

Búzaliszt kivonható köztes és tapadó fehérjéinek mennyiségi változásai az utánőrlési paraméterek függvényében

R É K A S I T I B O R

Budapesti Műszaki Egyetem Élelmiszerkémia Tanszék

Érkezett: 1970. január 7.

A fehérjekutatás fontos lépése a fehérjék kivonása, elkülönítése a sejt egyéb anyagaitól. A labilis szerkezetű fehérjéket már ennél az első lépésnél jelentős károsodások érhetik, a fehérje denaturálódhat. Natív búzaliszt-fehérje kivonására alkalmasnak látszik fehérjedús lisztfrakcióknak szélfajtázással, vagy ülepítéssel történő előállítása.

A búzaliszt két fő komponensének, a keményítőnek és fehérjének fajsúlyai különböznek egymástól. A keményítő fajsúlyja 1,48-hoz, a fehérje fajsúlyja 1,30-hoz közel eső érték. Ennek alapján alkalmazták a szélfajtázást, mint fehérje-elválasztási módszert (1, 2, 3, 4), de ezzel az eljárással a gabonafeldolgozóipar különböző céljaira fehérjében dúsabb és fehérjében szegényebb lisztek is előállíthatók.

Hess a búzaliszt fajsúly szerinti frakcióinak elválasztására inert-oldószeres szedimentációs eljárást dolgozott ki (5, 6, 7, 8, 9). A módszer elve, hogy a búzalisztet benzol és széntetraklorid megfelelő fajsúlyú elegyében szuszpendálják. E szuszpenzióban a liszt nagyobb, ill. kisebb fajsúlyú részecskéi különválnak. Centrifugálással a különböző fajsúlyú szemcsék egymástól elválaszthatók és fehérjében, ill. keményítőben dús frakciók állíthatók elő.

Malmi őrlésű búzaliszt a búza endospermjének kisebb-nagyobb töredékeit tartalmazza, amelyek összetett szerkezetűek és mind keményítőt, mind fehérjét tartalmaznak. Fajsúly szerinti elválasztás előtt tehát a keményítő és fehérje részecskéket egymástól utánőrléssel szét kell választani. Az utánőrlés többek között golyósmalomban történhet. A búzaliszt két fő komponensének szétválasztása azonban alaposabb utánőrléssel sem lehet teljes. Hess megállapítása szerint ugyanis a fehérjék egy része a keményítőszemcsék felületéhez tapad, azt hálószerűen vonja be és a keményítőtől mechanikai módszerekkel nem különíthető el (5). Ezt *tapadó fehérjének*, míg a többi – a keményítőszemcsék közötti teret betöltő és könnyen elkülöníthető – fehérjét *köztes fehérjének* nevezzük.

Előbbi szerző 1,37-es fajsúlyú folyadékból az utánőrlött búzalisztet két részre választotta. Az 1,37-nél kisebb fajsúlyú rész kevés keményítő mellett a köztes fehérjét, az ennél nagyobb fajsúlyú sok keményítőt és azzal együtt a tapadó fehérjét tartalmazta. Vizsgálatai alapján a búzaliszt 25,9% köztes és 74,1% tapadó fehérjét tartalmaz.

Az első sikeres fajsúly szerinti szétválasztások nyomán a köztes és a tapadó fehérje fogalma elterjedt a szakirodalomban. Mivel a két fehérje között nemcsak morfológiai, strukturális különbségeket mutattak ki, hanem eltérések mutatkoztak bizonyos kémiai jellemzőkben is (3, 4, 8, 11), sokan jól definiált fogalomként használták a köztes és tapadó fehérje elnevezést. Pontos adatokat adtak meg a két fehérje arányára. Hess (7) a tapadó és köztes fehérje elektrosztatikus kölcsönhatásának nagy szerepet tulajdonít a sikérképződésben és a sikérsajátóságok kialakításában is.

Ezzel szemben más szerzők és korábbi munkáinkban magunk is (9, 12, 13) rámutattunk a köztes és tapadó fehérje fogalmának relativitására, feltételelességére. *Kozmina* és mtsai (10) szerint a köztes és tapadó fehérjék mennyiségét, ill. azok arányát nagymértékben az aprítás módja, az elválasztás körülményei szabják meg.

Mindezek folytán a búzafehérjék elválasztásával kapcsolatban folyó kutatásaink keretében figyelmet szenteltünk a köztes és tapadó fehérjék közelebbi megfigyelésének is.

Az ezen közleményben ismertetésre kerülő munkám során elsősorban arra a kérdésre kerestem választ, hogy az elválasztási paraméterek hogyan befolyásolják a kinyerhető köztes és tapadó fehérjék mennyiségét.

Vizsgálati anyagok és módszerek

Búzaliszt-frakciók elválasztása fajsúlykülönbség alapján

A búzaliszt fajsúly szerinti frakcióinak elválasztásánál lényegében *Hess* módszerét követtem. Kísérleteimhez kereskedelmi forgalomban levő búzalisztet használtam, melyet utánőrlés előtt hideg petroléteres extrakcióval részlegesen zsírtalanítottam. A lisztet különböző mértékű utánőrléssel készítettem elő. Az utánőrlést vibrációs golyósmalomban végeztem. A golyósmalom egy-egy 1000 cm³-es őrlőedényébe – kb. 2,5 kg 8 mm átmérőjű acélgolyóval – egyszerre 150 g lisztet törettem.

