

# MLJEKARSTVO

Mjesečnik Stručnog udruženja mljekarskih privrednih organizacija Hrvatske

GOD. V.

ZAGREB, SRPANJ 1955.

BROJ 7

Ing. Dorđe Zonji, Beograd

## STUDIJA O KRETANJU VLAGE U KAČKAVALJU ZA VREME ZRENJA

Ova studija preduzeta je u cilju iznalaženja zakonitosti koja prati promenu sadržaja vlage u kačkavalju za vreme sazrevanja. Razlozi su bili kako teoriski tako i, možda još više, praktični. Postoji niz pitanja važnih za praksu koja su direktno povezana sa kretanjem vlage u ovom siru. Treba istaći samo pitanje veličine kaliranja i proračun, a isto tako i varijacije ovog pitanja: prognoziranje veličine kaliranja, proračun vremena za koje bi kačkavalj dostigao određeni procenat vlage odnosno suve materije, veličinu kaliranja kod dugog lagerovanja i t. d.

Tehnološki i komercijalni značaj pojedinih ovih pitanja manje više poznat je svakom praktičaru, ali doskora nije bilo sistematske studije o ovom pitanju. Prvi je Pejić (1) obradio kvantitativnu stranu ovog problema proučavajući dinamiku vlage kačkavalja u svim karakterističnim tehnološkim operacijama, uključujući i gubljenje vlage za vreme zrenja.

Mi smo našu studiju bazirali na analitičkim podacima Pejića, vlastitih oglada nismo imali. Osnovno od čega smo pošli bilo je: ako se na osnovu Pejićevih analitičkih podataka može doći do egzaktno formulacije gubljenja vlage, onda samim tim i ona pitanja koja interesuju praksu moraju naći odgovora, koji će biti u svojoj tačnosti srazmeran tačnosti teoriske formulacije.

Bilo je neophodno pre svega dva pitanja teoriski obraditi: prvo pitanje se odnosilo na veličinu gubitka vlage u pojedinim fazama zrenja sira; tačnije rečeno, postavljalo se pitanje — pošto gubitak vlage svakako ne teče linearno: u kojoj meri gubitak vlage u jednoj fazi — jednom vremenskom periodu — utiče na gubitak vlage u narednoj fazi, tj. kakva povezanost postoji između te pojave i vremena zrenja. Drugo pitanje se odnosilo na ponašanje sadržine vlage u siru prema spoljnoj sredini, drugim rečima, postavljalo se pitanje, da li je moguće postaviti i egzaktno formulirati jedan odnos koji bi postojao između vlage u siru kao celine i kompleksa spoljnih faktora kao celine.

Ovo pitanje na prvi pogled ima karakter apstrakcije iz dva razloga. Prvo zato, što su spoljni faktori raznorodni, a drugo, što se i vlaga u siru može diferencirati u najmanju ruku na kapilarnu i vezanu, besumnje na dve vrste vlage sa različitim ponašanjem sa tačke gledišta fizikalne ili koloidalne hemije.

Pitanje je ipak bilo opravdano, pošto je tražen odgovor o ponašanju vlage u siru u odnosu na spoljnu sredinu, bez mogućnosti diferenciranog posmatranja

odnosa ove ili one vrste vlage prema temperaturi i vlažnosti vazduha. Takvo posmatranje bi usto svakako prevazišlo i cilj ove studije.

U kojoj meri koja vlaga učestvuje u kaliranju, nije nam poznato; mi smo shvatili u cilju uprošćavanja celog problema, da se mora operisati sa vlagom u siru, i označili smo svu tu vlagu kao »kalobazu«.

To smo učinili i sa spoljnim faktorima. Temperatura, vlažnost i cirkulacija vazduha na svoj poseban način utiču na gubitak vlage iz sira. Ako su ovi faktori konstantni, onda možda nije pogrešno govoriti o spoljnim faktorima kao celini. Na osnovu ova dva uprošćavanja stvorili smo takvu situaciju da smo mogli suprotstaviti kalobazu i spoljnu sredinu i izvesti izvesne zaključke o brzini gubljenja vlage, koja pretstavlja besumnje čvorno pitanje celog problema.

Označimo kalobazu, tj. količinu vlage u kačkavalju na početku posmatranja, tj. u vremenu  $t=0$  sa  $V_0$ , a količinu vlage u vremenu  $t$  sa  $V$ , onda prema zakonu o dejstvu masa, brzinu sa kojom vlaga iščezava iz sira, možemo dobiti deobom još prisutne količine vlage sa vremenom iščezavanja, tj.:

$$-\frac{dV}{dt} = kV \quad 1 \text{ odnosno}$$

$$-\frac{dV}{V} = kdt \quad 2$$

$k$  = konstanta brzina gubljenja vlage

Integriranjem jednačina 2. dobijamo:  $\ln V = -kt + \text{Const.}$  3. pod uslovom:

$$t = 0 \quad V = V_0 \quad \text{dobijamo}$$

$$\text{Const.} = \ln V_0 \quad \text{otuda}$$

$$\ln V = \ln V_0 - kt \quad 4. \quad \text{ili}$$

$$e^{\ln V} = e^{\ln V_0} e^{-kt} \quad 5. \quad \text{ili}$$

$$V = V_0 e^{-kt} \quad 6.$$

$\ln$  = prirodni logaritmi

$e$  = osnova prirodnih logaritama.

