

ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI IZNALAZENJA OPTIMALNE KONCENTRACIJE EVAPORIRANOG MLEKA RADI PROIZVODNJE MLEKA U PRAHU NA SPRAY POSTROJENJU, S OSVRTOM NA MAILLARD-ov TIP POTAMNJIVANJA*

Z. GOLUBOVIĆ, dipl. inž., M. NENIĆ, dipl. hem., S. KARABAŠEVIĆ, dipl. inž.,
— RO »IMPAZ«, Zaječar

Sažetak

Autori su ispitivali utjecaj koncentracije evaporiranog mleka na kvalitet mleka u prahu i pojavu Maillardove reakcije.

Na osnovu rezultata provedenih fizičko hemijskih i organoleptičkih ispitivanja zaključuju da je optimalno sušenje evaporiranog mleka s 50% s.m.

U toku uskladištenja obranog i punomasnog (25%) mleka u prahu do 90 dana na sobnoj temperaturi povećava se intenzitet Maillard-ove reakcije znatno brže, nego u mleku skladištenom kod 4 °C.

Uvod

Mleko u prahu predstavlja savremen način konzervisanja ove hranljive supstance, koja može da se čuva duže vreme, a zasniva se na uklanjanju dovoljne količine vode da bi se onemogućio rast i razvoj mikroflora. Mleko u prahu različitog sadržaja masti nalazi danas široku primenu u proizvodnji sladoleda, konditorskoj industriji, u pekarstvu, industriji mesa, proizvodnji stočne hrane, kao i u nekim drugim granama prehrambene industrije, a naročito u proizvodnji dečije hrane.

Prilikom termičkog tretmana polazne sirovine, može doći do različitih poželjnih i nepoželjnih promena u gotovom proizvodu. Najčešće promene koje se tom prilikom dešavaju su: Maillard-ov tip potamnjenja, karamelizacija, denaturacija proteina, oksidacija i polimerizacija masti i dr.

Obzirom da potrebe za ovim proizvodom sve više rastu i da postoji opravdana težnja da sastav i osobine rekonstituisanog finalnog proizvoda budu što sličnije mleku u nativnom stanju, cilj ovog rada je bio:

1. Da se utvrdi optimalna koncentracija evaporiranog mleka, sušenog na našem postrojenju pri konstantnim temperaturama ulaznog i izlaznog vazduha, radi dobijanja mleka u prahu željenih karakteristika;
2. Da se utvrdi stepen Maillard-ovog potamnjenja obranog i punomasnog mleka u prahu tokom dužeg vremena skladištenja.

Pregled literature

Tokom skladištenja mleka bilo kao sterilizovana tečnost ili mlečni prah, dolazi do hemijskih promena što utječe na nutritivnu vrednost mleka kao i promena fizičkih osobina produkata.

* Referat je održan na XXI Seminaru za mljekarsku industriju, Zagreb, 1983.

Najvažniji tip potamnjenja (Henry, 1948; Landucci, 1954) i u mlečnim proizvodima praćen je kompleksnim reakcijama između karbonilnih i amino jedinjenja, tačnije rečeno između laktoze i E-amino grupe lizina. Metod za otkrivanje ovog potamnjenja bazira se na analizi hidrosimetilfurfurala spektrofotometrijskim merenjem uz tiobarbiturni reagens i veoma je osetljiv detektor ranih reakcionih produkata između heksoza i amino jedinjenja.

Zapaženo je da rekonstituisana obrana mleka u prahu razvijaju žutu boju, kada reaguju sa tiobarbiturnom kiselinom i da je intezitet boje veći u starijim uzorcima, što ukazuje da je laktoza degradirana komponenta mleka.

Hromatografskim izdvajanjem iz rastvora ustajalog mleka dokazano je da je HMF reaktivni agens u mleku. Reakcijom TBK sa komercijalnim proteinima zaključeno je da su produkti Maillard-ove reakcije prisutni u proteinima i proizvode žuto-crvene pigmente.

Postoji i gravimetrijsko određivanje furfurala, međutim danas se kvantitativno otkrivanje furfural jedinjenja vrši spektrofotometrijskim merenjem. Ova metoda je vrlo selektivna i na višem nivou od ostalih primenjivih metoda za određivanje, odnosno ispitivanje razvoja Maillard-ove reakcije u mleku i mlečnim proizvodima. Otkrivena količina furfural jedinjenja ravna je stepenu potamnjenja mleka. Utvrđen je linearan odnos između koncentracije furfural jedinjenja i inteziteta boje razvijene sa tiobarbiturnim reagensom.

