

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Ina SULIČ

VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Ina SULIČ

VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE CONTENT OF SALT IN THE SEMI – HARD SLOVENIAN
CHEESES**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija kmetijstva – zootehniko. Opravljeno je bilo v laboratorijih Katedre za mlekarstvo na Oddelku za zootehniko, Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Bogdana Perka.

Recenzentka: prof. dr. Irena Rogelj

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Silvester ŽGUR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Recenzent: prof. dr. Irena ROGELJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: prof. dr. Bogdan PERKO
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Ina Sulič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UKD 637.3(043.2)=163.6
KG	mlečni izdelki/poltrdi siri/sol/Slovenija
KK	AGRIS Q04/9430
AV	SULIČ, Ina
SA	PERKO, Bogdan (mentor)
KZ	SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI	2009
IN	VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	X, 47 str., 8 pregl., 9 sl., 6 vir.
IJ	sl
Ji	sl/en
AI	Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, koliko soli (NaCl) vsebujejo poltrdi siri slovenskih proizvajalcev. Količina soli v siri je pomembna iz tehnološkega stališča in okusa. Sol povezujejo s povišanim krvnim tlakom, srčno žilnimi obolenji in s poškodbami ledvic. Priporočilo WHO za konzumacijo soli znaša do 5 g na dan. Zato veljajo težnje po zmanjševanju količine soli v hrani tudi za sire. V 12 vzorcih poltrdih sirov slovenskega izvora smo ugotovili v povprečju 1,57 % soli, minimalno 1% in maksimalno 2,5 %. Slovenski potrdi siri vsebujejo tako s stališča tehnološkega postopka, kot tudi s stališča senzoričnih lastnosti, minimalno še sprejemljivo količino soli.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DK UDC 637.3(043.2)=163.6

KG milk products/semi-hard cheeses/Slovenia

KK AGRIS Q04/9430

AU SULIČ, Ina

AA PERKO, Bogdan (supervisor)

PP SI-1230 Domžale, Groblje 3

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science

PY 2009

TI THE CONTENT OF SALT IN THE SEMI – HARD SLOVENIAN CHEESES

DT Graduation thesis (Higher professional studies)

NO X, 59 p., 8 tab., 9 fig., 6 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The purpose of the graduation thesis was to determine the content of salt (NaCl) in the semi-hard Slovenian cheeses. The amount of salt in cheese is highly important from the technological point of view, having an impact on its taste as well. High salt intake is associated with hypertension, cardiovascular disease, increased risk of stroke and kidney injuries. The salt intake recommended by WHO is five grams per day. Therefore the tendencies of reducing the amount of salt in food in general apply for the salt content in cheese as well. When analyzing twelve of the Slovenian semi-hard cheeses we concluded that on average they contain 1.57 % of salt with the minimum content of 1 % and maximum content of 2.5 %. Most often the cheese contains 1.3 % of salt. The Slovenian semi-hard cheeses contain an amount of still acceptable salt content in terms of the technological procedure as well as in terms of the sensory properties of food.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	II
Key words documentation (KWD)	III
Kazalo vsebine	IV
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
Okrajšave in simboli	XIII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 POMEN SOLI V SIRIH IN SOLJENJE V SLANICI	3
2.2 INHIBICIJA RASTI MIKROBOV	7
2.3 VPLIV NaCl NA AKTIVNOST ENCIMOV V SIRIH	14
2.3.1 Sirišče	14
2.3.2 Vpliv NaCl na vodno aktivnost (a_w) v sirih	18
2.4 CELOTNI VPLIV NaCl NA ZORENJE IN KVALITETO SIROV	23
2.4.1 Sir čedar	23
2.5 DIFUZIJA IN OSMOZA V SIRU	27
2.6 MEHANIZEM ABSORPCIJE IN DIFUZIJE SOLI V SIRIH	28
2.6.1 Koncentracija slanice in gradient koncentracije	28
2.6.2 Čas soljenja	30
2.6.3 Vrednost pH sira in slanice	31
2.6.4 Koncentracija kalcija v slanici	32
3 MATERIAL IN METODE	33
3.1 MATERIAL	33
3.2 METODE	34
3.2.1 Ugotavljanje koncentracije NaCl v sirih	34

3.2.2 Izračun	35
4 REZULTATI	36
4.1 OSNOVNA STATISTIKA ZA VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH	37
4.2 GRAFI ZA VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH	38
6 RAZPRAVA IN SKLEPI	40
6.1 RAZPRAVA	40
6.2 SKLEPI	42
7 POVZETEK	43
8 VIRI	44
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Količina vode, soli in soli v vodni fazi sira (SV) (v %, m/m) ter vrednost pH vrednost v nekaterih vrstah sirov (Fox in sod., 2004: 208)	4
Preglednica 2: Vpliv NaCl na vrednost pH in proteolizo v siru Kamamber, starem 4 tedne (Fox in sod., 2004: 213)	17
reglednica 3: a_w vrednosti v nekaterih vrstah sirov (Fox in sod., 2004: 216)	21
Preglednica 4: Minimalna vodna aktivnost (a_w), ki je potrebna za rast določenih mikroorganizmov v živilih (Fox in sod., 2004: 216)	22
Preglednica 5: Siri, vključeni v raziskavo ter vrednosti za maščobo v suhi snovi in količino suhe snovi, navedene v deklaracijah sirov.	33
Preglednica 6: Zatehta sira (g), poraba amonijevega tiocinata (ml) in g/100g soli v siru pri dveh ponovitvah	36
Preglednica 7: Povprečna količina soli (g/100g) v 12 vzorcih slovenskih poltrdih sirov	37
Preglednica 8: Osnovna statistika za vsebnost soli (g/100g) v poltrdih sirih	37

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Vpliv koncentracije NaCl v % m/m na vrednost pH sira (Fox in sod, 2004: 209)	9
Slika 2: Učinek koncentracije soli v vodni fazi sira na koncentracijo laktoze in vrednost pH v čedarju 14 dni po izdelavi (Fox in sod., 2004: 210)	10
Slika 3: Odnos med vodno aktivnostjo a_w v živilih in količino vode v njih (Fox in sod., 2004: 215)	19
Slika 4: Monogram prikazuje oceno vodne aktivnosti v svežem siru na podlagi odstotkov vlage in soli. Primeri: pri vrednostih vode 57 % in soli 1.5 % ter 44.5 % vode in 2.0 % soli, je vodna aktivnost 0.95, oziroma 0.975 (Fox in sod., 2004: 215)	20
Slika 5: Učinek koncentracije slanice na koeficient difuzije soli v vodni fazi gavda sira, soljenega 4 dni pri 20 °C (Fox in sod., 2004: 232)	28
Slika 6: Nivo soli v rezinah sira tipa romano, kot funkcija koncentracije slanice po 50, 100 in 200 minutnem soljenju sira v 20-odstotni slanici (Fox in sod., 2004: 232)	29
Slika 7: Vpliv različnih koncentracij slanice na količino absorbirane soli v 30 min pri 100g sira (Fox in sod., 2004:233)	30
Slika 8 Pogostost sirov glede na vsebnost soli	38
Slika 9 Število vzorcev glede na vsebnost soli	39

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

S/V	koncentracija soli v vodni fazi sira
NaCl	natrijev klorid
KCl	kalijev klorid
M	molarnost
I	notranjost sira
O	zunanje plasti sira
PTA	fosfovolframova kislina
a_w	vodna aktivnost
KEL	kvasni ekstrakt in laktat
N	dušik
LiCl	litijev klorid
UNMS	voda v nemastni snovi sira
MSS	maščoba v suhi snovi
NPN	neproteinski dušik
D	difuzija
H	vodik
g	grami

1 UVOD

V diplomski nalogi smo želeli ugotoviti, koliko soli vsebujejo poltrdi siri slovenskih proizvajalcev. Čeprav je količina soli v sirih na videz vsem dokaj poznana pa količina soli v sirih ni omenjena na deklaracijah, napisana je vsebnost količine maščobe v suhi snovi in vode v nemaščobni snovi kar opredeljuje tip sira.

Količina soli v sirih je pomembna s tehnološkega stališča. V zadnjih letih pa vedno bolj tudi iz zdravstvenih razlogov. Sol povezujejo z povišanim krvnim tlakom, srčno žilnimi obolenji, kapmi in poškodbami ledvic. Dokazano je, da je prekomeren vnos soli in s tem natrija pomemben prehranski dejavnik tveganja za zdravje.

Sol je v tehnološkem postopku izdelave sirov pomemben dejavnik, ki vpliva na teksturo sira, podaljša obstojnost, inhibira rast in aktivnost mikroorganizmov, vpliva na aktivnost encimov, vpliva na količino vode v siru, na a_w vrednost, na fizikalne spremembe beljakovin, na formiranje skorje sira in ne nazadnje vpliva na okus sira.

Pred drugo svetovno vojno se je v Sloveniji sir proizvajal po majhnih sirarnah predvsem v predalpskih in alpskih področjih. Zaradi obrtniške tradicionalne proizvodnje, slabe kakovosti mleka in omejenih tehnoloških možnosti, so siri vsebovali 3-4 % soli, ki je sire ščitila predvsem pred možnimi napakami.

Povojno obdobje je prineslo industrijsko proizvodnjo sirov. V 60-ih in 70-ih letih prejšnjega stoletja je bilo zaželeno vsako leto povečevati proizvodnjo, kakovost je bila drugotnega pomena. Sirarske stroje so dokupili in s tem omogočili večjo proizvodnjo, betonske slanice pa so ostale nespremenjene; enakih kapacitet. To je imelo za posledico skrajševanje časa soljenja, več nivojsko soljenje, kar pa je povzročilo zmanjševanje soli v sirih. Srečko Šabec navaja v knjigi Osnove sirarske proizvodnje naslednje količine soli: edamski sir 2,6 %, gavda 2,6 %, tilzitski sir 2,4 % in ementalški sir 1,9 % soli (Šabec, 1964).

