

Magas tápértékű funkcionális élelmiszer előállítása a búzaliszt lizin kiegészítésével

Production of High Nutritional Value Functional Food with the Supplementation of the Wheat Flour with Lysine

Obținerea unui aliment funcțional cu valoare nutritivă ridicată prin completarea făinii de grâu cu lizină.

Dr. ALBERT Csilla¹, Dr. GOMBOS Sándor¹, Dr. SALAMON Rozália Veronika¹,
Dr. PROKISCH József², Prof. Dr. Csapó János^{1,2}

¹SAPIENTIA EMTE Kolozsvár, Csíkszeredai Kar, Élelmiszer-tudományi Tanszék,
RO-4100 Csíkszereda, Szabadság tér 1., Tel.: 40-266-314-657, fax: 40-266-372-099;
albertcsilla@sapientia.siccolorum.ro, www.emte.ro

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszer-tudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
HU-4032 Debrecen, Böszörményi út 138. Tel/Fax: 36-30-52-417-572;
csapo.janos@gmail.hu, www.mek.unideb.hu

ABSTRACT

During our research we added 0.5-2.0% L-lysine to the wheat flour in order to increase the quantity of this essential amino acid and the biological value of the wheat protein, producing such functional, health protecting, health preservative food product, which is suitable to satisfy the lysine requirement of human, assuming normal nutrition. Furthermore at the increase of the biological value completing the wheat flour with higher amount of lysine, we could produce such a functional, health protecting and health preservative food, which is suitable to confine or prevent the lysine malnutrition symptoms. During our work we determined the quantity of the Maillard reaction products (hydroxyl-methyl-furfural) and the lysine content evolved during the baking of the wheat flour used for bread baking and in the bread baked with supplemented or not supplemented lysine, and evaluated the sensory characteristics of the produced functional food and the bread supplemented with lysine.

Keywords: L-lysine, lysine supplementation, essential amino acid, biological value of protein, Maillard reaction, amino acid analysis, high performance liquid chromatography

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaink során a búzaliszthez 0,5-2,0% L-lizint adtunk annak érdekében, hogy növelni tudjuk ennek az esszenciális aminosavnak a mennyiségét, a búzafehérje biológiai értékét, olyan funkcionális, egészség védő, illetve egészség megőrző terméket állítva elő, mellyel normál táplálkozást feltételezve az ember lizin szükségletét ki lehet elégíteni. Fentiekén túl a biológiai érték növelésénél nagyobb mennyiségben adagolva olyan funkcionális, egészség védő, ill. egészség megőrző terméket tudunk előállítani, mellyel vissza tudjuk szorítani, ill. meg tudjuk gátolni a lizin-hiányos tüneteket. Munkánk során meghatároztuk a kenyérsütéshez felhasznált búzaliszt, a lizinnel dúsított illetve lizinmentes búzalisztból sült kenyér sütése folyamán kialakult Maillard-reakció termékek (hidroxi-metil-furfurol) mennyiségét, a lizintartalmat, és értékeltük az általunk előállított funkcionális élelmiszer, a lizines kenyér érzékszervi tulajdonságait.

Kulcsszavak: L-lizin, lizin kiegészítés, esszenciális aminosav, fehérje biológiai értéke, Maillard-reakció, aminosav analízis, nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia

1. BEVEZETÉS

Napjainkban növekszik az érdeklődés a gyógyhatású funkcionális élelmiszerek iránt, és egyre több cikk jelenik meg az étrenddel és az egészséggel kapcsolatban. Sok könyv, folyóirat és Interneten megtalálható információ jelent meg a funkcionális élelmiszerek hatásáról, és több televíziós műsor témája a betegségek meg-

előzése, kezelése (Wildman, 2007). A funkcionális élelmiszerek iparága – beleértve az ételeket, italokat és a kapcsolódó és támogató szektorokat – az utóbbi években az élelmiszeripar egyik legnagyobb növekedést produkáló ága lett. Ennek a nagymértékű növekedésnek a motorja nem csak az egészségtudatos vásárlók csoportja, hanem azok a népbetegségek is, amelyek civilizált életmódunkhoz köthetők (cukorbetegség, idegrendszeri, emésztőrendszeri érintő betegségek). Manapság még sokan szkeptikusak a funkcionális élelmiszerek jótékony hatásával kapcsolatban, mert hatásuk kifejtéséhez rendszeresen kell fogyasztani azokat, és a jótékony hatás hónapok, esetleg évek elteltével tapasztalható.

A fejlődő világ több országában a kis fehérjetartalmú növényi táplálék túlsúlya miatt gyakori fehérjehiánnyal lehet számolni. A fehérjehiány növekedésben való visszamaradáshoz, ödémák képződéséhez, valamint vérszegénységhez vezethet; amennyiben a fehérjehiány energiahiánnyal is párosul, az alultápláltság sok csecsemő és kisgyermek halálát is okozhatja. Az elmúlt évtizedek kutatásainak eredményeként ma már nem általában fehérjeszükségletről, hanem a nélkülözhetetlen aminosavak meghatározott mennyiségi igényéről beszélünk. Rájöttek arra is, hogy nemcsak a limitáló aminosavak hiányát kell pótolni, hanem törekedni kell az esszenciális aminosavak harmonikus arányára is, sőt figyelni kell arra, hogy az esszenciális és nem esszenciális aminosavak is optimális arányban forduljanak elő az élelmiszerekben.

