

NEKA RAZMATRANJA U VEZI STVARANJA KAJMAKA

Dr Đorđe ZONJI, Institut za mlekarstvo, Novi Beograd

Kajmak je mlečni proizvod koji je, nažalost, slabo proučen kako sa tehnološke, tako i sa ekonomske tačke gledišta. Industrija mleka je u potpunosti ignorisala ovaj proizvod, premda je vrlo tražen i omiljen u mnogim krajevima Jugoslavije, pa su i danas jedini proizvođači, isključivo individualni proizvođači mleka. Po cijeni je kajmak dostigao maslac, a randman je takav, da uzevši u obzir mogućnosti korišćenja i kajmačenog mleka, ekonomski efekat u proizvodnji nije za potjecenjivanje. Verujemo da bi kvalitetan kajmak mogao biti proizvod za izvoz, ali u svakom slučaju je vrlo interesantan proizvod za domaće tržište.

Ova mala studija preduzeta je u cilju da se osvetle neka pitanja o toku procesa formiranja kajmaka u tehnološkom postupku, koji se danas primenjuje.

Po hemijskom sastavu, kajmak sadrži znatne količine mlečne masti, a zatim proteine i ostale sastojke mleka. U našem studiju, u cilju dobijanja uvida u osnovne zakonitosti procesa stvaranja kajmaka, razmotriće se: 1) brzina stvaranja kajmaka i 2) uticaj faktora koji u procesu stvaranja utiču na količinu dobijenog kajmaka.

Neosporno je, da kretanje masnih loptica u mleku ka površini i nago-milavanje istih u površinskim slojevima mleka predstavlja osnovni proces, i sasvim je jasno da mora da se pokorava izvesnoj zakonitosti. Pokušaćemo ovu zakonitost formulisati matematički.

Uzmimo da brzina stvaranja kajmaka zavisi od zapremnine loptica masti u mleku, zatim od potiska sa kojom se kreću ka površini i od viskoziteta mleka, tj. viskoziteta obranog mleka u kojoj se kreću masne loptice. Dakle, one faktore koji u drugim temperaturnim režimima uslovljavaju i stvaranje pavlake.

Poslužićemo se dimenzionalnom analizom, da bi navedene faktore međusobno povezali. Smisao ove operacije je da se pojedini promenljivi faktori svedu na 4 dimenzije (masu = M, dužinu = L, vreme = T i temperaturu = t), i po određenom matematičkom postupku međusobno povežu.

Otuda:

Faktor:	oznaka:	dimenzije:
brzina	C	LT^{-1}
zapremina masne loptice	V	L^3
potisak	S	ML^{-3}
viskozitet	z	$ML^{-1}T^{-1}$

Uzmimo da je C funkcija navedenih promenljivih, tj.

$$C = f(V, S, z) \text{ ili}$$

$$f_1(C, V, S, Z) = 0$$

Bezdimenzionalna matrica za gornje glasi:

	1	2	3	4
	C	V	S	z
M	0	0	1	1
L	1	3	-3	-1
T	-1	0	0	-1

bezdimezijske veličine mogu glasiti:

$$(\pi_i) = C^{K_1} \cdot V^{K_2} \cdot S^{K_3} \cdot z^{K_4}$$

a dimenzijska jednačina za gornji odnos glasi:

$$M \cdot L \cdot T = M^{K_3 + K_4} \cdot L^{K_1 + 3K_2 - 3K_3 - K_4} \cdot T^{-K_1 - K_4}$$

odatle

$$\begin{aligned} 0 &= K_3 + K_4 && 1. \\ 0 &= K_1 + 3K_2 - 3K_3 - K_4 && 2. \\ 0 &= -K_1 - K_4 && 3. \end{aligned}$$