Naslednji korak znižanja količine soli se je zgodil v 70-ih in 80-ih letih prejšnjega stoletja z uvajanjem zorenja sira pod krčljivo folijo. Med soljenjem sira se v slanici dokončno formira skorja sira. V zorilnici moramo vzdrževati ustrezno temperaturo (10-14 °C) in relativno vlago (75-80 %) da siri normalno zorijo in se pri tem ne izsušijo. Z uvajanjem krčljivih folij, in to predvsem pri poltrdih sirih, se je čas soljenja skrajševal, ker je funkcijo skorje prevzela krčljiva folija. V zorilnici je zato potrebno vzdrževati samo ustrezno temperaturo; odpade čiščenje in nega sirov pa tudi celotna vlažnost ni več pomembna. Skrajšal se je tudi čas soljenja, zmanjšanje količine soli v sirih je povzročilo hitrejše zorenje sirov in celoten čas izdelave sirov se je skrajšal, kar je pocenilo proizvodnjo. Vsebnost soli se je dodatno znižala, na tehnološko še sprejemljiv nivo. Za omenjeno obdobje navaja Mair- Waldburg v knjigi Haubuch der Käse, za sire edamski sir 1,8 % soli, za gavdo 2,5 %, tilzitski sir 2 %, ementalški sir 1,5 % in za zbrinc 2 % soli (Waldburg, 1974).

V zadnjih 30-ih letih se tehnologija izdelave sirov, kar se tiče soljenja, ni dosti spremenila. Vedno glasnejši pa so nasprotniki soli in priporočila za zmanjševanje dnevnega vnosa soli s hrano in na zatožni klopi se je znašel tudi sir.

Zato so bili že pred dvajsetimi in tridesetimi leti narejeni poskusi nadomeščanja kuhinjske soli s kalijevim kloridom in kalcijevim kloridom. Kalijev klorid je povzročil izrazito grenak okus, medtem ko je kalcijev klorid povzročil prečvrsto in žilavo teksturo sirov. Glede na obstojnost in konzerviranje sirov sta omenjeni soli primerljivi s kuhinjsko soljo. Določen odstotek kuhinjske soli bi bilo možno nadomestiti z eno od obeh nadomestnikov, vendar se to ni zgodilo iz enostavnega razloga – slabšega okusa sirov. Le kuhinjska sol da z ostalimi nosilci arome in okusa prijeten značilen okus, ki je za vsako vrsto sira tako značilen.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POMEN SOLI V SIRIH IN SOLJENJE V SLANICI

Uporaba soli (NaCl) za konzerviranje živil sega v prazgodovino in je poleg fermentacije in sušenja (na zraku ali na soncu) ena izmed klasičnih metod za konzerviranje živil. Soljenje je bilo v antiki in srednjem veku tako pogost in razširjen način konzerviranja živil, da je bila sol zelo pomembno trgovsko blago in ponekod tudi valuta, s katero je bilo mogoče kupiti druge vrste dobrin in plačati delavce. Morda je presenetljivo dejstvo, da so naši predniki odkrili uporabnost soli kot konzervansa tako zgodaj, saj v nasprotju s fermentacijo in sušenjem soljenje živil ni naraven pojav, oz. se ne zgodi samo od sebe, ampak je posledica zavestnega človekovega dejanja. Vse tri klasične metode konzerviranja živil, torej fermentacija, sušenje in dodajanje soli uporabljajo pri izdelavi sirov in so pravzaprav medsebojno odvisne. Četrta najpogostejša metoda konzerviranja živil, ki temelji na uporabi nizkih ali visokih temperatur, je bila manj razširjena, ker je bilo hlajenje vse do izuma hladilnih naprav leta 1870 omejeno zgolj na nekaj območij. Segrevanje se po vsej verjetnosti uporablja za podaljšanje roka uporabnosti živil skozi vso človeško zgodovino, a šele Nicolas Appert (1809, cit. po Fox in sod., 2004) in Louis Pasteur (1860, cit. po Fox in sod., 2004) sta se resneje lotila raziskovanja uporabnosti visokih temperatur za konzerviranje hrane. Sodobna sirarska tehnologija uporablja segrevanje kot dopolnilo drugim trem metodam konzerviranja (Appert, 1809, cit. po Fox in sod., 2004; Pasteur, 1860, cit. po Fox in sod., 2004).

Količina soli v sirih se giblje med ~0,7 % (m/m) v švicarskih sirih in ~6 % (m/m) v tradicionalnem egipčanskem siru domiati. Sol, v kombinaciji z optimalno vrednostjo pH, vodno aktivnostjo in redoks potencialom, pripomore k minimizaciji pokvarljivosti sirov in preprečuje razvoj patogenih mikroorganizmov (Erkmen, 2001, cit. po Fox in sod., 2004).

Preglednica 1: Količina vode, soli in soli v vodni fazi sira (SV) (v %, m/m) ter vrednost pH vrednost v nekaterih vrstah sirov (Fox in sod., 2004: 208)

Vrsta sira	Voda %, m/m	Sol %, m/m	S/V %, m/m	pH vrednost
Sir z modro plesnijo	42	4,5	10,5	6,5
Bri	40	1,9	4,8	6,4
Bolgarski beli sir	32	3,5	10,9	5,0
Kamamber	52	2,5	4,8	6,9
Čedar	37	1,5	4,1	5,5
Edamski sir	43	2,0	4,7	5,7
Ementalski sir	35	0,7	2,0	5,6
Gavda	41	2,0	4,9	5,8
Grana	31	2,6	8,4	5,4
Grojer	33	1,1	3,3	5,7
Limburški sir	45	2,0	4,4	6,8
Muenster	43	1,8	4,2	6,2
Provolone	42	3,0	7,1	5,4
Pecorino romano	23	5,5	23,9	5,4
Rokfor	40	3,5	8,8	6,4
Domiat	55	6,0	10,9	4,6
Feta	53	3,0	5,7	4,5

S/V = koncentracija soli v vodni fazi sira

Človeško telo dnevno potrebuje ~2,4 g Na (Kaplan, 2000, cit. po Fox in sod., 2004), ki pa ga zlahka dobi s hrano. V zahodni prehrani pa predstavlja pomemben vir Na tudi soljenje hrane, kar celo dvakrat ali trikrat več Na, kot ga telo potrebuje. Vnos prevelikih količin Na ima lahko toksične učinke na telo in lahko vodi celo do zapletov, med katerimi sta najnevarnejša hipertenzija in pospešeno izločanje kalcija iz telesa, kar lahko povzroči razvoj osteoporoze (Kaplan, 2000, cit. po Fox in sod., 2004).

Uživanje sira pomeni relativno majhen prispevek k dnevni vnosu Na, tudi v Franciji in Švici, kjer je poraba sira zelo visoka, medtem ko je ta prispevek v posameznih primerih lahko nekoliko večji na območjih, kjer v dnevno prehrano sodijo siri z visoko vsebnostjo soli, kot so denimo siri z modro plesnijo, feta in domiati. Danes v veliko državah zahodnega sveta prevladuje povpraševanje po sirih z nizko vsebnostjo soli. Najpogostejša sprememba v proizvodnji tovrstnih sirov je nadomeščanje NaCl z KCl, delno ali v celoti. Zamenjava vpliva na okus sirov, saj se okus KCl opazno razlikuje od okusa NaCl in siru da grenek priokus (ta se razlikuje od grenkobe, ki je posledica nepravilne proteolize), ki ga je moč zaznati v sirih, ki vsebujejo <1 % (m/m) KCl (Fox in sod., 2004).

Okus soli je priljubljen pri večini ljudi in uvrščamo ga med štiri osnovne okuse. Značilni okus NaCl je najverjetneje zasluga natrijevega deleža, saj se okus KCl popolnoma razlikuje od okusa NaCl. Želja po slanem je vsaj delno posledica navade in če je to potrebno, se vsakdo lahko navadi tudi na okus nesoljene hrane, ampak celo ljudem, ki ne sodijo med »odvisnike« od soli, se zdi okus sira brez dodatka soli medel in prazen. Že dodatek 0,8 % NaCl najbrž zadostuje, da izničimo ta značilno prazen okus (Schroeder in sod., 1988, cit. po Fox in sod., 2004).

Bolj kot na neposredne vplive soli na prehransko vrednost in okus sirov, se bomo v tem poglavju osredotočili na vlogo NaCl pri zorenju sirov. NaCl na zorenje sirov vpliva predvsem s svojim učinkom na vodno aktivnost, najverjetneje pa ima še druge, bolj specifične vplive.

Med glavne učinke soli štejemo:

- inhibicija rasti in aktivnost mikrobov;
- inhibicija aktivnosti encimov v sirih;
- pospeševanje sinereze, oz. iztekanja sirotke iz sirnine, pri čemer se zniža količina vode v siru, kar vpliva tudi na rast in aktivnost mikrobov ter aktivnost encimov;
- fizikalne spremembe beljakovin v sirih, kar učinkuje na teksturo, topnost beljakovin in po vsej verjetnosti tudi na zgradbo beljakovin (Fox in sod., 2004).

Največkrat sire solimo v slanici. Koncentracija NaCl se giblje od 10-25 %, največkrat med 16-22 % NaCl. Čas soljenja je odvisen od velikosti sira (Fox in sod., 2004).

Temperatura slanice se giblje med 12 in 14° C in 18-20° C. Mehke sire solimo pri nekoliko višjih temperaturah kot poltrde in trde sire (Tratnik, 1998).

Kislost slanice mora biti enaka kislosti sira, ki ga želimo soliti. Če temu ni tako, prihaja do napak na površini sira in pri tvorbi skorje sira (Tratnik, 1998).

Posledica prenizke vrednosti pH slanice je tvorba kratkega, lomljivega testa na površini sira. Pri majhnih sirih in sirih z visoko količino vode lahko prihaja do zamenjave kalcija tudi v notranjosti sira. Previsoka vrednost pH slanice povzroči previsoko pH vrednost zunanjih plasti sira kar ima za posledico prehitro razgrajevanje beljakovin (Tratnik, 1998).

Tudi v mikrobiološkem smislu mora biti slanica neoporečna. Zato slanico občasno razkužujemo. Prehod mikroorganizmov v sir je odvisen tudi od kakovosti skorje sira pred in med soljenjem. Bolj je zaprta skorja pred soljenjem, tem manjša je verjetnost in nevarnost prehoda mikroorganizmov iz slanice v sir (Tratnik, 1998).

