

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Drobnica je naša prihodnost

PREDELAVA OVČJEGA MLEKA

1

Marjana Cvirn
2026

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Mleko

Mleko je izloček mlečnih žlez, dobljen z molžo različnih vrst živali, ki mu ni bilo nič dodano in nič odvzeto. Pri nas je najpogostejše mleko krav, ovc in koz, včasih pa tudi mleko kobil. V svetu je poznano tudi osličje in bivolje mleko, ki je zelo primerno za predelavo v maslo, najbolj poznana pa je mocarela iz bivoljega mleka. Mleko katerekoli vrste živali spada med osnovna živila.

Kemijska sestava ovčjega mleka:

- 81,50–84,10 % vode,
- 5,27 % beljakovin,
- 6,26 % maščobe,
- 4,55 % laktoze,
- 0,68 % rudnin.

Voda

Voda predstavlja največji delež mleka, saj mleko vsebuje med 86 in 89 %. Kljub visokemu odstotku vode mleko nima vodenega značaja.

Poznani sta dve obliki vode v mleku: prosta voda (od 95,9 do 97,8 %) in vezana voda (od 2,0 do 4,1 %). Največ je proste vode, ki jo lahko odstranjujemo z uparjanjem ali evaporacijo mleka. Manjši delež pa predstavlja vezana voda, ki jo zaradi polarnosti njenih molekul vežejo nase električno nabiti delci beljakovin in maščobe ali pa je kristalno vezana v laktozi. To razmerje med vezano in prosto vodo je uravnoteženo, vendar se lahko poruši, saj je odvisno od temperature, pH in koncentracije soli. Omenjene lastnosti različnih oblik vode s pridom uporabljajo pri različnih tehnoloških postopkih, kot so na primer proizvodnja mleka v prahu, izdelovanje sirov in fermentiranih vrst mleka.

Beljakovine

Beljakovine so najpomembnejša sestavina mleka. To so visoko molekularne spojine, ki so večinoma zelo občutljive na kemične in fizikalne vplive, zaradi česar zelo hitro spremenijo svojo zgradbo in lastnosti. Osnovne gradbene enote vseh beljakovin so aminokisline. To so nizko molekularne organske spojine, ki imajo v svoji sestavi karboksilno skupino (-COOH) in aminoskupino (-NH₂). Vse aminokisline, ki sestavljajo proteine, so α-aminokisline, kar pomeni, da sta karboksilna in amino skupina vezani na prvi ogljikov atom. Od preostalih dveh vezi zapolnjuje eno vez vodikov atom, drugo vez pa del molekule, ki jo imenujemo radikal. Posamezne aminokisline se med seboj razlikujejo le po radikalu. Poznanih je preko dvajset različnih α-aminokislin, od teh so jih v mleku dokazali osemnajst. Pomembno je tudi vedeti, da človeško telo osem aminokislin ne more sintetizirati, so pa življenjskega pomena za normalno presnovo, zato jih mora zaužiti s hrano. Takim aminokislinam pravimo esencialne ali nepogrešljive aminokisline in jih vse najdemo v mlečnih

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

beljakovinah. Pri vseh treh vrstah mleka poznamo dva tipa beljakovin: kazeine in serumske beljakovine ali sirotkine beljakovine. Kazeine predstavljajo štiri gensko določene polipeptidne verige, zato jih delimo na: $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, β - in κ - kazeine. Ostali kazeini nastanejo med kasnejšimi procesi (fosforilacija, glikozilacija) ali delno razgraditvijo osnovnih kazeinov (proteolizo). S proteolizo β - kazeina tako nastanejo γ -kazeini. Kazeini so v mleku povezani s koloidnim kalcijevim fosfatom ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) v micela, velike od 0,02 do 0,30 μm . Kazeinske micela določajo stabilnost mleka in mlečnih izdelkov med toplotno obdelavo, postopki koncentracije in skladiščenjem. Od njihovih lastnosti je odvisna sposobnost mleka za predelavo v sir, reološke lastnosti (teksturo in čvrstost) fermentiranih izdelkov ter viskoznost koncentriranih in homogeniziranih izdelkov. Medtem ko sta si po beljakovinski sestavi kravje in ovčje mleko zelo podobna, ima kozje mleko kar nekaj posebnosti. Glavni kazein kravjega in ovčjega mleka je $\alpha 1$ -kazein, kozjega pa β - kazein. Pri kozjem mleku so ugotovili velik genetski polimorfizem v vsebnosti $\alpha 1$ - kazeina. Tako je lahko kozje mleko praktično brez tega kazeina ali pa ga vsebuje skoraj enak delež kot kravje mleko. Ugotovljeno je, da obstaja pri kozjem mleku pozitivna povezava med količino $\alpha 1$ -kazeina in količino skupnega kazeina v mleku. Količina $\alpha 1$ - kazeina pa vpliva tudi na velikost kazeinskih micel, ki so v mleku z majhno količino $\alpha 1$ - kazeina večje. β -kazein obeh vrst mleka je zelo podoben kravjemu, vendar pa je polipeptidna veriga kozjega enaka kravjemu, ovčjega pa se nekoliko razlikuje v aminokislinski sestavi. Razlikujeta se tudi laktalbumina v obeh vrstah mleka, kar pa ima bolj kliničen pomen. Laktalbumin v kravjem mleku namreč lahko sproži alergijsko reakcijo pri ljudeh, zlasti pri majhnih otrocih. Pogosto pa ti ljudje lahko zauživajo kozje mleko brez neprijetnih posledic, kar znanstveniki povezujejo z različno zgradbo obeh beljakovin. Kozje mleko vsebuje zelo majhne količine $\alpha 1$ - kazeina ali pa sploh nič, zato so beljakovine kozjega mleka lažje prebavljive kot beljakovine kravjega, saj se v želodcu tvorijo manjši in lažje razgradljivi skupki sesirjenega mleka. To je še zlasti pomembno za otroke in starejše ljudi. Izraz sirotkine beljakovine opisuje skupino proteinov mleka, ki ostanejo raztopljeni v mlečnem serumu ali sirotki po izločanju kazeinov pri vrednosti pH 4,6. Njihova topnost se zmanjša, če mleko segrevamo, zato se pri temperaturah nad 60 °C postopno izkosmičijo. Toplotno občutljivost sirotkinih beljakovin izkoriščajo predvsem pri ovčjem mleku za izdelavo albuminske skute. Razmerje med kazeini in sirotkinimi beljakovinami se spreminja med laktacijo, na splošno pa velja, da predstavljajo kazeini v kravjem mleku 76–86 % vseh beljakovin mleka; podobno razmerje najdemo pri ovčjem mleku, medtem ko vsebuje kozje nekoliko večji delež sirotkinih beljakovin. Lastnosti sirotkinih beljakovin se med temi tremi vrstami mleka malo razlikujejo.

