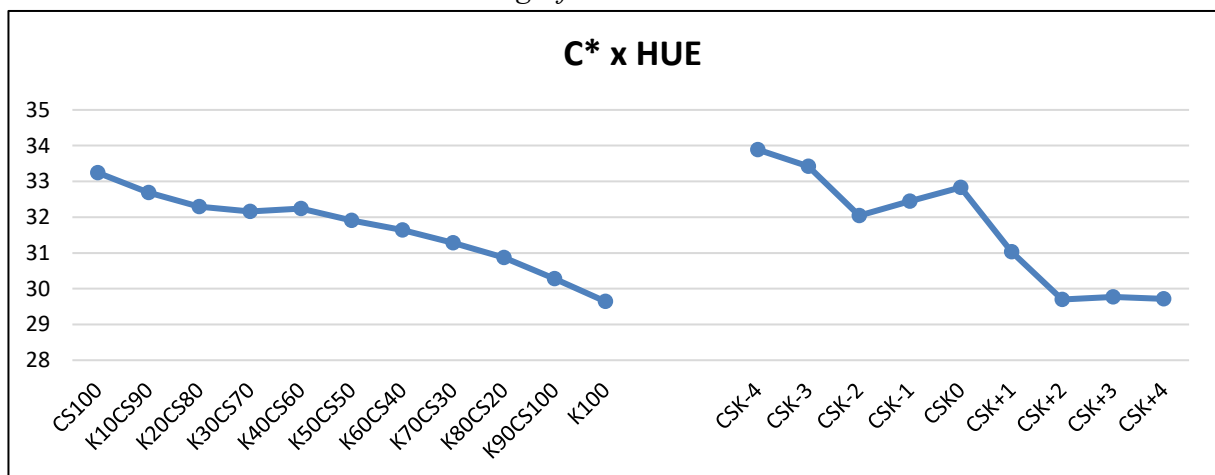
A AGCS0 a keveredési zónát jelöli, míg a AGCS-1, AGCS-2, AGCS-3, AGCS-4 a bal oldali gabonahalmaz irányába történő távolodást, a AGCS+1, AGCS+2, AGCS+3, AGCS+4 pedig a jobb oldali gabonahalmaz felé történő távolodást reprezentálja.

A trendvonal azt mutatja, hogy a C x HUE értékek a keveredési zónán belül minimális változást mutatnak, majd hirtelen növekedés tapasztalható*, ami a keveredési zóna határának pontos meghatározását teszi lehetővé.

A görbe stabilizálódása azt mutatja, hogy a keveredési hatás egy bizonyos távolság (kb. 120 cm) után már nem kimutatható, így a két gabonahalmaz spektrálisan egyértelműen elkülöníthető.

A 11. grafikon esetében a búza színképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színképelemzéssel kapott értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja.

11. grafikon



11. grafikon bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – CS és K búza keverékei)

A bal oldali adatok két különböző búzafajta, CS100 és K100 különböző arányú keverékeiből származó színképi jellemzőket mutatják.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. K100CS0, K90CS10, K80CS20 stb.), és a C x HUE értékek csökkenő trendet mutatnak* a CS100-tól a K100 felé haladva.

Ez arra utal, hogy a két búzafajta spektrális jellemzői eltérőek, és a változás jól követhető a keverési arány függvényében.

Az így kapott kalibrációs egyenesek lehetőséget nyújtanak arra, hogy egy ismeretlen keverékből visszakövetkeztessünk a kiindulási arányokra, ezáltal pontosabb minőségellenőrzési és keveredés-meghatározási eljárások alkalmazhatók.

11.grafikon. jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – CSK jelölés)

A jobb oldali szakasz a raktárban található búzahalmazok keveredési folyamatát tükrözi.

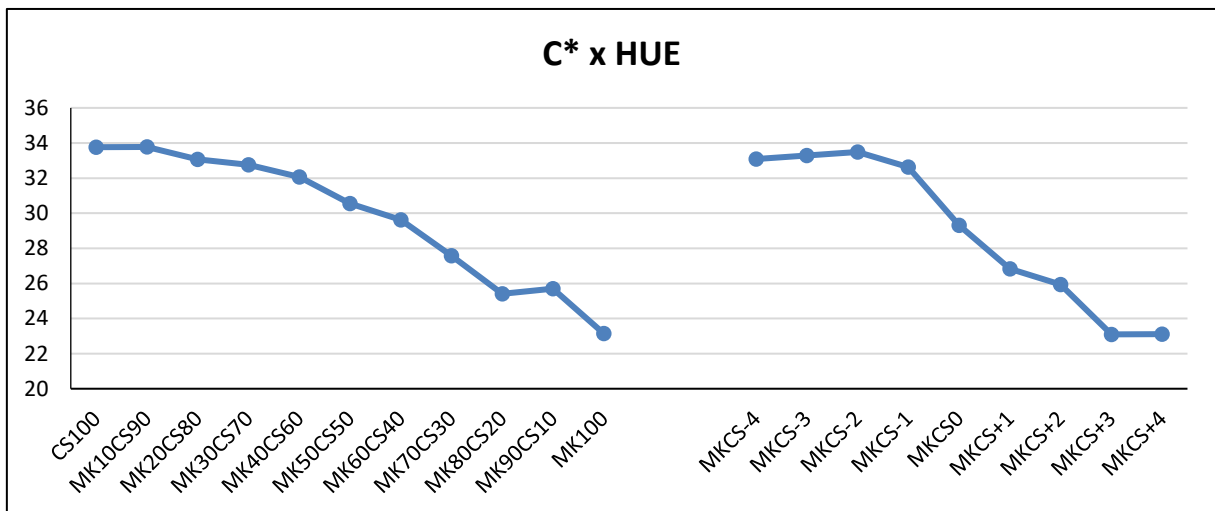
A CSK0 a keveredési zónát jelöli, míg a CSK-1, CSK-2, CSK-3, CSK-4 a bal oldali gabonahalmaz irányába történő távolodást, a CSK+1, CSK+2, CSK+3, CSK+4 pedig a jobb oldali gabonahalmaz felé történő távolodást reprezentálja.

A trendvonal a keveredési zónában csökkenő tendenciát mutat, majd a távolodás során stabilizálódik, ami a keveredési zóna határának pontos meghatározását teszi lehetővé.

A keveredés hatása kb. 120 cm távolságig kimutatható, ezen túl a két gabonahalmaz spektrálisan egyértelműen elkülöníthető.

Az adatok azt mutatják, hogy a két gabonahalmaz között a keveredés fokozatosan csökken, majd egy adott ponton megszűnik, ami a tárolás során kialakult keveredési mintázat jelenlétére utal.

12. grafikon



A 12. grafikon bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – CS és MK búza keverékei)

Az első szakaszban a különböző keverési arányokból (pl. MK100CS0, MK90CS10 stb.) kapott színképi értékek láthatók.

A C* x HUE értékek csökkenő tendenciát mutatnak, amely azt jelzi, hogy a két búzafajta (C és K) spektrális jellemzői eltérnek egymástól, és a keveredés mértéke pontosan követhető.

A kalibrációs egyenesek alapján egyértelműen meghatározható, hogy milyen arányban van jelen az egyik vagy másik búzafajta a keverékben.

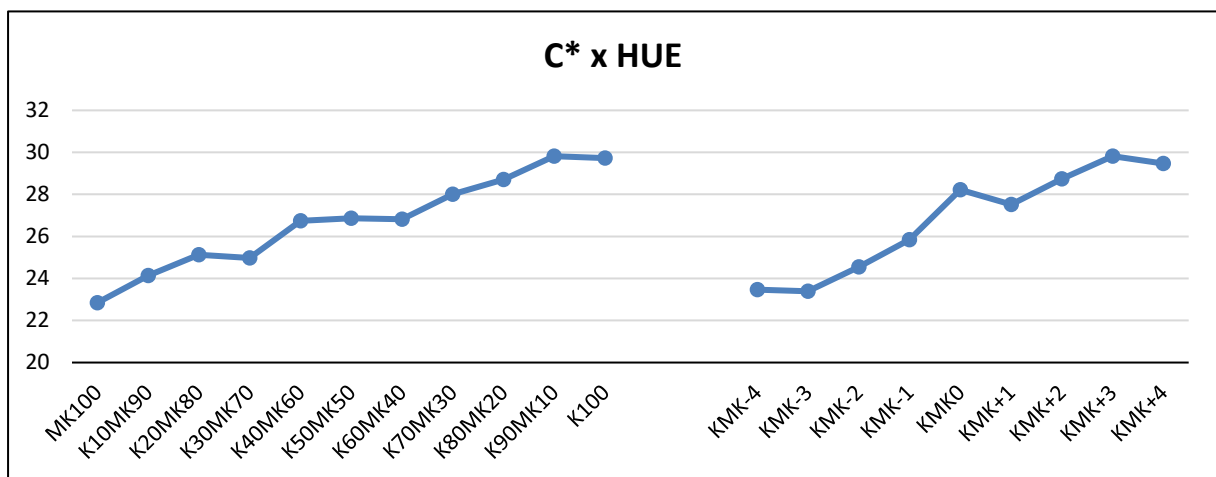
A 12. grafikon jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – CSK jelölés)

A CSK0 jelöli a keveredési pontot, míg a CSK-1, CSK-2, CSK-3, CSK-4 az egyik irányban távolodva az egyik gabona dominanciáját mutatja, a CSK+1, CSK+2, CSK+3, CSK+4 pedig a másik irányba történő távolodás során az ott lévő búzafajta spektrális tulajdonságait tükrözi.

A trendvonal élesen csökkenő tendenciát mutat a keveredési zónán belül, majd stabilizálódik, ami arra utal, hogy a két gabonahalmaz között van egy jól meghatározható keveredési tartomány.

A keveredés hatása körülbelül 120 cm távolságig kimutatható, ezen túl a két gabonahalmaz egyértelműen elkülöníthető, így az adott gabonátételek lokalizálhatók.