Az aminosavak iparszerű termelésének beindulása után lehetőség van a limitáló aminosavak pótlására, aminek során a növekedés eléri az optimálisához közeli értéket. Újabban az aminosav-szükségleti adatok mellett az optimális és minimális fehérjeszinteket is megadják. Elegendő fehérje birtokában az energiatöbblet elősegíti az energiaigényes fehérjeszintézist, növeli a tömeggyarapodást és javítja az értékesítést, valamint a fehérjehasznosítást (Csapó és Csapóné, 2007; Csapó és mtsai., 2007).

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A búzaliszt és búzaliszt alapú készítmények tápértékének növelése

Egy felnőtt ember fehérjeszükséglete az életkortól és a fizikai megterheléstől függően napi 80–110 g. Vegyes étrend esetében ez a fehérjemennyiség elegendő esszenciális aminosavat tartalmaz, egyoldalú étrend esetén azonban, még a kellő fehérjefogyasztás mellett is, *esszenciális aminosav-hiány léphet fel*. Egy felnőtt ember számára esszenciális aminosavak az izoleucin, a leucin, a lizin, a metionin, a fenil-alanin, a hisztidin, a triptofán, a valin és a treonin (Csapó és Csapóné, 2004).

Azokat a fehérjéket, amelyek az esszenciális aminosavakat kellő mennyiségben és megfelelő arányban tartalmazzák az ember számára, teljes értékű fehérjéknek nevezik. Ilyenek pl. a hús, a tojás és a tej fehérjéi. A növényi eredetű fehérjékből azonban a lizin, a metionin, a treonin és a triptofán kisebb-nagyobb mértékben hiányzik. Mivel a kevés teljes értékű fehérjét fogyasztók életműködéseiben rendellenességek léphetnek fel, ezért a túlnyomóan növényi eredetű élelmiszereket a hiányzó esszenciális aminosavakkal kiegészítik. A kiegészítésre leginkább a gabona alapú élelmiszerek esetén lenne szükség, mert a búza és a rozs fehérjéi kevés lizint, metionint és treonint tartalmaznak.

Európában főként a természetes fehérjeforrásokkal való kiegészítés terjedt el. Erre a célra leginkább a különböző szójakészítmények alkalmasak, mert a szójafehérje sok lizint és az átlagosnál több treonint tartalmaz. Hátránya viszont, hogy viszonylag alacsony a metionin tartalma. Elsősorban a búzalisztból készült termékeket szokták feljavítani, mely fehérje-kiegészítés eredményességét biológiai vagy kémiai módszerekkel lehet megítélni. Gyorsabb eredményeket a kémiai módszerekkel kaphatunk, amelynek során meghatározhatjuk a fehérje aminosav-összetételét, és az aminosav-összetételt hasonlíthatjuk a teljes értékű fehérjéhez olyan kémiai indexeket számolva, amelyek számszerűen tájékoztatnak a vizsgált élelmiszer-fehérje táplálkozási értékéről (Csapó és Csapóné 2006).

2.2. A liszt lizinnel való dúsítása

Az aminosavak mennyisége és aránya a búzában az emberi szervezet számára távol van az optimálistól, ezért a búzafehérje biológiai értéke a százaskálán 53 körüli. Mivel elsősorban a lizin aránya alacsony, a búzaliszt aminosav-dúsítására azok az anyagok alkalmasak, amelyekben a lizin aránya magas: burgonya (biológiai értéke 73) és szója (biológiai értéke 74-78).

Mivel napjainkban rendszeresen fogyasztunk gabonafélékből előállított élelmiszereket, már régóta foglalkoztak a liszt dúsításával, ill. feljavításával nyomelemekkel (Se, Ca, Cu, Zn, Fe, P), vitaminokkal (B vitamin család, E vitamin) valamint fehérjékkel és aminosavakkal (triptofán, lizin, treonin).

Az L-lizin klinikai és dietetikai alkalmazásának kutatása 30-40 éves múltra tekint vissza. 1976-ban Titcomb és Juers szabadalmaztatott egy olyan kenyeret, amely a teljes értékű fehérjének megfelelő aminosav

összetétellel rendelkezett. Ebben a különböző fehérjepótlás mellett a liszthez L-lizin-hidrokloridot adagoltak, amely így 0,1-0,5% L-lizin-hidrokloridot tartalmazott. Mauron és mtsai. (1976) a lizin ϵ -aminoacil származékát adagolták a búzaliszthez, melyből a szervezetben a deacilezés során lizin keletkezik. A kiegyenlített aminosav-összetétel elérése céljából az acil-lizin mellett még 0,1% körüli mennyiségben L-lizin-hidrokloridot is adagoltak a liszthez. El-megged és Sands (1990) a kenyér tápértékének növelésére dolgoztak ki eljárást, melynek során egy lizint termelő tejsavbaktérium törzs liofilizált mintáját adják a kovászhoz, ezzel javítva az aminosav-összetételt.