3

Maščoba

Maščoba se nahaja v mleku v obliki kroglic, ki so obdane z membrano, ki preprečuje zlivanje maščobnih kroglic, poleg tega pa varuje maščobo pred encimsko razgradnjo in oksidacijo. Mlečno maščobo sestavljajo maščobne kisline, ki se med seboj razlikujejo po dolžini verige, sestavljene iz ogljikovih (C) atomov, in nasičenosti. S prehranskega in zdravstvenega vidika je vedno bolj pomembno, da je čim več nenasičenih maščobnih kislin. Količina nenasičenih maščobnih kislin – linolne in

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

linolenske – se sicer ne razlikuje od povprečne vsebnosti v kravjem mleku, zato v tem pogledu kozje mleko ni boljše od kravjega. Pač pa se sestava mlečne maščobe močno razlikuje v količini kratko- in srednjeveržnih maščobnih kislin (C6–C14). Maščoba kozjega mleka jih običajno vsebuje 35 %, kravje mleko pa le 17 %. Tri od njih so celo poimenovane po kozah: kapronska (C6), kaprilna (C8) in kaprinska (C10). Teh je v maščobi kozjega mleka kar 15 % – v kravjem mleku le 5 % – in dajejo značilni vonj ter okus izdelkom iz kozjega mleka. Te tri maščobne kisline postajajo vedno bolj zanimive za medicinske strokovnjake, saj pomagajo pri zdravljenju mnogih presnovnih bolezni pri ljudeh.

Kozje in ovčje mleko se razlikujeta od kravjega po velikosti maščobnih kroglic. V povprečju ima največje maščobne kroglice kravje mleko, sledi mu ovčje in temu kozje s poprečno najmanjšimi kroglicami. V nasprotju s kravjim mlekom kozje ne vsebuje posebne snovi, ki jo imenujemo aglutinin. Ta se pri temperaturah pod 37 °C veže na membrano maščobnih kroglic in povzroča njihovo zlepljanje. Kroglice se začnejo združevati v skupke (pakete), ki se hitreje dvigujejo na površino kot posamezne kroglice. Zato se pri kravjem mleku z nižanjem temperature (hlajenjem) povečuje hitrost izločanja smetane. Pri kozjem mleku pojav izločanja smetane na površino mleka redko opazimo zaradi manjših maščobnih kroglic in pomanjkanja aglutinina. Pri ovčjem mleku pa se smetana sicer oblikuje, vendar je manj čvrsta, ker kroglice niso povezane. Maščoba kozjega in ovčjega mleka se od maščobe kravjega mleka razlikuje tudi po sestavi, saj vsebuje več srednjeveržnih maščobnih kislin. Predvsem kaprilna in kaprinska kislina dajeta ovčjemu in kozjemu mleku ter s tem tudi izdelkom teh dveh vrst značilen okus in vonj, ki praviloma nista ostrejša od okusa in vonja kravjega mleka. Vse maščobne kisline so v glavnem vezane v trigliceride. V svežem mleku so le sledovi prostih maščobnih kislin. Sprostijo se v primeru poškodbe membrane in razgraditve trigliceridov z lipolitičnimi encimi. Membrana maščobne kroglice je pri kozjem mleku občutljivejša kot pri kravjem in se hitro poškoduje zaradi različnih mehanskih vplivov (grobno mešanje, prečrpavanje, zmrzovanje). Poškodbi sledita razgraditev maščobe in pojav okusa »po kozah«. Slaba higiena pri pridobivanju mleka, napake pri molži, ki povzročijo poškodbo membrane maščobnih kroglic, mastitis in shranjevanje mleka v bližini živali so najpogostejši vzroki močnega ali celo neprijetnega okusa, ki ga zaznamo tudi pri izdelkih iz ovčjega in kozjega mleka.

4

Laktoza

Glavni ogljikov hidrat mleka vseh treh živalskih vrstje laktoza ali mlečni sladkor. Laktoza je disaharid, sestavljen iz molekule glukoze in molekule galaktoze. Laktoza je manj sladka kot saharoza, zato okus mleka kljub sorazmerno veliki količini laktoze ni izrazito sladek. Laktoza v kozjem mleku sestavlja pretežni del lahkotopnih ogljikovih hidratov. Kozje mleko vsebuje manj laktoze kot kravje mleko. Laktoza je pomembna sestavina pri izdelavi vseh fermentiranih mlečnih izdelkov. Mlečnokislinske bakterije jo izkoriščajo kot vir energije, potrebne za razmnoževanje. Pri tem jo spreminjajo v mlečno kislino. Proces imenujemo mlečnokislinska fermentacija. Industrijska uporaba laktoze je dokaj omejena zaradi nižje sladilne moči in tudi zaradi slabše topnosti.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Kljub temu jo uporabljajo v slaščičarstvu zaradi njene odlične sposobnosti vezanja pigmentov in barvil ter v farmacevtski industriji za pripravo humaniziranega mleka, otroške in dietne hrane, za izdelavo tablet, kot gojišče za plesni pri izdelovanju antibiotikov itd.