13. grafikon



A 13. grafikon értelmezése a búza színeképelemzéssel meghatározott kalibrációs egyenesi és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének vizsgálata alapján:

A 13. grafikon bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek - MK és K búza keverékei)

A grafikon bal oldalán található adatok a két búzafajta (MK és K) különböző arányú keverékeiből származó színeképelemzési eredményeket mutatják.

A keverési arány 10%-os léptékekben változik (pl. K10MK90, K20MK80 stb.), amely egy növekvő trendet mutat a C* x HUE értékekben.

Ez azt jelzi, hogy a két búza spektrális jellemzői egyértelműen változnak a keveredési arány függvényében, így a kalibrációs egyenesek segítségével a keveredési arány pontosan meghatározható.

A 13. grafikon jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata - KMK jelölés)

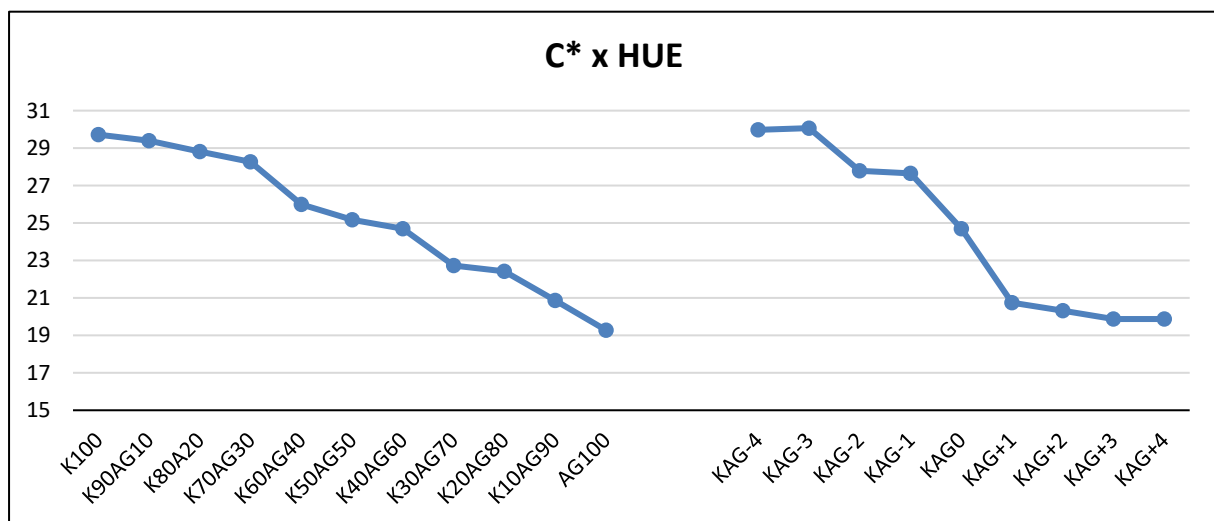
A raktárban tárolt gabonák keveredésének elemzése a KMK jelölésű adatokkal történik.

A KMK0 a keveredési zóna közepét jelöli, míg balra a KMK-1, KMK-2, KMK-3 stb. a távolodást mutatja az egyik gabona irányába, jobbra pedig a KMK+1, KMK+2, KMK+3 a másik gabona irányába történő távolodást szemlélteti.

A trend azt mutatja, hogy a C* x HUE értékek kezdetben alacsonyabbak, majd a távolság növekedésével egyre inkább közelítenek a tiszta búzafajták spektrális jellemzőihez.

Ez azt jelzi, hogy a raktári keveredés mértéke térben meghatározható, és kb. 120 cm távolságban a két gabonahalmaz között a keveredés már nem érzékelhető, így a gabonák lokalizálhatók és elkülöníthetők a raktáron belül.

14. grafikon



A 14. grafikon a búza színeképlemmel meghatározott kalibrációs egyeneseit (bal oldali szakasz) és a raktárban összeöntött gabonák keveredésének színeképlemmel nyert értékeit (jobb oldali szakasz) ábrázolja.

A 14. grafikon esetében a bal oldali szakasz (Kalibrációs egyenesek – K és AG búza keverékei)

A bal oldali adatok két különböző búzafajta, K (K100) és AG (AG100) keveredésének spektrális jellemzőit mutatják.

A keverési arány 10%-os lépésekben változik (pl. K90AG10, K80AG20 stb.), és a C x HUE értékek csökkenő trendet mutatnak* a K100-tól az AG100 felé haladva.

Ez arra utal, hogy a két búzafajta eltérő színképi tulajdonságokkal rendelkeznek, és a spektrális változások jól nyomon követhetők a keveredési arány függvényében.

Az így kapott kalibrációs egyenesek alapján megbízhatóan meghatározható egy ismeretlen mintában lévő búzafajták keveredési aránya.

A 14.grafikon jobb oldali szakasz (Raktári keveredés vizsgálata – KAG jelölés)

A jobb oldali adatok a raktárban összeöntött gabonák keveredésének térbeli változását mutatják.

A KAG0 jelöli a keveredési zónát, míg a KAG-1, KAG-2, KAG-3, KAG-4 a bal oldali gabonahalmaz irányába történő távolodást, a KAG+1, KAG+2, KAG+3, KAG+4 pedig a jobb oldali gabonahalmaz felé történő távolodást mutatja.

A C x HUE értékek hirtelen csökkenése a KAG0 környezetében jelzi, hogy a két búza keveredése egy jól körülhatárolható tartományban történik*.

A görbe stabilizálódása a KAG-4 és KAG+4 értékeknél azt mutatja, hogy a keveredés hatása egy bizonyos távolság (kb. 120 cm) után már nem kimutatható, így az egyes gabonahalmazok egyértelműen elkülöníthetők a raktáron belül.

Az AGCS, MKCS, KCS, illetve MKM és a KAG keverékek színképeiben a 0 tengelyhez viszonyítva jól megfigyelhetők eltérések a spektrum bal és jobb oldalán. A színképelemzés eredményei alapján megállapítható, hogy a különböző gabonafajták halmazai között 120 cm-es távolságban már nem tapasztalható keveredés.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásunk célja annak vizsgálata volt, hogy különböző búzafajták keveredési arányát milyen pontossággal lehet meghatározni fotospektrometriás módszerekkel. Az elmúlt három év kutatási eredményei megbízható és statisztikailag megalapozott adatokkal szolgáltak az egyes őszi búzafajták keveredési arányairól, lehetővé téve a keveredések kvantitatív elemzését és térbeli eloszlásuk pontos leírását.

Eredményeink igazolták, hogy a különböző színű búzafajták keveredése nem véletlenszerű folyamat, hanem szignifikáns tér el attól függően, hogy milyen típusú gabonátételek kerültek összeöntésre. A négy eltérő színű búza keveredési mintázata egyértelmű spektrális különbségeket mutatott, amelyeket fotospektrometriás mérésekkel pontosan nyomon lehetett követni. Az egyes keverékek spektrofotometriás analízise során meghatároztuk a kalibrációs egyenesek paramétereit, amelyek lehetővé teszik a különböző keveredési arányok meghatározását egy adott mintában.

A kutatás során kapott spektrális adatok alapján grafikonokon ábrázoltuk az egyes keverékek színképi tulajdonságait, amelyek segítséget nyújtanak a raktári tárolás során végbemenő keveredések modellezésében és lokalizációjában. Ezek az eredmények alapot teremtenek az üzemi méretű gabonátételek fotospektrometriás úton történő azonosításához és elkülönítéséhez, ami hozzájárul a tárolási és kitérési folyamatok optimalizálásához, valamint csökkenti a minőségi veszteségeket.

A kutatás eredményei közvetlenül hozzájárulhatnak az élelmiszer-biztonság javításához, különösen az Európai Unió által meghatározott nyomon követhetőségi követelmények betartása szempontjából. Az élelmiszerlánc biztonságának egyik alapvető feltétele, hogy a teljes ellátási folyamat során pontosan nyomon követhető legyen az élelmiszer útja, a termőföldtől egészen a fogyasztó asztaláig.

A fotospektrometriás módszer alkalmazásával lehetővé válik az egyes betárolt gabonátételek spektrális jellemzők alapján történő azonosítása, amely révén a raktárban végbemenő keveredési folyamatok visszakövethetők és térben lokalizálhatók. Ezáltal nemcsak az egyes búzafajták elkülöníthetősége válik pontosabbá, hanem a termelőtől a fogyasztóig terjedő nyomon követhetőségi lánc is megbízhatóbbá válik.

Az Európai Unió szigorú szabályozásai és jogszabályi előírásai egyértelműen rögzítik az élelmiszerbiztonsági, higiéniai és nyomon követhetőségi követelményeket, amelyeket minden élelmiszeripari szereplőnek maradéktalanul be kell tartania. A fotospektrometriás módszer alkalmazása innovatív és tudományosan megalapozott lehetőséget kínál a gabonatételek eredetének és minőségének ellenőrzésére, ami hosszú távon hozzájárulhat a fogyasztók bizalmának növeléséhez és az élelmiszerellátási lánc átláthatóbbá tételéhez.

Az élelmiszeripari nyomon követhetőség kulcsfontosságú eleme a fenntartható és biztonságos élelmiszer-ellátásnak. Ennek megfelelően elengedhetetlen, hogy a fotospektrometriás analízis eredményeit a gyakorlatban is alkalmazzuk, ezzel biztosítva a gabonatételek hatékony elkülönítését és az élelmiszerek eredetének ellenőrizhetőségét. Az előírások szigorú betartása nemcsak a jogszabályi megfelelést garantálja, hanem hozzájárul a fogyasztók egészségének védelméhez és az élelmiszerlánc biztonságának növeléséhez is. Ez az elemzés megerősíti, hogy a színképelemzés alkalmazható a gabonahalmazok spektrális jellemzőinek és keveredési határainak precíz meghatározására, amely gyakorlati jelentőséggel bír a raktározási és minőségbiztosítási folyamatok során.