V slanici uravnavamo tudi količino kalcija. Pri previsoki vsebnosti kalcija v slanici se na zunanjih plasteh sira dodatno nalaga kalcij iz slanice, kar ima kot posledico prečvrsto skorjo sira. Previsoka količina kalcija v slanici privede tudi do povečane izgube

beljakovinskih delcev iz površine sira. Slanica mora vsebovati približno 0,2 % kalcija (Tratnik, 1998).

2.2 IHIBICIJA RASTI MIKROBOV

Kot najbolj skrajn primer uporabe NaCl v ta namen lahko navedemo izdelavo sira damiati iz mleka, ki mu dodajo 12 – 15 % (m/m) NaCl zato, da inhibirajo rast mikrobov in ohranijo kvaliteto mleka. Pri izdelavi ostalih vrst sirov se NaCl doda po oblikovanju sirnine in ima osrednjo vlogo pri uravnavanju mikroflore v sirih (Fox in sod., 2004).

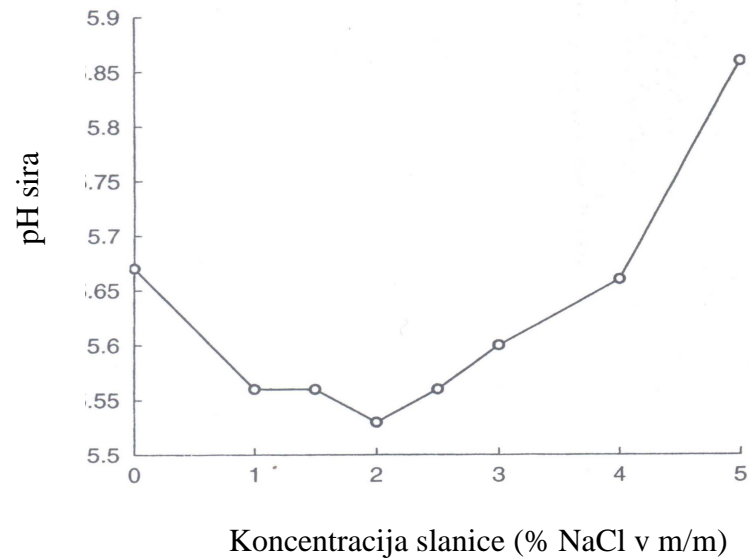
NaCl ima pomembno vlogo pri uravnavanju vrednosti pH sirov in vpliva na zorenje in teksturo sirov (Fox in sod., 2004).

pH vrednost sirov je mogoče uravnavati na sledeče načine:

- z zmanjšanjem količine preostanka laktoze v sirnini s pranjem sirnega zrna, kar je značilno za proizvodnjo nizozemskih sirov;
- z naravno sposobnostjo sirov, da delujejo kot pufri in učinkom aniona laktata, ki določita naravno spodnjo mejo pH vrednosti (~4,5), npr. v sirih z modro plesnijo, kamamberju in italijanskih vrstah sirov;
- z dodatkom soli (Fox in sod., 2004).

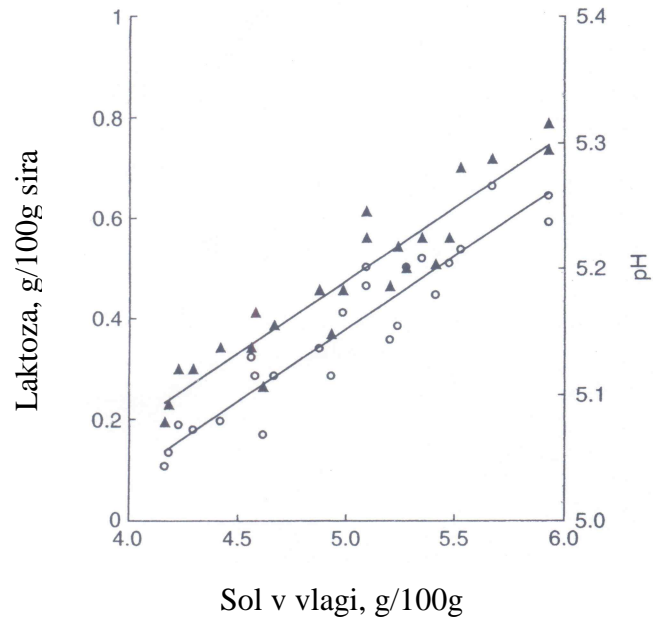
Uporaba soli v kombinaciji s sposobnostjo sirov, da delujejo kot pufri za uravnavanje končne vrednosti pH je značilna za angleške vrste sirov kot so čedar, Cheshire in Stilton, pri katerih solimo zmleto sirnino. Pri večini ali pri skorajda vseh ostalih vrstah sirov napolnimo sirnino v oblikovala, ko je pH vrednost še visoka (>6,0) in fermentacija se nadaljuje med stiskanjem. Ker količina NaCl >1,5 % (m/m) inhibira delovanje starterskih kultur, te sire solijo v slanici ali uporabljajo suhi način soljenja. Pri čedarju pa siru po fermentaciji in mletju dodajajo sol, šele nato sir stiskajo. V tem primeru sol ohranja doseženo vrednost pH po fermentaciji (Fox in sod., 2004).

Siri kot so čedar in njemu slične vrste vsebujejo pred stiskanjem še ~0,6 % - 1,0 % laktoze. Irvine in Price (1961, cit. po Fox in sod., 2004) sta dokazala v poskusu s šestimi najpogosteje uporabljenimi mlečnokislinskimi mikroorganizmi, da majhna količina NaCl (1 %, m/m) ne vpliva na fermentacijo, medtem ko jo $\geq 2,5$ % močno inhibira. Med omenjeno raziskavo sta kose sirine (454 g) s pH vrednostjo ~ 6,05 po stiskanju namočila v slanico z 0-5 % (m/m) NaCl pri temperaturi 38 °C, za 2 uri. Kontrolni vzorec sta pustila v sirotki. Vrednost pH se je znižala na minimalno vrednost 5.35 v slanici z 2 % NaCl ter se ni spustila pod vrednost pH 5,9 v slanici s 5 % NaCl. Vrednost pH sirine, soljene v slanici s 4 % (m/m) NaCl je bila podobna pH vrednosti sirine, namočene v vodi. Vrednost pH je padla na 5,65, 5,35, 5,62 in 5,90 v slanica h z 0, 2, 4 in 5% (m/m) NaCl (Slika 1) . Ti rezultati kažejo na to, da delovanje štarer kulture spodbudi 2 % (m/m) NaCl. Če povzamemo, rezultati raziskav Irvinea in Pricea (1961, cit. po Fox in sod., 2004) nakazujejo, da rast laktokokov v sirnini sira čedar koncentracije NaCl v vodni fazi sira, ki so ≤ 4 % (m/m), praviloma ne inhibirajo in da je inhibicijski učinek NaCl v sirnini manjši kot v slanici. Te zaključke potrjujejo rezultati raziskav Schroeder in sod. (1988, cit. po Fox in sod., 2004), ki so pokazali, da koncentracije NaCl v vodni fazi sirine med 0,18 do 4,1 m/m, le malo vplivajo na populacijo bakterij starterske kulture v en dan starem siru čedar, narejenim s kulturo šestih sevov bakterije *Lactococcus lactis* supsp. *cremoris* (Irvine in Price, 1961, cit. po Fox in sod., 2004; Schroeder in sod., 1988, cit. po Fox in sod., 2004).



Slika 1 : Vpliv koncentracije NaCl (v % m/m) na vrednost pH sira (Fox in sod., 2004: 209)

Irvine in Price (1961, cit. po Fox in sod., 2004) sta prišla do zaključka, da imajo koncentracije soli v vodni fazi sira, ki so ≤ 4 % (m/m), le majhen inhibicijski učinek na laktokoke starterske kulture v sirnini čedarja. Na pH vrednost čedarja vplivata zato soljenje kot puferna kapaciteta sira. Cheshire ima znatno nižji pH kot čedar (npr. praviloma 4,7 – 4,9 v primerjavi s 5,1 – 5,3.). Tako nizek pH je najverjetneje posledica visokega dodatka starterske kulture (~4 %) in posledično zelo hitre fermentacije, kar povzroči hitro raztapljanje koloidnega kalcijevega fosfata in zmanjšanje sposobnosti sira, da deluje kot pufer. Zato je pH sira Cheshire nižji, čeprav je soljen pri podobni pH vrednosti in kislosti sirnine, saj je sposobnost opravljanja funkcije pufera manjša in vsebnost vlage in laktata večja, kar pomeni večje razmerje laktat – pufer. (Irvine in Price (1961, cit. po Fox in sod., 2004).



Slika 2: Učinek koncentracije soli v vodni fazi sira na koncentracijo laktoze in vrednost pH v čedarju 14 dni po izdelavi (Fox in sod., 2004: 210)