Rudnine

Mleko je visoko cenjeno živilo v prehrani otrok in mladostnikov, ker je bogat vir kalcija in fosforja, pomembnih rudnin za pravilen razvoj kostnega in zobnega tkiva. Žal mleko ne vsebuje dovolj železa in joda, ki sta nepogrešljiva elementa za normalno delovanje organizma. Kalcij in fosfor sta v kravjem in kozjem mleku v podobnih količinah. Pomembna je razlika v vsebnosti klora, katerega je bistveno več v kozjem mleku. Vsebnosti kalija, natrija in magnezija so podobne v kravjem in kozjem mleku. Količine elementov v sledovih so podobne v kozjem in kravjem mleku, nekaj razlik je le v koncentracijah kobalta in molibdena. Obe vrsti mleka vsebujeta malo železa in bakra.

Vitamini

Mleko vsebuje v maščobi in vodi topne vitamine. V prehrani je mleko pomemben vir vitamina A. Naraven, aktiven vitamin A nastane iz retinola in β -karotena, njegova količina pa je sezonsko zelo spremenljiva, predvsem kot posledica sezonskega nihanja količine β -karotena. Vitamin E je v mleku kot α -tokoferol, ki je pomemben naravni antioksidant. Tudi količini vitamina E in D se med sezono spreminjata in sta močno odvisni od vrste krme. Mleko je pomemben vir v vodi topnih vitaminov B-kompleksa: B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B6 (piridoksin), B12 (cianokobalamin), niacina (nikotinska kislina) in pantotenske kisline. Vsi v vodi topni vitamini so precej stabilni pri vseh postopkih obdelave in predelave mleka. Kozje mleko vsebuje precej več vitamina A kot kravje. V kozjem mleku se ves karoten pretvori v vitamin A, zato je kozje mleko mnogo bolj belo kot kravje. Kozje mleko vsebuje več riboflamina in niacina kot kravje ter bistveno manj vitaminov B12 in B6. Vitaminov C in D obe vrsti mleka ne vsebujeta veliko.

Fizikalne in tehnološke lastnosti mleka

Zaradi velike vsebnosti suhe snovi, predvsem maščobe in beljakovin, ima ovčje mleko pri predelavi v sir skoraj dvakrat večji izkoristek kot kravje ali kozje mleko. Različna količinska sestava pa vpliva tudi na fizikalne lastnosti posamezne vrste mleka, kar se izraža pri njegovi gostoti, vrednosti pH in krioskopski točki.

Ena izmed pomembnejših fizikalnih lastnosti mleka je zmrziščna točka. Določa jo koncentracija vseh raztopljenih snovi. Padec zmrziščne točke mleka povzročajo v vodi raztopljene snovi, predvsem laktoza in soli. Zmrziščna točka mleka je zelo konstantna, saj je v sorazmerju z osmotskim tlakom, ki je enak osmotskemu tlaku krvi. Mlečna žleza ohranja ravnotežje med osmotskim tlakom mleka in krvi s tem, da v mleko prepušča večje ali manjše količine topnih soli. Tako na primer prehaja več soli v mleko pri živalih z akutnim mastitisom, saj le-ta povzroči padec količine laktoze

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

v mleku. Takšno mleko je tudi po okusu rahlo slano. Zmrziščna točka kravjega mleka se giblje med $-0,52$ in $-0,55$ °C, za kozje in ovčje mleko pa na splošno velja, da imata nekoliko nižjo zmrziščno točko. Če mleku dolivamo vodo, se zmrziščna točka viša in pomika proti 0 °C. Merjenje zmrziščne točke je zdaj najpogostejša metoda za ugotavljanje potvorb mleka z vodo. Ovčje mleko ima predvsem zaradi večje vsebnosti beljakovin, najvišjo gostoto kozje mleko pa zaradi proporcionalno večje vsebnosti mineralnih snovi ter različnega razmerja soli najnižjo pH vrednost. Kozje in ovčje mleko imata tudi nekatere značilne tehnološke lastnosti. Zaradi manjše vsebnosti kazeina in večjih kazeinskih micel ima kozje mleko slabše sposobnosti usirjanja; po dodatku sirišča je koagulacijski čas krajši, čas učvrščanja koaguluma daljši, koagulum je mehkejši, izkoristek pri sirjenju pa slabši. Podobna so opažanja pri kislinski koagulaciji kozjega mleka. Vrednost pH se navadno hitreje znižuje v kozjem kot kravjem mleku in koagulum je mehkejši. Zanimivo je, da med skladiščenjem skoraj ni opaznega izločanja sirotke, kar je vsekakor pozitivna lastnost. Kadar govorimo o tehnoloških lastnostih ali primernosti kozjega in ovčjega mleka za predelavo, ne smemo pozabiti, da je prireja mleka pri teh dveh vrstah še vedno predvsem sezonska. To pomeni, da laktacijsko obdobje izrazito vpliva na sestavo mleka, zato moramo tehnologijo predelave prilagajati precejšnjim razlikam v sestavi mleka na začetku, v sredini in ob koncu laktacije. Največ težav se običajno pojavi ob koncu laktacije, saj je v mleku zaradi utrujenosti vimena prisotnih veliko več krvnih sestavin, poleg tega pa je porušeno normalno razmerje med sestavinami. Koagulacijske lastnosti kozjega mleka se še poslabšajo, koagulum je nežen, encimska razgraditev maščobe in beljakovin pa hitrejša, kar povzroči številne napake v teksturi, okusu in aromi izdelkov (grenkoba, pekoč okus ...).