Az utánőrlés befejeztével a lisztfrakciókat benzol-széntetraklorid megfelelő fajsúlyú elegyével a szokásos 1,37-es és ettől eltérő fajsúlyhatároknál választottam szét. 100 g liszthez 300 ml ülepítő elegyet adtam, s e szuszpenziót fél órán át rázógépen rázattam. Rázatus után centrifugáltam. Így lényegében két lisztfrakciót kaptam. Az egyik, amelyik az ülepítő elegynél könnyebb fajsúlyú, a folyadék tetején gyűlik össze. Ez a rész jól összeáll és szitaszűrővel könnyen leszedhető. Az ülepítő elegy leöntése után a centrifugapohárban visszamarad a nehezebb fajsúlyú rész. Meg kell jegyezni, hogy az ülepítő elegy 1,30 és 1,48 fajsúlyhatárok között, centrifugálás után mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű lisztet – tehát tiszta folyadékréteg megjelenéséig nem tudunk centrifugálni –, mivel a lisztfrakciók fajsúlyának átmenete folytonos. Így mindegyik fajsúlyértéknél van bizonyos mennyiségű liszt, melynek fajsúlya az ülepítő elegyével azonos.

Az elegy fajsúlyát a liszt hozzáadása és összerázása után úszó areométerrel mértem. A fajsúlyt a liszt hozzáadása után kell mérni, mivel – különösen a nem megfelelően zsírtalanított liszték esetében – a lisztből olyan anyagok oldódhatnak ki, melyek az elegy fajsúlyát megváltoztathatják.

Az elválasztáshoz legalkalmasabb a lengőpoharas centrifuga, mivel itt a rétegek – az álló poharat tekintve – vízszintesen helyezkednek el és így a pohár kivételénél, a felső réteg leszedésénél az elkülönült lisztrétegek nem keverednek vissza az elegybe.

A centrifugálást minden esetben hűthető centrifugával 17–18 °C között végeztem. Fontos, hogy az ülepítéssel történő elválasztás ideje alatt az elegy hőmérséklete, azaz fajsúlya a legkisebb mértékben sem változzon. Méréseim szerint ugyanis a benzol-széntetraklorid elegy fajsúlya ebben a hőmérsékleti tartományban 1 °C változás hatására több mint 0,002 g/ml-el változik.

A centrifugálás befejeztével, a felső réteg leszedése után a leülepedett részt felkavartam és újból centrifugáltam. Ezáltal újabb mennyiségű, könnyebb fajsúlyú anyagot választhattam el. Ezt az eljárást még 2-szer, 3-szor megismételtem.

E műveletek befejezése után mindkét frakciót külön-külön tiszta, az előzővel megegyező fajsúlyú benzol-széntetraklorid elegyben szuszpendáltam, majd centrifugáltam. Ekkor újabb kis mennyiségű anyag megy át egyik frakcióból

a másikba. Erre a másodszeri elválasztásra részben a frakciók élesebb elkülönítése céljából van szükség, de fontos ez a további zsirtalanítás miatt is. Az utánőrlés következtében ugyanis felszínre kerülnek a liszt szemcsék olyan részei, amelyek az előző zsirtalanítás alkalmával csak nehezen voltak az oldószer szempontjából hozzáférhetőek, s ezekből a zsír most a benzol-széntetraklorid elegybe oldódik ki. A másodszeri elválasztás alkalmával tehát tovább csökkenthetjük a frakciók zsírszerű anyagainak a mennyiségét is.

A lisztfrakciók elválasztása és szárítása után fehérjetartalmukat *Kjeldahl* módszerével határoztam meg.

Vizsgálati eredmények és értékelésük

1. A fajsúly szerint szétválasztott búzalisztfrakciók mennyiségének és fehérjetartalmának változása az utánőrlés idejének függvényében

Kísérleteim során az általában szokásos és leírt módszertől eltérően az 1,37-es fajsúlynál nehezebb frakciót további két részre választottam szét 1,46-os fajsúlyú benzol-széntetraklorid elegy segítségével. A rendelkezésemre álló irodalmi adatok szerint ugyanis nem mindegyik keményítő szemcséhez tapad fehérje (1). Vannak tehát a lisztben tapadó fehérjétől mentes, *szabad* keményítő szemcsék is. Az volt a célom, hogy ezeket a szabad keményítő részecskéket elválasszam a többi frakciótól, s ezáltal fehérjében dúsabb, tisztább anyagrészeket kapok.