Raziskave kažejo, da se inhibiranje starterske kulture pojavi v razmeroma ozkem razponu koncentracije soli v vodni fazi sira in poudarjajo pomen natančnega nadzora teh vrednosti. Ker se starterske kulture razlikujejo po tem, kako reagirajo na sol, je vpliv koncentracije NaCl na fermentacijo v sirih po soljenju seveda odvisen od tega, katero startersko kulturo uporabimo kar pomeni, da ni mogoče dokončno določiti splošne vrednosti S/V. Pri pH vrednosti 5,3, so sevi *Lactococcus lactis* supsp. *lactis* v splošnem bolj odporni proti soli od sevov *Lactococcus lactis* supsp. *cremoris*, opažajo pa tudi znatne razlike v odpornosti proti soli med sevi *Lactococcus lactis* supsp. *cremoris*. Če je delovanje starterske kulture inhibirano, bodo preostanek laktoze fermentirale nestarterske mlečnokislinske bakterije (MKBNS). Število prisotnih MKBNS pa je odvisno od stopnje kontaminacije v fazi soljenja, ravni soli v vodni fazi, seva MKBNS, hitrosti ohlajevanja stisnjene sirnine in temperature med zorenjem. Med raziskavo, katere avtorja sta Turner in Thomas (1980, cit. po Fox in sod., 2004), so se MKBNS, med katerimi so prevladovali sevi *Pediococcus*, izkazali za bolj odporne proti soli od bakterij iz starterske kulture. saj so s proizvodnjo DL-laktata in racemizacijo L-laktata fermentirali laktozo. MKBNS so bile prisotne v vseh

sirih, njihova rast pa je bila odvisna od temperature in niso veliko vplivale na koncentracijo laktoze in laktata, dokler njihovo število ni preseglo 10 cfu/ml. Odpornost proti soli MKBNS sta potrdila Jordan in Cogan (1993, cit. po Fox in sod., 2004), ki sta dokazala, da ~90 % sevov nestarterskih mlečnokislinskih bakterij (*Lactobacillus casei*, *Lb. plantarum* in *Lb. curvatus*) raste pri 6 % koncentraciji (m/m) NaCl, medtem ko jih 58 % raste v prisotnosti 6 % NaCl. Do podobnih ugotovitev so prišli Lane in sod. (1997), ko so dokazali, da je za upočasnitev rasti MKBNS v čedarju potrebna ~6 % (m/m) koncentracija NaCl v vodni fazi sira, število MKBNS po šestmesečnem zorenju pa je bilo približno enako pri vseh koncentracijah od 2,8 do 6,1 %. Boljša odpornost MKBNS proti soli je bila jasno razvidna iz študije, ki sta jo objavila Thomas in Pearce (1981, cit. po Fox in sod., 2004). Ta je pokazala, da je presnova laktoze v D-laktat in racemizacija L-laktata v sirih pri 6 %-ni koncentraciji nastopila relativno pozno (po 90-180 dneh) med zorenjem. Rezultati, do katerih so prišli Bechaz in sod. (1998, cit. po Fox in sod., 2004) pa so pokazali znatno številnejše populacije MKBNS v čedarju z manjšo vsebnostjo soli (1,0 %, m/m), kot v kontrolnem vzorcu (1,8 %, m/m) kar nakazuje, da količina soli močno vpliva na rast MKBNS (Turner in Thomas, 1980, cit po Fox in sod., 2004; Jordan in Cogan, 1993, cit. po Fox in sod., 2004; Thomas in Pearce, 1981, cit. po Fox in sod., 2004; Bechaz in sod., cit. po Fox in sod., 2004).

V dosedanji razpravi o vplivu NaCl na fermentacijo ostanka laktoze v sirini pod vplivom mikroorganizmov, ki sestavljajo startersko kulturo, smo izhajali iz predpostavke, da se NaCl porazdeli po celotnem siru v zelo kratkem času po soljenju. Temu pa ni tako, saj je sirnina pri čedarju navadno zmleta na koščke s prečnim presekom 2 cm × 2 cm ali več. Nato se na površino teh koščkov nanese suha sol, nakar je seveda potrebno nekaj časa, da se sol vpije tudi v sredico koščkov ter da se njen inhibicijski učinek razširi na celoten košček sira odnosno hleb sira. Posledično se mikroorganizmi razmnožujejo in fermentirajo v sredici posameznega kosa sira še dolgo zatem, ko se je rast le teh na površini ustavila (Fox in sod., 2004).

Navedeno potrjujejo poskusi, ki sta jih izvedla Hoecker in Hammer (1944, cit. po Fox in sod., 2004), ki sta izmerila vrednosti soli in vlage ter pH na površini in v sredici posameznih kosov sira, ki so bili odvzeti od celega čedarja, v času 72 ur po soljenju in stiskanju. Njuni podatki so pokazali, da se je vrednost pH hitreje znižala in dosegla nižjo vrednost v sredici, ker je bila koncentracija NaCl nižja kot na površini. V enem od poskusov je bila razlika v pH vrednosti izmerjena še po 72 urah, Pearce (1981, po Fox in sod., 2004) pa je ugotovil, da je za inhibicijo presnove laktoze potrebno dodati več soli, če je sirnina zmleta na večje koščke, kot če je zmleta na manjše (Hoecker in Hammer, 1944, cit. po Fox in sod., 2004; Pearce, 1981, cit. po Fox in sod., 2004).

Pri Meshanger siru, ki je soljen površinsko, je Noomen (1977, cit. po Fox in sod., 2004) odkril znatne razlike v pH vrednosti in koncentraciji laktoze v različnih plasteh v siru, zaradi razlik v koncentracijah soli v vodni fazi sira. Do podobnih opažanj so prišli Pavia in sod. (1999, cit. po Fox in sod., 2004), njihovi rezultati pa so pokazali, da je padanje koncentracije soli od površine (~9 %, m/m) do sredice (~0,2 %, m/m) med soljenjem sira manchego v slanici spremljalo padanje vrednosti pH v isti smeri in višanje laktoze v nasprotni smeri, kar kaže na inhibicijo starterske kulture. *Streptococcus thermophilus* je manj odporen proti soli kot *Lc. lactis* subsp. *lactis*; kritična koncentracija NaCl pri prvem je 0,4 M (2,34 %, m/m), v primerjavi z 1,1 M NaCl pri *Lc. lactis* subsp. *lactis*; pri *Lb. helveticus* in *Lb. lactis* subsp. *lactis* je bila prav tako ugotovljena slabša odpornost proti soli, saj se je inhibicijski učinek soli začel pri 0,95 M in 0,90 M NaCl (Noomen, 1977, cit. po Fox in sod., 2004; Pavia in sod., 1999, cit. po Fox in sod., 2004).

Podatki o občutljivosti bakterij *Propionibacterium* za NaCl se med seboj razlikujejo: Orla-Jensen (1931, cit. po Fox in sod., 2004) je zapisal, da že nizke koncentracije NaCl (0,5%, m/m) zadostujejo, da se upočasni rast sevov *Propionibacterium* v mediju, ki vsebuje kalcijev laktat. Antila (1954, cit. po Fox in sod., 2004) poroča, da je za takšen učinek potrebna koncentracija 3 % NaCl. Očitno je, da je odpornost proti soli odvisna od posameznih sevov bakterij in pH vrednosti (Rollman in Sjostrom, 1946, cit. po Fox in sod., 2004); v mediju z laktatom je bila potrebna 6 % (m/m) koncentracija NaCl za

inhibicijo rasti hitro rastočega seva *Propionibacterium* pri pH 7,0 in 3 % pri pH 5,2, medtem ko je bil počasi rastoči sev bolj odporen proti soli pri pH 5,2 kot pri pH 7,0. Podatki, ki sta jih objavila Ruegg in Blanc (1981, cit. po Fox in sod., 2004) so pokazali, da je bila med vsemi preučevanimi starterskimi bakterijami proti soli najbolj odporna bakterija *P. shermanii*. (Orla-Jensen, 1931, cit. po Fox in sod., 2004; Antila, 1954, cit. po Fox in sod., 2004; Rollman in Sjostrom, 1946, cit. po Fox in sod., 2004; Ruegg in Blanc, 1981, cit. po Fox in sod., 2004).

Njena kritična koncentracija NaCl je bila 1,15 M. Boyaval in sod. (1999, cit. po Fox in sod., 2004) so preučili učinek različnih koncentracij NaCl (0 – 0,8 M; ~0,0~4,8 %, m/m) na rast *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* CIP 103027 v kemično določenem mediju (modificiran M63), mediju iz kvasnega ekstrakta in laktata in 10 % rekonstituiranem posnetem mleku v prahu pri pH 7,0 in temperaturi 30 °C. S povečanjem koncentracije NaCl v modificiranem M63 gojišču je prišlo do postopnega upada rasti celic; 50 % padec je nastopil pri koncentraciji 0,3 M, skoraj popolna ustavitev pa pri 0,7 M. Inhibicija rasti je bila bolj posledica osmotskega učinka kot same soli, saj je do podobne inhibicije prišlo, če je bil namesto NaCl uporabljen KCl ali saharoza. V kvasnem ekstraktu in laktatu ali v mleku so bile potrebne koncentracije 1,5 M in 1,0 M da je prišlo do popolne inhibicije rasti. Razlike v vplivu soli na stopnjo rasti v treh omenjenih medijih so pripisali vrednosti osmotsko aktivnih spojin. Medtem ko je inhibicija *P. shermanii* do neke mere pričakovana v ementalskem siru, katerega vodna faza ima osmolarnost ~0,7 M NaCl, prisotnost osmotsko aktivnih spojin v mleku spodbuja rast (Boyaval, 1999, cit. po Fox in sod., 2004).

Siri z žlahtno plesnijo v testu so med najbolj slanimi, saj vsebujejo 3-5 % (m/m) NaCl (Stilton <3 %, m/m). Zorenje teh vrst je doseženo predvsem s plesnijo *Penicillium roqueforti*, zato je dobra rast te plesni velikega pomena. Kalitev spor *P. roqueforti* spodbudi 1 % (m/m) NaCl, koncentracije >3-6 % pa jo inhibirajo (odvisno od seva) (Fox in sod., 2004).

Rast kalečih spor na agarju iz sladnega ekstrakta ali na sirnini je v manjši meri odvisna od koncentracije NaCl kot kalitev in nekateri sevi rastejo na sirnini, ki vsebuje tudi 10 % NaCl, čeprav je njihova rast upočasnjena, v primerjavi z rastjo v sirih z manj NaCl. Morris (1981, cit. po Fox in sod., 2004) poroča, da je pri proizvodnji sirov z modro plesnijo v sirnino dodajal 1 % (m/m) NaCl pred stiskanjem, ki najverjetneje služi spodbujanju kalitve spor, poleg tega pa da siru bolj odprto strukturo, kar omogoča hitrejšo rast plesni. Večina sirov z plesnijo v testu je soljena na suho, zato je razlika v količini soli na površini ter v sredini velika in ostane še dolgo po zaključku proizvodnega procesa. Visoka začetna koncentracija soli na zunanji površini sira lahko inhibira germinacijo spor, zato je odsotnost plesni na skorji pogosta napaka na sirih z plesnijo v testu (Morris, 1981, cit. po Fox in sod., 2004).

2.3 VPLIV NaCl NA AKTIVNOST ENCIMOV V SIRIH

2.3.1 Sirišče

Z izjemo ementalskega sira in podobnih močno dogrevanih sirov, začetno proteolizo katalizira ostanek sirišča. Elektroforeza sirov v poliakrilamidnem gelu je pokazala, da v trdih sirih pride do znatne proteolize α_{sl} -kazeina, medtem ko β -kazein ostane nespremenjen (Fox in sod., 2004).