Saopšteno je (Zea, 1947) da se karbonil amino reakcija može odvijati u kiselim i alkalnim sredinama, mada je intenzivnija u alkalnim uslovima. Takođe dolazi do povećanja brzine sa porastom pH, kao i linearnog povećanja brzine povišenjem temperature. U karbonilnim amino reakcijama redukujući šećeri obezbeđuju neophodnu karbonilnu grupu za interakciju sa slobodnim amino grupama. U reakciji mogu učestvovati redukujući mono i disaharidi. Neredukujući šećeri nemaju sposobnost učestvovanja u reakciji neenzimatskog tamnjenja, osim ako ne dođe do oslobađanja glikozidne veze i stvaranja mogućnosti da se konstituenti monosaharidi (Korel i sur. 1968) uključe u reakciju.

Reakcioni produkti HMF imaju utjecaja na razvoj mirisa obranog mleka u prahu (Orla-Jensen, 1905). Utvrđeno je da povećanjem količine HMF dolazi do sve intenzivnijeg mirisa na cerealije. Kritičan nivo pri tome je oko 5 nm/l HMF i iznad te granice dolazi do sve oporijeg, bljutavijeg i atipičnijeg mirisa na cerealije. Za to je odgovoran rani stepen reakcije pre razvoja vidljive boje. Pri tome dolazi do smanjenja biološke vrednosti proteina (Maillard, 1916).

Metodika istraživanja

Ispitivani uzorci mleka u prahu dobijeni su sušenjem evaporiranog obranog mleka, proizvedenog u mlekari »IMPAZ« Zaječar na postrojenju »Jedinstvo« Zagreb.

Promena koncentracije evaporiranog mleka u ispitivanjima je iznosila 40%, 45%, 50%, 55%, dok su temperature izlaznog vazduha 90 °C iz tornja i ulaznog vazduha 174 °C u tornju, održavane konstantnim.

Izvršene su sledeće fizičko-hemijske analize dobijenih uzoraka mleka u prahu:

- Određivanje suve materije direktnom metodom sušenja na 105 °C;
- Određivanje rastvorljivosti metodom sušenja;

- Određivanje kiselosti titracijom po Soxhlet-Henkel-u;
- Oređivanje sadržaja masti vršeno je Gerberovom metodom;
- Određivanje taloga centrifugiranjem;
- Određivanje zapreminske težine praha metodom vibracije menzure napunjene česticama praha;
- Određivanje 5-HMF Keeney i Bassette metodom. Oređivanje 5-HMF u uzorcima vršeno je nakon uzorkovanja, a zatim u toku tri naredna meseca svakog meseca;
- Organoleptička ocena je izvršena na osnovu kriterijuma iz tabele 2.

Rezultati i diskusija

1. Utjecaj koncentracije evaporiranog mleka na kvalitet obranog mleka u prahu

Rezultati fizičko-hemijskih analiza obranog mleka u prahu u zavisnosti od koncentracije evaporiranog mleka: 40% SM, 45% SM, 50% SM, 55% SM pri temperaturi izlaznog vazduha od 90 °C i temperaturi ulaznog vazduha od 174 °C prikazani su u tabeli 1.

Iz tabele 1 se može videti da količina suve materije (SM) obranog mleka u prahu opada sa povećanjem koncentracije evaporiranog mleka mada razlika između vrednosti dobijenih za SM pri koncentraciji od 40%—96,82% i pri vrednosti koncentracije od 55% SM — 95,29% nije velika i iznosi 1,52% SM.

Najmanja rastvorljivost kao što pokazuje tabela 1 zabeležena je pri konc. SM evaporiranog mleka od 55%. Najveća rastvorljivost zabeležena je pri koncentraciji evaporiranog mleka od 45% SM i iznosi 98,09%. Prosečna vrednost rastvorljivosti u ovim uzorcima iznosi 97,76%. Iz tabele 1 se ne može videti neka izrazita zakonitost promene rastvorljivosti pri izabranim koncentracijama evaporiranog mleka. Porastom koncentracije evaporiranog mleka, kako se vidi iz tabele 1, raste i kiselost uzorka, ma da zbog neujednačenosti kvaliteta mleka ova zakonitost nije naročito izražena.