A felhasznált 1966-os évjáratú BFF 55 minőségű lisztet előzetesen részlegesen zsirtalanítottam, majd az egyes liszt adagokat 10, 30, 50, 100, ill. 200 óráig vibrációs golyósmalomban tovább őrltem. A 10 óráig utánőrlött búzalisztból 2,5%, a 30 óráig törtetett lisztből pedig 3,3% 1,37-nél könnyebb fajsúlyú frakciót tudtam elkülöníteni, amelyek fehérjetartalma 62, ill. 81% volt. Mivel az utánőrlés ezen kezdeti szakaszában mind a frakció mennyisége, mind pedig fehérjetartalma gyorsan változik, azért a továbbiakban ilyen rövid ideig utánőrlött liszttekkel az elválasztás szempontjából nem foglalkoztam.

Az 50, 100 és 200 óráig utánőrlött lisztet az előzőekben említett két különböző fajsúlyú eleggyel három-három frakcióra bontottam. Az így kapott kilenc frakciónak mértem a súlyát és meghatároztam az egyes frakciók fehérjetartalmát, amit a szárazanyag %-ában tüntettem fel. A lisztnek nedvességtartalma elválasztás és levegőn történő szárítás után általában 10% körüli érték volt.

Vizsgálataim eredményeit az 1. táblázatban foglaltam össze. A táblázatból látható, hogy az egyes lisztfrakciók mennyiségei az utánőrlés folyamán, az utánőrlési idő függvényében végig változtak. Csupán az 1,30-tól 1,37-es fajsúlyig terjedő frakcióról lehet megállapítani, hogy 100 óras utánőrlést követően a meny-

1. táblázat

Szedimentálással elválasztott lisztfrakciók mennyisége és fehérjetartalma az utánőrlési idő függvényében

Fajsúly határok	Lisztfrakciók mennyisége %-ban			Frakciók fehérjetartalma a szárazanyag %-ában			Össz. fehérje megoszlása %-ban		
	Az utánőrlés ideje órában								
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
1,30–1,37	4,0	5,7	6	92,0	87,0	83,0	31	42	42
1,37–1,46	7,5	17,5	32	31,0	17,4	11,8	20	26	32
1,46–1,48	88,5	76,8	61	6,5	4,9	5,0	49	32	26

nyisége már nem változott lényegesen, ellentétben a középső frakcióval, amely mindegyik aprítási időnövelés után közelítőleg a kétszeresére szaporodott fel.

Az egyes frakciók fehérjetartalmát tekintve megállapítható, hogy a legkisebb fajsúlyú rész fehérjetartalma végig csökkent. Különösen figyelemre méltó a 100 és 200 óráig utánőrlött frakciók közötti különbség. A 100 óráig aprított lisztnél 0,3% mennyiségi növekedés mellett 4% fehérjetartalom csökkenés mutatkozik. Ugyanakkor ez a rész mindkét esetben az összes fehérjének változatlanul 42%-át foglalja magában. Tehát a 100 órán túl történő utánőrlés ezen frakció szempontjából káros, mert további fehérje feldúsulás már nem következik be.

A legnagyobb fajsúlyú rész %-os fehérjetartalma 100 óra után lényegesen nem változott. Végig csökkent viszont a frakció mennyisége. Ez a csökkenés a fehérjedús anyagrészeccék eltávozását jelenti, mert mint látható, 50 óras utánőrlés után az összes fehérjének még majdnem a felét, viszont 200 óras törtetés után már csak kb. negyedrészt tartalmazza.

A középső, 1,37-től 1,46-os fajsúlyig terjedő frakció fehérjetartalma végig gyorsan csökkent, a liszt mennyisége és ezzel együtt az összes fehérjéből megtartott mennyiség is állandóan és jelentős mértékben növekedett.

Mindezeket egybevetve a számok azt mutatják, hogy fehérje feldúsulás a 100 óras utánőrlést követően a legkisebb fajsúlyú frakcióban már nem volt. Ez a frakció ezután már csak keményítőrésszel gyarapodott. A legnehezebb fajsúlyú frakcióból viszont az 50 és 100 óra közötti utánőrlési időben az összes lisztnek közel 12%-a ment át a középső frakcióba, melynek átlag 17% volt a fehérjetartalma. A 100 és 200 óra közötti időben ugyanezen az úton csak egy 4,5% fehérjetartalmú, az összes lisztnek mintegy 16%-át kitevő mennyiség ment át.

2. táblázat

Szedimentálással előállított lisztfrakciók néhány jellemzője

Elválasztó elegy fajsúlya	Lisztfrakciók mennyisége %-ban			Frakciók fehérjetartalma a szárazanyag %-ában			Össz. fehérje megoszlása %-ban		
	Az utánőrlés ideje órában								
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
	A kisebb fajsúlyú részben								
1,37	4,0	5,7	6	92	87,0	83	31	42	42
1,46	11,5	23,2	38	52	34,5	23	51	68	74
	A nagyobb fajsúlyú részben								
1,37	96,0	94,3	93	8,4	7,1	7,4	69	58	58
1,46	88,5	76,8	61	6,5	4,9	5,0	49	32	26

A 2. táblázat arra ad választ, hogy milyen mennyiségű és fehérjetartalmú lisztfrakciókat kapunk abban az esetben, ha a lisztet egy 1,37-es, vagy pedig egy 1,46-os fajsúlyú szedimentáló eleggyel csupán két részre választjuk szét.