Az antociános és sárga búzafajták keveredésének vizsgálata során megállapítást nyert, hogy a spektrális eltérések nagymértékben befolyásolják a keveredési arányok detektálhatóságát. Az antociános és sárga búzafajták esetében a színképelemzés kiváló elkülöníthetőséget biztosít, mivel a két fajta spektrális különbségei jelentősek. Ennek köszönhetően a raktári keveredési zónák jól meghatározhatók, és a keveredési határok élesen kirajzolódnak. Ez lehetővé teszi a célzott szeparáció alkalmazását, amely jelentősen csökkenti a kitérésvesztéseket és javítja a minőségbiztosítási folyamatokat.

Ezzel szemben, amikor két antociános vagy két sárga búzafajta keveredik, a spektrális eltérések minimálisak, ami nagymértékben megnehezíti a keveredési zónák pontos detektálását. A raktári keveredési határok bizonytalanabbá válnak, mivel a hasonló spektrális jellemzőkkel rendelkező búzafajták közötti különbségek a színképelemzés módszertani érzékenységén belül maradhatnak. Ebben az esetben további analitikai finomhangolásra van szükség, például a specifikus hullámhosszok kiválasztására vagy kiegészítő analitikai technikák alkalmazására a pontosabb elkülönítés érdekében.

A vizsgálatok eredményei igazolják, hogy a színképelemzés hatékony eszköz a különböző búzafajták keveredésének vizsgálatára, különösen eltérő színű gabonafajták esetén. A módszer alkalmazása lehetővé teszi a keveredési határok precíz meghatározását és a raktári keveredési

folyamatok nyomon követését. Az eredmények alátámasztják, hogy a színeképelemzés kulcsszerepet tölthet be a gabonatételek minőségi osztályozásában és szelekciójában, amely hozzájárul a tárolási és logisztikai folyamatok hatékonyságának növeléséhez.

A keveredési határok pontos meghatározása különösen fontos a homogén gabonatételek kialakítása és az eredetellenőrzés szempontjából. Az olyan esetekben, amikor a spektrális különbségek minimálisak, szükséges lehet egyedi mérési stratégiák kidolgozása, például célzott hullámhosszintervallumok alkalmazása vagy más optikai és kémiai analitikai módszerek kombinációja a pontosabb azonosítás érdekében.

A kutatás eredményei azt mutatják, hogy a színeképelemzés megbízhatóan alkalmazható a gabonatételek eredetének és keveredési mintázatának meghatározására, amely kulcsfontosságú lehet a minőségbiztosítás és az agrárlogisztikai döntéshozatal szempontjából. A módszer elősegítheti a fenntartható és hatékony tárolási stratégiák kidolgozását, csökkentve a keveredési veszteségeket és javítva az élelmiszerlánc nyomon követhetőségét.

Összegzésként elmondható, hogy a színeképelemzés különösen jól alkalmazható a heterogén spektrális tulajdonságokkal rendelkező búzafajták esetén, míg az egymáshoz közel álló spektrális profilú fajták esetében a módszer érzékenységi határai kihívást jelenthetnek. Ennek megfelelően az analitikai stratégiák finomhangolása és a kiegészítő vizsgálati módszerek integrálása elengedhetetlen lehet a pontos eredmények elérése érdekében.

6. TÉZISEK

1. Kutatásaim igazolták, hogy a színeképelemzési technika alkalmazásával a síkraktárban összeöntött búzaállományok térben elkülöníthetők, és az eltérő tételű gabonahalmazok határvonala egyértelműen meghatározható. A mérések alapján megállapítható, hogy az összefolyási zónákon kívül – körülbelül ± 60 cm távolságon belül – a keveredés már nem kimutatható, így ezen túl homogén, idegen szennyeződéstől mentes tételek különíthetők el.
2. Kutatásaim eredményei igazolták, hogy a színeképelemzési technika alkalmazásával a síkraktárban összeöntött búzaállományok térben elkülöníthetők és határvonaluk meghatározható.
3. Megállapítást nyert, hogy a kísérletek során két-két búzafajta 0–100% közötti keverési arányából létrehozott kalibrációs modellek segítségével pontosan meghatározható a raktárba beöntött búzák keveredési mértéke.
4. A kísérletek során két-két búzafajta 0–100% közötti keverési arányával előállított minták színparamétereinek (CIELAB: L^* , a^* , b^*) elemzésével olyan kalibrációs modellek készültek, amelyek szoros lineáris kapcsolatot mutattak a színjellemzők és a tényleges keverési arány között ($R^2 = 0,955–0,987$). Ennek alapján a beöntött búzák keveredési mértéke statisztikai pontossággal visszaszámíthatóvá vált a színparaméterek alapján, lehetővé téve a keveredés kvantitatív nyomon követését.
5. Kutatásaim igazolták, hogy a síkraktárban betárolt négy különböző gabonahalmaz keveredése ellenére az összefolyási zónákon kívül, körülbelül ± 60 cm távolságban, a keveredés már nem kimutatható. Ezen a távolságon túlmenően homogén, idegen keveredéstől mentes gabonahalmazok figyelhetők meg.
6. Vizsgálataim bizonyították, hogy a síkraktárakban tárolt gabonatételek térben lokalizálhatók és határaik egyértelműen meghatározhatók.
7. Kutatásaim eredményei alapján igazolható, hogy a kitérés során a gabona áramlási útvonala nyomon követhető, ezáltal pontosan meghatározható a kitérés tétel eredete. Ezen információk birtokában lehetőség nyílik a gabona teljes nyomon követésére a raktározástól egészen a termőterületig.

7. A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Kutatásaim során megállapítottam, hogy az elsődlegesen meghatározott kalibrációs egyenesek alkalmazásával pontosan meghatározható a raktárban leöntött őszi búza tételek közötti határvonal, ahol a gabonafajták keveredése már nem figyelhető meg.
2. Vizsgálataim eredményei alapján igazolható, hogy a raktárban elhelyezett búzatételek esetében a keveredés legnagyobb mértékben a leöntési pontok közelében figyelhető meg, azonban 120 cm távolságban a gabonafajták már elkülönülten helyezkednek el, és a keveredés megszűnik.
3. A kísérletek során kimutattam, hogy a két eltérő búzatétel összefolyási pontjától egyforma távolságra, mindkét irányban 30 cm-es léptékben vett minták segítségével számszerűsíthető a gabonahalmazok közötti keveredés mértéke.
4. Az elmúlt három év során végzett kutatásaim statisztikailag megalapozott és megbízható adatokat szolgáltatottak az egyes őszi búzatételek keveredésének pontos arányairól. Az eredmények egyértelműen igazolták, hogy a négy eltérő színű búza keveredése nem véletlenszerű folyamat, hanem meghatározott fizikai és áramlástan törvényszerűségek mentén zajlik. A vizsgálatok során szignifikáns különbségeket mutattam ki az egyes keverékek között, ami alapot adhat a jövőbeli gabonátárolási és szeparációs technológiák optimalizálására.
5. A kutatás során nyert eredmények gyakorlati alkalmazhatósága kiterjed a Fusarium-fertőzött gabonatételek térbeli elkülönítésére is. Ennek különös jelentősége van a költséghatékonyság szempontjából, mivel a fertőzött tételek pontos lokalizálásával elkerülhető a teljes raktárkészlet Fusarium-fertőzöttként való minősítése. Ezáltal a célzott kitérés révén minimalizálhatóak a veszteségek, hozzájárulva a raktározási és logisztikai folyamatok hatékonyabb menedzseléséhez.
6. A kutatás során sikerült integrálni a színeképelemzési adatokat a NOC logisztikai rendszerbe, amely lehetővé teszi a gabonafélék teljes életciklusának pontos nyomon követését. A módszertan további finomítása és a kalibrációs egyenesek optimalizálása hozzájárulhat a még pontosabb minőségellenőrzéshez és az agrár-élelmiszeripari ellátási lánc hatékonyságának növeléséhez.

8. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN EDDIG MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Tudományos közlemény, magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

- Nyári, L. - Kovács, A. J. - Teschner, G. (2023): Szemestermények Szállítása, Raktározása És Osztályozása A Minőségmegőrzési Szempontok Figyelembevételével. *Acta Agronomica Óváriensis* 64: 1 Pp. 159-193., 35 P.

Konferenciaközlemény folyóiratban vagy konferenciakötetben:

- Nyári, L. - Kovács, A. J. - Teschner, G. (2023): Szemestermények (Gabonák) Nyomonkövetése Post-Harvest Műveletek Során. In: Molnár, Zoltán; Némethné, Wurm Katalin (szerk.) 39. Óvári Tudományos Nap Konferencia Mosonmagyaróvár, Magyarország, Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, VEAB Agrártudományi Szakbizottság. pp. 29-30., 2 p.