Na hidrolizo α_{sl} -kazeina s pomočjo sirišča vpliva koncentracija NaCl. Proteolitsko aktivnost himozina in pepsina stimulira povečana koncentracija NaCl na optimalno vrednost ~6 %, m/m. Aktivnost inhibirajo višji odstotek NaCl, proteoliza pa se do neke mere nadaljuje do 20 % koncentracije NaCl. Potrebno je izpostaviti, da razgradnjo α_{sl} -kazeina upočasnijo že zelo nizke koncentracije soli v čedarju ter v mocareli pri koncentraciji soli 1,36 %, m/m ($S/V = 2,55\%$, m/m). Obratno sorazmerje med razgradnjo kazeina in koncentracijo soli v sirih se odraža v zmanjšanju nivoja vodotopnega dušika pri pH 4,6 in/ali vodotopnega dušika (N) (kot %, m/m, skupnega N), in/ali nebeljakovinskega dušika (NPN) v siru z modro plesnijo (Godinho in Fox, 1982, cit. po Fox in sod., 2004).

V nasprotju z omenjenimi trendi je nivo vodotopnega N v serumu po centrifugiranju nesoljene mocarele z nizko vsebnostjo vode pri neprilagojeni pH vrednosti občutno nižji kot v soljenem siru (Guo in sod., 1997, cit. po Fox in sod., 2004).

Vendar pa je potrebno poudariti, da je višji nivo vodotopnega N v prvem primeru posledica povečane hidratacije kazeina, ki se pojavi zaradi večje topnosti zaradi dodatka soli pri S/V ~2,6 % (m/m) in ni posledica proteolize, ki je zelo šibka v mocareli z manjšo vsebnostjo vlage. Zgoraj omenjeni učinek je v določeni meri primerljiv z močnim povečanjem nivoja vodotopnega N, ki ga dosežemo z dodatkom soli za topljenje natrijevega citrata ali natrijevega polifosfata med postopkom proizvodnje topljenega sira, čeprav nivo N topnega pri pH 4,6 ostane praktično nespremenjen (Fox in sod., 2004).

Proteoliza β -kazeina s himozinom ali pepsinom je močno inhibirana pri 5 % koncentraciji, (m/m) NaCl in je popolnoma inhibirana pri 10 % NaCl. Saharoza in glicerol inhibirata proteolizo β -kazeina s himozinom in pepsinom. KCl, LiCl, NH_4Cl in CaCl_2 so enako učinkoviti kot NaCl pri inhibiciji proteolize β -kazeina. Ker se inhibicijski učinki topljenecv razlikujejo glede na substrat in ne na encime, je razvidno, da NaCl in njemu podobni topljenci povzročajo določene spremembe v strukturi β -kazeina, zaradi katerih postanejo njegove vezi, ki so sicer občutljive na himozin (pepsin), manj dostopne za encim. Te strukturne spremembe zaenkrat še niso bile podrobneje raziskane, vendar lahko sklepamo, da izhajajo iz hidrofobnih lastnosti β -kazeina (Lane in Fox, 1999, cit. po Fox in sod., 2004).

β -kazein se razgrajuje v občutno manjši meri kot α_{s1} -kazein v večini vrst sirov. Odpornost β -kazeina proti proteolizi v sirih ni odvisna samo od koncentracije soli, saj je ravno tako odporen proti proteolizi v nesoljenih sirih in sirih z nizko vsebnostjo S/V (npr. 2,7 %, m/m). Že nivo S/V >4,9 % (m/m) prepreči razvoj grenkega okusa v siru (Kelly in sod., 1996, cit. po Fox in sod., 2004).

Inhibicijski učinek NaCl na proteolizo natrijevega kazeinata, β -kazeina in α_{sl} -kazeina je odvisen od vrednosti pH s tem, da se inhibicijski učinek večinoma zmanjšuje premo sorazmerno s pH vrednostjo v razponu od pH 6,6 do 5,4. Pri nizkih vrednostih pH, NaCl spremeni tudi proteolitično specifičnost himozina in pepsina: NaCl (2,5 %, m/m) inhibira nastajanje β -III ter spodbuja nastajanje β -IV in β -V frakcij. Nastajanje peptidov α_{sl} -kazeina, α_{sl} -VII in α_{sl} -VIII spodbudi 5 % (m/m) koncentracija NaCl, omenjeni peptidi pa nastajajo tudi v siru (Fox in sod., 2004).

Preglednica 2: Vpliv NaCl na vrednost pH in proteolizo v siru kamamber, starem 4 tedne (Fox in sod., 2004: 213)

NaCl (%, m/m)	Območje vzorčenja sira	Vrednost pH	Vodotopni N (% skupnega N)	N topen pri pH 4,6 (% skupnega N)	N topen v 70 % etanolu (% skupnega N)	N topen v 5 % PTA (% skupnega N)
0,20	I	5,5	36,0	43,3	23,7	16,8
	O	6,4	100,0	54,4	35,7	18,9
0,70	I	5,3	28,7	29,1	15,8	10,4
	O	6,1	100,0	39,2	28,7	15,5
0,93	I	5,2	17,9	17,3	13,3	12,1
	O	6,0	100,0	49,5	32,8	15,2
1,14	I	5,2	22,5	23,8	15,8	8,1
	O	6,2	93,7	43,4	28,4	10,4
1,73	I	5,1	26,6	28,3	15,8	8,8
	O	6,4 5,0	85,3	37,1	22,7	10,1
2,4	I	5,1	22,2	23,1	18,0	8,3
	O	5,0 6,3	63,2	29,8	26,1	9,3

podatki povzeti po O'Noulainu (1986; cit po Fox in sod., 2004)

I = notranjost sira

O = zunanje plasti sira

PTA= fosfovolframova kislina

2.3.2 Vpliv NaCl na vodno aktivnost (a_w) v sirih

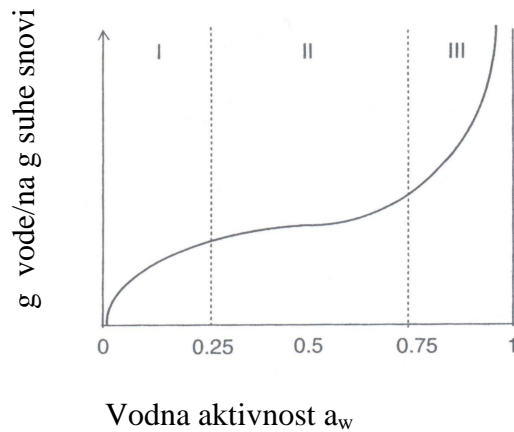
NaCl je uporaben v živilski industriji za konzerviranje zaradi svojega učinka na vodno aktivnost (a_w) medija:

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

kjer sta p in p_o parni tlak vode v sistemu in parni tlak vode. Če je sistem v ravnovesju s svojo plinasto atmosfero, potem velja $a_w = ERH/100$, kjer je ERH ravnotežna relativna vlažnost (Fox in sod., 2004).

Zaradi prisotnosti raznih topljencev v živilih je parni tlak vode v živilu vedno manjši kot v vodi, torej $a_w < 1,0$. Razmerje med a_w in vsebnostjo vode v živilih je prikazano na sliki 3. Navadno lahko ločimo tri cone:

- Cona I predstavlja enojno plast vode, ki je močno vezana na polarne skupine v živilu, npr. –OH skupine ogljikovih hidratov ali $-NH_3^+$ ter –COO- skupine beljakovin;
- Cono II predstavlja večslojna plast vode, skupaj z zgoraj omenjeno enojno plastjo vode;
- Cono III predstavlja seštevek faz, skupaj z enojno in večslojno plastjo vode.

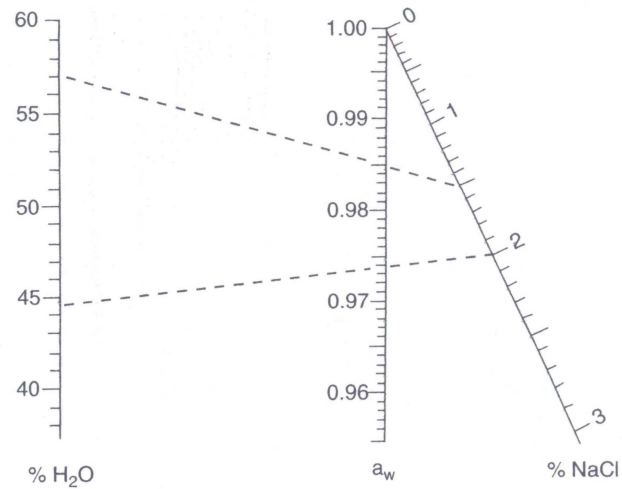


Slika 3: Odnos med vodno aktivnostjo a_w v živilih in količino vode v njih (Fox in sod., 2004: 215)

a_w v živilih je odvisna od vsebnosti vlage ter koncentracije topljencev z nizko molekularno maso. V mladem siru je a_w skorajda izključno odvisna od koncentracije NaCl v vodni fazi.

$$a_w = 1 - 0,033 [NaCl_m] = 1 - 0,00565 [NaCl]$$

kjer je $[NaCl_m]$ molarost NaCl, torej število molov NaCl v litru H_2O in $[NaCl]$ koncentracija NaCl v g/100 g vode v siru. Ta enačba je bila uporabljena pri izdelavi spodnjega monograma, kar olajša izračun a_w (Fox in sod., 2004).



Slika 4 : Monogram prikazuje oceno vodne aktivnosti v svežem siru na podlagi odstotkov vode in soli.

Primeri: pri vrednostih vode 57 % in soli 1,5 % ter 44,5 % vode in 2,0 % soli je vodna aktivnost 0,95, oziroma 0,975 (Fox in sod., 2004: 215)

Druge sestavine, med katerimi so mlečna in druge kisline, aminokisline, majhne količine peptidov in kalcijev fosfat, skupaj z NaCl pripomorejo k zmanjšanju a_w , zlasti v zelo zrelih sirih. Sol poveča ozmotski pritisk v vodni fazi živil, kar povzroči dehidracijo celic bakterij kar povzroči plazmolizo le teh. V kombinaciji z nizko vrednostjo pH ter nizko temperaturo, pa je nizka a_w zelo učinkovito orodje za nadzor rasti mikroorganizmov v živilih (Fox in sod., 2004).