Izvedena jednačina 6. ustvari je matematička formulacija za brzinu hemijskih reakcija prvog reda. Znači da na osnovu postavljenih uslova, gubitak vlage mora da teče brzinom, odnosno zakonitošću, koja važi za hemijske reakcije prvoga reda.

Jednačina 2. daje odgovor na naše prvo pitanje, jer ona pokazuje postojanje zavisnosti između gubitka vlage u dvema povezanim vremenskim periodima. Ako pratimo gubitak gubljenja vlage naprimer dekadno, i ako uzmemo da konstanta brzine iznosi  $x$ -tih delova vlage, onda se vidi da će svake naredne dekade gubljenja izneti samo  $x$ -tih delova još prisutne vlage. Gubljenje vlage ne teče linearno, već je ono uvek srazmerno, u određenom vremenskom periodu, prisutnoj količini vlage.

Jednačina 6. ustvari pretstavlja odgovor na naše drugo pitanje. Do koje mere međutim izvedena formulacija odgovara stvarnosti, pokazaće obračuni.

U svom radu Pejić (1) daje sledeće podatke za gubljenje vlage iz kačkavalja:

Varijanta i br. oglada		Vlage posle solenja	Sušenje u procentima i starost u danima					
			10	20	30	40	50	60
I	10	43,12	13,90	16,02	19,70	21,60	22,50	23,30
II	10	36,39	11,70	13,40	14,70	15,90	17,70	19,40
III	10	39,32	11,99	16,70	18,10	19,30	20,80	21,90

Pošto po istom autoru prilikom zrenja kačkavalja I varijante gubi u svemu 4,42%, II varijanta 4,09%, a III varijante 2,82%, onda je sadržaj vlage u procentima bio sledeći:

Varijanta	Sadržaj vlage u % i starost sira u danima posle solenja					
	10	20	30	40	50	60
I	39,69	39,29	38,58	38,22	38,05	37,90
II	33,92	33,56	33,29	33,04	32,66	32,30
III	37,77	37,17	36,99	36,83	36,64	36,50

Napomena:

I varijanta predstavlja kačkavalj balkanskog tipa,  
 II varijanta predstavlja kačkavalj talijanskog tipa,  
 III varijanta predstavlja kačkavalj sovjetskog tipa.  
 Procenti vlage predstavljaju prosek iz 10 oglada.  
 Uslovi lagerovanja: temperatura 17—18°C,  
 vlažnost vazduha 85%

Za obračun uzmimo I varijantu i stavimo

$$V_0 = 39,69$$

$$V = 39,29$$

$$t = 10 \text{ dana}$$

potrebno je izračunati konstantu brzine.

Iz jednačine 4. dobijamo

$$k = \frac{\ln V_0 - \ln V}{t} \quad 7.$$

logaritmujemo vrednost za  $V_0$  i  $V$  i dobijamo

$$\ln 39,69 = 3,68176$$

$$\ln 39,29 = 3,67163$$

odnosno iz jednačine 7.

$$k = 0001013$$

Poznavajući potrebne elemente izračunavamo sadržaj vlage u kačkavalju za starost od 30 dana nakon soljenja pomoću jednačine 4.

$$\begin{aligned} \ln V_{30} &= \ln V_0 - kt \\ \ln V_{30} &= 3,68176 - 0001013.20 \\ \ln V_{30} &= 3,66150 \end{aligned}$$

antilogaritmovanjem dobijamo:

$$\begin{aligned} V_{30} &= 38,92\% \\ \text{po analizi } V_{30} &= 38,58\% \end{aligned}$$

Ovde smo uzeli  $t = 20$  zato, jer smo pošli od sira starosti 10 dana nakon soljenja, što znači da je sir ustvari star  $10 + 20 = 30$  dana.

Na isti način proračunom dobijamo

$$\begin{aligned} \text{za } V_{40} &= 38,53\% \\ \text{po analizi } V_{40} &= 38,22\% \\ \text{za } V_{50} &= 38,14\% \\ \text{po analizi } V_{50} &= 38,05\% \\ \text{za } V_{60} &= 37,76\% \\ \text{po analizi } V_{60} &= 37,90\% \end{aligned}$$

Po istoj metodi, pomoću konstanti za

$$\begin{aligned} \text{II varijantu } k &= 0001069 \\ \text{III } \text{ » } k &= 0004021 \end{aligned}$$

izračunat je sadržaj vlage u kačkavalju II i III varijante, a rezultat je vidljiv iz tabele

Var.	Metod.	Sadržaj vlage u % i starost sira u danima nakon soljenja:					
		10	20	30	40	50	60
I	analiza	39,69	39,29	38,58	38,22	38,05	37,90
	proračun	—	—	38,92	38,53	38,14	37,76
II	analiza	33,92	33,56	33,29	33,04	32,66	32,30
	proračun	—	—	33,22	32,87	32,52	32,18
III	analiza	37,77	37,17	36,99	36,83	36,64	36,50
	proračun	—	—	36,60	36,02	35,45	34,89

Iz tabele vidimo da je slaganje proračunatih i analitičkih vrednosti relativno dobro, osim kod III varijante i starosti od 50 i 60 dana.