9. FELHASZNÁLT IRODALOM

9.1 Nyomtatott irodalom jegyzéke

- 1. Abdel-Aal, E.-S.M. and Hucl, P. (1999):** A Rapid Method for Quantifying Total Anthocyanins in Blue Aleurone and Purple Pericarp Wheats. *Cereal Chemistry*, 76: 350-354. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.3.350>
- 2. Abdel-Aal, E.-S.M., Hucl, P. (2003):** Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Volume 51, Issue 8, 9 April 2003, Pages 2174-2180.
- 3. Abramson, D. (1989):** Mycotoxin formation and environmental factors. 255-278. In: Sinha K. K. and Bhatnagar, D. (Eds.) *Mycotoxins in agriculture and food safety*. Marcel Dekker Inc. New York. 511.
- 4. Ágoston T – Pepó P. (2005a):** Őszibúza-fajták termőképességének és termésstabilitásának vizsgálata a Hajdúságban. *Növénytermelés*. Tom 54., No. 4. p 307-316.
- 5. Ágoston T – Pepó P. (2005b):** Őszibúza-fajták termőképességének és betegségellenállóságának vizsgálata. *Növénytermelés*. Tom54., No. 5-6. p 387-401.
- 6. Antal, J (1999):** Tápanyag-gazdálkodás. szerk. Füleky György. Mezőgazda Kiadó Budapest. p.308.
- 7. Antal, J (2000):** Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- 8. Balla L. - Bedő Z. - Láng L. (1993):** A búza minősége. *Gabonaipar*, XL, (4) 1-2.
- 9. Balla, L (2001):** Wheat production in Hungary (Past, present and future). *Hungarian Agricultural Research*. Vol. 10., No. 1., March 2001, p.11-15.
- 10. Barabás Z. (Szerk.) (1987):** A búzatermesztés kézikönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 7-537.
- 11. Bart, Á – et.al (2018):** Magyarországi útmutató az élelmiszerek nyomon követésére vonatkozó előírások betartásához. Termék- és információáramlás. Földművelésügyi Minisztérium, a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal és a GS1 Magyarország Nonprofit Zrt. Budapest.
- 12. Basa, Gy. (1998):** A malátagyártás minőségi követelményei. *Gyakorlati Agrofórum*, 9 (3): 48-51 pp.

- 13. Bedő Z. – Láng Gy. – Vida Gy. – Juhász A. – Kassai I. (1998):** Újabb törekvések a búza minőségének javítására. *Molnár Lapja*, 104 (2) p. 3-7.
- 14. Bedő Z. – Láng L. – Vida Gy. – Juhász A. – Karsai I. (1997):** A minőségi tulajdonságok felértékelődése a búzanemesítésben. *Agro-21 Füzetek*, 23: 19-30. p.
- 15. Bellus Z. - Komka Gy. (2016):** Szemes termények tárolása a mezőgazdaságban, *Mezőgazdasági Technika*, 2016, (7).
- 16. Bellus Z. - Komka Gy. (2017):** Szemes termények minőségmegóvásának lehetőségei. *Mezőgazdasági Technika*, 2017, (2).
- 17. Berek L. - Perti I. B. - Mesterházy Á. - Téren J. - Molnár J. (2001):** Effect of mycotoxins on human immune functions in vitro. *Toxicology in vitro* (15) 25-30.
- 18. Berman M. - Connor P. - Whitbourn L. - Coward D. - Osborne B. - Southan M. (2007):** Classification of sound and stained wheat grains using visible and near infrared hyperspectral image analysis. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 15 (6) pp. 351-358
- 19. Berzsenyi Z. – Győrffy B. – Dang, Q. L. (2000):** Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. *European Journal of Agronomy*, 13 (2-3) p. 225-244..
- 20. Bocz E – Késmárki I – Ruzsányi L. – Kovács A. – Szabó M. (1992):** Szántóföldi növénytermesztés. Budapest. Mezőgazda Kiadó. p.887
- 21. Bocz E. (1996):** Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda kiadó. 212-282, 362-422.
- 22. Bocz, E. (1992):** Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- 23. Bocz, E. (1996):** Búza/Tápanyagellátás. 252-263. p. In: Bocz E. (Szerk.): Szántóföldi növénytermesztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó. p.887.
- 24. Bokori J. - Gundel J. - Herold I. - Kakuk T.- Kovács G. - Mózes M. - Schmidt J. - Szigeti G. - Vincze L. (2003):** A takarmányozás alapjai, Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- 25. Borsos J. – Pusztai P. – Radics L. – Szemán N L. – Tomposné L. V. (1994):** Búza. 40-55. p. In: Radics L. (Szerk.): Szántóföldi növénytermesztés. Egyetemi jegyzet. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar, Budapest. p. 220.
- 26. Brancourt –Hulmel. M – Lecomte. C (1994):** Breeding and yield stability of winter wheat. *Agronomie*. 14:9, p. 611-625.
- 27. Bushuk, W. (1998):** Wheat breeding for end-product use. *Euphytica*. 100, p.137-145. Bushuk, W. *Interactions: The Keys To Cereal Quality*, 1st ed. Hamer, R.J. and Honesey, R.C. Eds. American Association of Cereal Chemistry: St. Paul. Mn. 1998. Chapter 2.

- 28.Cesa, S. - Carradori, S. - Bellagamba, G. - Locatelli, M. - Casadei, M. A. - Masci, A. - Paolicelli, P. (2017):** Evaluation of processing effects on anthocyanin content and colour modifications of blueberry (*Vaccinium* spp.) extracts: Comparison between HPLC-DAD and CIELAB analyses. *Food Chemistry*, 232, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.153>
- 29.Chen, J. - Yang, C. - Yuan, C. et al. (2022):** Moisture content monitoring in withering leaves during black tea processing based on electronic eye and near infrared spectroscopy. *Sci Rep* 12, 20721 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25112-6>
- 30.Conesa, A. - Manera, F.C. - Brotons, J.M. - Fernandez-Zapata J.C. - Simón, I., Simón-Grao, S. - Alfosea-Simón, M. - Martínez Nicolás, J.J. - Valverde, J.M. - García-Sanchez, F. (2019):** Changes in the content of chlorophylls and carotenoids in the rind of Fino 49 lemons during maturation and their relationship with parameters from the CIELAB color space. *Scientia Horticulturae*. Volume 243. Pages 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.030>
- 31.Crook M.J – Ennos A.R. (1994):** Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars. *The Journal of Agricultural Science* 123. 2. p.67-174.
- 32.Crook M.J – Ennos A.R. (1995):** The effect of nitrogen and growth regulators on stem and root characteristics associated with lodging in two cultivars of winter wheat. *Journal of Experimental Botany*. 46. 8. p.931-938.
- 33.Csajbók J. (2017):** Östermelő Gazdálkodók Lapja. A hazai búzatermesztés fontosabb gazdálkodási jellemzői. Östermelő, Gazdálkodók lapja, Búzatermesztés XXI. Évfolyam, (5) 51.
- 34.Csajbók J. (2012):** Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Jegyzet, a növénytermesztő és növényvédő technológus FSZ szak számára. Egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem. Debrecen.
- 35.Csajbók, J (2004):** A Növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzés jegyzet Gödöllő
- 36.Cselényi J. – Illés B. –Bányai T. Á. –Bányai T. –Kovács L. –Mang B. –Németh J. (2009):** Logisztikai rendszerek I. Miskolci Egyetemi Kiadó.
- 37.Csima F. - Szerb A. B. (2016):** A magyar gabonaexport szállítmányozás trendjei. Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar. Kaposvár.

- 38.Cziklin M. (2014):** Szemes termények védelme raktári kártevők ellen. Agronapló Szakfolyóirat. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2005/6-7/novenyvedelem/szemes-termenyek-vedelme-raktari-kartevok-ellen>
- 39.D’Mello, J.P.F. – Macdonald, A.M.C. (1997):** Mycotoxins. Animal Feed Science Technology, (69) 155-166.
- 40.Daftary, R. D., Pomeranz, Y., Sauer, D. B. (1970).** Changes in wheat flour damaged by mold during storage. Effects on lipid, lipoprotein, and protein. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 18(4), 613–616. <https://doi.org/10.1021/jf60170a022>
- 41.Dankó L. (2009):** Marketing Logisztika. Pro Marketing Miskolc Egyesület. Miskolc. 34-35, 211-340.
- 42.De Lucia, M. – Assennato, D. (1994):** Agricultural engineering in development, Post-harvest operations and management of foodgrains. FAO Agricultural Services Bulletin No. 93, <http://www.fao.org/docrep/t0522e/T0522E00.htm#Contents> (2021.04.15).
- 43.Debreczeni, B-né (1971):** A bezosztaja 1 őszi búza víz- és tápanyagfelvétele. Búzatermesztési kísérletek. 1960-1970. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 49-56.
- 44.Debreczeni, B-né (1991):** Agrokémiai gyakorlatok. Pannon Agrártudományi Egyetem. Jegyzet. p.195.
- 45.Déri A. –Némon Z. – Essösy Zs – Karmazin Gy – Kőhegyi A. (2009):** Logisztika az Európai Unióban és Magyarországon. A Magyar Kereskedelmi és Iparkamara kiadvány, Kamara Print Kft. p 16.
- 46.Dömötörfi, Á (2013):** Paradigmaváltás a logisztikában. Innovációs és fenntartható felszíni közlekedés. IFFK 2013. augusztus 28-30. Budapest.
- 47.Duchemin B – Hadria R – Er-Raki S – Boulet G – Maisongrande P – Chehbouni A – Escadafal R – Ezzahar J – Hoedjes J.C.B. – Kharrou M.H. – Khabba S – Mougnot B – Olioso A – Rodriguez J.C. – Simonneaux V. (2006):** Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: on the use of relationship between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. Agric. Water Managment 79. 1-6.
- 48.Dulácska E - Bódi I. (2018):** A vasbeton silók repedései és egyéb problémái. Vasbetonépítés. 2018, (2).