A lizint átlagosan 0,2-0,5%-ban adagolták a lisztekhez a fehérjetartalom növelésének érdekében. Figueron és mtsai. (2003) 0,5% lizint adagoltak a liszthez, míg Muhammad és mtsai. (2012) 0,2-0,3%-ban való dúsításról számoltak be. Tajammal és mtsai. (2004) 0,5%-kal való dúsítás esetén jótékony hatást értek el a gyerekek fejlődésében, nők esetében a hemoglobinszint növekedett, míg férfiak esetében a transferrin szint emelkedését észlelték. Karcz (2004) szerint ahhoz, hogy a 0,5% lizinnel kiegészített kenyérből az ember napi lizin szükségletének 25%-át kielégítsük, 325 g/nap kenyér fogyasztása javasolt.

Wenhua és mtsai. (2004) kísérleteiben a 0,3%-ban lizennel javított lisztből készült kenyeret 3 hónapon át fogyasztották a kísérletben résztvevők. Megállapították, hogy a lizinnel dúsított kenyér fogyasztása pozitívan hat az immunrendszerre; a hemoglobinszint ugyan nem nő, de az IgA, IgB, IgE-re való hatása miatt a 0,3% lizin javítja az immunrendszer működését.

Több kutatás eredménye is alátámasztja a lisztek lizinnel való dúsításának jótékony hatását: Anton és mtsai. (2008) a babliszt kiegészítés hatását vizsgálták tortilla esetében, Mora-Avile's és mtsai. (2007) ugyancsak babkiegészítést végeztek a tortillánál, Tyagi és mtsai. (2007) a mustárliszt hatását vizsgálták a kétszersültnél, Lindenmeier és Hofmann (2004) pedig egy lizinszármazék hatását vizsgálta a sütési tulajdonságokra.

2.3. A lizin élettani hatása

Régóta ismert, hogy az L-lizin, a fehérjéinket felépítő esszenciális aminosav, hiányában a táplálékkal bevitt kalcium nem tud beépülni a csontokba, és számos fehérje szintézise gátolt. Az L-lizinnel alapvető szerepe van a csontok és a bőr szerves állományát alkotó kollagén képzésében, és emellett immunrendszert erősítő és vírusellenes hatását is igazolták. A csontanyagcserével és az osteoporózis megelőzésével kapcsolatban a szakirodalomban a táplálkozási tényezők közül hosszú időn keresztül a kalcium, a foszfor és a D-vitamin-fogyasztás kapta a legnagyobb figyelmet, bár a C-vitaminnak és a lizinnel is alapvető szerepe van a csontok szerves állományát alkotó kollagén képzésében. A C-vitamin egyrészt a D-vitamin aktiválásában vesz részt, másrészt a csont kollagén állományának felépítésében részt vevő lizint alakítja át a prokollagén létrehozására alkalmas formává. A kutatási eredmények alátámasztják, hogy a C-vitamin mellett az L-lizin is jelentősen hozzájárul az egészséges csontozat kialakulásához (Civitelli és mtsai., 1992).

A lizin és a C-vitamin érrendszerre és a szívkoszorúér betegségekre kifejtett jótékony hatásáról Pauling (1991) számolt be. Rath (2001) kidolgozott egy olyan készítményt, amely az extracelluláris mátrix károsodásával kapcsolatos betegségek (atherosclerosis, rák, fertőzés vagy más gyulladásos megbetegedések) kezelésére alkalmas. A készítmény lizint, prolint, aszkorbátot, ezek származékait és szintetikus analógjait, továbbá vitaminokat, provitaminokat és nyomelemeket tartalmazott. Az L-lizin és a különböző szénhidrátok reakcióit vizsgálva Kitts és Hu (2005) kimutatta, hogy a Maillard-reakcióban keletkező reakciótermékek jelentős antioxidáns aktivitással rendelkeznek.

Összefoglalva elmondható, hogy L-lizin bevitele a szervezetbe, bármilyen formában is történjen, javítja a lizinhiányos fehérjék biológiai értékét, hozzájárul a fiatal szervezet optimális fejlődéséhez, és a sok egyéb terápiás hatás mellett eredményesen alkalmazható a herpesz vírus elleni küzdelemben.

2.4. A lizin szerepe a Maillard-reakció termékek kialakításában

A monoszacharidok, általában a redukáló szénhidrátok, szabad amino csoporttal, megfelelő körülmények között reagálnak egymással, mely reakció során aromakomponensek és barna színű pigmentek, melanoidinek keletkeznek. Ez a folyamat a Maillard-reakció. A lizintartalmú sütőipari termékek előállítása során, mivel a lizin ϵ -amino csoportja rendkívül érzékeny a Maillard-reakcióra, a nem enzimikus barnulási reakció során, megfelelő hőmérsékletet alkalmazva, antioxidánsok és szín- valamint ízanyagok keletkeznek, melyek hozzájárulnak az egészségvédő hatáshoz (Csapó és mtsai, 2006).

