

Utjecaj različitih vrsta žitarica i količine dodane vode u procesu ekstruzije na strukturu žitarica za doručak

M. Jukić^{1*}, Žaneta Ugarčić-Hardi¹, Daliborka Koceva Komlenić¹,
Zrinka Gorički², Anđa Kuleš¹

¹Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska;

²Podravka d.d., A. Starčevića 32, 48000 Koprivnica, Hrvatska

originalni znanstveni rad

Sažetak

U radu je ispitan utjecaj dodatka pšeničnog, kukuruznog i rižinog brašna te različite količine dodane vode (21 %, 23 % i 27 %) u procesu ekstruzije na strukturu ekstrudiranih žitarica za doručak. Uzorci su pripremljeni sa i bez slatkog premaza. Teksturalna svojstva suhih ekstrudiranih kuglica i kuglica pripremljenih kao obrok s mlijekom ispitana su pomoću senzorskih metoda i instrumentalno pomoću analizatora teksture TA.XT Plus. Weibullova jednadžba se koristila za nelinearnu regresijsku analizu eksperimentalnih podataka za apsorpciju mlijeka i promjenu hrskavosti u pripremljenom obroku tijekom vremena. Hrskavost suhih ekstrudiranih uzoraka bez premaza je bila mnogo veća od hrskavosti uzoraka s premazom. Najveću hrskavost imali su uzorci od čiste pšenične krupice i brašna, a najmanju, uzorci od mješavine pšenične krupice i kukuruznog brašna. Povećanjem količine dodane vode u procesu ekstruzije smanjivala se hrskavost gotovog proizvoda. Sposobnost apsorpcije mlijeka i gubitak hrskavosti u obroku s mlijekom bili su mnogo jače izraženi i brži kod uzoraka bez premaza u odnosu na uzorke s premazom.

Ključne riječi: ekstrudirane žitarice za doručak, teksturalna svojstva, hrskavost, apsorpcija mlijeka

Uvod

Žitarice kao što su kukuruz, zob, pšenica, riža i ječam predstavljaju najznačajnije i najzastupljenije sirovine u proizvodnji ekstrudiranih proizvoda. Svim navedenim sirovinama je zajedničko da u svom sastavu imaju velike količine škroba koji tijekom procesa ekstruzije značajno mijenja svoja svojstva i tako utječe na kakvoću i teksturu gotovog proizvoda (Faller i sur., 2000). Ekstrudirane žitarice za doručak se najčešće konzumiraju kao obrok pripremljen s mlijekom. S vremenom proizvod gubi svoju početnu hrskavost upijajući vodu iz mlijeka. Upravo su gubitak početne hrskavosti nakon umakanja u mlijeko, kao i sposobnost proizvoda da je zadrži što je moguće duže vremena, svojstva koja se često ispituju u svrhu određivanja teksturalne kvalitete žitarica za doručak (Loh i Mannell, 1990). Gubitak hrskavosti kod ekstrudiranih žitarica za doručak pripremljenih s mlijekom može se opisati kao brz neuravnotežen dvosmjerni prijenos mase, gdje se dio sastojaka s površine proizvoda otapa u mlijeku, a dio vode iz mlijeka prodire u unutrašnjost proizvoda. Poželjno svojstvo žitarica za doručak je što duže zadržavanje hrskavosti nakon što se proizvod prelije s mlijekom (Machado i sur., 1999). Senzorski, hrskavost je povezana s percepcijom višestrukog

uzastopnog i brzog lomljenja proizvoda uslijed upotrebe sile tijekom žvakanja. Osjet se stvara u ustima tijekom promjena mehaničke sile, kao i u ušima zbog detekcije zvuka koji nastaje. Hrskavost se osim senzorskim metodama može mjeriti i instrumentalno. Instrumentalne tehnike u odnosu na senzorske metode su objektivnije, daju točne nedvosmislene vrijednosti, ponovljive su i ekonomičnije (Gregson i Lee, 2003). U literaturi se često može naći da se hrskavost proizvoda i promjena hrskavosti obroka mjeri uz pomoć analizatora teksture i to na način da se očitava iz dobivenih rezultata pomoću broja pikova na krivulji ovisnosti sile o vremenu kompresije ekstrudiranih proizvoda. Machado i sur. (1997), a kasnije i Gregson i Lee (2003) su uspješno koristili Weibullovo model vjerojatnosti za opisivanje procesa gubitka hrskavosti ekstrudiranih proizvoda tijekom umakanja u mlijeko. Budući da vrsta i sastav sirovina za proizvodnju žitarica za doručak, kao i procesni parametri prema kojima se provodi ekstruzija, uvelike utječu na kvalitetu gotovog proizvoda, u radu je ispitan utjecaj dodatka pšeničnog, kukuruznog i rižinog brašna te različite količine dodane vode u procesu ekstruzije na strukturu ekstrudiranih žitarica za doručak.

*Corresponding author: University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Croatia; marko.jukic@ptfos.hr

Materijali i metode

U ovom radu korištene su sljedeće sirovine za proizvodnju ekstrudiranih kuglica:

- *Sirovine za suhe smjese:* pšenična krupica (iz žetve 2008. godine, proizvođača Podravka d.d.), pšenično brašno tip 400 oštro (iz žetve 2008. godine, proizvođača Podravka d.d.), kukuruzno brašno (iz žetve 2008. godine, proizvođača Podravka d.d.), rižino brašno (iz žetve 2008. godine, proizvođača Remy Industries n.v.), šećer, kakaov prah, kalcij karbonat, kuhinjska sol, željezo pirofosfat;
- *Sirovine za slatki premaz:* voda, šećer, glukoza, kakaov prah, biljna mast, vitaminska smjesa (vitamin C, niacin, pantotenska kiselina, vitamin B6, vitamin B2, vitamin B1, folna kiselina, vitamin B12), vanilin i emulgator lecitin.