- 49.Ebrahim Ebrahimi. - Kaveh Mollazade. - Sirwan Babaei. (2014):** Toward an automatic wheat purity measuring device: A machine vision-based neural networks-assisted imperialist competitive algorithm approach. *Measurement*, Volume 55. Pages 196-205. ISSN 0263-2241.
- 50.El-Sayed M. - Abdel-Aal, J. - Christopher Y., - Iwona R.: (2006)** Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2006 54 (13), 4696-4704, DOI: 10.1021/jf0606609
- 51.Eőry T. - Köves G. (2017):** A szállítmányozási, raktározási, anyagmozgatási munkafolyamatok főbb veszélyforrásai. A munkahelyi egészség és biztonság fejlesztése a nagykereskedelmi ágazatban. *Kereskedelmi Alkalmazottak Szakszervezete. Budapest.*
- 52.Erdei, P. – Szániel I. (1975):** A minőségi búza termesztése. *Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest.* p 36-60.
- 53.Ewart, J. A. D. (1972):** ICC 7. Arbeits- und Diskussionstagung Berichte. p.108—112.
- 54.Ezequiel S. - Lucas J. Abdala. - Lucas B. - José A. Gerde. (2020):** Maize kernel color depends on the interaction between hardness and carotenoid concentration, *Journal of Cereal Science*, Volume 91, 102901, ISSN 0733-5210, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102901>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073352101930760X>)
- 55.Fendeková M. - Gauster T. - Labudová L. - Vrblíková D. - Danáčová Z. - Fendek M. - Pekárová P. (2018):** Analysing 21st century meteorological and hydrological drought events in Slovakia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol.66 (Issue 4), pp. 393-403. <https://doi.org/10.2478/johh-2018-0026>
- 56.Ficco Donatella B. M. - Mastrangelo Anna M. - Trono D. - Borrelli Grazia M. - De Vita P. - Fares C. - Beleggia R. - Platani C. - Papa R. (2014):** The colours of durum wheat: a review. *Crop and Pasture Science* 65, 1-15. <https://doi.org/10.1071/CP13293>
- 57.Földesi, P., Hartványi, T., Hegyi, C., Hirkó, B., Kovács, J., Kovács, Z., ... Tóth, L. (2006).** *Logisztika I-II.* Győr: Széchenyi István Egyetem. HEFOP 3.3.1-P.-2004-09-0102/1.0 pályázat.
- 58.Forgács J. (2006):** Élelmiszeripari technológiák. Szeged. pp. 198. https://docplayer.hu/2294155-Elelmiszeripari-technologiak.html#show_full_text (2021.09.30).

- 59.František J. Turček. (1976):** Birds and mammals of salt marshes and salt steppes in Southern Slovakia (CSSR), *Biological Conservation*, Volume 9, Issue 1, Pages 29-36, ISSN 0006-3207, [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(76\)90071-9](https://doi.org/10.1016/0006-3207(76)90071-9). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0006320776900719>)
- 60.Füzesi I. – Herdon M. (2004):** Az élelmiszeripari termékek minőségbiztosításának technológiai napjainkban. In: *E-agrárium & E-vidék: Agrárinformatikai Nyári Egyetem és Agrárinformatikai Fórum. Magyar Agrárinformatikai Szövetség, Debrecen*, pp. 1-8. ISBN 963-472-767-0.
- 61.Galvano, F. – Galofaro, V. – Galvano, G. (2005):** Mycotoxins in the human food chain. In: Diaz D. (eds.): *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham Press. 187-224.
- 62.Gasztony K. — Bogdán J.né (1977):** Sütőipari technológia I. Élelmiszeripari Főiskolai Jegyzet Szeged.
- 63.Gelei A. (2007):** A vállalati logisztikai rendszer kitüntetett eleme a raktár – folyamat alapú megközelítés. 81.sz. Műhelytanulmány. Budapest Corvinus Egyetem. Vállalatgazdaságtan Intézet. Budapest.
- 64.Gianibelli, M.C. – Larroque, O.R. – MacRitchie, F – Wrigley, C.W. (2001):** Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Cereal Chem*, 78(6), 635-646.
- 65.Gifford R.M. – Thorne J.H. – Witz W.D. – Giaquinta R.T. (1984):** Crop produktivity and photoassimilate partitioning *Science*. 225. p 801-808.
- 66.Ginzburg A. Sz. (1979):** Az élelmiszerek szárítástechnológiája. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 38.
- 67.Gridek D. (2019):** Raktározzunk hosszú távon... de hogyan? – Raktározási tippek az aratási szezon előtt. *Agrofórum*. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermeszteszakcikkek/raktarozzuk-hosszu-tavon-de-hogyan-raktarozasi-tippek-az-aratasi-szezon-elott/> (2021.10.5).
- 68.Győri Z. - Győriné Mile. I. (1998):** A búza minősége és minősítése, *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*. 16-38, 58-75.
- 69.Győri Z. (1999):** Mezőgazdasági termékek tárolása és feldolgozása. Egyetemi jegyzet, DATE, Debrecen. 7-73.
- 70.Gyulai, F. (2004):** Az árpa virágzásbiológiája. In: Tomcsányi A.- Turcsányi G.: *Az árpa*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- 71.Hajdú J. (2017):** Terítéken a teleszkópos rakodók. Agronapló szakfolyóirat. 2017, (4) 94-100. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/04/gepesites/teriteken-a-teleszkopos-rakodok>. (2021.5.28).
- 72.Halászné Sipos, E: (2003):** Logisztika (Szolgáltatások, versenyképesség), Magyar Világ Kiadó, Budapest, p 34-37.
- 73.Halverson, J – Zeleny L. (1988):** Criteria of wheat quality. In: Wheat: Chemistry and Technology (Y. Pomeranz ed.), Vol. II., AACC, St.Paul, Minnesota, USA, p.15-46.
- 74.Harmati I – Szemes D. (1979):** Műtrágyahatás-vizsgálat néhány búzafajtával műtrágyázási tartamkísérletben, meszes réti talajon. Növénytermelés. 28.6. p. 535-542.
- 75.Harmati I – Szemes D. (1985):** N-fejtrágyázási kísérletek 50 és GK tisztatáj búzafajtákkal. ((In: Búzatermesztési Kísérletek 1970-1980. Bajai J – Koltay Á (szerk.)). Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 335-340.
- 76.He X. - Tianxia Z. - Fei S. - Qin L. - Yong F. - Qiuhui H. (2021):** Online detection of naturally DON contaminated wheat grains from China using Vis-NIR spectroscopy and computer vision, Biosystems Engineering, Volume 201, Pages 1-10, ISSN 1537-5110, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.11.001>.
- 77.Henry O. V. - Patricia L. S. - Raúl M. - Angel D. S. (2021):** Computer vision based food grain classification: A comprehensive survey, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 187, 2021, 106287, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106287>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169921003045>)
- 78.Hidvégi, Sz (2007):** Növénytermesztés. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar. p.40-50.
- 79.Hirkó B. (2007):** Elosztási Logisztika. Széchenyi Egyetem Győr, Universitas-Győr Nonprofit Kft.
- 80.Hofmann S. – Debreczeni K. – Hoffman B. – Nagy E. (2006):** Grain yield and baking quality of wheat as affected by cropyear and plant nutrition. Cereal Research Communications, 34 (1) 473-476. p.
- 81.Hofmann, S (2009):** Keszthely ((In: Az országos műtrágyázási tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Debreczeni B.-né – Németh t (szerk.)). Akadémiai Kiadó. Budapest. p.177-182.

- 82.Hološková, A. - Tomáš K. - Jiří R. (2023):** "Vegetation Structure and Invertebrate Food Availability for Birds in Intensively Used Arable Fields: Evaluation of Three Widespread Crops" *Diversity* 15, no. 4: 524. <https://doi.org/10.3390/d15040524>
- 83.Hortobágyi T. (1979):** Növényrendszertan. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest.p.641.
- 84.Horváth F, (1994):** A főbb ágazatok terméstechnológiai összefüggései. In: Szántóföldi növénytermesztés, rét- és legelőgazdálkodás, erdészet. HUSTI I. Bp. Info-Prod Kiadó.
- 85.Hudec K, (2025):** Výskyt mykotoxínov fuzárií v obilninách. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Katedra ochrany rastlín. https://www.agroporadenstvo.sk/ochrana-rastlin-odborne-clanky?article=3533&utm_source
- 86.Hu, H. - Li, S. - Pan, D. - Wang, K. - Qiu, M. - Qiu, Z. - Zhang, J. (2022):** The variation of rice quality and relevant starch structure during long-term storage. *Agriculture*, 12(8), 1211.
- 87.Hui L. - Sheng Q. - Shuaibing Z.. (2025):** Essential oils in grain storage: A comprehensive review of insecticidal and antimicrobial constituents, mechanisms, and applications for grain security, *Journal of Stored Products Research*, Volume 111 ,102537,ISSN 0022-474X, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102537>
- 88.Huszár E. T. (2015):** Betakarítás és raktár védelem. *Agró Napló Szakfolyóirat*. 2015, (11) 42. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2015/11/szantofold/betakaritas-es-raktarivedelem>
- 89.Ian Batey. (2017):** Chapter 20 - Maintaining Grain Quality During Storage and Transport, Editor(s): Colin Wrigley, Ian Batey, Diane Miskelly, In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Cereal Grains (Second Edition)*, Woodhead Publishing, 2017, Pages 571-590, ISBN 9780081007198, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00020-6>.
- 90.Irwin R. – Donis G. - Daniel E. G. - Gabriel A. L. V. - James B. (2013):** Assessment of chestnut (*Castanea spp.*) slice quality using color images, *Journal of Food Engineering*, Volume 115, Issue 3, 2013, Pages 407-414, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.017>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877412004517>)
- 91.Izsáki Z. - Lázár L. (2004):** Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazda Kiadó.