Ilyen ábrázolásban figyelmet érdemel az az elválasztási mód, amikor a lisztet 1,46-os fajsúlyú eleggyel választjuk két részre és a kisebb fajsúlyú részt vizsgáljuk. Látható, hogy mennyisége az utánőrlési idő függvényében 11,5%-tól 38%-ig növekszik. Ezen idő alatt fehérjetartalma 52%-ról 23%-ra csökken, viszont 50 óras törtetés esetén az összes fehérjéből 51%-ot, 200 óra után pedig már 74%-ot különíthetünk így el.

1,37-es fajsúlyú szedimentáló eleggyel előállított lisztfrakciók néhány jellemzője

Liszt fajsúlya	Lisztfrakciók mennyisége %-ban			Frakciók fehérjetartalma a szárazanyag %-ában			Összes fehérje megoszlása %-ban		
	Az utánőrlés ideje órában								
	50	100	200	50	100	209	50	100	200
1,37	4	5,7	6	92,0	87,0	83,0	31	42	42
1,37	96	94,3	93	8,4	7,1	7,4	69	58	58

A 3. táblázatban olyan elválasztás eredményeit tüntettem fel, mely a Hess által megjelölt fajsúlyú frakcióból áll. A táblázat szerint az 50 órás utánőrlést követően a köztes fehérjét tartalmazó frakció 92%-os fehérjetartalommal az összes fehérje 31%-át, 200 órás törtetés után pedig 83%-os fehérjetartalommal az összes fehérje 42%-át tartalmazza. Ugyanígy a tapadó fehérjét tartalmazó rész 50 óra után 4,8%-os fehérjetartalmú és az összes fehérje 69%-át, 200 óra után pedig 7,4%-os fehérjetartalmú és az összes fehérje 58%-át képviseli. 100 óráig tartó utánőrlést követően a két frakció között fehérjeátmenet már nincs.

Hess megállapítása szerint a köztes fehérje mennyisége az összes fehérjének 25,9%-a, míg a tapadó fehérje az összesnek 74,1%-át teszi ki. Kísérleteim igazolják, hogy a köztes és tapadó fehérjék közötti arányra vonatkozó megállapítás nem általánosítható, és vitatható, hogy megfelelően lett-e meghatározva az 1,37-es fajsúlyhatár. Utánőrlési folyamatokat, azok idejét összehasonlítni nehéz, de figyelmet érdemel az a tény, hogy vizsgálataim során a 100 órás törtetés követően szűnt meg a „fehérjevándorlás” a két frakció között és ekkor a köztes és tapadó fehérjék aránya 42/58 volt. Ez arra mutat, hogy a Hess részéről közölt adatok nem általánosíthatók és csak relatív jelentőségűek.

2. Búzasziszta fajsúly szerinti finom frakcionálása

Jelenlegi ismereteink szerint nem bizonyított, hogy a Hess vizsgálataiban során elválasztott fehérjék, a köztes és tapadó fehérje két élesen elválasztható fehérjekomplexet jelentenek. Nem bizonyítja ezt az sem, hogy az általa kapott két frakció tulajdonságai részben eltérnek egymástól, mert feltételezhető, hogy egységesebb frakciók esetén még élesebb tulajdonságbeli eltéréseket tapasztalhatnánk.

Morfológiai szempontból ilyen mennyiségi arányokat tekintve a búzaszemben nincs és nem is lehet éles határvonal a feltételezett kétféle fehérje között. Legkésőbb a búzaszem érésekor, száradásakor a fehérjék szorosan egymáshoz tapadnak, a fehérjeláncok összefonódhatnak. Ezek szerint bizonyosra vehető, hogy a köztes fehérjék közé jelentős mennyiségű tapadó fehérje kerül és fordítva. Nagyon valószínű, hogy az átmenet folytonos, éles határ nélküli. Az újabb elektronmikroszkópos vizsgálatok ezt a feltételezést alá is támasztják (14, 15).

E problémát illetően közelebb kerülnek a megoldáshoz, ha az utánőrlött lisztek szűk fajsúlyhatárú frakciókra bontjuk és a kis fajsúly-intervallumba tartozó frakciók jellemzőit vizsgáljuk.

Ez az elgondolás vezetett a következő kísérlethez: 50 óráig utánőrlött BL 55 (1963) minőségű lisztet 14 frakcióra bontottam, meghatároztam az egyes frakciók mennyiségét és fehérjetartalmát.

Mint az előző kísérlet eredményei mutatják, fajsúly szerint történő elválasztás során a liszt túlnyomó része az 1,46–1,48 fajsúlyú tartományba esik.

Tekintettel arra, hogy olyan mennyiségű frakciókat akartam nyerni, amelyekből később különböző vizsgálatokat is elvégezhetnek, kísérleteimhez 20 kg lisztet dolgoztam fel.