Proizvodnja ekstrudiranih kuglica

Proizvedene su 3 vrste ekstrudiranih kuglica. Sve suhe smjese korištene za proizvodnju sadržavale su 53 % pšenične krupice. Prvi uzorak (P1), uz pšeničnu krupicu, sadrži i pšenično brašno (suha smjesa sadržavala je 25 % pšeničnog brašna). Drugi uzorak (P2) osim pšenične krupice u svom sastavu od žitarica sadrži i rižino brašno (suha smjesa sadržavala je 25 % rižinog brašna). Treći uzorak (P3) osim pšenične krupice sadrži i kukuruzno brašno (suha smjesa sadržavala je 25 % kukuruznog brašna). Sve ostale sirovine (22 % u suhoj smjesi) bile su iste za sva tri uzorka i zastupljene u istim omjerima poznatim proizvođaču Podravka d.d.. Svi uzorci su proizvedeni pri konstantnim uvjetima ekstruzije (također poznato proizvođaču), a voda se dodavala u količini od 21 %, 23 % i 27 % računato na masu suhe smjese. Nakon ekstruzije kuglice su dosušene u bubnju za sušenje pri temperaturi od 95 °C. Dio kuglica je izuzet nakon sušenja, a prije nanošenja premaza, dok se na drugi dio dosušeni kuglica nanosio premaz. Vlažne kuglice s premazom sušene su i tostirane u bubnju za sušenje pri temperaturi od 85 °C. Proizvodnja je završena hlađenjem proizvoda na sobnu temperaturu u bubnju za hlađenje.

Ispitivanje apsorpcije mlijeka

Za potrebe određivanja kinetike apsorpcije mlijeka korištena je gravimetrijska metoda, tj. periodično određivanje mase uzoraka koji su apsorbirali mlijeko. Poznavanje mase uzorka prije i nakon apsorpcije te sadržaja suhe tvari suhog uzorka omogućilo je

izračunavanje intenziteta apsorpcije. Suha tvar, odnosno udio vode, u uzorcima ekstrudiranih kuglicama određivan je ICC (*International Association for Cereal Science and Technology*) standardnom metodom br. 110/1.

Približno 4 g ekstrudiranih kuglica je u laboratorijskoj čaši od 100 ml preliveno s 40 ml mlijeka sobne temperature (s 2,5 % mliječne masti). Za svaki uzorak je pripremljeno 10 čaša čiji sadržaj je procijeden kroz cjedilo svake minute od 1 do 5 min i nakon 10, 15, 20, 25 i 30 minuta apsorpcije. Ocijedeni uzorak se nakon toga vagao, a ispitivanja su provedena u tri ponavljanja. Iz dobivenih podataka se izračunavala količina apsorbiranog mlijeka *A* prema sljedećoj formuli:

$$A = (m_{\text{ocijedeni uzorak}} - m_{\text{suha tvar uzorka}}) / m_{\text{suha tvar uzorka}} [g/g \text{ s.t.}] \quad (1)$$

Ispitivanje hrskavosti ekstrudiranih kuglica

Za određivanje hrskavosti ekstrudiranih kuglica koristio se uređaj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Velika Britanija), a dobiveni podaci su analizirani s Texture Exponent 32 softverom (verzija 3.0.5.0.). Približno 10 g ekstrudiranih kuglica je preliveno sa 100 ml mlijeka sobne temperature (23 °C, 2,5 % mliječne masti). Pojedinačne kuglice su vadene svake minute od 0 do 15 min i nakon 20, 25 i 30 minuta apsorpcije te podvrgavane kompresiji cilindričnim nastavkom P/36R promjera 36 mm prema sljedećim parametrima: kalibracija visine 20 mm, brzina prije mjerenja: 1 mm/s, brzina mjerenja 1 mm/s, brzina nakon mjerenja 10 mm/s, dubina prodiranja cilindra 8 mm (80 %), potrebna sila za početni signal 5 g. Računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema parametrima podešenim prije eksperimenta. Iz dobivenih rezultata se očitava hrskavost koju predstavlja broj pikova koji se pojavljuju na krivulji ovisnosti sile o vremenu kompresije. Sva ispitivanja su provedena u pet ponavljanja za svako vremensko razdoblje apsorpcije mlijeka.

Senzorska analiza

Za senzorsku analizu ekstrudiranih kuglica korištena je metoda profila tekture, a proveo ju je panel od deset iskusnih ispitivača. Svaki ocjenitelj je kod ocjenjivanja dobio uzorke ekstrudiranih kuglica koje je prvo kušao suhe, a zatim je približno 20 g ekstrudiranih kuglica preliveno sa 200 ml mlijeka sobne temperature (23 °C, 2,5 % mliječne masti) i kušano kao pripremljen obrok. Ocjenjeni su hrskavost suhih kuglica i hrskavost obroka, a

intenzitet svakog ispitivanog svojstva zabilježen je na unipolarnoj linijskoj ljestvici s vrijednostima od 0 do 150 mm za svaki parametar. Dogovoreno je da se optimalna svojstva hrskavosti ekstrudata nalaze na vrijednosti od 150 mm. Na temelju dobivenih rezultata izračunata je srednja vrijednost za svako svojstvo proizvoda, a dobiveni podaci su pomoću Pearson-ove korelacijske matrice uspoređeni s podacima dobivenim analitičkim ispitivanjem apsorpcije mlijeka i instrumentalnim određivanjem hrskavosti.