Az alapanyagok összetételének tervezésénél figyelembe kell venni a Lys/Arg arányt és azt, hogy egy százaléknál kevesebb lizint a terápiás hatás elmaradása miatt nem célszerű alkalmazni, míg az 5%-nál nagyobb mennyiségű L-lizin, előkísérleteink alapján, jelentősen ronthatja a termék élvezeti értékét, hisz a nagy mennyiségű Maillard reakciótermék nem kívánt íz- és színhatással jelentkezhet (Csapó és Csapóné, 2006, 2007).

3. A KUTATÁS CÉLJA

Kutatásunk célja egy olyan funkcionális élelmiszer, lizinnel dúsított kenyér előállítás, amely segít a herpes simplex vírus által kiváltott tünetek kezelésében, és előnyös hatású a csonttritkulás és a keringési rendszeri betegségek kezelésében is. Elképzelésünk szerint a búzaliszthez megfelelő mennyiségben, korábbi munkáink és előzetes becsléseink szerint 0,5-2%, L-lizint keverve egyrészt növelni a tudjuk az esszenciális, és a búzaliszt esetében a limitáló aminosav mennyiségét, növeljük a búzafehérje biológiai értékét, és a biológiai érték növelésénél nagyobb mennyiségben adagolva olyan funkcionális, egészségvédő ill. egészségmegőrző terméket tudunk előállítani, mely-lyel fel tudjuk számolni a herpesz vírus okozta kártételeket az emberi szervezetben.

Reményeink szerint a kenyérsütés során előállított vegyületek, az L-lizin maradékával együtt, a herpes simplex vírus szaporodását hatékonyan gátolják, és számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a kiemelkedően nagy lizin/arginin arány miatt, ami értékes funkcionális élelmiszerré teszi a megnövelt lizintartalmú lisztből készült kenyeret. Mivel a kenyér sütése során a kenyérből hőmérséklete a 100 °C-ot nem haladja meg, bízunk benne, hogy a kenyér belsejében a lizintartalom gyakorlatilag változatlanul megmarad, míg a kenyér héjában és közvetlenül az alatt jelentős mennyiségben átalakul szín- és ízanyagokká (Maillard-reakció), valamint antioxidánsokká.

Összefoglalva, az általunk alkalmazott megoldás lényege az, hogy a teljes értékű aminosav-összetételhez képest jelentősen megváltoztatjuk a lizin arányt, ami által olyan terápiás hatást érünk el, mellyel gyógyítani, illetve megakadályozni tudjuk a herpeszt, és más egyéb hasznos tulajdonságok is kialakulnak. A lizin/arginin arány jelentős megváltoztatása miatt 0,5-2% mennyiségben terveztük adagolni a lizint a búzaliszthez, melynek során egy magas biológia értékű funkcionális élelmiszert kapunk, amelynek egészségvédő, ill. egészségmegőrző hatása is van. Ebben a közleményben a lizines kenyérrel kapcsolatos kutatásaink eredményeiről, következő közleményeinkben pedig a megnövelt lizintartalmú keksz előállításáról, a lizin felszívódásának vizsgálatáról, annak herpesz ellenes hatásáról számolunk be.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A kenyér alapanyagok összeállítása és a sütés

Az alapanyagok összetételének tervezésénél figyelembe kell venni a késztermék lizin tartalmát, ill. a Lys/Arg arányt a késztermékben. 0,5%-nál kevesebb lizint a terápiás hatás elmaradása miatt nem célszerű alkalmazni, míg az 2%-nál nagyobb mennyiségű L-lizin, előkísérleteink alapján, jelentősen ronthatja a termék élvezeti értékét, hisz a nagy mennyiségű Maillard reakciótermék nem kívánt íz- és színhatással jelentkezhet.

Az alapkeverék összetétele megegyezik a lizint nem tartalmazó, hasonló termék összetételével, az L-lizint pedig L-lizin-hidroklorid formában, szilárd, porszerű állapotban kevertük a liszthez, majd ezt a kenyérsütési technológia előírásai szerint összedolgoztuk a többi összetevővel és a vízzel. Az optimális lizin mennyiség megállapítása céljából a lizint 0,5; 1; 1,5 és 2% koncentrációban kevertük a búzaliszthez, és vizsgáltuk az így kapott kenyerek mindazon tulajdonságait, melyeket a kenyerek minősítése során a gyakorlatban alkalmaznak.

A fehér kenyér sütése során az általános alapelveket követve a következő alapanyagokat használtuk fel: víz 205 ml, olaj 20 g, só 15 g, sovány tejpor 20 g, liszt 350 g, szárított élesztő 10 g. A tésztát a kívánt termék jellegétől függően kelesztettük, formáztuk, ízesítettük, majd a tanszékünkön működő automata kenyérsütő berendezésben 210±10 °C sütési hőmérsékleten megsütöttük. Az előzetes eredmények birtokában szükség szerint változtathatjuk a sütési hőmérsékletet és időt annak megfelelően, hogy nagyobb lizin, vagy nagyobb antioxidáns tartalmú kenyeret akarunk előállítani.