Az elválasztások során e kísérletnél még jobban ügyeltem arra, hogy az elválasztó elegy hőmérséklete a művelet ideje alatt állandó maradjon, hiszen kis fajsúlyváltozás is jelentős mértékben megváltoztatja egy-egy frakció mennyiségét, összetételét és ezzel együtt egyéb jellemzőit is. Az elválasztást igyekeztem élesebbé tenni azáltal is, hogy – nem számítva az egymást követő ülepítések között az anyagrészek felkeverését – ellentétben az előző kétszeri, új szedimentáló elegyben történő ülepítéssel, ennél azt 3–4-szer ismételt meg.

4. táblázat

A fajsúly szerint elválasztott 14 lisztfrakció néhány jellemzője

Fajsúlyhatárok	Lisztfrakciók mennyisége %-ban	Fehérje- tartalom a szárazanyag %-ában	Összes fehérje megoszlása %-ban
1,30–1,31	1,35	93,9	12,4
1,31–1,32	0,51	93,9	4,6
1,32–1,33	0,41	89,5	3,6
1,33–1,34	0,63	87,6	5,4
1,34–1,35	0,26	81,3	2,0
1,35–1,36	0,34	75,7	2,5
1,36–1,37	0,12	66,6	0,6
1,37–1,38	0,13	52,0	0,7
1,38–1,39	0,20	51,4	1,0
1,39–1,40	0,40	49,6	1,9
1,40–1,42	0,85	48,6	4,1
1,42–1,44	2,14	30,9	6,4
1,44–1,46	3,76	16,4	6,0
1,46–1,48	88,90	5,7	48,8

Kísérleteim eredményeit a 4. táblázatban összesítettem. Ezek az adatok mutatják, hogy az első, legkisebb fajsúlyú frakció aránylag nagy. Ezt követően a lisztfrakciók mennyisége kisebb-nagyobb ingadozásokkal az 1,37-es fajsúlyig fokozatosan csökken, e fajsúlyértéktől kezdve pedig először kisebb, majd mind nagyobb mértékben növekszik.

Az összes fehérjetartalom egyes frakciók szerinti megoszlásának lényegében hasonló a tendenciája, mint a lisztek mennyiségének. Mindkét szempontból az 1,46–1,48 fajsúlyú tartományban ugrásszerű növekedés van.

A lisztek %-os fehérjetartalma az első két frakció után mind gyorsabban csökken, de az 1,37 és 1,42 fajsúlyhatárok között alig változik. Ezt követően a csökkenés nagyjából egyenletes.

Mielőtt ezekből az adatokból bármilyen következtetést is vonnék le, néhány dologra ki kell térnem. Először is nem valószínű, hogy a köztes és tapadó fehérjék fajsúlya között akár a legcsekélyebb eltérés is lehetséges. A frakciók fajsúlyát – a kevésbé jelentős egyéb anyagoktól eltekintve – kizárólag a fehérjekeményítő arány határozza meg.

Egyszerű jódreakció segítségével megvizsgáltam az első két frakciót keményítőre is. Az első frakcióból keményítő így nem mutatható ki, a második frakcióban pedig csak igen kismennyiség, mondhatni; nyomokban található. Mint a későbbi vizsgálatok kiderítették, e két frakció – egyéb kis mennyiségű anyagokat nem tekintve – a fehérjéken kívül csak kis molekulású keményítő-bomlástermékeket tartalmaz, melyek a degradáció következtében jöttek létre. A jódreakció ezért negatív.

A kísérleteim során nyert adatokból csupán az egyes lisztfrakciók mennyiségét tekintve, igazolva látszik Hess-nek az a – nyilván tapasztalatain alapuló – elgondolása, hogy a liszteket 1,37-es fajsúly körüli értéknél kell kétfelé választani, hiszen az 1,36–1,38 közötti fajsúlyú frakciók mennyisége a legkisebb. Mondhatnánk, hogy a liszt valahol e fajsúly értékek körül természetétől fogva két részre oszlik.

Nem elég azonban csupán a lisztfrakciók mennyiségének a figyelembevétele ahhoz, hogy megállapítsuk, mely fajsúlytartományokban helyezkednek el a köztes és melyekben a tapadó fehérjék.

Az egyes lisztszemcsék a fehérjéket és a keményítőt négyféle összetételben tartalmazhatják. Egy-egy szemcse állhat tisztán csak keményítőből, vagy tisztán csak köztes fehérjéből. Lehet egy szemcse keményítő és az ahhoz kötődött tapadó fehérje, végül pedig lehet, hogy ez utóbbihoz még köztes fehérje is tapad. Egymagában nem lehet tapadó fehérje és olyan részecske sem létezhet, amely keményítőből és hozzá tapadó köztes fehérjéből áll.

Ezeket a részecskéket növekvő fajsúly szerint a következők sorrendben lehet felírni:

köztes fehérje < keményítőből, tapadó fehérjéből és köztes fehérjéből álló részecske < keményítőből és tapadó fehérjéből álló szemcse < keményítő részecskék.

Mindezek alapján az egyes lisztfrakciók összetételére a következő magyarázatot lehet adni:

Az 1,30-tól 1,32-es fajsúlyig terjedő frakciók gyakorlatilag tiszta fehérjéből állnak, fajsúlyuk a legkisebb, ezek tehát tiszta köztes fehérjék.