Preglednica 3: a_w vrednosti v nekaterih vrstah sirov (Fox in sod., 2004: 216)

a_w	Vrsta sira
1,00	Sveža sirnina, Ricotta
0,99	Beaumont, Cottage sir, Sveži sir, Skuta
0,98	Belle des champs, Münster, Pyrénéés, Topljeni sir, Taleggio
0,97	Bri, Kamamber, Ementalski sir, Fontina, Limburški sir, Saint Paulin, Serra de Estrêla
0,96	Appenzeller, Chaumes, Edamski sir, Fontal, Havarti, Mimolette, Norvegia, Samsø, Tilzitski sir
0,95	Bleu de bresse, Čedar, Gorgonzola, Gavda Grojer, Manchego
0,94	Idiazábal, Majorero, Mocarela, Norzola, Raclette, Romano, Zbrinc, Stilton
0,93	Danablu, Edelpilzkäse, Normanna, Torta del Casar
0,92	Castellano, Parmezan, Roncal, Zamorano
0,91	Provolone, Rokfor
0,90	Cabrales, Gamalost, Gudbrandsdalsost, Primost

Preglednica 4: Minimalna vodna aktivnost (a_w) ki je potrebna za rast določenih mikroorganizmov v živilih

(Fox in sod., 2004: 216)

Vrsta mikroorganizmov	Minimalna a_w
<i>Shigella</i> spp.	0,96
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,96
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,94
<i>Pseudomonas</i> spp.	0,95
<i>E. coli</i>	0,95
<i>Clostridium botulinum</i>	0,94
<i>Salmonella</i> spp.	0,94
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,92
<i>Micrococcus</i> spp.	0,87
<i>Staphylococcus aureus</i> (aerobna)	0,86
Večina kvasovk in plesni	0,80
Osmofilne kvasovke in plesni	0,55

2.4 CELOTNI VPLIV NaCl NA ZORENJE IN KVALITETO SIROV

2.4.1 Sir čedar

Omenili smo že vpliv koncentracije soli v vodni fazi sira (S/V) na presnovo laktoze v mladem čedarju. Informacije o vplivu % NaCl (m/m) v vodni fazi sira na lipolizo v čedarju in drugih sirih pa so razmeroma skope. Lahko pa izpostavimo raziskavo, ki so jo objavili Thakur in sod. (1975, cit. po Fox in sod., 2004), v kateri so primerjali lipolizo v soljenem (1,48-1,79 %, m/m, NaCl) in nesoljenem čedarju; koncentracija hlapnih kislin je bila znatno višja v nesoljenem, zlasti zaradi očetne kisline, ki je po vsej verjetnosti produkt presnove laktoze. Koncentracije posameznih maščobnih kislin, z izjemo linolne in linolenske (pri določenih starostih sirov), so bile prav tako višje v nesoljenem siru kot v kontrolnem vzorcu; avtorji niso komentirali izrazito nizkih vrednosti linolne kisline v nesoljenih sirih. Lindsay in sod. (1982, cit. po Fox in sod., 2004) pa so v svoji študiji zabeležili le majhne razlike v vrednostih prostih maščobnih kislin v sirih z nizkimi (3,5 %, m/m) ali vmesnimi (4-2 %, m/m) vrednostmi S/V, z izjemo miristinske in palmitinske kisline, katerih je bilo znatno več v močno soljenem siru (Thakur in sod., 1975, cit. po Fox in sod., 2004; Lindsay in sod., 1982, cit. po Fox in sod., 2004).

Proteoliza je opazno obsežnejša v nesoljenem čedarju, v primerjavi s soljenim, zato ima nesoljena različica manj čvrsto konsistenco. Wisniewska in sod. (1990, cit. po Fox in sod., 2004) navajajo, da je bila vsebnost soli v čedarju, gavdi, tilzitskem siru, rokforju ter camemberju v obratnem sorazmerju s stopnjami primarne in sekundarne proteolize ter v neposredni povezavi s časom, ki je potreben, da sir pridobi zaželeno senzorično značilnost; avtorji so ugotovili, da bi z zmanjšanjem vsebnosti soli lahko pospešili zorenje sira. Kljub temu pa se je izkazalo, da nizka vsebnost NaCl negativno vpliva na kakovost čedarja in za proizvodnjo čedarja ekstra kakovosti so primerne ter predpisane vrednosti v relativno ozkem razponu. Linearno razmerje med obsegom razgradnje α_{s1} in β -kazeina v mladih (1 mesec zorenih) sirih ter % (m/m) S/V je razvidna iz podatkov, do

katerih so prišli Thomas in Pearce (1981, cit. po Fox in sod., 2004) ter Kelly in sod. (1996, cit. po Fox in sod., 2004). Med procesom običajnega zorenja čedarja, je α_{sl} -kazein glavni substrat za proteolizo z manjšo razgradnjo β -kazeina; proteoliza β -kazeina je močnejša pri nizki vsebnosti soli (Wisniewska in sod., 1990, cit. po Fox in sod., 2004; Thomas in Pearce, 1981, cit. po Fox in sod., 2004; Kelly in sod., 1996, cit. po Fox in sod., 2004).

Thomas in Pearce (1981, cit. po Fox in sod., 2004) sta zapisala, da normalni produkti razgradnje β -kazeina (β -CNfl-192, β -CNfl-198 ter β -CNfl-165, ki nastanejo kot posledica delovanja sirišča, ter γ -kazeini, ki so produkti native proteinaze - plazmina) iz njune študije niso bili razvidni, opazila pa sta zmanjšanje količine nehidroliziranega β -kazeina, iz česar je mogoče sklepati, da je proteoliza β -kazeina v siru z nizko vsebnostjo soli posledica delovanja bakterijskih proteinaz. V raziskavi, ki so jo opravili Kelly in sod. (1996, cit. po Fox in sod., 2004) zasledimo, da je bila cepitev Leu₁₉₂₋₁₉₃ v β -kazeinu ter Leu₁₀₁-Lys₁₀₂ v α_{sl} -kazeinu posebno občutljiva za koncentracijo soli v čedarju. V nasprotju s primarno proteolizo, je bila stopnja sekundarne proteolize, izmerjena s pomočjo odstotka (5 %, m/v) N, topnega v fosfovolframovi kislini, navadno večja v soljenem čedarju (2,7-5,7 %, m/m, S/V), kot v nesoljenem, pri starosti 12 in 24 tednov; po 5 tednih vpliv S/V ni bil več opazen (Thomas in Pearce, 1981, cit. po Fox in sod., 2004; Kelly in sod., 1996, cit. po Fox in sod., 2004).

V študiji, ki je zajela 300 škotskih sirov vrste čedar, je O'Connor (1971, cit. po Fox in sod., 2004) prišel do zaključka, da okus, aroma, tekstura in skupna ocena kakovosti sira niso povezani s količino vode v siru, temveč so v tesni povezavi z %, m/m, NaCl in predvsem s pH vrednostjo (O'Connor, 1971, cit. po Fox in sod., 2004).

Fox in sod. (2004) so ocenili vpliv vode, soli in vrednosti pH na oceno 123, 10 tednov zorenih irskih čedarjev (70 od teh je bilo visokokakovostnih in 53 pa je bilo zavrnjenih zaradi nedoseganja standardov kakovosti) iz šestih različnih tovarn, ter 27 sirov iz razreda »ekstra« zrelh, visokokakovostnih čedarjev. Siri so se močno razlikovali po sestavi.

Povezava med oceno kakovosti ter sestavo je bila zelo ohlapna, izstopal pa je podatek, da je visok odstotek sirov z ekstremnimi vrednostmi v osnovni sestavi spadal v nižji kakovostni razred, kar je zlasti veljalo za sire z nizko vsebnostjo soli (<1,4 %, m/m), visoko količino vode (>39 %, m/m) ali visoko vrednostjo pH (>pH 5.4). Iz rezultatov raziskave je bilo razvidno, da je od vseh dejavnikov, ki so oblikovali kakovost ocenjenih vzorcev, imela najmočnejši vpliv koncentracija soli in najmanj slabih sirov lahko pričakujemo v razponu koncentracije soli med 1,6-1,8 %, m/m (pri razponu S/V 4,0-4,9 %, m/m). Pri ekstra kakovostnih sirih so bile prav tako opazne razlike med posameznimi siri, vendar so bile te nekoliko manjše kot pri mladih sirih. Čeprav je bila povprečna stopnja soli enaka v obeh skupinah sirov, je bil razpon izmerjenih vrednosti mnogo ožji pri zrelih sirih in samo trije vzorci so imeli <1,7 %, m/m, NaCl. Povprečna vsebnost vode v zrelih sirih je bila za 1 %, m/m, nižja kot pri navadnih sirih (Fox in sod., 2004).

Razpon ocen (od visoko ocenjenih do nizko ocenjenih) v skupini, ki je zajemala 486, 14 dni zorenih sirov v raziskavi Novozelandskega inštituta za raziskave mlečnih izdelkov, je bil tesno povezan z odstotkom vode v nemastni snovi (VNMS) ter šele nato z odstotkom soli. Optimalni razponi odstotkov sestavin so bili naslednji; VNMS 52-54 % (m/m), S/V 4,2-5,2 % (m/m); pH 4,95-5,15. Sir z vsebnostjo S/V 3,1 %, m/m, je prejel najvišjo oceno v študiji, čeprav je bila razlika med ocenami kakovosti v razponu odstotkov S/V 3,1-5,2 %; kakovost je drastično padla pri S/V >6,4 %, m/m (Pearce in Gilles, 1979, cit. po Fox in sod., 2004).