Tabela 1

Utjecaj promene koncentracije evaporiranog mleka na karakteristike obranog mleka u prahu proizvedenog pri temperaturi ulaznog vazduha 174 °C i temp. izlaznog vazduha 90 °C

%/ SM evapor.	Obrano mleko u prahu						
	%/ SM	%/ vlage	%/ rastv.	°SH	Količ. taloga (1)	Zaprem. težina g/ml	%/ mm
40	96,82	3,18	97,14	6,0	0,02	0,36	0,55
45	96,65	3,35	98,09	6,2	0,05	0,50	0,55
50	95,82	4,18	98,02	6,4	0,05	0,61	1,10
55	95,29	4,71	97,82	6,4	0,07	0,63	2,2

Količina taloga najveća je pri koncentraciji evaporiranog mleka od 55⁰/₀ SM, a najmanja pri 40⁰/₀ SM evaporiranog mleka, odnosno raste sa porastom koncentracije evaporiranog mleka.

Zapreminska težina pokazuje izrazitu zavisnost od koncentracije evaporiranog mleka, što je prikazano u tabeli 1. Sa porastom koncentracije evaporiranog mleka raste zapreminska težina, kao posledica smanjenja količine inkorporiranog vazduha između čestica praha.

U tabeli 2 je prikazan utjecaj promene koncentracije evaporiranog mleka na organoleptičku ocenu.

Tabela 2

Utjecaj promene koncentracije evapor. mleka na organoleptičku ocenu obranog mleka u prahu

Organoleptič. ocena	Maksimal. broj bodova	Koncentracija evapor. mleka (‰ SM)			
		40	45	50	55
Miris	3	3	3	3	3
Struktura	3	3	3	3	3
Boja	2	1,5	1,5	2	1,5
Ukup. br. bodova	8	7,5	7,5	8	7,5

Tabela 3

Promena količine 5. HMF tokom 90 dana skladištenja

Starost proizvoda (dana)	Mleko u prahu		Obrano mleko u prahu	
	sobna temp.	4 °C	sobna temp.	4 °C
1	0,525	0,525	0,762	0,762
30	1,130	0,572	1,487	0,774
60	2,325	0,607	2,800	0,792
90	4,726	0,876	4,960	0,837

Kao što je u tabeli 2 prikazano maksimalan broj bodova 8 dobio je uzorak sa koncentracijom evaporiranog mleka 50⁰/₀ SM. Svi uzorci kao što se iz tabele 2 vidi dobili su maksimalan broj poena po 3 za miris koji je svojstven mirisu obranog mleka u prahu. Uzorci sa procentom suve materije evaporiranog mleka od 40⁰/₀ i 45⁰/₀ imali su izrazito belu boju nesvojstvenu obranom mleku u prahu, pa su zato dobili manji broj poena (1,5) od maksimalnih 2 na boju.

Na osnovu fizičko-hemijskih ispitivanja i organoleptičke ocene sušenih evaporata, ocenili smo da je najpovoljnija koncentracija evaporiranog mleka od 50⁰/₀ SM pri izabranim temperaturama.

2. Utvrđivanje stepena Maillard-ovog tipa potamnjenja mleka u prahu

Punomasno i obrano mleko proizvedeno je od evaporiranog mleka s 50⁰/₀ SM, sušenog kod temperature 174 °C ulaznog i 90 °C izlaznog vazduha. Uzorci su skladišteni na sobnoj temperaturi i u komori na temperaturi od 4 °C, a

zatim je praćena promena kolićine 5-HMF u toku 90 dana skladištenja, kao i ostale fizićko-hemijske promene.

Rezultati ispitivanja su prikazani u tabeli 3. Iz tabele 3 se mođe videti da se kolićina 5-HMF znatno povećala tokom skladištenja kod obranog i punomasnog mleka u prahu koje je skladišteno na sobnoj temperaturi, dok je neznatno povećanje primećeno kod uzoraka skladištenih na 4 °C. Iz tabele 3 se mođe videti da je kolićina 5-HMF kod punomasnog mleka u prahu skladištenog na sobnoj temperaturi u toku 90 dana povećana za 4,21 nm/l i da je najveće povećanje zabeleđeno od 60—90 dana skladištenja od 2,401 nm/l.