6

Sir

Sir dobimo z usirjanjem surovega ali toplotno obdelanega mleka s siriščem ali kislino. Sire lahko izdelujemo iz surovega ali iz pasteriziranega mleka. Pasterizacija je postopek toplotne obdelave živila, s katerim zmanjšamo število prisotnih mikroorganizmov.

Vrste pasterizacij:

- termizacija: $57-68$ °C, 15 sekund,
- nizka ali dolgotrajna: $62-65$ °C, 30 minut,
- srednja ali kratkotrajna: $72-76$ °C, 15–45 sekund,
- visoka ali trenutna: nad 85 °C, 5–15 sekund.

Razvrščanje sira

Sire delimo glede na:

- vrsto mleka (kravje, kozje, ovčje, mešano),
- način sirjenja (način koagulacije) – s siriščem, s kislino, kombinirano,
- način zorenja (zorijo na površini, v notranjosti, ne zorijo ...),
- količino suhe snovi (vode v siru),

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

- količino mlečne maščobe v suhi snovi.

Odstotek vode v siru

Vrsta sira	Voda v siru (%)	Značilni siri
Zelo trdi siri za strganje	Pod 35	Parmezan, zbrinc, paški sir
Trdi siri za rezanje	35–40	Ementalski, bohinjski, tolminski ...
Poltrdi siri	40–50	Gauda, edamec, trapist
Mehki siri	50–55	Feta, camembert
Sveži siri	Do 80	Skuta, planšarska skuta, laktični siri
Sirni namazi	Do 80	Namazi iz svežih sirov z raznimi dodatki

7

Odstotek maščobe v suhi snovi

Oznaka sira	Maščoba v suhi snovi (%)
Prekomasten sir	Najmanj 55
Polnomasten	Najmanj 50
Masten	Najmanj 45
Tričetrť masten	Najmanj 35
Polmasten	Najmanj 25
Četrťmasten	Najmanj 15
Pust	Pod 15

Na splošno pod pojmom sir razumemo:

- siriščni sir, če je mleko koagulirano s siriščem;
- kislinski sir, če je mleko koagulirano s kislino;
- skuto;
- sirotkin sir, ki je izdelan iz sirotke;
- topljeni sir.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Izdelava sira

Odbira mleka za sir

Pri odbiri mleka za sir preverjamo njegovo primarno in sekundarno dispozicijo za predelavo. Primarna dispozicija mleka so kemijsko-fizikalne lastnosti surovega mleka, sekundarna dispozicija pa je biološka slika mleka v času, ko ga usirjamo.

Najpomembnejše sestavine mleka, ki vplivajo na proizvodnjo sira, so: beljakovine, laktoza in mlečna maščoba. Pomembno je tudi ustrezno razmerje kalcija in fosforja. Zato v mleku, ki je namenjeno za izdelavo sira, izmerimo:

- kislost (pH ali SH),
- odstotek beljakovin in maščobe,
- naredimo kipelno preizkušnjo,
- ugotovimo prisotnost zaviralnih snovi.

Obdelava mleka za sir

Sem spadajo: toplotna obdelava mleka, standardizacija, polnjenje sirarskih kotlov, zorenje mleka, usirjanje, obdelava koaguluma, oblikovanje, stiskanje, soljenje in zorenje sira.

Toplotna obdelava mleka

Sir lahko izdelujemo iz surovega mleka. Če mleko skladiščimo dovolj dolgo, to je 12–24 ur pri temperaturi 12–15 °C, se v njem razmnoži naravna mikroflora. Ta mikroflora je zelo raznolika in da siru značilen vonj in okus. Lahko pa vsebuje tudi zdravju škodljive bakterije. V industrijskem sirarstvu mleku s toplotno obdelavo, baktofugiranjem ali mikrofiltracijo odstranimo prvotno mikrofloro in potem dodajamo starterske kulture. Pasterizacija poteka pri temperaturi 71–74 °C 15–40 sekund. Včasih za trdi in poltrdi sir uporabljamo nižjo in zmerno temperaturo termizacije 68–72 °C, ker tako ohranimo sestavine mleka čim bolj naravne. Med daljšim zorenjem, ki traja več kot en mesec, odmrejo patogeni mikroorganizmi, zato je temperatura toplotne obdelave lahko nižja. Previsoka temperatura toplotne obdelave mleka ima negativne posledice za procese usirjanja, pojav sirnega prahu ter izločanje laktoalbuminov in laktoglobulinov, ki se lepijo na kazein ter onemogočajo normalno odtekanje sirotke (Slanovec, 1982, 38, 40). Mleko za sir pri majhni okužbi lahko tudi baktofugiramo. Mikrofiltriramo samo posneto mleko, ker so maščobne kroglice v mleku ponavadi večje kot pore in se filtri hitro mašijo. Ob tem lahko odstranimo preko 99,5 % bakterij ter do 99,9 % spor *Bacillus cereus*, *Clostridium tyrobutyricum* (Tratnik, 1998, 249).

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Standardizacija mleka

Ker se količinsko razmerje med maščobo in beljakovinami v mleku stalno spreminja, moramo količino maščobe uravnavati glede na vsakokratno količino beljakovin. Pri tem si pomagamo s preglednico.