4.2. Analitikai vizsgálatok

4.2.1. Az összfehérje és a lizintartalom meghatározása

A kapott kenyerek összfehérje-tartalmát a Kjeldahl-módszer elvén működő Velp Scientifica UDK 159 berendezéssel határoztuk meg. A lizin mennyiségének mérésére nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszert alkalmaztunk orto-ftáldialdehid (OPA)-2-merkaptó-etanol oszlop előtti származékképzéssel. Készülék: Varian Pro Star, detektálás fluoreszcenciás módszerrel ($\lambda_{ex}=340$ nm, $\lambda_{em}=455$ nm). Oszlop: Pursuit C18 5µm, 250x4,6 mm. Gradiens elúció: A: 100 mmol/l acetát puffer (pH=6,95) 925 ml, metanol 50 ml, tetrahidrofurán 25 ml, B: metanol 975 ml, tetrahidrofurán 25 ml. Áramlási sebesség: 0,8 ml/perc. Az analízishez alkalmazott gradiens program: 0-8 perc: A komponens 100%, B komponense 0%, 8-11: 90-10, 11-16: 75-25, 16-20: 60-40, 20-24: 60-40, 24-27: 40-60, 27-32: 0-100, 32-33: 0-100, 33-47: 100-0. Az alkalmazott körülmények között a lizin jól elvált a többi aminosavtól, a mennyiségi meghatározást semmiféle körülmény nem zavarta.

4.2.2. A HMF meghatározása

A Maillard-reakció termékek mennyiségének becslésére nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával elvégeztük a kenyér hidroximetil-furfurol (HMF) koncentrációjának meghatározását. A HMF méréséhez különböző kenyérből vett mintákat elektromos malmon 0,75 mm szita méretűre daráltuk, és mindegyikből 1 g-nyi mennyiséget mértünk be, ehhez 9 ml ioncserélt vizet adtunk, majd 3 percig kevertettük kémcső-vortex segítségével. Ezután a zavaró anyagok eltávolítása érdekében 0,5 ml Carrez I és Carrez II oldatot adagoltunk a kivonatunkhoz, majd 10 percig centrifugáltuk 5000 rpm-en. A felülúszót leszedtük, 0,45 µm-es szűrőfejekre átszűrtük, és a kapott oldatból 20 µl-t injektáltunk a Varian Pro Star HPLC készülékünkbe. A HMF mérésére izokratikus módszert alkalmaztunk, ahol a mozgó fázis 5%-os metanol-ecetsav 20:80% arányú elegye, az állófázis Pursuit C18-as oszlop (250x45 mm), az áramlási sebesség 1 ml/perc volt, az UV detektálást pedig 285 nm hullámhosszon végeztük.

4.3. Érzékszervi vizsgálat

A kenyereket érzékszervi vizsgálatoknak vetettük alá az alábbi kritériumok szerinti kérdőívet összeállítva:

1. Alak: kenyértípusra jellemző, szabályos, arányosan domború, ne legyen torz alakú.
2. Héj: a kenyértípusra jellemző színű, fényes, sima vagy cserepes, esetleg szórt vagy vágott, ne legyen végigrepedt, kormos, szennyezett, égett, ázott, sérült.
3. Bélzet: átsült, a héjtól nem elváló, a liszt jellegének megfelelő egyenletes színű, rugalmas, csomómentes. Ne legyen szalonnás, ragacos, morzsálódó, széteső, ne tartalmazzon idegen anyagokat és ne legyen mikroorganizmusok által károsított.
4. Íz és illat: kenyértípusra jellemző aromájú, ne legyen idegen ízű és szagú (Codex Alimentarius, 2004).

A kontroll kenyeret és a lizinnel dúsított kenyereket kihűlés után 20 megkérdezett személy által alak- és héjvizsgálatnak vetettük alá. A továbbiakban 20-25 g-os szeleteket készítettünk elő, mely bél és héj részt is tartalmazott. Ez alapján minősítették és hasonlították össze a kenyereket a bélzet, az íz és az illat szempontjából. Az öt tulajdonság mindegyikére 5 pont volt adható, melyek elbírálásakor súlyozó faktort alkalmaztunk. A faktorok összege négy volt, így az öt tulajdonságcsoporthoz elérhető legmagasabb pontszáma 20 pont. A tulajdonságok súlyozó faktorai az alábbiak voltak: alak 0,6; héj 0,6; bélzet 1,4; illat 0,4; íz 1,0.

Az érzékszervi vizsgálatok a még fel nem vágott termék megvizsgálásával kezdődtek. Megállapítottuk az alaktani tulajdonságokat, hogy a térfogat a termék tömegével arányosnak látszik-e. A héjra jellemző tulajdonságok a felületi jellemzőkre, színre, héj fényére, szerkezetére, állományára terjedtek ki. A héj vastagságát a felvágott terméken kell vizsgálni, ezen kívül meg kell állapítani azt is, hogy a bélzet összefüggő-e? A bélzet tulajdonságait a frissen felvágott terméken kell elvégezni, meg kell állapítani, hogy a szín a termék jellegének megfelel-e, és hogy kellően egyenletes-e. A bélzet szerkezetét tapintással is meg kell vizsgálni olyan szeleten, melyet a termék közepéből vágunk ki. A lágyág illetve merevség megállapításakor a szeletet enyhébben, majd erőteljesebben össze kell nyomni. A rugalmasságot hasonló módon vizsgáljuk. A ragacsosság illetve a morzsálódás megállapításakor ujjunkkal a szelet felületét végigsimítjuk, megfigyeljük, hogy közben mennyi morzsa keletkezett. A ragacsosságot a tapadás mértékéből állapítjuk meg.