Zelo obširno študijo razmerja med oceno kakovosti in sestavo sirov, ki je zajemala skoraj 10.000 vzorcev petih različnih novozelandskih proizvajalcev sirov, sta opravila Leievre in Gilles (1982, cit. po Fox in sod., 2004). Tako kot v prejšnjih študijah, je tudi to zaznamovala velika raznolikost v sestavi vzorcev, čeprav so bile pri sirih nekaterih proizvajalcev razlike veliko manjše kot pri drugih. Čeprav se je razmerje med oceno in sestavo razlikovala od proizvajalca do proizvajalca, je bilo mogoče izpostaviti nekatere splošne ugotovitve:

- znotraj razponov količine sestavin, ki sta jih določila Gilles in Lawrence (1973, cit. po Fox in sod., 2004) za kategorijo sirov »premium« kvalitete, ni bilo opaznega vpliva sestave na oceno;
- sama sestava ne predstavlja kriterija za ocenjevanje kakovosti, ki bi ga v Novi Zelandiji priznali;
- VNMS je bil ponovno dejavnik z največjim vplivom na kakovost;
- v okviru predlaganih razponov količine sestavin so ocene kakovosti rahlo padale z zviševanjem VNMS z 51 % na 55 %, m/m, ter se rahlo višale z nižanjem odstotka S/V s 6 % na 4 %, m/m, medtem ko vrednost pH sira ni imela učinka med 4,9 vrednost pH in 5,2. Avtorji poudarjajo, da bi moral zaradi specifičnih razmerij med sestavo in oceno kakovosti, ki veljajo za sire posameznih proizvajalcev, vsak proizvajalec sam določiti svoje optimalne parametre za sestavo sirov.
(Leievre in Giles, 1982, cit. po Fox in sod., 2004; Gilles in Lawrence, 1973, cit. po Fox in sod., 2004).

Količina S/V, %, m/m, najbolj vpliva na grenak okus sira. Verjetnost, da se bo razvila grenkost, se poveča pri S/V <4,9 %, m/m. PH vrednost pri čedarju v razponu (4,9-5,3), pri katerem je parakazein najbolj topen in zato najbolj dovzeten za proteolizo. Ima zelo majhen vpliv na grenkobo, razen pri nizkih stopnjah S/V (<4,9%, m/m). Sirošče ima največji učinek na parakazein v solnih raztopinah med 2,5 in 4%, m/m. Grenkost peptidov je močno povezana s hidrofobnostjo. Grenki peptidi v siru so večinoma produkti β -kazeina, kar je pričakovano, saj je β -kazein najbolj hidrofoben kazein. H grenkosti sirov pa verjetno prispevajo tudi peptidi iz α_{s1} -kazeina in α_{s2} -kazeina, zlasti tisti, ki vsebujejo prolin. Učinkovitost NaCl pri preprečevanju grenkosti je po vsej verjetnosti posledica močne inhibicije hidrolize β -kazeina. Študija Lane in sod. (1999, cit. po Fox in sod., 2004), pa je pokazala, da dodatek soli (4 %, m/m) in Ca (120 mm) stimulira delovanje aminopeptidaz laktokokov starterskih kultur in neštarterskih laktobacilov, izoliranih iz čedarja. Omenjeno delovanje aminopeptidaz, ki razgradijo grenke hidrolizate β -kazeina, je velikega pomena pri zmanjševanju možnosti razvoja grenkega okusa pri sirih (Lane in sod., cit. po Fox in sod., 2004).

2.5 DIFUZIJA IN OSMOZA V SIRU

Soljenje sira je odvisno od zakonitosti osmoze in difuzije. Raztopina kuhinjske soli – slanica, v kateri sir solimo, ima določen osmotski tlak, ki je gonilna sila za difuzijo (Slanovec, 1982).

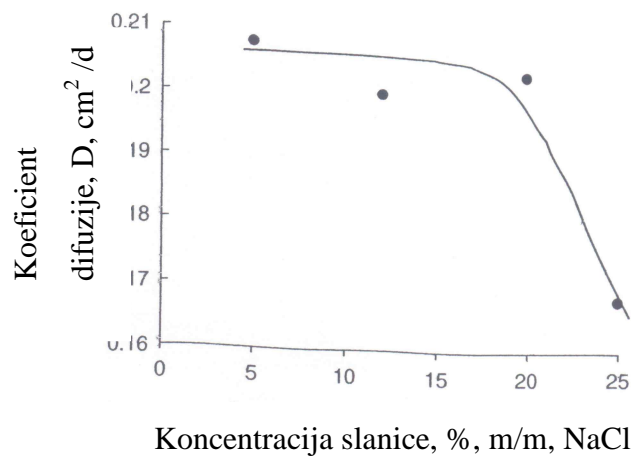
Difuzija je izenačevanje dveh raztopin z različno koncentracijo, ki povzroči v končni fazi popolno izenačenje koncentracij. Pri tem en tip molekul difundira neodvisno od drugega tipa. Gonilne sile izvirajo iz razlik v tlakih, ki so proporcionalni vsakokratni koncentraciji raztopine. Podoben pojav je osmoza. Medtem ko pri difuziji potuje sol in ostaja voda na mestu, je pri osmozi nasprotno. Potuje voda, sol pa ostaja na mestu (Slanovec, 1982).

Do difuzije lahko pride le med dvema raztopinama različnih koncentracij. Tak primer je sir v slanici. Prva raztopina je koncentrirana slanica, druga pa neslana sirotka v siru. Sirotka in v njej raztopljene mineralne snovi mleka potujejo v siru iz sredine navzven, sol iz slanice pa difundira iz okolja v sir oziroma v njem od površine proti notranjosti. Izenačeno koncentracijo bi v tem primeru dosegli ob dovolj dolgem soljenju, ki pa ga prekinemo, ko je sir dovolj slan (Slanovec, 1982).

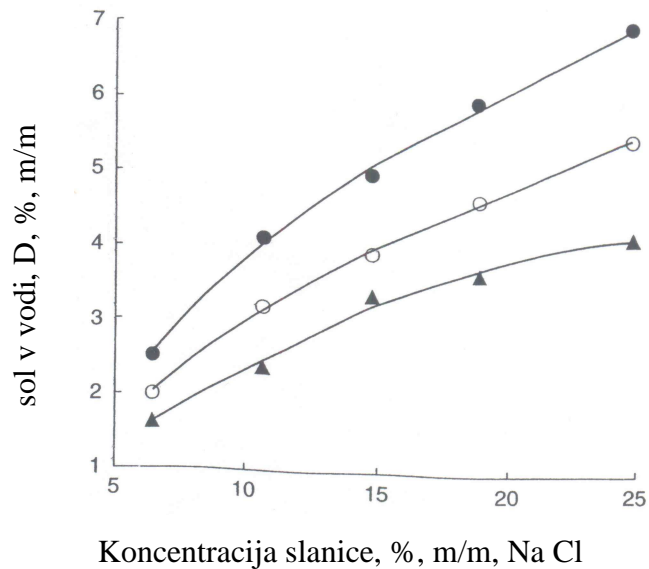
2.6 MEHANIZEM ABSORPCIJE IN DIFUZIJE SOLI V SIRIH

2.6.1 Koncentracija slanice in gradient koncentracije

Splošno sprejeto pravilo se glasi, da s povečanjem koncentracije v slanici posledično pride do boljše absorpcije soli in povečanja nivoja soli v siri. Medtem ko na hitrost difuzije NaCl zelo malo vpliva koncentracija slanice v razponu 5-20 %, in se le ta bistveno poveča pri koncentraciji slanice 25%, m/m NaCl (Fox in sod., 2004).

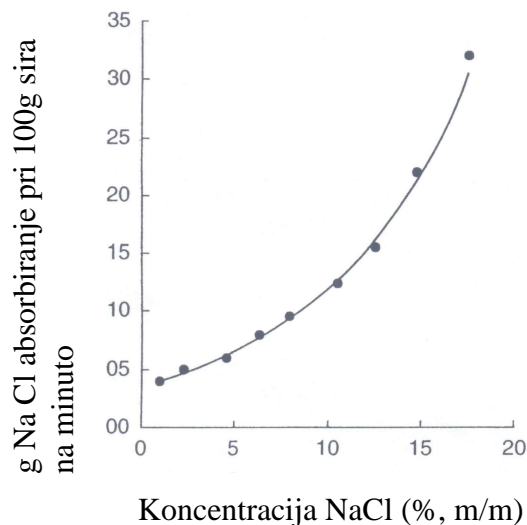


Slika 5: Učinek koncentracije slanice na koeficient difuzije soli v vodni fazi gavda sira, soljenega 4 dni pri 20 °C (Fox in sod., 2004: 232).



Slika 6: Nivo soli v rezinah sira tipa romano, kot funkcija koncentracije slanice po 50, 100 in 200 minutnem soljenju sira v 20-odstotni slanici (Fox in sod., 2004: 232)

Soljenje sira je posledica zmanjšanja gradienta koncentracije S/V med sirom in slanico. Zaradi navedenih razlogov so med poskusi, v okviru katerih so rezine sira različnih debelin popolnoma potopili v slanico, zabeležili močan upad hitrosti absorpcije soli (na težo enote), ko se je zmanjšala razlika med koncentracijo NaCl v siru ter slanico, zlasti v primerih, ko je bila začetna razlika zelo velika (Fox in sod., 2004).



Slika 7: Vpliv različnih koncentracij slanice na količino absorbirane soli v min pri 100g sira (Fox in sod., 2004:233)

2.6.2 Čas soljenja

V celoti je dokazano, da se količina absorbirane soli povečuje s časom soljenja. Hitrost absorpcije soli pa s časom pada, zaradi zmanjšanja gradienta koncentracije NaCl med vodo v siru in v slanici. Količina soli, ki jo sprejme sir, je pravzaprav sorazmerna s kvadratnim korenom časa soljenja, \sqrt{t} . Z naraščanjem polmera hlebca sira, se izgubi sorazmernost sprejema soli $s\sqrt{t}$, zato se s povečevanjem polmera sira ter časa soljenja zmanjšuje sprejem soli na enoto površine sira. To pomeni, da bi bila pri sirih z enako prostornino in sestavo, soljenih pod enakimi pogoji, hitrost absorpcije na enoto površine (in posledično celotnega sira), glede na obliko naslednja; "pravokotnik" "cilinder" "krogla"; potrebno pa je poudariti, da na nivo soli poleg oblike sira vplivajo še drugi dejavniki, ki smo jih navedli zgoraj (Fox in sod., 2004).