Faktorji (F) za izračunavanje potrebne količine maščobe v mleku na podlagi količine beljakovin:

	Zahtevan % maščobe v suhi snovi sira						
tipi sira	10 %	20 %	30 %	40 %	45 %	50 %	60 %
trdi					0,93	1,09	
poltrdi		0,28	0,50	0,74	0,90	1,06	
mehki		0,24	0,44	0,68	0,84	1,00	1,50
sveži	0,17	0,33	0,55	0,79	0,96	1,12	1,60

Vir: Slanovec, 1982, 56

% maščobe v kotlu = % beljakovin × F

Polnjenje sirarskih kotlov in zorenje mleka

Sirjenje poteka lahko v:

- sodobnih zaprtih klasičnih odprtih kotlih ali banjah,
- v horizontalnih ali vertikalnih napravah, ki jih vključujemo v kontinuirne linije za proizvodnjo sira.

Ne glede na izvedbo imajo naprave za sirjenje dvojni plašč ter priključke za mešanje mleka, rezanje sirnine (nože, sablje, harfe) in CIP-čiščenje.

Zorenje mleka je kontroliran proces, ko v toplotno obdelano mleko pri približno 30 °C že v sirarskem kotlu ali kadi dodamo starter kulturo in pustimo delovati pol do ene ure ob spremljanju naraščanja kisline. Mleko v kotlu segrevamo na temperaturo koagulacije, ki je odvisna od vrste sira, ki ga izdelujemo.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Kislost mleka, temperature in trajanje encimske koagulacije pri nekaterih sirih

Vrsta sira	Kislost mleka (SH)	Temperatura usirjenja (°C)	Čas usirjanja: 1. in 2. faza (min)
parmezan	8,2–8,8	30–33	10–12
ementalec	7,0–7,5	29–34	25–30
gavda	7,5	28–32	35–40
edamec	7,5–8,0	27–30	30–35
trapist	8,5–8,8	28–35	cca 40
tilzit	7,5–8,0	31–33	35–40
kamamber	8,0–11,0	28–30	60–75
gorgonzola	7,5–8,0	29–30	45–60
romadur	7,0–7,2	31	50

Vir: Slanovec, 1982, 43

Med polnjenjem kotla dodajamo v mleko za izdelavo sira mikrobiološke starter kulture, po potrebi kalcijev klorid, sredstva za preprečevanje napihovanja sira in na koncu pri ustrezni temperaturi sirišče.

Dodatki v mleko za izdelavo sira

Kalcijev klorid

Dodajamo ga v toplotno obdelano mleko za izdelavo sira, da bi izboljšali sposobnost usirjanja. Običajno zadošča dodatek 0,02 % CaCl_2 , saj previsok odmerek povzroči, da sir greni in je drobljiv, njegova tekstura pa je neizenačena.

Natrijev ali kalijev nitrat

Pri trdih in poltrdih sirih z dodajanjem natrijevega ali kalijevega nitrata (NaNO_3 , KNO_3) preprečujemo rast koliformnih bakterij in maslenokislinskih klostridijev, ki povzročajo zgodnje in pozno napihovanje sira. Dovoljen dodatek je največ 20 g/100 kg mleka. Ksantin oksidaza katalizira redukcijo nitrata v nitrit, ki preprečuje delovanje bakterije *Clostridium tyrobutyricum*.

Lizocim

Je encim, ki tudi zavira delovanje maslenokislinskih bakterij in se v sledovih nahaja v mleku ter v jajčnem beljaku. Dovoljena je uporaba 1–3 g komercialnega lizocima na 100 litrov mleka. Večinoma se veže na sirnino, v kateri razgrajuje celične stene bakterij vrste rodu *Clostridium* in drugih gram pozitivnih bakterij.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Mikrobne ali starter kulture

V večjih mlekarnah uporabljajo povsem določene mikrobne kulture z znano sestavo, v manjših obratih pa pogosto mešanice kultur, katerih sestava ni vedno znana (kisava, sirotkine bakterijske kulture).

Dodajamo lahko cepiva za trde, poltrde, mehke in sveže sire, ki vsebujejo:

- mlečnokislinske bakterije, ki so mezofilne in termofilne, ne glede na vrsto sira vedno dodajamo v toplotno obdelano mleko,
- propionske bakterije,
- bakterije rdeče maže,
- plemenite plesni (Tratnik, 1998).

Mezofilne mlečnokislinske kulture bakterij uporabljamo pri izdelovanju poltrdega, mehkega in svežega sira zaradi tvorbe kisline, arome in ponekod CO₂ (sirna očesa). Kultura je okisovalec, ki je zbirka mezofilnih mikroorganizmov. Cepivo za poltrdi sir vsebuje *Lactobacillus casei*, ki pospešuje sinerezo, zorenje in vpliva na okus.

Termofilne mlečnokislinske kulture bakterij dodajamo pri izdelavi trdega sira za ribanje in trdega sira za rezanje.

Propionovokislinske bakterije, ki so v ementalni sirarni, so že v prostoru in jih dodajamo previdno ter izjemoma. Uporabljamo jih v proizvodnji trdega sira v kombinaciji z mlečnokislinskimi bakterijami pri visoki temperaturi dogrevanja sirnine. V siru, kot sta ementalec in grojer, razvijejo značilen vonj, okus in sirna očesa.

Rdeča maža je mazava prevleka na površini nekaterih vrst sira, kot so limburški sir, romadur, tilzit, ki zorijo pod vplivom bakterije *Brevibacterium linens*. Deluje aerobno ter močno proteolitično in lipolitično. Encimi počasi prodirajo v notranjost sira, prav tako produkti razgradnje. Zelo malo cepiva dodajamo v mleko tik pred usirjenjem (1 ml/100 l mleka). Premazujemo ali pršimo površino izdelanega sira. V prostorih, kjer sir te vrste zori daljši čas, se maža prenaša tudi sama s sira na sir.