- 92. Jávora A. - Szigeti J. (2011):** Termékminősítés és termékhigiéna. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése. 18-22.
- 93. Jayas, D. S. (2012):** Storing grains for food security and sustainability. *Agricultural Research*, 1, 21-24.
- 94. Jolánkai M. – Szabó I (2005):** A növénytermesztés alapjai. Szerk. Antal József Mezőgazda Kiadó, p 183-205.
- 95. Juan-Pablo.R.P - Uriel-Haile H.-B. (2020):** Visual quality assessment of malting barley using color, shape and texture descriptors. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 168. 105110. ISSN 0168-1699. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105110>
- 96. Jünemann, R (1989):** Material fluss und logistik. Springer verlag, Berlin.
- 97. Kádár I – Márton L (2007):** Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK mezőföldi kísérletben 1969-2005 között. *Növénytermelés* 56. 3. p.147-159.
- 98. Kádár I – Márton L (2009):** Nagyhörcsök: ((In: Az országos műtrágyázási tartamkísérletek) (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001) Debreczeni B.-né – Németh T. (szerk.)). Akadémiai Kiadó. Budapest. p.124-142.
- 99. Kajdi. F. (2006):** A minőségi búzatermesztés fajta, termőhelyi és termesztéstechnológiai összefüggései. *Agronapló*. 2006/09.
- 100. Kar, Akankshya & Kulshreshtha. - Prakhar & Agrawal. - Ayush & Palakkal - Sandeep & Boregowda. - Lokesh. (2020):** Annotation-free Quality Estimation of Food Grains using Deep Neural Network. Kar, Kulshreshtha, Agrawal: *Quality Estimation Of Food Grains*.
- 101. Karnóth J. (2014):** Szemes termények tartósítása szerves savakkal. *Agro Napló Szakfolyóirat*. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2004/8/szantofold/szemes-termenyek-tartositasa-szerves-savakkal>
- 102. Kassai Zs. (2014):** Teleszkópos rakodógépek előnyei a mezőgazdaságban. *Agronapló* szakfolyóira, (103). <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2006/08/gepesites/teleszkopos-rakodogepek-elonyei-a-mezogazdasagban> (2021.5.27).
- 103. Kelemen Zs. (2012):** Szállítási és rakodási technológiák az agrárgazdaságban. *Business sorozat*. Magyar Agrárkamara Budapest.

- 104. Kelemen Zs. (2021):** A terménytárolás műszaki háttere. Mezőhír. (2). <https://mezohir.hu/2021/02/25/takarmanyok-biztonsagos-teli-tarolasa-mezogazdasag/>. (2021.05.24.)
- 105. Keményné Horváth Zs. (2014):** A gabona termékpálya keresleti oldalának szerkezeti változása az EU csatlakozás után. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- 106. Kétszeri, D. (2006):** GS1 (EAN.UCC) szabványok az élelmiszer-nyomonkövetés szolgálatában. XV. Élelmiszer Minőségellenőrzési Tudományos Konferencia, Debrecen, 2006. március 29-31, p 212-221.
- 107. Kismányoky T – Kiss L (1998):** A különböző szerves trágyák és műtrágyázás hatása gabonák termésére tartamkísérletben. Növénytermelés 47.3. p.313-326.
- 108. Knoll, I. (2001):** Logisztika a 21. században, KIT Képzőművészeti Kiadó Kft.
- 109. Knoll, L (2006):** Interdiszciplináris logisztika a gazdaságpolitikában. Kovásznai Kiadó. Budapest.
- 110. Koltay Á. – Balla L. (1982):** Búzatermesztés és nemesítés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p .20-349.
- 111. Komka Gy. (2001):** Gabonafélék tárolás alatti állagmegóvása (II). FVM Műszaki Intézet Gödöllő. <https://www.agraroldal.hu/gabona.html>
- 112. Komka Gy. (2005):** Szemesterménytárolók, tárolási technológiák (I). FVM Műszaki Intézet Gödöllő. <https://www.agraroldal.hu/gabona-9.html>
- 113. Körmendi, L (2007):** Divat, avagy szükségszerűség a logisztika, Polvax , 2.szám,
- 114. Kovács F. - Banczerowski J. - Zomborszky K. M. – Fazekas B. (1998):** Életminőség és a mikotoxinok egészségügyi vonatkozásai (1.). Állattenyésztés és Takarmányozás, 47, (5) 385-402.
- 115. Kovács F. (2001):** Penészgombák – mikotoxinok. In: Penészgombák, mikotoxinok a táplálkozásban. Szerk: Kovács F. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest. 13-20.
- 116. Kovács M. (2004):** Mikotoxinok táplálkozás-egészségügyi vonatkozásai. Orvosi Hetilap, 145, (34). 1739 – 1746.
- 117. Kovács M. (2010):** A mikotoxinok humán-egészségügyi vonatkozásai. In: Kovács M. (szerk.): Aktualitások a mikotoxin kutatásban. Agroinform Kiadó. Budapest. 86-102.

- 118. Kovács Z. (2011):** Logisztika és üzleti modellezés. Egyetemi tananyag. Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Számítógépes Optimalizálás Tanszék. 28.
- 119. Kovács, Z. (2004):** Logisztika. Veszprémi Egyetemi kiadó 2004. p 2-13.
- 120. Kovács A. – Ragasits I. (1981):** Búza In. : Kovács A. (szerk.): Növénytermesztési praktikum. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p.386.
- 121. Kozak, J. - Ostapowicz, K. - Bytnerowicz, A. - Wyżga, B. (Eds.). (2013):** The Carpathians: Integrating nature and society towards sustainability (p. 653). Berlin, Germany: Springer.
- 122. Kuhn, M. (2008):** Building Predictive Models in R Using the caret Package. Journal of Statistical Software, 28(5), 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05>
- 123. Kükedy E. (1985):** Vetésidő és műtrágyázási kísérletek eredményei 1972-ben és 1973-ban. 460-464. p. In: Bajai J. – Koltay Á. (Szerk.): Búzatermesztési kísérletek 1970-1980. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 816.
- 124. Kun, L. (2004):** Élelmiszer-biztonság, termék nyomon követésére teljes körű szoftveres és eszökmegoldás. A HÚS 14(4) 240-242.
- 125. Kutasy E – Pepó P: (1998):** Őszi búzafajták termőképessége és stabilitása. A versenyképes magyar agrárgazdaság az évezred küszöbén. 1998. Szept. 24-25. Keszthely, Növénytermesztés. Agrokémia-Növényvédelem-Környezetvédelem. Keszthely: GATE. p 70-73.
- 126. Lakatos E. (2013):** Élelmiszeripari technológiák I. Malom-, Sütő- és Édesipar. Mosonmagyaróvár. 17.
- 127. Lakatos P. (2018):** A logisztika alapjai és közszolgálati kapcsolódásai, aspektusai. Studia Universitatis Communia. Dialóg Campus Kiadó. Budapest. 51.
- 128. Láng, G. (1970):** Növénytermesztési kézikönyv. Mezőgazdaság Kiadó. Budapest. p. 52-53.
- 129. Láng, G. (1976):** Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- 130. Lásztity, B. (1988):** A műtrágyázás hatása az őszi búza mikroelem felvételére és eloszlására a tenyészidő folyamán. Növénytermelés 37. 4. p. 345-356.
- 131. Lásztity, R (1996):** The chemistry of cereal proteins. CRC Press, Boca Raton. p. 19-138.

- 132. Lelley J – Mándy Gy. (1963):** A búza (*Triticum aestivum* L.). Akadémiai Kiadó Budapest.
- 133. Lelley J – Rajháthy T. (1955):** A búza és nemesítése. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Monográfiái sorozata. Akadémiai Kiadó Budapest.
- 134. Lund, A. – Pedersen, H. – Sigsgaard, P. (1971):** I. Sei. Food Agr, (22) 458.
- 135. Magyari I. (2005):** Szállítmányozási ismeretek. Károly Róbert Főiskola. Gyöngyös.
- 136. Majumdar, S. - Jayas D.S. - Digvir. (2000).** Classification of cereal grains using machine vision: I. Morphology models. Transactions of the ASAE. 43. 1669-1675. DOI:10.13031/2013.3107
- 137. Manandhar, A. - Milindi, P. - Shah, A. (2018):** An overview of the post-harvest grain storage practices of smallholder farmers in developing countries. Agriculture, 8(4), 57. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040057>
- 138. Marion, D – Dubreil, L. (1998):** Lipids, lipid-protein interactions and the quality of baked cereal products. In: Interactions: The Keys to Cereal Quality (R.J. Hamer and R.C. Hosoney eds.) AACC. St. Paul Minnesota. USA. P. 131-167
- 139. Matuz, J (1998):** A szegedi őszi búza fajták eredményei az utóbbi években. XL. Georgikon napok. Keszthely. p.28-32.
- 140. Mesterházy Á. (1997):** A szántóföldi növények mikrobiális patogén szennyeződésének csökkentése, humán egészségügyi minőségének javítása. „Agro 21” Füzetek, (14) 90-130.
- 141. Mesterházy Á. (2002):** A mikotoxinok és az élelmiszerbiztonság, a megoldás lehetőségei. Gabonatermesztési Kutató Kht., Szeged
- 142. Mesterházy Á. (2007):** Mikotoxinok a gabonatermesztésben: az élelmiszerbiztonsági kihívás. Élelmiszervizsgálati közlemények. LIII. Kötet, (53) 38-48.
- 143. Misusztyin, E. N. – Triszvjatszkiy, L. A. (1963):** Mikrobü i zerno, (Mikrobiológia és gabona). Moszkva.
- 144. Móré M. - Diósi G. (2014):** A gabona minőség vizsgálata, mintavétel eszközei. Értékálló Aranykorona Országos Mezőgazdasági Szaklap, 2014. május XIV. évfolyam, (4) 26-28.
- 145. Mosonyi Á. (1989):** A gabona eltarthatóságát befolyásoló minőségi tényezők. Gabonaipar, (4) 129-133.