Statistička obrada rezultata

Srednje vrijednosti podataka dobivenih ispitivanjem apsorpcije mlijeka i hrskavosti ekstrudiranih kuglica su obrađene pomoću Weibullovog modela (Weibull, 1951) da bi se dobili koeficijent vremena apsorpcije β_A , koeficijent tijeka apsorpcije α_A i ravnotežna vrijednost apsorpcije A_∞ te koeficijent vremena promjene hrskavosti β_H i koeficijent tijeka promjene hrskavosti α_H . Korištenjem programa Statistica 8 (StatSoft Inc.) provedena je nelinearna regresijska analiza prema jednadžbama:

APSORPCIJA

$$A_t = A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot (1 - e^{-(t/\beta_A)^{\alpha_A}}) \quad (2)$$

gdje je:

t – vrijeme (min),
 A_0 – početna vrijednost apsorpcije (g/g s.t.),
 A_∞ – ravnotežna vrijednost apsorpcije (g/g s.t.),
 A_t – vrijednost apsorpcije u vremenu t (g/g s.t.),
 β_A – koeficijent vremena apsorpcije (min),
 α_A – koeficijent tijeka apsorpcije.

Budući je početna vrijednost apsorpcije $A_0 = 0$, jednadžba (2) dobiva sljedeći izgled:

$$A_t = A_\infty \cdot (1 - e^{-(t/\beta_A)^{\alpha_A}}) \quad (3)$$

HRSKAVOST

$$H_t = H_\infty + (H_0 - H_\infty) \cdot e^{-(t/\beta_H)^{\alpha_H}} \quad (4)$$

gdje je:

t – vrijeme (min),
 H_0 – početna vrijednost hrskavosti (broj pikova),
 H_∞ – ravnotežna vrijednost hrskavosti (broj pikova),
 H_t – vrijednost hrskavosti u vremenu t (broj pikova),
 β_H – koeficijent vremena promjene hrskavosti (min),
 α_H – koeficijent tijeka promjene hrskavosti.

Budući da je pretpostavljeno da je konačna vrijednost hrskavosti $H_\infty = 0$, jednadžba (4) dobiva sljedeći izgled:

$$H_t = H_0 \cdot e^{-(t/\beta_H)^{\alpha_H}} \quad (5)$$

Za ocjenu uspješnosti aproksimacije eksperimentalnih podataka matematičkim modelom korišten je koeficijent determinacije R .

Rezultati i rasprava

Srednje vrijednosti eksperimentalnih podataka za sposobnost apsorpcije mlijeka su upotrijebljeni za provođenje nelinearne regresijske analize prema Weibullovom modelu za koji je više autora dokazalo da se njegovim korištenjem mogu dobiti vrlo dobri rezultati za opisivanje procesa apsorpcije mlijeka kod ekstrudiranih žitarica za doručak (Machado i sur., 1997; Gregson i Lee, 2003), kao i općenito za ispitivanje procesa rehidracije kod različitih osušenih proizvoda (Misra i Brooker, 1980; Lu i sur., 1994). Slika 1 prikazuje parametre izračunate prema Weibullovom modelu za apsorpciju mlijeka. Koeficijent determinacije R se kretao od 0,968-0,999 što ukazuje na vrlo dobru aproksimaciju eksperimentalnih podataka ovim modelom (Tablica 2). Vidljivo je da je apsorpcija mlijeka nakon jedne minute mnogo veća kod uzoraka ekstrudiranih kuglica bez premaza nego kod uzoraka s premazom što se i moglo očekivati jer premaz sprječava bržu apsorpciju mlijeka. Slične rezultate su dobili i Anderson i Singh (2003) koji su kao premaz koristili kukuruzni fitoglikogen. Osim toga, uzorci s premazom imaju početni sadržaj vode u prosjeku za 10-15 % veću od uzoraka bez premaza što također utječe na brzinu apsorpcije mlijeka (Tablica 1). Vrijednost apsorpcije se za uzorke bez premaza kretala od 0,58 g/g s.t. kod uzorka od mješavine pšenične krupice i rižinog brašna s udjelom vode od 27 % do 0,84 g/g s.t. kod uzorka od čiste pšenične krupice i brašna s količinom dodane vode od 21 %. Za većinu uzoraka s premazom apsorpcija se kretala u rasponu od 0,21-0,37 g/g s.t., osim za uzorak od čiste pšenične krupice i brašna s količinom dodane vode od 21 % čija je apsorpcija od 0,71 g/g s.t. uvelike odskakala od ostalih. Također se može primijetiti da uzorci od čiste pšenične krupice i brašna pokazuju najveću tendenciju prema apsorpciji mlijeka dok se povećanjem količine vode u ekstruderu smanjuje tendencija prema apsorpciji mlijeka. Rezultati ispitivanja apsorpcije mlijeka nakon četiri minute pokazala su istovjetan trend kao i kod apsorpcije nakon jedne minute. Najveće

vrijednosti su bile kod uzoraka bez premaza, a s obzirom na sastav, kod uzoraka od čiste pšenične krupice i brašna. Količina dodane vode od 27 % pri proizvodnji ekstrudiranih kuglica rezultirala je manjom apsorpcijom mlijeka u odnosu na ekstrudirane kuglice proizvedene uz dodatak vode od 21 i 23 %. Modelom predviđena konačna (ravnotežna) apsorpcija je također bila veća za uzorke bez premaza. Razlike u apsorpciji s obzirom na sastav ekstrudiranih kuglica nije bilo dok je smanjenje apsorpcije pri količini dodane vode od 27 % bilo primjetno samo za uzorke bez premaza.