Az illat vizsgálatát úgy hajtották végre, hogy a félbevágott késztermék metszési felületét néhányszor összenyomták, és közben megszagolták a belsejéből származó illó anyagokat. Az íz vizsgálatok elsősorban azt kell megállapítani, hogy az íz megfelel-e a termék jellegének. Meg kell állapítani, hogy a termékre jellemző íz mellett észlelhető-e: idegen, túlságosan sós/sótlán vagy édes íz, túlságosan savanyú/keserű-e, rágás során érzékelünk-e a termékre nem jellemző idegen anyagot. Az ízleléssel egyidőben az állományt is észleljük, ezért ezzel a módszerrel nemcsak a bélzet, hanem a héj tulajdonságait is meg lehet állapítani.

4.4. Az adatok statisztikai értékelése

Az adatok statisztikai értékelését a Microsoft Excel 2010 programcsomaggal, egytényezős varianciaanalízissel végeztük.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

5.1. A kenyér összesfehérje-tartalma

Az összesfehérje-tartalom meghatározásához a különböző kenyérből vett mintákat elektromos malmon 0,75 mm szita méretűre daráltuk, és mindegyikből 2 g-ot roncsoltunk el. A roncsolást is és az ammónia desztillálását is háromszor ismételtük. A kontroll kenyér fehérjetartalmát $8,86 \pm 0,18\%$ -nak, a 0,5% lizin tartalmú

lisztből készült kenyér fehérjetartalmát $9,20 \pm 0,065\%$ -nak, az 1% lizin tartalmú lisztből készült kenyér fehérjetartalmát $9,24 \pm 0,038\%$ -nak, az 1,5% lizin tartalmú lisztből készült kenyér fehérjetartalmát $9,67 \pm 0,037$, a 2% lizin tartalmú lisztből készült kenyér fehérjetartalmát pedig $10,14 \pm 0,023\%$ -nak mértük.

Egytényezős variancia analízissel bizonyítottuk, hogy a hozzáadott lizinnek köszönhetően a kontroll kenyér összesfehérje tartalma szignifikánsan nő, de a növekedés nem olyan mértékű, mint ahogy a hozzáadott lizin mennyiségéből várni lehetne, amit a lizin némi bomlásával, és a megnövekedett Maillard-reakció termékek kialakulásával tudunk magyarázni.

5.2. A kenyér lizintartalma

A lizintartalom meghatározásához a kenyér fehérjét 6M-os HCl-val, $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 24 órán át hidrolizáltuk, majd a hidrolizátumból, megfelelő hígítás és származékképzés után $20\text{ }\mu\text{l}$ -t injektáltunk a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiába. Liszt lizintartalmát $0,32 \pm 0,05$, a kontroll kenyérét $0,38 \pm 0,06$, a 0,5% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét $0,48 \pm 0,12$, az 1% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét $0,67 \pm 0,14$, az 1,5% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét $0,95 \pm 0,13$, a 2% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét pedig $1,11 \pm 0,13\%$ -nak mértük. Egytényezős variancia analízissel elemezve a különbségek szignifikánsak.

Az adalékanyagok hatására a liszt lizintartalma 0,32%-ról 0,38%-ra nőtt. A hozzáadott lizin hatására természetesen növekedett a kenyér lizin tartalma, bár bizonyos veszteség megfigyelhető. A lizinvesztés a kenyérsütés során a kenyér belében, de főként a héjában lejátszódó lizin átalakulással (Maillard-reakció) magyarázható. Ez a veszteség főként a 2% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyér esetén nagyon szembetűnő, itt a vártnál jóval kevesebb lizint mértünk.

5.3. A hidroximetil-furfurol mennyisége

A kontroll kenyér HMF-tartalmát $2,01 \pm 0,05\text{ mg/kg}$ -nak, a 0,5% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét $3,25 \pm 0,12\text{ mg/kg}$ -nak, az 1% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét $4,82 \pm 0,07\text{ mg/kg}$ -nak, az 1,5% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyér $5,30 \pm 0,15\text{ mg/kg}$ -nak, míg a 2% lizin tartalmú búzalisztből készült kenyérét $48,02 \pm 0,22\text{ mg/kg}$ -nak mértük. Egytényezős variancia analízissel elemezve az adatokat a különbségek ugyan szignifikánsak, tehát a hozzáadott lizin hatására nőtt a hidroximetil-furfurol tartalom a kenyerekben, de mennyisége csak a 2% lizintartalomnál lett igazán számottevő.