S obzirom na broj promenljivih i rang matrice, potrebno je tražiti samo jednu bezdimenzijsku veličinu. Otuda, ako uzmemo da je $K_1 = 1$, tada iz jednačina 1, 2 i 3 dobijamo da su:

$$\begin{aligned} K_4 &= -1 \\ K_3 &= 1 \\ K_2 &= \frac{1}{3} \end{aligned}$$

Prema tome:

$$\frac{C^{K_1} \cdot V^{K_2} \cdot S^{K_3} \cdot z^{K_4}}{1 \quad \frac{1}{3} \quad -1 \quad 1}$$

tj. $C = V^{\frac{1}{3}} \cdot S \cdot \frac{1}{z}$

Izraz $V^{\frac{1}{3}}$ treba shvatiti kao kubni koren iz poluprečnika loptice s obzirom da je zapremina $V = \text{const. } r^3$; izraz za S tj. potisak treba posmatrati kao razliku u specifičnoj težini obranog mleka i mlečne masti, odnosno kao:

$$\begin{aligned} g(S_1 - S_0) \\ g \dots \text{gravitacija} \\ S_1 \dots \text{specifična težina obranog mleka,} \\ S_0 \dots \text{specifična težina masti} \end{aligned}$$

dakle:

$$C = \frac{r \cdot g(S_1 - S_0)}{z} \quad 4.$$

Lako je uočiti da je ovde u pitanju u suštini Stoks-ov zakon, tj.

$$C = \frac{\text{const. r. g} (S_1 - S_0)}{z} \quad 5.$$

odnosno, u punom izrazu:

$$C = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot g \cdot \frac{(S_1 - S_0)}{z} \quad 6.$$

Prema tome, posmatrajući ponašanje mlečne masti kod proizvodnje kajmaka u osnovi važi Stoks-ov obrazac. Ovo se i moglo očekivati. Treba imati u vidu, međutim, da ovo ascendentno kretanje mlečne masti prati i nagomilavanje proteina u graničnoj fazi: mleko—vazduh po određenoj zakonitosti. Ali po našem mišljenju osnovnu brzinu obrazovanja kajmaka determiniše ipak brzina kretanja masnih loptica.

Količina kajmaka koja se stvara u procesu kajmačenja u određenom vremenskom intervalu zavisi od više faktora. Ove faktore i njihove dimenzije navodimo u sledećoj tabeli:

Faktor:	Oznaka:	Dimenzija:
količina kajmaka	Q	M
masnoća mleka	m	M
otvorena površina mleka	P	L ²
dubina sloja mleka	d	L
brzina pada temperature mleka	h	T ⁻¹ t
spvodljivost toplote posude	1	M L T ⁻³ t ⁻¹

Poslužimo se opet dimenzionalnom analizom:

$$Q = f(m, P, d, h, 1)$$

$$f_1(Q, m, P, d, h, 1) = 0$$

bezdimezionalna matrica glasi:

	1	2	3	4	5	6
	Q	m	P	d	h	1
M	1	1	0	0	0	1
L	0	0	2	1	0	1
T	0	0	0	0	-1	-3
t	0	0	0	0	1	-1

Dimenzionalna jednačina glasi:

$$M \cdot T \cdot L \cdot t = M^{K_1 + K_2 + K_6} \cdot L^{2K_3 + K_4 + K_6} \cdot T^{-K_5 - 3K_6} \cdot t^{K_5 - K_6}$$

odnosno:

$$O = K_1 + K_2 + K_6 \quad 7.$$

$$O = 2K_3 + K_4 + K_6 \quad 8.$$

$$O = -K_5 - 3K_6 \quad 9.$$

$$O = K_5 - K_6 \quad 10.$$

otuda ako izrazimo jednačinama 7—10, da su:

$$K_6 = -K_1 - K_2$$

$$K_5 = -K_1 - K_2$$

$$K_4 = K_1 + K_2 - 2K_3$$

tada primenom ciklične varijacije dobijamo:

	$K_1 = 1$ $K_2 = K_3 = 0$	$K_2 = 1$ $K_1 = K_3 = 0$	$K_3 = 1$ $K_1 = K_2 = 0$
K_4	1	1	-2
K_5	1	-1	0
K_6	-1	-1	0

i otuda:

	K_1 Q	K_2 m	K_3 P	K_4 d	K_5 h	K_6 1
(pi 1) a	1	0	0	1	1	-1
(pi 2) b	0	1	0	1	-1	-1
(pi 3) c	0	0	1	-2	0	0

dakle, ako uzmemo da je

$$a = b \cdot c$$

onda su rešenja:

$$a = \frac{Q \cdot d \cdot h}{1}$$

$$b = \frac{m \cdot d}{h \cdot 1}$$

$$c = \frac{P}{d^2}$$

ili

$$Q = \frac{m \cdot P}{d^2 \cdot h^2 \cdot 1} \quad 11.$$

Ova povezanost u jednačini 11. pokazuje da je količina obrazovanog kajmaka u nekom vremenskom intervalu direktno srazmerna sa masnoćom mleka (m) i otvorenom površinom (P) razlivenog mleka u posudi za izdvajanje

kajmaka. Isto tako je vidljivo da je količina kajmaka obrnuto srazmerna sa dubinom sloja mleka (d), brzinom pada temperature mleka (h) i sprovodljivosti toplote (l) materijala od kojeg je načinjena posuda u kojoj se vrši izdvajanje kajmaka.

Na sve ove činjenice ukazao je prof. Stević (1) u svom radu o kajmaku. Matematičkom analizom došli smo do istih rezultata.

Treba napomenuti da obrazac 11. prikazuje funkcionalnu povezanost navedenih faktora, ali ne objašnjava unutarnji mehanizam, odnosno fizikalno-hemijske procese koji sačinjavaju bit procesa stvaranja kajmaka.

Naprimera, uticaj veličine slobodne površine mleka u posudi možda stoji u vezi sa povećanom graničnom fazom mleko-vazduh. Ako je tako, onda važi Gibb-Thomson-ov zakon, koji kaže da sve materije koje smanjuju površinski napon, nagomilavaju se u graničnoj fazi. Belančevine, pa dakle i kalcium kazeinat, imaju svojstvo da smanjuju površinski napon; to je sigurno i objašnjenje za prisustvo proteina u kajmaku.

Da li površina mleka i proces isparavanja vode ima uticaja na stvaranje kajmaka, nije jasno. Matematička analiza dala je određene rezultate. Uticaj dubine sloja mleka može imati svoje objašnjenje u dužini puta koju masne loptice ili grudvice moraju prevaliti u određenom vremenskom intervalu. Brzina penjanja pojedinih masnih loptica je zavisna od prečnika — pri ostalim stalnim uslovima —, pa je prihvatljivo, da ako je brzina ispod neke kritične veličine, tada pojedine masne loptice i nisu u stanju savladati put do površine mleka.

Uticaj brzine hlađenja mleka je svakako složenije prirode. Aspekt koagulacije albumina verovatno i nema bitnog značaja (sadržaj nekazeinske belančevine u kajmaku prema kazeinskom iznosi 1:4) na šta ukazuju i novija ispitivanja (2) a uz to, potpuna koagulacija albumina nastaje relativno brzo za oko 10—15 minuta/90°C. Najverovatnije je da spora promena temperature doprinosi održavanju malog viskoziteta, jer isti opada sa porastom temperature, a mali viskozitet omogućava brže kretanje masnih kapljica (jednačina 6.).

Sprovodljivost toplote posude indirektno utiče na količinu dobijenog kajmaka, jer sprečava brzo sniženje temperature. Iskustvo je uputilo proizvođače na upotrebu drvenih karlica, što međutim ne isključuje mogućnost korišćenja, naprimera, metalnih posuda sa izolacijom.

Treba napomenuti da bi za definitivno formulisanje odnosa u jednačini 11. bili potrebni eksperimentalni podaci.

Smatramo da ovaj mlečni proizvod zaslužuje veću pažnju naših mlekar-skih stručnjaka, koji bi svojim priložima sigurno doprineli boljem sagledavanju kako tehnoloških, tako i ekonomskih aspekata ovog proizvoda i našli put za uvođenje ovog proizvoda u industriju.

Literatura:

1. STEVIĆ B.: Kajmak, izdanje »Iproz« Beograd, 1942.
2. ZONJI Đ., ŽIVKOVIĆ Ž., VASIĆ J.: Prilog poznavanju kajmaka, XII Seminar, Zagreb, 1974.