Az ezután következő 1,37-es fajsúlyig terjedő frakciók szemcséinek összetétele minden bizonnyal keményítő, tapadó és köztes fehérje együtt.

Az egyes frakciók mennyisége és %-os fehérjetartalma is a növekvő fajsúly irányában állandóan csökken. Ez azért van, mert a szemcsékhez tartozó köztes fehérje mennyisége is ugyanígy csökken.

Az 1,37–1,42 fajsúlyhatárok között a %-os fehérjetartalom közel állandó. E frakciókban levő részecskék valószínűleg keményítőből és azok felületéhez kötődő tapadó fehérjéből állnak. A kisebb fajsúlyú frakciók szemcséi kisebbek, a nagyobb fajsúlyúaké nagyobbak. A két fajsúlyhatár közötti 3,4%-os fehérjetartalom különbség abból adódik, hogy a kisebb keményítő szemcsék fajlagos felülete nagyobb, azokhoz tehát több fehérje tapad és így fajsúlyuk is kisebb. A nagyobb keményítő szemcsékre ugyanez mondható fordítva, tehát fajlagos felületük kisebb és ezért a hozzájuk tapadó viszonylag kevesebb fehérje nagyobb fajsúlyt biztosít.

Az 1,42-es fajsúlyértéktől felfelé mind több szabad keményítő van jelen a frakciókban.

Összefoglalva tehát, tiszta köztes fehérjét tartalmaz az 1,30-tól 1,32 fajsúlyig terjedő rész, tapadó fehérjét pedig az 1,37 feletti fajsúlyú frakciók. A tapadó fehérjét tartalmazó frakciók legértékesebb része az 1,37-től 1,42-es fajsúlyig terjedő, mivel ez van legkevésbé szennyezve keményítővel.

Az általam megadott fajsúlyhatárok, ill. fajsúlyértékek éles határt az egyes frakciók között természetesen nem jelentenek. Bizonyos intervallumra jellemző lisztfrakciókból a szomszédos tartományban is találhatóak. Ez a nem eléggé tökéletes elválasztás következménye, amelyet kiküszöbölni igen nehéz.

Az 5. táblázat választ ad arra, hogy milyen mennyiségű és összetételű lisztet kapunk akkor, ha tetszőleges fajsúlynál választjuk a kiindulási lisztet két frakcióra. Érdekes itt csupán azt megemlíteni, hogy ha 1,46-os fajsúlyú eleggyel választjuk szét a lisztet, akkor is az összes lisztnak mintegy 11%-ában közel 50%-os fehérjetartalmú frakciót nyerünk. Egy ilyen dúsított frakció fehérjevizsgálatokra igen alkalmas lehet.

Különböző fajsúlyú szedimentáló eleggyel elválasztható
lisztfrakciók néhány jellemzője

Elválasztó elegy fs-a	Lisztfrakciók mennyisége %-ban	Fehérje- tartalom a szárazanyag %-ában	Össz. fehérje megoszlása %-ban
A kisebb fajsúlyú részben:			
1,31	1,35	93,9	12,4
1,32	1,86	93,9	17,0
1,33	2,27	93,1	20,6
1,34	2,90	92,0	26,0
1,35	3,16	91,1	28,0
1,36	3,50	89,6	30,5
1,37	3,62	88,8	31,1
1,38	3,75	87,5	31,8
1,39	3,95	85,7	32,8
1,40	4,35	82,4	34,7
1,42	5,20	76,9	38,8
1,44	7,34	63,5	45,2
1,46	11,10	47,5	51,2
A nagyobb fajsúlyú részben:			
1,31	98,65	9,2	87,6
1,32	98,14	8,7	83,0
1,33	97,73	8,4	79,4
1,34	97,10	7,9	74,0
1,35	96,84	7,7	72,0
1,36	96,50	7,5	69,5
1,37	96,38	7,4	68,9
1,38	96,25	7,3	68,2
1,39	96,05	7,2	67,2
1,40	95,65	7,0	65,3
1,42	94,80	6,7	61,2
1,44	92,66	6,1	54,8
1,46	88,90	5,7	48,8

3. Köztes és tapadó fehérjék mennyisége az elválasztási paraméterek
függvényében

Miután az előző fejezetben vázolt megfontolások alapján a köztes és tapadó fehérjéket tartalmazó lisztfrakciók fajsúlyhatárait más értékeknél állapítottam meg, mint azt Hess megjelölte, szükségesnek tartottam a különböző ideig utánőrölt liszteket az általam javasolt fajsúlyértékeknél is elválasztani.