5.4. Az érzékszervi vizsgálat eredményei

Az érzékszervi vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat tartalmazza

1. táblázat. A kenyerek pontozásának számtani középáránya

<i>Kenyértípusok</i> <i>Az értékel</i> <i>tulajdonságok</i>	<i>Kontroll</i> <i>kenyér</i>	<i>0,5% lizin tartal-</i> <i>mú lisztből készült</i> <i>kenyér</i>	<i>1% lizin tartalmú</i> <i>lisztből készült</i> <i>kenyér</i>	<i>1,5% lizin tartal-</i> <i>mú lisztből készült</i> <i>kenyér</i>	<i>2% lizin tartal-</i> <i>mú lisztből ké-</i> <i>szült kenyér</i>
<i>Alak</i>	4,2	4,6	4,0	5,0	3,2
<i>Héj</i>	4,2	4,4	3,8	4,6	3,7
<i>Bél</i>	3,6	3,2	4,2	4,8	4,5
<i>Illat</i>	3,0	4,7	4,2	4,9	3,1
<i>Íz</i>	4,7	4,7	4,9	5,0	1,0

Ami az alakot illeti, a kontroll kenyér és a 0,5-1,5% lizint tartalmazó kenyér között alig kaptunk különbséget, hisz a pontszám 4,0 és 5,0 között változott. Meglepő volt, hogy az 1,5% lizintartalmú kenyér pontszáma 5,0-ról még plusz 0,5% lizinkiegészítés hatására 3,2-re csökkent. Hasonló volt a tendencia a héj esetében is, bár itt a különbségek jóval kisebbek voltak. Nem találtunk ilyen összefüggést a bélzet esetében, sőt úgy tűnik, hogy a lizinkiegészítés még a 2% lizintartalmú lisztnél is javítja a bélzet állapotát a kontrollhoz képest. Az illatra sem volt a lizinkiegészítésnek lényegesen rontó hatása, sőt a 0,5-1,5% lizinkiegészítésű kenyereknél lényegesen magasabb volt a pontszám a kontroll, vagy a 2,0% lizinkiegészítést kapott kenyerekhez képest.

A vizsgált tulajdonságok tekintetében az íz esetében kaptuk a legmeglepőbb eredményeket. Úgy tűnik, hogy 1,5%-os lizinkiegészítésig a kenyér íze gyakorlatilag nem változik, sőt az 1,5%-os kiegészítésnél kaptuk a legnagyobb pontszámot, a 2,0%-os kiegészítés esetében azonban az átlagosan 4,8-as pontszám 1,0-ra csökken, a kenyér keserűvé, ezért élvezhetetlenné vált.

A súlyzófaktorokkal besorozva a kenyerek 1. táblázatban lévő pontszámait, az alábbi értékeket kaptuk:

<i>Kenyértípusok</i>	<i>Kontroll kenyér</i>	<i>0,5% lizin tartalmú lisztből készült kenyér</i>	<i>1% lizin tartalmú lisztből készült kenyér</i>	<i>1,5% lizin tartalmú lisztből készült kenyér</i>	<i>2% lizin tartalmú lisztből készült kenyér</i>
<i>Elért pontszám</i>	15,98	16,46	17,14	19,44	12,68

A pontszámokat a súlyzófaktorokkal besorozva hasonló következtetésre jutottunk. 0,5% lizinkiegészítés hatására a kontroll kenyér 15,98-as pontszáma 16,46-ra, 1% lizinkiegészítés hatására 17,14-re, 1,5% lizinkiegészítés hatására 19,44-re nőtt, míg 2% lizinkiegészítés hatására, köszönhetően a nagyon alacsony íz pontszámának, 12,68-ra csökkent. A 2. táblázat adataiból látszik, hogy a legmagasabb pontszámot az 1,5% lizin tartalmú lisztből készült kenyér érte el, tehát levonhatjuk azt a következtetést, hogy ez a kenyértípus rendelkezik a legkedvezőbb érzékszervi tulajdonságokkal. A 2% lizin tartalmú lisztből készült kenyér kapta a legalacsonyabb pontszámot, mivel itt már erőteljes keserű íz volt észlelhető. Ennek a kenyérnek a héja jóval sötétebb is volt mint a többi kenyéré, illetve az illata is csak 3,1 pontszámot kapott. Az érzékszervi vizsgálat eredményei szerint az 1,5%-ban hozzáadott lizin növeli a kenyér élvezeti tulajdonságait, vagyis ízét és színét, de a kenyér bélzetének kialakulására is jó hatással van.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Az érzékszervi vizsgálat elvégzése után arra a következtetésre jutottunk, hogy a búzalisztet 0,5-1,5%-ban lizinnel dúsítva az érzékszervi tulajdonságok vagy javultak vagy nem változtak a kontroll kenyérhez viszonyítva, 1,5%-nál nagyobb arányban viszont a kenyeret nem lehet lizinnel dúsítani, mivel a Maillard-reakció termékek koncentrációja nő, és ez a kenyér ízét nagyobb koncentrációnál rossz irányba befolyásolja. Az íz enélkül a kenyér héja sokkal sötétebbé válik, ami nemkívánatos a vásárló számára. A 2% lizinnel dúsított lisztből készült kenyér hidroximetil-furfurol tartalma jóval magasabb az alacsonyabb lizintartalmú kenyerek hidroximetil-furfurol tartalmánál, így ennek tulajdonítjuk az erőteljes keserű íz megjelenését.