Bilo bi zasad vrlo teško sa sigurnošću interpretirati sve razloge odstupanja. Smatramo da se gubljenje vlage u opštem potezu, na osnovu gornjih primera pokorava izloženoj matematičkoj formulaciji. Komplikovanost fizičko-hemiskih i koloidalnih osobina sira neosporno remeti onakav tok kaliranja, kakav se proračunava, i to je neosporno razlog da konstanta brzine nije uvek iste veličine u raznim vremenskim periodima, iako je karakteristika hemijskih reakcija prvog reda baš ta stalnost konstante brzine.

Ako se sad osvrnemo na ona pitanja koja interesuju praksu, vidimo da smo u mogućnosti ta pitanja rešavati i računskim putem, besumnije egzaktnije nego dosad. Štaviše, u mogućnosti smo kaliranje proračunati unapred, jer, kao što je poznato, do veličine kaliranja dolazilo se obično na kraju procesa zrenja, merenjem početne i završne težine sira.

Za ilustraciju možemo uzeti kačkavalj iz prve varijante. Za proračun kaliranja unapred, dovoljna su dva merenja tj.  $V_0$  i  $V$  pa da proračunamo kaliranje za 60 dana.

Analizom dobijamo kaliranje od  $39,69 - 37,90 = 1,79\%$  dok proračunom  $39,69 - 37,76 = 1,93\%$ . Istim putem možemo proračunati da će kaliranje nakon 12 nedelja iznositi  $2,84\%$  itd. Navodimo još jednu mogućnost primene. Ako se traži vreme za koje će kačkavalj dostići određen procenat suve materije odnosno vlage, služićemo se jednačinom 4. sa  $t$  kao nepoznatom. Ova je primena interesantna zato, jer se često dešava da proizvođač ugovara kod isporuke kačkavalja pored % masti i procenat vlage. Uzmimo da je potrebno proračunati vreme za koje će kačkavalj dostići naprimer  $35\%$  vlage. Raspolažemo podacima:

$$V_0 = 36,69 \quad V = 39,29 \quad V_x = 35,00 \quad k = 0001013$$

te dobijamo pomoću jednačine 4. vrednost od 124 dana. Pošto se  $V_0$  odnosi na sir starosti od 10 dana, to će kačkavalj za 114 dana odnosno za 16 nedelja posle soljenja dostići traženi postotak vlage. Varijacija ovog primera je proračun kaliranja naprimer kod dugog lagerovanja sira. Mišljenja smo da ovako proračunate vrednosti treba shvatiti sa izvesnom rezervom, tj. moguće je odstupanje naviše ili naniže, ali ipak stepen nesigurnosti nije takav da praktičar ne bi mogao imati koristi od njih.

Mi smo u ovoj studiji, na osnovu analističkih podataka uzetih iz rada ing. O. Pejića: »Prilog izučavanju tehnologije kačkavalja«, pokušali iznaći osnovnu zakonitost koja prati gubljenje vlage iz kačkavalja za vreme zrenja. Razmatranja su pokazala, da se taj proces, zapravo njegova brzina, može formulisati na isti način kao i hemiski procesi prvog reda.

#### Literatura:

1. Ing. O. Pejić: »Prilog izučavanju tehnologije kačkavalja«. Poseban otisak iz Godišnjaka br. 4. Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu, Beograd, 1952.

Pored toga:

Džon Egert i Lotar Hoe: Udžbenik fizičke hemije, Beograd 1947.

Herman Ulrich: Kratak udžbenik fizikalne hemije, Zagreb, 1947.

Verner Kun: Fizikalna hemija (na nemačkom) Lajpzig, 1942.

Ljubo Kukulj, Zagreb

## POMOĆ NARODNOG ODBORA GRADA U OPSKRBI ZAGREBA MLIJEKOM

Zagreb je jedan od naših najvećih potrošnih centara konzumnog mlijeka ne samo u Narodnoj Republici Hrvatskoj, nego i u čitavoj FNRJ, a to nam potvrđuje i brojka od 110—120.000 lit dnevne potrebe odnosno oko 80.000 lit današnje stvarne potrošnje. Važnost mlijeka općenito u prehrani stanovništva ne bih želio posebno isticati, jer je to već u više navrata prije bilo istaknuto.