A 6. táblázatban ennek az elválasztásnak az eredményeit tüntettem fel. A köztes fehérjét tartalmazó 1,30–1,32 fajsúlyhatárok közötti frakció mennyisége az 50-től 200 óráig tartó utánőrlés több mint másfélszeresére növekedett, %-os fehérjetartalma viszont csak 1%-kal csökkent. Ugyanakkor a köztes fehérje mennyisége a kezdeti 17%-ról 25,7%-ra gyarapodott. Ez ellentmond annak az előzőekben leírt megállapításomnak, mely szerint ilyen körülmények között végezve az utánőrlést, arra 100 óra elegendő. Igaz, hogy a tapadó fehérjét tartalmazó frakció 100 óras kezelés után már nem változott, de az 1,30–1,32 és az 1,32–1,37 fajsúlyú tartományok között még ezt követően is igen intenzív volt a fehérjeátmenet és nem is biztos, hogy 200 óras utánőrléssel az befejeződött. Mindezeket természetesen csak egy 1,37-nél kisebb

Köztes és tapadó fehérjék mennyisége
az utánőrlési idő függvényében

Utánőrlési idő órában	Lisztfrakciók mennyisége %-ban	Fehérje-tartalom a szárazanyag %-ában	Össz. fehérje megoszlása %-ban
Köztes fehérjét tartalmazó 1,30 – 1,32 fs-ű frakció			
50	2,0	93,9	17,0
100	2,6	93,6	21,0
200	3,3	92,9	25,7
1,32 – 1,37 fs-ű átmeneti tartomány			
50	2,0	90,0	14,1
100	3,0	81,0	21,0
200	2,7	71,0	16,3
Tapadó fehérjét tartalmazó 1,37 – 1,48 fs-ű frakció			
50	96,0	8,4	69,0
100	94,3	7,2	58,0
200	93,0	7,3	58,0

– jelenleg 1,32-es – fajsúlyú szedimentáló eleggyel történő elválasztás fedhette fel, ill. tehette szemléletessé.

Mint a táblázatból látható, ilyen elválasztással 25,7% köztes fehérjét és 58% tapadó fehérjét kaptam. Ez a köztes fehérje mennyiség igen közel van a Hess által megadott 25,9%-os értékhez. A tapadó fehérje mennyisége viszont nálam 16,1%-kal kevesebb. Az átmeneti tartományban levő 16,3% fehérjének tehát tapadó fehérjének kellene lennie, amennyiben Hess megállapításait elfogadjuk. Az átmeneti tartományban levő fehérje jelentős része viszont *nem lehet tapadó fehérje*. E frakció fehérjetartalma igen nagy, 71%. Teljesen kizárt, hogy 200 óras utánőrlést követően egy lisztfrakció ilyen nagy mennyiségben tartalmazza a tapadó fehérjéket. Az átmeneti frakcióban bizonyára olyan keményítő szemcsék vannak, melyek a tapadó és köztes fehérjét egyaránt tartalmazzák, mégpedig olyan erős „kötésben”, mely kötés feloldására még ilyen agresszív fizikai hatás sem jár eredménnyel.

Ezek az eredmények és következtetések azt bizonyítják, hogy a Hess által megadott 25,9/74,1 köztes-tapadó fehérje arány semmi esetre sem lehet általános. Valószínű, hogy búzafajtánként változik, függ az utánőrlés mértékétől, valamint attól, hogy a kettő közötti fajsúlyhatárt hol választjuk meg. Vizsgálataim arra mutatnak, hogy az 1,37-es fajsúlyhatár nem fogadható el. A köztes fehérjét tartalmazó frakciók keményítőt nem tartalmazhatnak. A keményítő jelenléte feltételezi a tapadó fehérje jelenlétét is. Kísérleteim során tiszta fehérjét csak az 1,30 – 1,32 közötti fajsúlyú frakciók tartalmaznak. Ezek mennyisége 200 óras utánőrlést követően már 25,7%. Véleményem szerint teljesen kizárt, hogy a többi, 1,32 – 1,48 fajsúlyú frakciók csak tapadó fehérjét tartalmazzanak. Ennek ellentmond az, hogy a fajsúly két szélső értéke, valamint az ezen belül levő frakciók fehérjetartalma között igen nagy különbségek vannak. Ha elfogadjuk azt a megállapítást, hogy a tapadó fehérje a keményítőszemcsét hálószerűen vonja be, akkor a tapadó fehérjét tartalmazó frakciók fehérjetartalma nem lehet nagy. Mindezeket figyelembevéve, a kétféle fehérje mennyisége nem felelhet meg a fentebb említett arányoknak.

- (1) *Lelley J., Mándy Gy.*: A búza. Budapest, 1963.
- (2) *Jones, R. W., Dimler, R. J.*: *Cer. Chem.* 39, 336, 1962.
- (3) *Baudet, J., Bourdet, A.*: *Ind. Aliment. Agr.* 83, 537, 1966.
- (4) *Audidier, Y., Seince, Y.*: *Ind. Aliment. Agr.* 83, 529, 1966.
- (5) *Hess, K.*: III. Mezőnagrodnuj hlebnuj kongressz. Moszkva, 1958
- (6) *Hess, K., Hall, K.*: *Mikroskopie* 9, 81, 1954.
- (7) *Hess, K.*: *Kolloid Zeitschr.* 136, 96, 1954.
- (8) *Hess, K., Hille, E.*: *ZLUF* 115, 221, 1961.
- (9) *Rékasi T.*: *Sütőipar* 15, 36, 1968.
- (10) *Kozmina, N. P., Butman, L. A., Iljina, V. N., Naumova, A. T.*: *Trudü VNIIZ XXXVII.* 301. old. Moszkva, 1960.
- (11) *Seckinger, H. L., Wolf, M. J.*: *Cer. Chem.* 44, 559, 1967.
- (12) *Lásztity R., Nedelkovits J., Varga J., Rékasi T.*: *BME Tud. Ülésszak* 2, 234, 1967.
- (13) *Rékasi T.*: *Doktori értekezés.* Budapest, 1969.
- (14) *Skvarkina, T. J., Ivanova, E. A.*: *Hlebopek. i Kond. Prom.* 8, 3. old. 1964.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫДЕЛИМЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ И ВЯЖУЩИХ БЕЛКОВ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМОЛА

Т. Рекаши

Автор разделение пшеничной муки по фракциям осуществлял методом седиментации, при котором перемаливал муку в течении 50, 100, 200 часов. Муку при обычных величинах удельного веса (1,37) разделил на две части и установил, что для разделения промежуточных и вяжущих белков достаточно проводить перемол муки в течении 100 часов. Данные сообщенные со стороны Хесса о пропорциях промежуточных и вяжущих белков, не обобщимы.

Разделением пшеничной муки на 14 фракций по удельному весу определил, что эти два белка даже и после 200 часового перемола вполне не изолируемы друг от друга.

Предел удельного веса 1,37 не вполне соответствует разделению этих двух типов белков, так как относительно чистые промежуточные белки содержат только фракции с удельным весом 1,30 по 1,32.

QUANTITATIVE ÄNDERUNGEN DER EXTRAHIERBAREN DAZWISCHENLIEGENDEN UND ANHAFTENDEN PROTEINE VON WEIZENMEHL ALS FUNKTION DER NACHMAHLUNGSPARAMETER

Т. Рёкаси

Verfasser trennte 50, 100 und 200 Stunden lang nachgemahlte Weizenmehle mittels Sedimentationsverfahren auf Fraktionen nach spezifischem Gewichte.

Nachdem die Mehle bei dem üblichen spezifischen Gewicht von 1,37 auf zwei Teile getrennt wurden, stellte er fest, dass zwecks Trennung der dazwischenliegenden und anhaftenden Proteine eine 100 stündige Nachmahlung genügt. Die für das Verhältnis der dazwischenliegenden und anhaftenden Eiweißstoffe von Hess mitgeteilten Angaben können jedoch nicht verallgemeinert werden.

Durch Trennung des Weizenmehls in 14 Fraktionen nach spezifischem Gewicht stellte er fest, dass die zweierlei Proteine selbst noch nach 200 stündigem Nachmahlen voneinander nicht vollkommen isolierbar sind. Die spezifische Gewichtsgrenze 1,37 eignet sich nicht ganz für die Trennung der zweierlei Proteine, da nur die Fraktionen vom spezifischen Gewicht 1,30–1,32 verhältnismässig reines, dazwischenliegendes Protein enthalten.

STUDY OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WHEAT FLOUR FRACTIONS SEPARATED ACCORDING TO SPECIFIC WEIGHT

T. Rékasi

Wheat flour samples ground for 50, 100 and 200 hours in a laboratory ball mill were separated by a sedimentation procedure into fractions according to specific weight.

Separating the flour samples into two parts at the usual specific weight value of 1,37, a 100 hour aftergrinding was found sufficient to separate the interfacial and adherent proteins. However, the data of Hess as to the ratio of the interfacial and adherent proteins cannot be generalized.

A separation of wheat flour into 14 fractions according to specific weight proved that these two kinds of proteins could not be completely separated even after 200 hours of grinding. The specific weight limit of 1,37 is not quite suitable for separating these two types of proteins, since relatively pure interfacial protein is to be found only in the fractions of specific weight values between 1,30 and 1,32.

ETUDE DE QUELQUES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES FRACTIONS DE LA FARINE DE FROMENT SÉPARÉES SELON LE POIDS SPÉCIFIQUE

T. Rékasi

Des échantillons de farine de froment moulus dans un moulin à billes pendant 50, 100 et 200 heures respectivement ont été séparés par un procédé de sédimentation en fractions selon le poids spécifique.

En séparant les farines en deux groupes à partir du poids spécifique de 1,37, l'auteur a trouvé qu'une mouture secondaire de 100 heures était suffisante pour séparer les protéines interfaciales et adhérentes. Les données publiées par Hess quant à la proportion des protéines interfaciales et adhérentes ne peuvent, cependant, pas être généralisées.

En séparant la farine de froment en 14 fractions selon le poids spécifique, on a établi que les deux espèces de protéines ne se font pas isoler complètement même après une mouture secondaire de 200 heures. La valeur limite de 1,37 du poids spécifique ne se prête pas tout à fait à la séparation des deux types de protéines, étant donné, que ce ne sont que les fractions du poids spécifique entre 1,30 et 1,32 qui contiennent de la protéine interfaciale relativement pure.