A munkánk következő lépése lesz vizsgálni, hogy a hozzáadott lizinből mennyi hasznosul, hogyan alakul a lizin/arginin arány az így kapott kenyerekben, illetve vizsgálni, hogy ilyen koncentrációban vált-e ki terápiás hatást a lizin. A szakirodalomban talált leírásoknál nem vizsgáltak 0,6%-nál nagyobb koncentrációban hozzáadott lizintartalommal rendelkező lisztből készült kenyereket, így az eredményeinket a szakirodalmi adatokkal nem tudtuk összevetni. Az 1,5 %-ban, illetve ennél kisebb koncentrációban hozzáadott lizin növeli a kenyér élvezeti tulajdonságait, és egy kiegyensúlyozott aminosav-összetételű, magasabb biológiai értékű funkcionális élelmiszert kapunk, melynek terápiás hatása is lehet.

Köszönetnyilvánítás: A szerzők hálás köszönetüket fejezik ki a Sapientia Alapítvány – Kutatási Programok Intézete anyagi támogatásáért.

IRODALMI JEGYZÉK

- [1] Anton, A.A. – Ross, K.A. – Lukow, O.M. – Fulcher, R.G. – Arntfield, S.D.: Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chemistry*, 2008. 109. 33-41.
- [2] Civitelli, R. – Villareal, D.T. – Agneusdei, D.: Dietary L-lysine and calcium metabolism in humans. *Nutrition*. 1992. 8. 400-404.
- [3] Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, 2006. (Társ-szerzők: Babinszky L., Győri Z., Simonné Sarkadi L., Schmidt J.). 1-451.
- [4] Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: Élelmiszerkémia. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, 2004. 1-492.
- [5] Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: Biokémia – állattenyésztőknek. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, 2007. 1-378.
- [6] Csapó J. – Csapóné Kiss Zs. – Albert Cs. – Salamon Sz.: Élelmiszerfehérjék minősítése. *Scientia Kiadó*, Kolozsvár, 2007. 1-506.

- [7] El-Megeed, M.E.A. – Sands, D.C.: Methods and compositions for improving the nutritive value of foods. *United States Patent* 4897 350. January 30. 1990.
- [8] Figueron, J. – Aeero, G. – Vasco, M. – Guzman, A.L. – Flores, M. Nutritional quality of nistamal tortillas fortified with vitamins and soy proteins, *International J. Food Sci. and Nutr.*, 2003. 54: 189-200.
- [9] Karcz S.: Food and nutritional bulletin, Boston, 2004.
- [10] Kitts, D.D. – Hu, C.: Biological and chemical assessment of antioxidant activity of sugar-lysine model Maillard reaction products. *Ann. NY Acad Sci.*, 2005. 1043. 501-512.
- [11] Lindenmeier, M., – Hofmann, T.: Influence of baking conditions and precursor supplementation on the amounts of the antioxidant pronyl-L-lysine in bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004. 52. 350-354.
- [12] Mauron, J. – Finot, P.A. – Mottu, F.: Process for fortifying foodstuffs with pro-lysines. *United States Patent* 3 993 795. November 23. 1976.
- [13] Mora-Avile's, A. – Lemus-Flores, B. – Miranda-Lopez, R. – Hernandez-Lopez, D. – Pons-Hernandez, J.L. – Acosta-Gallegos, J.A.: Effects of common bean enrichment on nutritional quality of tortillas produced from nixtamalized regular and quality protein maize flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. 87. 880-886.
- [14] Muhammad, H.A. – Taha, R. – Khalil, E. – Inteaz, A. – Ali, A. – Nather, M. – Mohammad, N.: Effects of barley flour and barley protein isolate on chemical, functional, nutritional and biological properties of Pita bread, *Food Hydrocolloids*. 2012. 26. 135–143.
- [15] Pauling, L.: Case report: Lysine/ascorbate-related amelioration of angina pectoris. *J. Orthomolecular Med.*, 1991. 6. 44-146.
- [16] Wildman, R.E.C.: Nutraceuticals and Functional Foods, *Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York*. 2007.
- [17] Rath, M. (2001): Aszkorbátot és lizint tartalmazó szinergetikus készítmények extracelluláris mátrixdegeneráció ellen. *P 0100188*. 2001. 01. 16.
- [18] Tajammal, H. – Shaid, A. – Mushtaq, A.K. – Nevin S.S.: Lysine fortification of wheat flour improves selected indices of the nutritional status of predominantly cereal-eating families in Pakistan, *Food Nutr Buletin*. 2004. 25. 2. 114-122.
- [19] Titcomb, S.T. – Juers, A.A.: Composition for preparing a high complete protein wheat bread. *United States Patent* 3 995 065. November 30. 1976.
- [20] Tyagi, S.K. – Manikantan, M.R. – Oberoi, H.S. – Kaur, G.: Effect of mustard flour incorporation on nutritional, textural and organoleptic characteristics of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 2007. 80. 1043-1050.
- [21] Wenhua, Z. – Fengying, Z. – Ding, Z. – Yunqing, A. – Ying, L. – Yuna, H. – Keyou, G. – Nevin, S.S.: Lysine-fortified wheat flour improves the nutritional and immunological status of wheat-eating families in Northern China. *Food and Nutrition Bulletin*, 2004. 25. 2.