- 146. Muchóvá, Z. – Okrajková, A. (2005):** Podmienky a opatrenia pri skladovaní potravinárskej pšenice. In Naše pole, roč. 9. (Az élelmiszer-búza tárolásának feltételei és intézkedései. A mi mezőnk) 2005, (8) 14.
- 147. Nadimi, M. - Hawley, E. - Liu, J. - Hildebrand, K. - Sopiwnyk, E. - Paliwal, J. (2023):** Enhancing traceability of wheat quality through the supply chain. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(4), 2495-2522.
- 148. Nagy, J. :(1993):** Földműveléstan. szerk. Nyíri László. Mezőgazda Kiadó Budapest. p.247.
- 149. Nagy, L. (1981):** A búzatermesztés területi elhelyezése Magyarországon természeti tényezők alapján. Akadémiai Kiadó, Budapest. 29-103 p.
- 150. Navnath S. I. - Chithra K. - Digvir S. J. - Viorica F. B. - Miranda V. - Kaiyang T. - David M.. (2023):** Mapping biochemical and nutritional changes in durum wheat due to spoilage during storage, *Heliyon*, Volume 9, Issue 11 , e22139, ISSN 2405-8440,<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22139>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023093477>)
- 151. Német B. (2014):** Terményszárítás, szemestermény-szárítók. Agrárium7 integrált agrárszakmai információs platform. 2014/04/10. <https://agrarium7.hu/cikkek/98-termenyszaritas-szemestermeney-szaritok>. (2021.05.20.)
- 152. Németh, A. (2004):** Nyomon követés az élelmiszer-előállítás folyamatában. *A HÚS* 14(1) 37-38.
- 153. Németh, I (1994):** Szerves és műtrágyázás 30 éves tartamhatása Ramann féle barna erdőtalajon. ((In: Trágyázási Kutatások 1960-1990 Debreczeni B – Debreczeni B.-né (szerk.)) Akadémiai Kiadó Budapest. p-322-323.
- 154. Vithu. P. - Moses J. A. (2016).** Machine vision system for food grain quality evaluation: A review. *Trends in Food Science & Technology*.Volume 56. Pages 13-20. ISSN 0924-2244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.011>.
- 155. Pál, I. (1983):** Főbb mezőgazdasági növényeink élettana. Kézirat. Gödöllő.
- 156. Pánczél Z. - Böröc P. J. (2013):** Anyagmozgatás, raktározás. Széchenyi Egyetem Győr, Universitas-Győr Nonprofit Kft. 244-245.
- 157. Pánczél Z. - Nagy Z. (2012):** Rakodástechnika I. Széchenyi Egyetem Győr, Universitas-Győr Nonprofit Kft. 63.

- 158. Pánczél Z. (2006):** Anyagmozgatás, csomagolás, raktározás. Értékünk az ember. Humánerőforrás-fejlesztési Operatív Program Széchenyi Egyetem Győr. 259-260.
- 159. Pearson, K. (1895):** Notes on regression and inheritance in the case of two parents. Proceedings of the Royal Society of London. 58: 240–242.
- 160. Pepó P (1997):** A gabonatermesztési technológiák és a minőség. Agro-21 Füzetek. 23. p.40-68.
- 161. Pepó P (1999):** Termesztéstechnológiai fejlesztések a minőségi búza-termesztésben. Gyakorlati Agrofórum, X. évf., 11. Szám, p 7-13.
- 162. Pepó P (2006):** Fejlesztési lehetőségek, új piaci trendek a magyar búzatermesztésben. Agrárunió, 7.5. p.12-13.
- 163. Pepó P. – Sárvári M. (2011):** Gabonanövények termesztése. Elektronikus jegyzet. 14- 39. p. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_09_Gabonanoenyek_termesztese/ch02s05.html Lekérdezés időpontja: 2018.04.03.
- 164. Pepó, P (2002):** Őszibúza-fajták trágyareakciója eltérő évjáratokban. Növénytermelés. p.189-197.
- 165. Pepó, P (2004):** Az évjárat hatása az őszi búza termésmennyiségére. Növénytermelés. p.339-350.
- 166. Pepó, P (2009):** A búzaágazat helyzete és fejlesztési lehetőségei In: Nagy, J – Jávor, A (szerk) (2009): Debreceni álláspon az agrárium jelenéről, jövőjéről, Debrecen. p. 147-168.
- 167. Pethő, M. (1984):** Mezőgazdasági növények élettana. Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- 168. Pfohl H. – Christian. (1972):** Marketing-Logistik. Distributions Verlag, Mainz, Magyarul megjelent: Közlekedéstudományi Szemle XVIII. évfolyam 2. számmellékletében.
- 169. Philippe V. - Michele S. - Juan A. F. P. - Vincent B. (2018):** Discrimination between durum and common wheat kernels using near infrared hyperspectral imaging, Journal of Cereal Science, Volume 84, Pages 74-82, ISSN 0733-5210, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.10.001>.
- 170. Pixton, S. W. – Hill, S. T. (1967):** Longterm storage of wheat. II. J. Sci. Food. Agric, (18) 94-98.

- 171. Pokorná, L. - Pecho, J. - Faško, P. (2013, April).** Precipitation characteristics for the Slovak republic and their link to the atmospheric circulation. In Conference Paper: EG U (Vol. 15).
- 172. Pomeranz, Y (1988):** Composition and functionality of wheat flour components. In: Wheat: Chemistry and Technology (Y. Pomeranz ed.), Vol.II. AACC, St.Paul, Minnesota, USA. p.219-370.
- 173. Pomeranz, Y. (1971):** Wheat Chemistry and technology, St. Paul Minn.
- 174. Prettenhoffer I. – Gratzl D. (1961):** A szikjavítás hatása a búza termésére a tiszántúli mérszéken szikeseken. In: Bajai J. (Szerk.): Búzatermesztési kísérletek 1952-1959. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 296-320.
- 175. Prezenszki J. (2002):** Logisztika I., II., Logisztikai Fejlesztési Központ.
- 176. Qiang L. - Shuai H. - Yijia Z. - Dandan Z. - Siqi Z. - Liping G. - Xingbo Z. - Chao D. (2024):** Applications of novel non-thermal physical field technologies in enhancing the quality and storage stability of grains, Journal of Stored Products Research, Volume 108, 102398, ISSN 0022-474X, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102398>.
- 177. R Core Team (2024).** R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- 178. Radics L. (2010):** Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés I. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.
- 179. Radics, L. (1994):** Szántóföldi növénytermesztés. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar.
- 180. Rafai P. (1999):** A fuzariotoxinok hatása a sertés termelésére és egészségére. Állattenyésztés és Takarmányozás. 48, (2) 253-264.
- 181. Ragasits, I. (1994):** Árpa In: Ragasits I.(szerk.): Növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest.pp. 105-109.
- 182. Ragasits, I. (1998):** Búzatermesztés. Budapest: Mezőgazda Kiadó. p.152.
- 183. Rieger L. (2007):** Az intervenció szabályozás jelene és jövője, Agrárágazat, 2007. szeptember, VIII. évfolyam, (8).
- 184. Rieger L. (2019):** Magyarország gabonaraktár-ellátottságának értékelése. Gazdálkodás. 63, (4) 307-323.

- 185. Ruzsányi, L (1992):** Vízigény, vízellátás, vízhasznosítás. Szerk. Bocz E. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. p 145-160.
- 186. Salvagiotti F – Miralles D.J. (2008):** Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. European Journal of Agronomy. 28. 3. p. 282-290.
- 187. Sárdi K. – Csathó P. (2002):** Studies on the phosphorus dynamics in pot experiments with different soil types. In Communications in Soil Science and Plant Analysis. Vol.33 Issue: 15-18. p. 3045-3058.
- 188. Sárvári M. (2006):** A vetésforgó és a tápanyagellátás szerepe az őszi búza termesztésében. In: Pepó P. (Szerk.): Búzavertikum aktuális kérdései. Szaktanácsadási Füzetek 2. Debrecen. p. 64-72.
- 189. Sauer, D. B. – Meronuck, R. A. – Christensen, C. M. (1992):** Microflora. Storage of Cereal Grains and Their Products (ed. Sauer). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 313-340.
- 190. Schmidt J. (1996):** Takarmányozástan, Mezőgazda kiadó. 151-153, 172-174, 208-211, 258-260, 271-276.
- 191. Shepherd, A. W. (1993):** Economic and marketing aspects of post-harvest handling of grains. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/docrep/x5015e/x5015E00.htm#Contents> (2021.04.18.)
- 192. Shewry, P.R. – Tatham A.S. – Halford N.G. (1999):** The prolamins of the Triticeae. p.35-78. In: Seed Proteins. P. R. Shewry and R. Casey (Eds.), Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands.
- 193. Simič, S. – Mladenovič, G. – Lančarivič, V. - Pataki I. – Delvesi, K. (2003):** Kvalitetna proizvodnja, dozada i promet semenastrih žita. In Stručni rad. (Magas színvonalú vetőmagtermelés, szállítás és értékesítés. Szakmai munka), vol. 7, 2003, (3-4) 88-91.
- 194. Sinha, K. K. – Bhatnagar, D. (Eds.). (1998):** Mycotoxins in agriculture and food safety. Marcel Dekker Inc. New York. 511.
- 195. Sipos P. - Zsombik L. (2006):** A minőségmegőrző gabonátárolás és a raktári kártevők elleni védekezés. Agrárágazat. 2006 (11).
- 196. Sohár Pálné. (2007):** Mikotoxinok az élelmiszerláncban. Élelmiszervizsgálati Közlemények Élelmiszerminőség – Élelmiszerbiztonság. Különszám Journal of Food Investigations Food Quality – Food Safety. LIII. Kötet. 60.