Plemenite plesni so tudi močni proteoliti in lipoliti, ki dajejo siru značilen, močan vonj in okus. Razlikujemo:

- sir z modro plesnijo v testu (roquefort, gorgonzola, stilton),
- sir z belo plesnijo na površini (camembert, brie),
- kombiniran sir z modro zeleno plesnijo v notranjosti in z belo na površini (modri brie, Cambozola).

Plesni so aerobne, optimalno rastejo pri višji kislosti in relativni vlažnosti ter temperaturi 20 °C in manj. Kulture plesni uporabljamo skupaj z mezofilno in včasih termofilno kulturo (gorgonzola, camembert, brie) mlečnokislinskih bakterij. Te kulture ustvarijo pogoje za rast plesni kot sekundarne mikroflore.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Sirišče

Za koagulacijo koloidno raztopljenega kazeina uporabljamo različne siriščne encime, ki pretvorijo kazein v netopni parakazein in peptide. Ti encimi so proteaze, ki cepijo peptidne vezi v beljakovinski molekuli in povzročajo koagulacijo. Med njimi je najpogostejši encim himozin.

Razlikujemo:

- tekoče sirišče, moč sirišča je 1 : 10.000 do 1 : 15.000,
- sirišče v prahu ali tabletah, moč sirišča je 1 : 100.000 do 1 : 150.000.

Moč sirišča je izražena z razmerjem, ki pove, koliko mleka usiri določen odmerek sirišča v določenem času. Npr.: razmerje 1 : 100.000 pomeni, da en del sirišča usiri 100.000 delov mleka v določenem času in pri določeni temperaturi. Čas usirjanja pomeni čas, ki poteče od trenutka dodajanja sirišča do pojava prvih opaznih znakov usirjenja.

Včasih v sirarstvu dodajamo tudi vodo, barvila, encime, kuhinjsko sol, aromatske snovi.

12

Usirjanje – koagulacija

Mleko v kotlu temperiramo do temperature usirjanja, ki je odvisna od vrste sira, letnega časa, kakovosti in lastnosti mleka, učinkovitosti sirišča in se giblje med 28 in 35 °C. Izbrano sirišče pripravimo po navodilih proizvajalca. Količina je odvisna od lastnosti surovine, tipa sira, temperature usirjanja in vrste ter moči sirišča. Sirišče v prahu vsaj 15 minut pred uporabo raztopimo v hladni vodi, nato ga vlijemo v mleko z uravnano kislinsko stopnjo. Dobro premešamo, da ga enakomerno porazdelimo po vsej prostornini kotla, nato mleko čim prej umirimo in pustimo, da koagulira, ter preverjamo čvrstost koaguluma.

Obdelava koaguluma

Namen obdelave koaguluma je oblikovanje sirnih zrn primerne velikosti in omogočanje izstopanja sirotke, ki se nahaja v vmesnih prostorih njegove mrežaste strukture. To dosežemo s postopki pedsirjenja, kamor spadajo:

- rezanje dovolj čvrstega koaguluma s harfami na kocke, pri mehkem in svežem siru še s tem postopkom dosežemo ustrezno velikost zrn,
- drobljenje koaguluma na delce ustrezne velikosti, čim trši sir izdelujemo, tem manjši so delci.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Za sir grana padano je približna velikost delcev 3 mm, parmezan 3–4 mm, čedar 6–8 mm, grojer, ementalec 1 cm, edamec in gavda 1–1,2 cm, feta 2–3 cm, sir z modro plesnijo 1–1,5 cm, sir z belo plesnijo 3 cm (Tratnik, 1998, 263).

Obdelava sirnega zrna – dosirjanje

Pri mehkem in svežem siru te faze ne izvajamo, pri trdem in poltrdem siru pa je sestavljena iz dogrevanja in sušenja sirnega zrna.

Dogrevanje poteka med stalnim mešanjem najpogosteje posredno preko dvojnega plašča sirarskega kotla s paro ali vročo vodo. Lahko pa predhodno odvezujemo del sirotke in dodamo v kotel vročo vodo ali kombiniramo oba načina. Temperatura dogrevanja je za večino vrst sira 35–40 °C, za trdi sir pa 40–56 °C, odvisno od vrste. Pri nekaterih vrstah sira, kot so ementalec, grojer in parmezan, je potrebna višja temperatura, saj takrat poteka dogrevanje v dveh fazah: najprej pri 36–40 °C, nato do ustrezne višje temperature.

Sušenje poteka prav tako med stalnim mešanjem pri ustrezni temperaturi. Sirno zrno je na začetku še zelo mehko, zato mora biti mešanje previdno, nežno, obenem pa moramo preprečiti lepljenje in usedanje zrna. To dosežemo s posebno oblikovanimi sirarskimi orodji. Sirno zrno oddaja sirotko, se pri tem krči in postaja vedno čvrstejše. Osušeno sproti preverjamo. Pri nekaterih vrstah sira (gavda, edamec) moramo odstraniti 30–45 % sirotke zaradi znižanja količine laktoze. V sirarskem stroju sirotko razredčujemo z dodatkom vroče vode, ki izpere laktozo in pospeši sinerezo. Pri manjši proizvodnji v odprtih sirarskih kotlih in banjah določimo zaključek sušenja ročno. Z roko zajamemo sirno zrnje in iz njega iztisnemo sirotko ter oblikujemo svaljek. Ko ga prelomimo, ocenjujemo hitrost preloma in lepljivost zrn v svaljku. Svaljek drgnemo med dlanmi in opazujemo hitrost ločevanja zrn. Hitro ločevanje pomeni, da so zrna dovolj suha. Če ostajajo zlepljena v keplicah, moramo sušenje nadaljevati. Če v dlani stisnjeno testo razpade že ob najmanjšem dotiku ali samo od sebe in se ne lepi več skupaj, je zrno presušeno.