Tablica 1. Udio vode u uzorcima ekstrudiranih kuglica
Table 1. Moisture content of extruded ball samples

| Uzorak* | Premaz | Udio vode (%) | | |
|---------|--------|---------------|------|------|
| | | 21 %** | 23 % | 27 % |
| P1 | - | 4,58 | 4,74 | 5,11 |
| | + | 5,18 | 5,30 | 5,94 |
| P2 | - | 4,77 | 4,76 | 4,77 |
| | + | 5,52 | 5,16 | 5,93 |
| P3 | - | 5,13 | 5,36 | 5,34 |
| | + | 5,92 | 5,55 | 5,92 |

* P1-uzorci od pšenične krupice i brašna, P2-od pšenične krupice i rižinog brašna, P3-od pšenične krupice i kukuruznog brašna

* P1-samples produced from wheat semolina and flour, P2-wheat semolina and rice flour, P3- wheat semolina and corn flour

** Količina dodane vode u procesu ekstruzije (%)

** Extrusion feed moisture content (%)

Tablica 2. Ocjena uspješnosti aproksimacije eksperimentalnih podataka za promjenu apsorpcije i hrskavosti Weibullovim modelom pomoću koeficijenta determinacije R

Table 2. Efficiency of Weibull model predictions for absorption and crispness changes expressed as Coefficient of determination R

| | Uzorak* | Premaz | Koeficijent determinacije R | | |
|------------|---------|--------|-------------------------------|-------|-------|
| | | | 21 %** | 23 % | 27 % |
| APSORPCIJA | P1 | - | 0,994 | 0,994 | 0,995 |
| | | + | 0,993 | 0,995 | 0,968 |
| | P2 | - | 0,996 | 0,994 | 0,996 |
| | | + | 0,982 | 0,981 | 0,995 |
| | P3 | - | 0,996 | 0,994 | 0,992 |
| | | + | 0,982 | 0,982 | 0,999 |
| HRSKAVOST | P1 | - | 0,987 | 0,994 | 0,991 |
| | | + | 0,992 | 0,994 | 0,991 |
| | P2 | - | 0,991 | 0,996 | 0,991 |
| | | + | 0,987 | 0,986 | 0,988 |
| | P3 | - | 0,992 | 0,994 | 0,993 |
| | | + | 0,994 | 0,997 | 0,993 |

* P1-uzorci od pšenične krupice i brašna, P2-od pšenične krupice i rižinog brašna, P3-od pšenične krupice i kukuruznog brašna

* P1-samples produced from wheat semolina and flour, P2- wheat semolina and rice flour, P3- wheat semolina and corn flour

** Količina dodane vode u procesu ekstruzije (%)

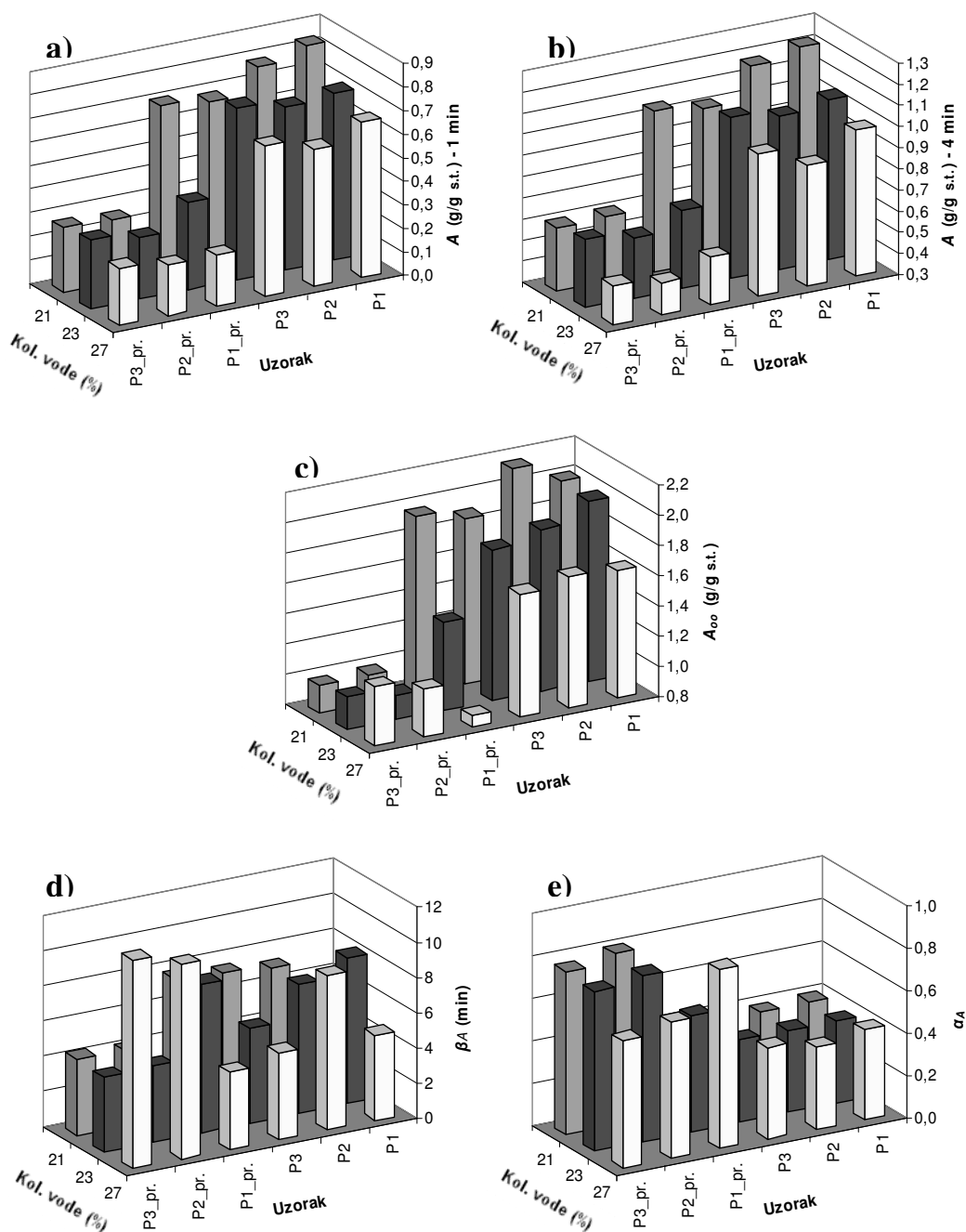
** Extrusion feed moisture content (%)