- 197. Sólyom M. (1991):** Raktározók-raktárüzem szervezők kézikönyve, Budai Sólyom Szervező-Kiadó-Kereskedő Bt.
- 198. Stefanovits, P. (1975):** Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 199. Stefanovits, P. (1992):** Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest 5.
- 200. Stock, J. R. – Lambert, D.M. (2001):** Strategic Logistics Management: McGraw – Hill Irwin, Singapore.
- 201. Surovčík, J. – Fencík, R. – Zubal, P. – Kubinec, S. – Jamříška, P. – Hašana, R. – Sekerová, M. – Muchová, Z. (2001):** Technológia pestovania potravinárskej pšenice. Piešťany: VÚRV. (Élelmiszerbúza termesztési technológia. Pöstyén: VÚRV), 2008. ISBN 80-968553-2-8. 52.
- 202. Szabó Hevér Á. (2013):** A kalászfuzárium rezisztencia molekuláris hátterének vizsgálata frontana eredetű térképező búz populációkban. SZIE. Doktori értekezés. (2013.). 141.
- 203. Szabó M. – Ángyán J. – Forgács M. – Tirczka I. (1987):** Magyarország klimatikus adottságainak biometriai elemzése az őszi búza termésátlaga és minősége szempontjából. Növénytermelés, 36 (1) 17-30. p.
- 204. Szániel (1982):** A gabonatermesztés távlatai. Magyar Mezőgazdaság.37. 51-52. p.24-25.
- 205. Szegedi Z. - Prezenszki J. (2003):** Logisztika-menedzsment. Kossuth Kiadó. Budapest. 117–198.
- 206. Szegedi Z. (1999):** Logisztika menedzsereknek. Kossuth Kiadó. Budapest. 145–155.
- 207. Szendrő P. (2000):** Mezőgazdasági gépszerkezettan, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- 208. Szirtes, V (1976):** Paraméterek az őszi búza termesztéséhez csernozjom talajon IV. Táplálóréteg mélység igény. Növénytermelés. 2. p.163-170.
- 209. Szócs I. (2007):** Gabonatarolók tűz- és vagyonvédelme, Budapest <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/125-gabonatarolok-tuz-es-vagyonvedelme.pdf>
- 210. Szunics, I (1973):** Krasznodári búzafajták Magyarországon. I. A búza világ- és népgazdasági jelentősége. Növénytermelés. 22.4. p. 373-379.

- 211. Tančinová, D. (2009):** Žatva a skladovanie obilnín z hľadiska výskytu mykotoxínov. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Katedra mikrobiológie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva. Pôdohospodársky poradenský systém. (Gabonafélék betakarítása és tárolása a mikotoxinok jelenléte szempontjából. Nyitrai Szlovák Mezőgazdasági Egyetem, Biotechnológiai és Élelmiszertudományi Kar Mikrobiológiai Tanszék. Mezőgazdasági szaktanácsadó rendszer).
- 212. Tiago H. de Almeida. - Diego H. de Almeida. - Débora Gonçalves. - Francisco A.R. Lahr. (2021):**Color variations in CIELAB coordinates for softwoods and hardwoods under the influence of artificial and natural weathering,, Journal of Building Engineering,Volume 35,101965,ISSN 2352-7102,<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101965>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235271022033597X>)
- 213. Tomay T. (1970):** Gabonaipari Kézikönyv. Áruismeret és technológiai folyamatok, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1970. 763.
- 214. Tomay T. (1971):** Gabonaipari kézikönyv I. Budapest.
- 215. Tomay T. (1984):** Gabonátárolás, Gabona Tröszt, Budapest. 470-471.
- 216. Tomay T. (1987):** Gabonátárolás. Gabona Tröszt, Budapest. 27-78.
- 217. Tong, C., Gao, H., Luo, S., Liu, L., & Bao, J. (2019).** Impact of postharvest operations on rice grain quality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 626-640.
- 218. Nithya U. - Chelladurai. V. - Jayas D.S. - White N.D.G. (2011):** Safe storage guidelines for durum wheat, *Journal of Stored Products Research*, Volume 47, Issue 4, Pages 328-333,ISSN 0022-474X,<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.05.005>.
- 219. Van Haute, S. - Nikkhah, A. - Malavi, D. et al. (2023):** Prediction of essential oil content in spearmint (*Mentha spicata*) via near-infrared hyperspectral imaging and chemometrics. *Sci Rep* 13, 4261 .<https://doi.org/10.1038/s41598-023-31517-8>
- 220. Vašák, J. (2008):** Rostlinná výroba a její perspektívy. In *Úroda*, roč. (A növénytermesztés és perspektívái. Aratási évben), 36, 2008, (1) 57-60.
- 221. Véha A. - Markovics E. (2013):** Búzakenyér. In: Biacs P. - Szabó G. - Szendrő P. - Véha A. (szerk.) *Élelmiszer-technológia mérnököknek*. Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar. 16-51.
- 222. Verdes S. (2012):** Anyagmozgatás és gépei, *Anyagmozgatás, anyagkezelés*. Pannon Egyetem. 100.

- 223. Veres E. - Borbély M. - Győri Z. - Kátai J. (2002):** A tárolási feltételek hatása a kukorica *Fusarium* fertőzöttségére és toxin szennyezettségére. Agrártudományi Közlemények (Acta Agraria Debreceniensis), Debrecen, (1) 28-32.
- 224. Veres E. - Kátai J. - Győri Z. (2001):** A betárolt gabona *fuzárium* fertőzöttségének és toxinszennyezettségének kérdése. Növénytermelés, 50 (4) 479–485.
- 225. Wickham, H (2016):** ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- 226. Chu X. - Wang. W. - Ni. X. - Li C. - Li Y. (2020):** Classifying maize kernels naturally infected by fungi using near-infrared hyperspectral imaging. Infrared Phys. Technol., 105, pp. 1-11.
- 227. Xueming He - Tianxia Zhao - Fei Shen - Qin Liu - Yong Fang - Qiuhui Hu. (2021):** Online detection of naturally DON contaminated wheat grains from China using Vis-NIR spectroscopy and computer vision, Biosystems Engineering, Volume 201, Pages 1-10, ISSN 1537-5110, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.11.001>.
- 228. Zayas Y. - I., Pomeranz L. - Lai, F. S. (1989):** Discrimination of wheat and nonwheat components in grain samples by image analysis. Cereal Chemistry, 66(3), 233-237.
- 229. Yi, Y. - Fan, K. - Shan, Y. - Fu, Q. - Zhou, X. - Zhang, Y. - Zhang, H. (2022):** Study on sampling scheme for detecting mycotoxin during wheat storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 102 (11), 4752-4758. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11840>

9.2 Digitális irodalmak jegyzéke

URL₁:<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/eedffd5-d8f6-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-hu/format-PDF> (27.9.2020)

URL₂: <https://www.agraroldal.hu/gabona-3.html> (16.10.2020)

URL₃:https://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%BAza#/media/F%C3%A1jl:Triticum_aestivum_-_K%C3%B6hler%E2%80%93Medizinal-Pflanzen-274.jpg (20.10.2020)

URL₄: <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/2013/pages/program/papers/17.pdf> (22.10.2020)

URL₅:<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2011/05/szantofold/a-buza-minosege-es-annakvizsgalata> 27-28. p

URL₆ : <https://ourworldindata.org/agricultural-production#cereals>

URL₇: https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mgszlak/2020_2/index.html (2021.05.22).

URL₈ :<https://www.agrotrend.hu/piac/agrarpiac/a-nemzetkozi-gabonaszallitas-nehezsegei> (2021.05.25).

URL₉: <https://agrarium7.hu/cikkek/158-gabona-kulcsszerepben-a-szallitas> . (2021.05.24).

URL₁₀

:https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/725643/%C3%A1rpa+2018_J%C3%93.pdf/0497c9ab-b407-eff0-9fda-17e0ff0aebbc (2021.11.30).

URL₁₁ :<https://agrarium7.hu/cikkek/125-a-buza-minosegvizsgalatanak-muszerei> (2021.10.02).

URL₁₂: <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2018/04/allattenyesztes/nehany-gondolat-a-gyorsvizsgalati-nir-technika-mezogazdasagi-alkalmazasairol> (2022.11.16).

URL₁₃: <https://prod.mszt.hu/hu-hu/szabvanyositas/hirek/2017/06/uj-nemzeti-szabvanyok-a-termenyek-kovetelmenyeirol> (2021.11.26).

URL₁₄: https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21384/Fuzarium-korr_zak_0803.pdf/a86117cd-5734-4559-b46b-c22ca5ac3f23 (2021.5.26).

URL₁₅ :<https://www.langlovagok.hu/3240/a-termenyszarítottuz-megelőzése/> (2021.10.17)

URL₁₆: https://ourworldindata.org/grapher/wheat-production?tab=chart&time=2000..latest&country=HUN~SVK~CZE~POL~OWID_EU27~CHN~RUS~UKR~USA~IND (18.2.2025)

URL₁₇: <https://ourworldindata.org/grapher/wheat-production> (19.2.2025)

URL₁₈: <https://ourworldindata.org/grapher/wheat-production?tab=chart&time=2000..latest&country=HUN~SVK~CZE~POL> (20.2.2025)

10 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet mindazoknak, akik szakmai útmutatásukkal, támogatásukkal és segítségükkel 2020 szeptembere és 2025 májusa között hozzájárultak a dolgozat elkészítéséhez.

Mindenekelőtt szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőimnek, Prof. Dr. Kovács Attilának és Dr. Teschner Gergelynek, akik emberi és szakmai támogatásukkal végig kísérték munkámat. Külön köszönöm a segítséget Dr. Dóka Ottónak, aki a kísérleteimhez szükséges feltételeket biztosította.

Köszönettel tartozom továbbá Prof. Dr. Pinke Gyula DSc-nek, a Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola vezetőjének, aki támogatta kutatásomat.

Külön köszönet az AGROSID a.s. –SANAGRO GROUP részvénytársaságnak, amely nemcsak a kísérletekhez szükséges helyszínt biztosította számomra, hanem segítőkész és támogató hozzáállásával is nagyban hozzájárult munkám sikeréhez.

Külön köszönet illeti a Sósszigeti nemesítő állomást, amely az antociános és sárga színű őszi búza fajtákat rendelkezésemre bocsátotta.

Szívből köszönöm mindazoknak, akik tevőlegesen hozzájárultak kísérleteim sikeréhez, különösen Ing. Sóki Gyurinak, Mészáros Lászlónak, Dr. Csiba Mátyásnak és Ing. Kmotrík Ferencnek, akik a szántóföldi antociános búza vetésében és betakarításában közreműködtek.

Végül, de nem utolsósorban, hálás szívvel mondok köszönetet Családomnak a türelmükért, megértésükért és mindennemű támogatásukért. Külön köszönöm Páromnak, aki kitartóan mellettem állt, és elviselte a kutatómunkámmal járó kihívásokat.