13

Oblikovanje sira

Ločitev zrna od sirotke poteka na več načinov:

- iz sodobnih mehaniziranih sirarskih kotlov izpuščamo ali prečrpavamo zrno obenem s sirotko v kadi za predstiskanje ali neposredno v perforirana oblikovala,
- če izdelujemo sir v holandski banji, potisnemo zrno s sirotko v en del kadi, kjer se tudi rahlo stisne. Ko se zrna usedejo in umirijo, odtočimo sirotko, sirnino v banji razrežemo in kose zložimo v oblikovala,
- če oblikovala polnimo neposredno, iz njih odteka sirotka, hkrati se zrna posedejo in v siru nastane kapilarni sistem,

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

- pri klasičnem sirarstvu zamešamo zrno proti dnu kotla, pustimo, da se usede, in ga nato zajamemo v sirarski prt. Sledi dviganje iz kotla in prenašanje na sirarsko mizo, kjer sirnino razrežemo in polnimo v oblikovala (Slanovec, 1982, 72, 73).

Oblikovala so nerjaveča kovinska ali plastična, različnih oblik in velikosti ter perforirana.

Na kontinuirnih proizvodnih linijah uporabljamo novejša, popolnoma zaprta sistema za predstiskanje sirne pogače, kjer sir lahko nato tudi stiskamo. Nastali blok sira po stiskanju režemo na kose določene velikosti, ki so enakomerno stisnjeni in kompaktni. Ti bloki sira zorijo v foliji in so brez skorje. Po praznjenju oblikovala in linije peremo s CIP-sistemom.

Stiskanje sira

Z njim odstranimo prosto vodo iz oblikovanega trdega in poltrdega sira, dosežemo hitrejšo povezavo sirnih zrn, sir se dokončno oblikuje, hkrati nastaja tudi skorja. Mehki in sveži sir stiskamo "pod lastno maso" – brez obtežitve. Stiskalnice so lahko mehanske, pnevmatske ali vakuumske. Lahko so vertikalne ali horizontalne, tunnelske itd. Pritisk v stiskalnici in čas stiskanja sta odvisna od vrste sira, njegove mase in velikosti. Povečujemo ga postopoma, da ne nastane prehitro skorja, ki bi preprečila odtekanje sirotke in povzročila nastanek sirotkinih gnezd. Potek stiskanja vpliva na oblikovanje sirnih očes v trdem in poltrdem siru. Sir med stiskanjem ročno obračamo.

14

V pokončnih pnevmatskih stiskalnicah je nad sirom včasih zračna blazina, ki omogoča enakomernejše prenašanje pritiska na površino sira. Pri skupinskih horizontalnih stiskalnicah lahko avtomatsko povečujemo pritisk, obenem pa obračamo sir v določenih časovnih presledkih. Tunnelske stiskalnice imajo tekoči trak, po katerem se sir v določenih časovnih presledkih pomika proti izhodu (Slanovec, 1982; Tratnik, 1998).

Soljenje sira

V siru je običajno 0,5–2 % soli pa tudi 3–7 % v siru tipa feta in domiati, kjer solimo že mleko z 8–15 % soli. Kuhinjska sol mora biti prečiščena, ne sme biti jodirana in ne sme vsebovati težkih kovin. Sir lahko solimo v testu ali suho po površini, pogosteje uporabljamo za trdi in poltrdi sir slanico, ki mora vsebovati glede na vrsto sira 21–23 % NaCl oziroma 20–22 Bauméja (Bé). Sir v slanici lahko prosto plava in ga po potrebi suho solimo po zgornji ploskvi. Lahko ga potapljamo v slanico skupaj z nerjavečimi paletami ali na sestavljivih platojih – boksih, pri čemer uporabljamo dvigalo. Sol iz slanice prodira od površine v notranjost sira po načelu difuzije,

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

medtem ko voda z raztopljenimi snovmi pronica od znotraj navzven po načelu osmoze.

Sir z modro plemenito plesnijo običajno suho solimo dvakrat na 24 ur ali enkrat dnevno na pet dni, lahko pa ga solimo v 23-odstotni slanici dva dni. Sir z belo plesnijo solimo suho tako, da vsebuje okrog 2 % soli ali mokro v slanici, čas soljenja pa je krajši in temperatura višja. Sir, ki zori v slanici (feta), lahko uporabimo po 2–3 tednih zorenja, če je bila slanica 10–12-odstotna in temperatura soljenja 12–14 °C.

Po končanem soljenju sir sušimo v komorah ali tunelskih sušilnicah in zavijamo v folije za zorenje. Izvzet je sir z rdečo mažo in plesnijo na površini.

Zorenje sira

Sir zori v posebnih zorilnih prostorih, v katerih so zagotovljeni ustrezna temperatura, relativna vlaga in pretok zraka. Leži na policah, na katerih je omogočeno negovanje in obračanje, kar je v večjih obratih povsem avtomatizirano. Temperaturo in relativno vlago moramo med zorenjem sira prilagoditi delovanju uporabljene starter kulture. Običajno poteka prva stopnja pri nižji temperaturi, glavno zorenje pa pri višji.