Koeficijent vremena apsorpcije β_A je parametar Weibullovog modela koji definira brzinu apsorpcije mlijeka i predstavlja vrijeme (min) pri kojem je provedeno 63 % procesa ukupne apsorpcije do uspostavljanja ravnotežne (konačne) apsorpcije (Gregson i Lee, 2003). Veća vrijednost β_A u principu predstavlja i sporiju apsorpciju mlijeka. Nisu primijećene pravilnosti u kretanju ovog parametra što se može objasniti različitim ravnotežnim vrijednostima za apsorpciju. Najmanji koeficijent vremena povećanja apsorpcije β_A imao je uzorak od mješavine pšenične krupice i rižinog brašna s premazom i količinom dodane vode od 21 % (4,23 min), a najveći koeficijent, 11,83 min, uzorak od mješavine pšenične krupice i kukuruznog brašna s premazom s količinom dodane vode od 27 %. Weibullov parametar tijeka reakcije apsorpcije α_A je bezdimenzionalni parametar koji daje informacije o tijeku i mehanizmu apsorpcije, a veće vrijednosti se mogu pripisati uzorcima kod kojih je proces apsorpcije u prvoj fazi usporen (Gregson i Lee, 2003). Vrijednosti iznad 1 ukazuju na postojanje početne „lag“ faze na početku procesa, ali u ovom istraživanju niti jedan uzorak nije imao parametar α_A veći od jedan te se može zaključiti da proces apsorpcije započinje odmah nakon prelijevanja ekstrudiranih kuglica s mlijekom. Iz rezultata je vidljivo da su vrijednosti parametra α_A veće kod uzoraka s premazom što ukazuje na sporiji proces apsorpcije nego kod uzoraka bez premaza. S obzirom na sastav ekstrudiranih kuglica i na količinu dodane vode nije bilo razlika u parametru α_A .

Instrumentalno ispitivanje hrskavosti je provedeno na analizatoru teksture, a hrskavost je izražena kao broj pikova koji se pojavljuju na krivulji ovisnosti sile o vremenu kompresije. Dobiveni rezultati za gubitak hrskavosti ekstrudiranih kuglica nakon prelijevanja s mlijekom obrađeni su pomoću Weibullovog modela, a predviđeni (izračunati) parametri modela su prikazani na Slici 2. Koeficijent R se kretao od 0,986-0,997 što, kao i u slučaju apsorpcije, ukazuje na izvrsnu aproksimaciju eksperimentalnih podataka ovim modelom (Tablica 2). Suhe kuglice bez premaza imale su mnogo veću hrskavost od kuglica s premazom. To se, kao i u slučaju praćenja brzine apsorpcije mlijeka, može pripisati povećanom početnom sadržaju vode u kuglicama s premazom u odnosu na kuglice bez premaza (Tablica 1). Osim toga, kod kuglica bez premaza, primijećeno je da