Tabela 4

Rezultati fiz. hem. analiza mleka u prahu pre i nakon skladištenja na 4 °C i na sobnoj temperaturi

	Mleko u prahu			Obrano mleko u prahu		
	1. dana	nakon 90 dana		1. dana	nakon 90 dana	
		4 °C	sob. temp.		4 °C	sob. temp.
% masti	25,4	25,6	25,6	1,1	1,2	95,77
%SH	7,0	7,2	7,2	7,0	7,0	7,2
% suve mat.	96,2	95,2	94,4	95,82	94,2	93,8
% vlage	3,8	4,8	5,6	4,18	5,8	6,2
Talog	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1
% rastvorljivosti	98,82	97,79	97,37	98,02	97,49	95,77

Kod obranog mleka u prahu je povećanje od 4,198 nm/l, a od 60—90-og dana skladištenja ova razlika iznosi 2,16 nm/l.

Kod uzoraka koji su skladišteni na temper. 4 °C povećanje je neznatno.

U tabeli 4 prikazani su rezultati fizićko-hemijskih analiza uzoraka nakon uzorkovanja i posle skladištenja pri koncentraciji evaporiranog mleka od 50% SM, za obrano i punomasno mleko u prahu pri datim temperaturama.

Iz tabele 4 mođe se videti da je kod svih uzoraka došlo do povećanja vlage tokom skladištenja, što se direktno odrazilo na rastvorljivost praha. Kao što se iz tabele 4 vidi povećanje vlage je naroćito izrađeno kod uzoraka skladištenih na sobnoj temperaturi.

Zaključak

Na osnovu rezultata ispitivanja kvaliteta obranog mleka u prahu proizvedenog u »IMPAZ«-u Zajećar na sušari »Jedinstvo« mođe se zaključiti:

— Na osnovu fizićko-hemijskih ispitivanja i organoleptićeke ocene, zaključujemo da je najpovoljnija koncentracija evaporiranog mleka za sušenje 50% u našim uslovima;

— Usled inkorporiranja vazduha između ćestica praha, zapreminska masa mleka u prahu izrazito opada sa smanjenjem koncentracije, odnosno raste sa povećanjem koncentracije od 0,36 gr/ml pri koncentraciji od 55% SM.

Kolićina 5-HMF, koji nastaje u toku ranog stadijuma Maillard-ove reakcije raste u toku duđe vremena skladištenja. Skladištenje na sobnoj tem-

peraturi prouzrokuje intenziviranje neenzimatskog potamnjenja, odnosno Maillard-ove reakcije.

Tokom skladištenja dolazi do promena fizičko-hemijskih karakteristika obranog i punomasnog mleka u prahu, a najvažnije promene su povećanje procenta vlage i smanjenje rastvorljivosti uzoraka.

Resumé

On a examiné d'abord l' influence de la concentration du lait concentré sur le lait en poudre.

Le lait concentré de 50% de MS donne au lait en poudre les meilleurs caractéristiques physicochimiques et organoleptiques.

Après la conservation de 90 jours on observe dans le lait en poudre (à 25% MG et ecume) la réaction de Maillard. La réaction se déroule considérablement sur la température ambiante et très peu sur 4 °C.

Literatura

- CARIĆ, M. (1977): Unido Seminar Novi Sad.
- CARIĆ, M. (1980): Tehnologija koncentrovanih i sušenih mlečnih proizvoda, Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- HENRY, K. M., (1948): **J Dairy Res**, **15**, 292.
- KOREL, M., LABUZA, T. P. (1968): **J. Arg. Food Chem.** **16**, 117.
- LANDUCCI, J. M. (1954): **Bull. Soc. chim. France** **120**, 124.
- LEA, C. H., (1947): **Analyst** **72**, 336.
- MAILLARD, L. C. (1916): **Am. Chem.** **5**, 258.
- ORLA-JENSEN (1905): **Plattner Rev. Gen. Lait**, **4**, 361—368, 388—397, 419—427.
- PEJIĆ O., ĐORĐEVIĆ J. (1973): Mlekarski praktikum Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije Beograd.