Med zorenjem se v siru odvijajo številni biokemijski, kemijski in fizikalni procesi, s katerimi sir pridobi svoje značilne senzorične lastnosti, kot so barva, očesa, konsistenca, aroma. Sirno testo postaja plastično in prožno že med soljenjem, procesi pa se nadaljujejo med zorenjem. Po enem do treh dneh je sladkor v glavnem prevret v mlečno kislino. Zorenje sira omogočajo:

- ostanki encimov iz dodatkov za sirjenje,
- encimi mleka,
- bakterije dodanih starter kultur in njihovi encimi,
- bakterije sekundarne okužbe,
- bakterije mleka, ki so preživele pasterizacijo,
- encimi sekundarnih kultur, kot so propionske bakterije, plemenite plesni, *Brevibacterium linens*.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Zorilni pogoji za nekatere vrste sira:

Vrsta sira	Zorenje	Temperatura °C	Vlaga (%)
ementalec	3–4 tedne predhodno zorenje 6–7 tednov glavno zorenje zaključno zorenje in skladiščenje	8–12 22–25 8–12	85–90
sir s površinsko mažo	prve 2–3 dni obračanje, brisanje, tvorba tanke skorje prva dva tedna zorenja nadaljnja dva tedna zorenja in naprej skladiščenje	14–16 10–12 6–10	90 70–75
sir v slanici	2–3 tedne zorenje v slanici (10–15 % soli) skladiščenje	12–16 5	
sir s plemenito plesnijo (kamamber, bri)	sušenje površine sira (24 ur) zorenje 30 dni skladiščenje do prodaje	18–20 10–14 5	75–80 85–90
sir s plesnijo v notranjosti (rokfor, gorgonzola, stilton)	zorenje 30–90 dni skladiščenje	10–13 5	90–95

Vir: Tratnik, 1998

Med zorenjem se v siru spreminjata tekstura in aroma, kar je posledica proteolize, glikolize in lipolize.

Razlikujemo primarno zorenje večinoma trdega in poltrdega sira ter sekundarno zorenje mehkega sira. Primarno zorenje poteka hkrati skozi vse plasti sira, pri tem:

- se razgrajujejo proteini in laktoza pod vplivom proteolitičnih encimov, mlečne kisline in NaCl,
- razgradi se nekaj mlečne maščobe; lipoliza v poltrdem in trdem siru povzroča neželjeno žarkost, razen v nekaterih vrstah sira, pri katerih sta pikanten, oster okus in vonj zaželena (parmezan, provolone, ovčji trdi sir ...),
- oblikuje se aroma sira,
- poteka tvorba očes pri poltrdem siru, očesa lahko nastanejo zaradi delovanja mlečnokislinskih bakterij, ki metabolizirajo citrate, pri čemer nastajata diacetil in CO₂,
- poteka propionovokislinsko vrenje v nekaterih vrstah trdega sira, kar povzroča nastajanje velikih sirnih očes in značilnega sladkastega okusa sira,
- CO₂ večinoma prodira na tista področja v siru, kjer je manjši odpor, in tvori po treh do štirih tednih zorenja okrogla sirna očesa. Najprimernejša temperatura je 22–24 °C, najustreznejši pH pa 5–6.

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Približno 30 dni po izdelavi se pojavi v ementalcu nekaj sirnih očes, njihovo število nato hitro narašča in je maksimalno po 50 dnevih zorenja. Takrat moramo sir preložiti v hladnejše prostore, da se delovanje propionovokislinskih bakterij ustavi. Rast propionskih bakterij je slabša pri višji koncentraciji soli in kisline. Takrat sirno testo ni elastično, namesto očes nastanejo razpoke.

Sekundarno zorenje poteka pri mehkem in polmehkem siru z več vlage in kisline s površine proti notranjosti. Tako zori:

- sir z rdečo mažo na površini,
- sir s plesnijo na površini in v testu,
- sir v slanici.

Zrel sir te vrste prepoznamo:

- po kredastem oziroma skutastem jedru,
- mikroflora so proteoliti in lipoliti, kot so *Brevibacterium linens*, kulture plesni, včasih kvasovke, proteoliza in lipoliza potekata hkrati,
- nekatere vrste poltrdega sira zorijo kombinirano, npr. tilzit, tako da delujejo mlečnokislinske bakterije in *Brevibacterium linens*.

Negovanje sira

Med zorenjem moramo sir redno negovati in obračati, kar lahko opravimo ročno ali strojno. Očistimo in vzdržujemo tudi podlage, na katerih sir leži. Trdi in poltrdi sir lahko premazujemo s parafinom ali poliacetatno smolo, ki daje siru lep videz in ga varuje pred plesnenjem med skladiščenjem in prodajo. Najkasneje v petih dneh po soljenju premazujemo dobro osušen sir. Lahko ga zavijamo v krčljive folije. Sir s plemenito plesnijo in z rdečo mažo zori na mrežasti podlagi zato, da ima zrak dostop, in ga redno obračamo.

Napake sira

Napake se pojavljajo na skorji in v testu ter v vonju in okusu sira. Nastajajo kot posledica neugodnih razmer med proizvodnjo, zorenjem in skladiščenjem, tehnoloških napak, zaradi nepravilnega ravnanja s sirom, povzroča pa jih tudi neustrezna surovina in škodljivci, kot so pršice, glodavci ...

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost



Sirarski svedri, s katerimi spremljamo potek zorenja sira. Vir: Čotar, 2006

Napake senzoričnih lastnosti sira opisujemo po IDF-standardu 99C/1997 Terminologija za opis napak senzoričnih lastnosti mleka in mlečnih izdelkov (Senzory evaluation of dairy products by scoring).



Pršica na skorji sira. Vir: Čotar, 2006



Razpokan, neelastičen sir zaradi prekislega testa. Vir: Čotar, 2006

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Pogosti in prepoznavni napaki trdega in poltrdega sira sta zgodnje in pozno napihovanje sira.



Pozno napihnjen sir gauda. Vir: Tratnik, 1998, 302



Pozno napihnjen sir. Vir: Čotar, 2006

LEADER/CLLD

Lokalni razvoj, ki ga vodi skupnost

Viri

Bajt, N. Tehnologija mleka. Ljubljana, 2011

Ketiš Glažar, S., Kekec, T. Delavnica s prikazom predelave mleka – Izdelava sirov.