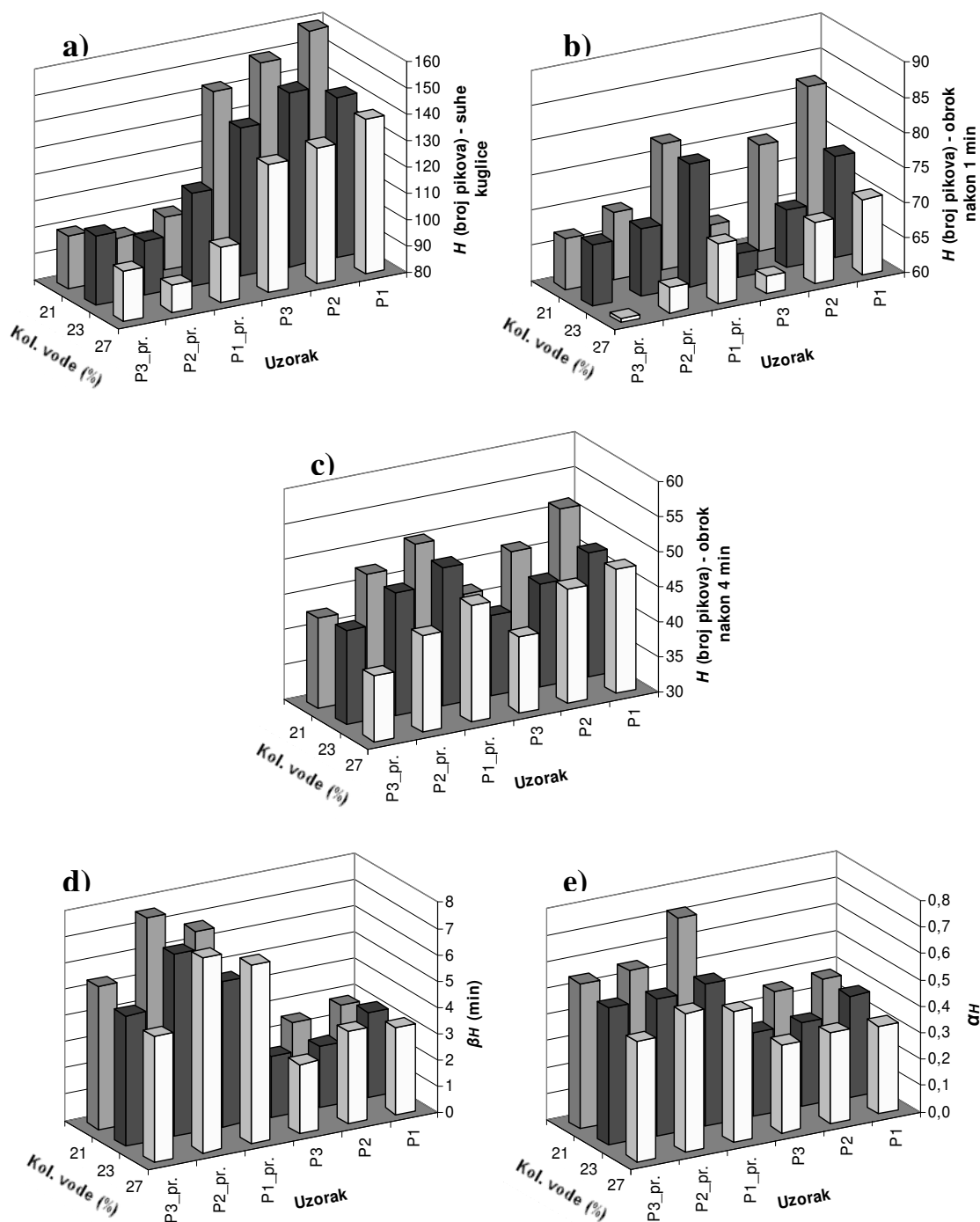
najveću hrskavost pokazuju uzorci od čiste pšenične krupice i brašna, a najmanju uzorci od mješavine pšenične krupice i kukuruznog brašna. Također, vidljivo je da hrskavost suhih kuglica opada povećanjem količine dodane vode u ekstruder. Najveću hrskavost (159,8 pikova) pokazali su uzorci od pšenične krupice i brašna bez premaza s količinom dodane vode u ekstruder od 21 %, a najmanju (90,2 pikova) uzorci od pšenične krupice i rižinog brašna s premazom i količinom dodane vode u ekstruder od 27 %. Nakon jedne i četiri minute apsorpcije mlijeka može se primijetiti da više nema razlike u hrskavosti s obzirom na premaz, iako je, a što je vidljivo iz rezultata dobivenih ispitivanjem apsorpcije mlijeka (Slika 1), sama apsorpcija mlijeka nakon jedne, odnosno četiri minute, mnogo manja kod uzoraka bez premaza. Primjetno je da i nakon četiri minute prelijevanja ekstrudiranih kuglica s mlijekom najveću hrskavost pokazuju uzorci od pšenične krupice i brašna. Također je vidljivo da povećanje udjela vode u ekstruderu ima negativan utjecaj na hrskavost (smanjuje je).

Koeficijent vremena promjene hrskavosti β_H predstavlja vrijeme (min) pri kojem se izgubilo 63 % početne hrskavosti. Uzorci bez premaza su imali mnogo manji koeficijent vremena gubitka hrskavosti β_H što ukazuje na to da su oni svoju hrskavost gubili mnogo većom brzinom. Pogotovo se to odnosi na uzorke od mješavine pšenične krupice i rižinog brašna. Utjecaj količine dodane vode na parametar β_H nije primijećen. Iz rezultata prikazanih na slici 2 vidljivo je da su vrijednosti parametra α_H veći kod uzoraka s premazom iz čega se može zaključiti da je proces gubitka hrskavosti sporiji nego kod uzoraka bez premaza. S obzirom na sastav ekstrudiranih kuglica nisu primijećene razlike u parametru α_H . Povećanje količine vode utjecalo je na neznatno smanjenje parametra α_H iz čega se može zaključiti da je gubitak hrskavosti u početnoj fazi apsorpcije sporiji za uzorke proizvedene s manjim količinama dodane vode pri ekstruziji.



Slika 1. Utjecaj vrste korištenog brašna i količine dodane vode u ekstruderu na apsorpciju mlijeka (a - nakon 1 min; b – nakon 4 min; c – ravnotežna apsorpcija) i parametre Weibullovog modela (d - koeficijent vremena apsorpcije mlijeka β_A ; e - koeficijent tijeka apsorpcije mlijeka α_A); P1-uzorci od pšenične krupice i brašna, P2-od pšenične krupice i rižinog brašna, P3-od pšenične krupice i kukuruznog brašna, pr.-s premazom

Fig. 1. Influence of used flour and extrusion feed moisture content on milk absorption rate (a – after 1 min; b – after 4 min; c – equilibrium absorption) Weibull model parameters (d – absorption rate scale parameter β_A ; e - absorption rate shape parameter α_A); P1-samples produced from wheat semolina and flour, P2- wheat semolina and rice flour, P3- wheat semolina and corn flour



Slika 2. Utjecaj vrste korištenog brašna i količine dodane vode u ekstruderu na hrskavost H (a - suhih ekstrudiranih kuglica; b - nakon 1 min; c - nakon 4 min) i parametre Weibullovog modela (d - koeficijent vremena promjene hrskavosti β_H ; e - koeficijent tijeka promjene hrskavosti α_H); P1-uzorci od pšenične krupice i brašna, P2-od pšenične krupice i rižinog brašna, P3-od pšenične krupice i kukuruznog brašna, pr.-s premazom

Fig. 2. Influence of used flour and extrusion feed moisture content on loss of crispness H (a - after 1 min; b - after 4 min; c - equilibrium crispness) Weibull model parameters (d - loss of crispness scale parameter β_A ; e - loss of crispness shape parameter α_A); P1-samples produced from wheat semolina and flour, P2- wheat semolina and rice flour, P3- wheat semolina and corn flour

U Tablici 3 prikazani su koeficijenti linearne korelacije r između podataka dobivenih ispitivanjem apsorpcije mlijeka, instrumentalnim određivanjem hrskavosti i senzorskim ispitivanjem hrskavosti i gnjecavosti. Utvrđene su statistički značajne negativne korelacije ($p < 0,001$) između podataka za parametar tijeka apsorpcije α_A i apsorpcije mlijeka nakon jedne i četiri minute te ravnotežne apsorpcije. Parametar tijeka apsorpcije α_A je u isto vrijeme pokazao i statističku značajnu pozitivnu korelaciju s koeficijentom vremena promjene hrskavosti β_H ($p < 0,001$) što znači da će se, ukoliko imamo veću brzinu apsorpcije mlijeka, hrskavost uzoraka gubiti brže nakon prelijevanja s mlijekom. Ovu činjenicu potvrđuju i značajne pozitivne korelacije između

koeficijenta vremena promjene hrskavosti β_H i apsorpcije nakon jedne i četiri minute te ravnotežne apsorpcije mlijeka. Instrumentalno određena hrskavost suhog uzorka značajno negativno korelira ($p < 0,001$) s parametrom α apsorpcije i hrskavosti, kao i s koeficijentom vremena promjene hrskavosti β_H . Senzorski utvrđena hrskavost suhih kuglica i obroka značajno je ($p < 0,01$) korelirala s instrumentalnom hrskavošću kuglica nakon jedne i četiri minute umakanja u mlijeko, dok korelacije s parametrima praćenja apsorpcije mlijeka nije bilo. Utvrđene su i statistički značajne korelacije ($p < 0,01$ i $p < 0,05$) između podataka za gnjecavost obroka i svih parametara praćenja apsorpcije mlijeka, kao i instrumentalno određene hrskavosti suhog uzorka.

Tablica 3. Korelacijska matrica međusobne usporedbe podataka dobivenih ispitivanjem apsorpcije mlijeka, instrumentalnim određivanjem hrskavosti i senzorskim ispitivanjem hrskavosti

Table 3. Correlation matrix of data from milk absorption analyses, instrumental crispness and sensory evaluated crispness

| | | Apsorpcija (TA) | | | | | Hrskavost (TA) | | | | | Senzorsko ispitivanje | |
|-----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------------|---------------|
| | | 1 min | 4 min | Ravnotežna | β_A (min) | α_A | Suhi uzorak | 1 min | 4 min | β_H (min) | α_H | Hrskavost (SK) | Hrskavost (O) |
| Apsorpcija (TA) | 1 min | | | | | | | | | | | | |
| | 4 min | 0,99 ^a | | | | | | | | | | | |
| | Ravnotežna | 0,97 ^a | 0,95 ^a | | | | | | | | | | |
| | β_A (min) | – | – | – | | | | | | | | | |
| | α_A | –0,91 ^a | –0,86 ^a | –0,95 ^a | – | | | | | | | | |
| Hrskavost (TA) | Suhi uzorak | 0,88 ^a | 0,88 ^a | 0,83 ^a | – | –0,79 ^a | | | | | | | |
| | 1 min | – | – | – | – | – | – | | | | | | |
| | 4 min | – | – | – | – | – | – | 0,92 ^a | | | | | |
| | β_H (min) | –0,78 ^a | –0,76 ^a | –0,74 ^a | – | 0,78 ^a | –0,90 ^a | – | – | | | | |
| | α_H | –0,55 ^c | –0,51 ^c | –0,49 ^c | – | 0,57 ^c | –0,80 ^a | – | – | 0,87 ^a | | | |
| Senzorsko ispitivanje | Hrskavost (SK) | – | – | – | – | – | – | 0,49 ^c | 0,47 ^c | – | – | | |
| | Hrskavost (O) | – | – | – | – | – | – | 0,49 ^c | 0,55 ^c | – | – | 0,89 ^a | |
| | Gnjecavost (O) | 0,60 ^b | 0,60 ^b | 0,58 ^c | – | –0,54 ^c | 0,48 ^c | – | – | – | – | – | – |

Slovima označeni koeficijenti linearne korelacije r su statistički značajni: a - ($p < 0,001$), b - ($p < 0,01$), c - ($p < 0,05$);

TA-ispitivano na analizatoru teksture, SK-suhe kuglice, O-obrok pripremljen s mlijekom

Linear correlation coefficients r marked with letters are statistically significant: a - ($p < 0,001$), b - ($p < 0,01$), c - ($p < 0,05$);

TA-texture analyser data, SK-dry extruded balls, O-meal with milk

Zaključak

Brzina apsorpcije mlijeka i gubitak hrskavosti praćeni preko parametara Weibullovog modela su mnogo jače izraženi kod uzoraka bez premaza u odnosu na uzorke s premazom što se može objasniti činjenicom da premaz sprječava bržu apsorpciju mlijeka, ali i povećanim sadržajem vode u kuglicama s premazom u odnosu na kuglice bez premaza. Uzorci od čiste pšenične krupice i brašna pokazuju najveću tendenciju prema apsorpciji mlijeka unutar 4 minute nakon prelijevanja kuglica s mlijekom, dok se povećanjem količine dodane vode u ekstruderu, apsorpcija smanjuje. Hrsravost suhих ekstrudiranih uzoraka bez premaza je mnogo veća od hrskavosti uzoraka s premazom. Najveću hrskravost suhих kuglica pokazuju uzorci od čiste pšenične krupice i brašna, a najmanju uzorci od mješavine pšenične krupice i kukuruznog brašna. Hrsravost suhих kuglica opada povećanjem količine dodane vode u ekstruder. Uzorci bez premaza imaju mnogo manji koeficijent vremena promjene hrskavosti β_H i parametar tijekom promjene hrskavosti α_H što ukazuje na to da su oni svoju hrskravost gubili mnogo većom brzinom. Utvrđene su statistički značajne korelacije između velikog dijela podataka dobivenih ispitivanjem apsorpcije mlijeka, instrumentalnim određivanjem hrskavosti i senzorskim ispitivanjem što ukazuje na to da je korištenjem bilo koje navedene analize, a u svakom slučaju najbolje svih, moguće objektivno pratiti utjecaj promjene procesnih parametara pri proizvodnji ekstrudiranih kuglica na kvalitetu gotovog proizvoda.

Literatura

- Anderson, B.A., Singh, R.P. (2003): Use of phytogluten extracted from corn to increase the bowl-life of breakfast cereal, *J. Food Process Eng.* 26, 315-322.
- Faller, J.F., Faller, J.Y., Klein, B.P. (2000): Physical and sensory characteristic of extruded corn/soy breakfast cereals, *J. Food Quality* 23, 87-102.
- Gregson, C.M., Lee, T.C. (2003): Evaluation of numerical algorithms for the instrumental measurement of bowl-life and changes in texture over time for ready-to-eat breakfast cereals, *J. Texture Stud.* 33, 505-528.
- ICC Standard Method 110/1 (1976): Determination of the Moisture Content of Cereals and Cereal Products (Practical method), International Association for Cereal Science and Technology
- Loh, J., Mannell, W. (1990): Application of Rheology in the Breakfast Cereal Industry. In: *Dough Rheology and Baked Product Texture*, Faridi, H., Faubion, J.M. (ed.), New York, USA: Van Nostrand Reinhold, pp. 405-420.
- Lu, R., T. Siebenmorgen, J., Archer, T.R. (1994): Absorption of water in long-grain rough rice during soaking, *J. Food Process Eng.* 17, 141-154.
- Machado, M.F., Oliveira, F.A.R., Gekas, V. (1997): Modeling water uptake and soluble solids losses by puffed breakfast cereal immersed in water or milk. In: *Proceedings of the Seventh International Congress on Engineering and Food, Part I*, Jowitt, R. (ed.), Sheffield, United Kingdom: Sheffield Academic Press, pp. A65-A68.
- Machado, M.F., Oliveira, F.A.R., Cunha, L.M. (1999): Effect of milk fat and total solids concentration on the kinetics of moisture uptake by ready-to-eat breakfast cereals, *Intern. J. Food Sci. Tech.* 34, 47-57.
- Misra, M.K., Brooker, D.B. (1980): Thin – layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, 23, 1254-1260.
- Weibull, W. (1951): A statistical distribution function of wide applicability, *J. Appl. Mech.* 18, 293-297.

Received: October 12, 2010

Accepted: December 07, 2010

Textural characteristics of ready-to-eat breakfast cereals produced from different types of cereal and with varying water addition during extrusion process

**M. Jukić^{1*}, Žaneta Ugarčić-Hardi¹, Daliborka Koceva Komlenić¹,
Zrinka Gorički², Anđa Kuleš¹**

¹University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Croatia

²Podravka d.d., A. Starčevića 32, 48000 Koprivnica, Croatia

original scientific paper

Summary

Textural characteristics of ready-to-eat breakfast cereals were evaluated in order to determine the influence of wheat, corn and rice flour, as well as a varying water addition during the extrusion process. Extruded breakfast cereal balls were made of wheat semolina in combination with wheat, corn or rice flour. Three different levels of water addition (21 %, 23 % and 27 %) were used during the extrusion process. Samples were prepared with and without surface sugar coating. Sensory and instrumental assessments (TA.XT Plus) were used to evaluate textural attributes of dry samples and samples during immersion in milk. Weibull equation was used for nonlinear estimation of experimental data obtained for milk absorption and crispiness as a function of time. Crispiness of dry extruded balls without coating was much higher than for samples with coating. The highest values for crispness were observed for wheat extruded balls and the lowest for samples with corn flour addition. Increasing water addition during the extrusion process significantly increased crispness of ready-to-eat breakfast cereals. The rate of milk absorption and loss of crispiness were significantly higher for samples without coating than for samples with coating.

Keywords: ready-to-eat breakfast cereals, textural properties, crispness, milk absorption