2.6.3 PH vrednost sira in slanice

Na difuzijo v siru gavda ni vplivala vrednost pH sira v območju med 4,7-5,7, vendar je bila hitrost soljenja večja pri pH 4,7, kot pri pH 5,7. Ugotovitev se je ujemala z drugimi študijami, ki so pokazale, da je sprejem soli večji pri nizki pH vrednosti sira, kot pri visoki pH vrednosti sira. Večji sprejem soli pri nizkih pH vrednostih sirov sovpada z manjšo izgubo vode med soljenjem v slanici, kar lahko pripišemo večji količini laktata v siru z nizko pH vrednostjo. Višja kislost sira pred soljenjem je imela za posledico zmanjšanje sinereze, odnosno izgube vode med soljenjem (Fox in sod., 2004).

Več raziskovalcev se je ukvarjalo z učinkom titracijske kislosti med soljenjem na zastajanje soli v sirnini čedarja. Raziskave so pokazale, da je sirnina suho soljenega čedarja z nizko kislostjo zadržala več soli od sirov z višjo stopnjo kislosti. Ker manj kislina sirnina običajno vsebuje več vlage kot sirnina z visoko kislostjo, bi lahko pričakovali večji učinek sinereze, večje izgube soli, manj soli na voljo za absorpcijo in posledično manjši sprejem soli v siru z nizko kislostjo. Pričakovali bi tudi, da se bo ob določeni količini razpoložljive soli hitrost difuzije in sprejema soli povečala hkrati z večanjem vsebnosti vodra v sirnini. Lawrence in Gilles (1969, cit. po Fox in sod., 2004) ugotavljata, da bi bila navedena razlika v zastajanju soli lahko posledica višje stopnje hidratacije sirnine pri višjih vrednostih pH (~5,3), ki lahko vplivajo na višjo retencijo soli v sami strukturi sirnine (Lawrence in Gilles, 1969, cit. po Fox in sod., 2004).

V praksi uravnavamo vrednost pH sirnine na 5,0 – 5,3, kar je okvirna pH vrednost večine sirov, soljenih v slanici. Zakisovanje slanice učinkuje kot konzervans in minimizira nevarnost napak na površini sirov, ki jih povezujemo z neravnovesjem $[H^*]$ ionov, kar vpliva na hidratacijo kazeina. Medtem ko je na voljo le malo informacij o učinku pH vrednosti slanice na soljenje, je mogoče sklepati, da bi pretirano znižanje pH (npr. do 4,6) povzročilo obarjanje beljakovin in velike izgube vode na površini sirov, kar bi povzročilo debelo skorjo sirov in slabše prehajanje soli v sire (Fox in sod., 2004).

2.6.4 Koncentracija kalcija v slanici

Pri pripravi slanice je nujen dodatek kalcija (običajno v obliki raztopine CaCl_2), saj ta zmanjšuje hidratacijo skorje ter z njo povezanimi napakami, kot je denimo mehka skorja sira posebno, če je koncentracija NaCl v slanici relativno nizka, oz. 15 %, m/m. Omenjene napake so posledica difuzije kalcija iz sira v slanico, kar vodi v izgubo kalcija, vezanega na beljakovine. Obseg izgube kalcija je med drugim odvisen tudi od nivoja kalcija v siru in od pogojev soljenja: pH vrednost, temperatura, % NaCl , trajanje, razmerje med velikostjo sira in prostornino slanice. Izguba kalcija iz sira povzroči hidratacijo parakazeina in večji sprejem vode ter mehčanje skorje sira. Količina kalcija je v slanici običajno nekoliko nižja kot količina kalcija v siru, ki ga solimo in znaša med 0,2 % do 0,3 %, m/m. Napakam se izognemo s nekoliko nižjo koncentracijo kalcija v slanici kot je v siru, ki ga solimo, s pravilno koncentracijo NaCl v slanici (19 - 21 %, m/m) in ustrezno temperaturo (12 °C). V trdih in poltrdih sirih skupni odstotek topnega kalcija narašča z znižanjem vrednosti pH (Fox in sod., 2004).

S povečanjem koncentracije Ca v sveže pripravljene slanici (19 %, m/m, NaCl ; 15 °C) z 0 na 1,8 %, m/m, se je zmanjšala količina vode v siru (~3 %, m/m) in povečala vsebnost soli (~1,5 %, m/m) na zunanji plasti gavda sira, debeline 0,5 cm. Zvišanje odstotka kalcija v slanici pa skoraj ni imelo vpliva na kemično sestavo sira in difuzijo. Posledično lahko sklepamo, da nivoji skupnega kalcija in kalcija v serumu nimajo pomembnega vpliva na hitrost, s katero se vzpostavi ravnovesje S/V v siru po soljenju (Fox in sod., 2004).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIAL

V poskusu smo ugotavljali vsebnost soli v poltrdih sirih. V preglednici 5 so prikazani siri, ki smo jih analizirali ter vrednosti maščobe v suhi snovi in količine suhe snovi, deklarirane na sirih.

Preglednica 5: Siri, vključeni v raziskavo ter vrednosti za maščobo v suhi snovi in količino suhe snovi, navedene v deklaracijah sirov.

Zap.št.	Sir	Maščoba v suhi snovi g/100g	Suha snov g/100g
1	Šmarska gavda	45	50
2	Edamski sir	45	50
3	Lahki sir	25	50
4	Jošt	45	55
5	Lahki Jošt	35	50
6	Gaudar	45	55
7	Samostanski sir	35	50
8	Tilzitski sir	35	50
9	Livada	35	45
10	Gavda	45	50
11	LCA probiotični sir	35	50
12	Šmarski Rok	25	50

3.2 METODE

3.2.1 Ugotavljanje koncentracije NaCl v sirih

Koncentracijo NaCl v sirih smo ugotavljali z metodo ISO 2970-1974. Bistvo postopka je, da NaCl sprostimo iz organskih snovi s pomočjo dušične kisline in kalijevega permanganata. Cl⁻ ione ugotovimo s titracijo presežka srebrovih ionov s tiocianatom ob prisotnosti amonijevega feri sulfata kot indikatorja (Čanžek Majhenič, 2005).

Postopek:

Najprej sem vsak sir naribala. Za vsak sir sem imeli dva vzorca. Odtehtala sem 2 g vzorca sira na 1 mg natančno. Dodala sem 25 ml 0,1 M raztopine srebrovega nitrata in 25 ml koncentrirane dušične kisline ter sem premešala. Segrela sem do vrenja in pred vrenjem sem dodala 10 ml kalijevega permanganata. Vse to sem premešala in pustila, da vsebina rahlo vre. Ko se je raztopina razbarvala, sem dodala še kalijev permanganat ter sem ga toliko časa dodajala, dokler se raztopina ni več razbarvala. Prisotnost presežka permanganata (rjava barva) kaže na to, da je razgradnja organskih snovi končana. Presežek sem odstranila z dodatkom majhne količine glukoze. Vsak vzorec sem razredčila s 100 ml hladne destilirane vode in dodala 5 ml amonijevega feri sulfata ter vse skupaj temeljito premešala. Takoj sem titrirala presežek srebrovega nitrata z raztopino 0,1 M tiocianata. Titracija je končana, ko postane raztopina rdeče-rjave barve, ki je obstojna okrog 30 sekund (Čanžek Majhenič, 2005).

Reagenti, ki sem jih uporabljala v poskusu so bili naslednji:

- dušična kislina (HNO₃),
- kalijev permanganat (KMnO₄),
- amonijev feri sulfat (NH₄Fe(SO₄)₂),
- glukoza in oksalna kislina,
- srebrov nitrat (AgNO₃),
- kalijev in amonijev tiocianat (KSCN in NH₄SCN) (Čanžek Majhenič, 2005).

3.2.2 Izračun

$$\% \text{ NaCl} = 0.585x(a-b)/c$$

a količina dodanega srebrovega nitrata

b poraba ml tiocianata pri titraciji vzorca

c masa vzorca sira v g (Čanžek Majhenič, 2005).

4 REZULTATI

V preglednici 6 je zapisana zatehta sira, poraba amonijevega tiocinata ter sol pri določenih sirih pri dveh ponovitvah.

Preglednica 6: Zatehta sira (g), poraba amonijevega tiocinata (ml) in g/100 g soli v siru pri dveh ponovitvah

Zap. št. sira	1. PONOVI TEV			2. PONOVI TEV		
	Zatehta sira (g)	Poraba amonijevega tiocinata (ml)	NaCl v siru (g/100g)	Zatehta sira (g)	Poraba amonijevega tiocinata (ml)	NaCl v siru (g/100g)
1	2,124	20,3	1,294	1,948	20,6	1,321
2	2,048	20,5	1,285	2,064	20,6	1,247
3	2,008	21,4	1,049	2,000	21,6	0,995
4	2,015	17,2	2,265	2,000	17,8	2,106
5	2,053	16,2	2,507	2,123	16,0	2,480
6	2,017	20,4	1,334	2,111	20,2	1,330
7	2,013	18,0	2,016	2,065	17,9	2,011
8	2,011	20,8	1,222	2,081	20,1	1,377
9	2,010	18,0	2,037	2,082	17,7	2,051
10	2,072	20,6	1,242	2,068	20,5	1,273
11	2,033	20,7	1,237	2,090	20,7	1,203
12	2,040	20,2	1,376	2,044	20,1	1,402

V preglednici 7 je razvidna povprečna količina soli v 12-ih vzorcih slovenskih poltrdih sirov. Največ soli je vseboval Lahki Jošt (2,493), najmanj soli pa Lahki sir (1,022).

Preglednica 7: Povprečna količina soli (g/100g) v 12 vzorcih slovenskih poltrdih sirov

Sir	Povprečna koncentracija NaCl (v g/100g)
Šmarska gavda	1,307
Edamski sir	1,266
Lahki sir	1,022
Jošt	2,185
Lahki Jošt	2,493
Gaudar	1,332
Samostanski sir	2,013
Tilzitski sir	1,299
Livada	2,044
Gavda	1,257
LCA probiotični sir	1,220
Šmarski Rok	1,389

4.1 OSNOVNA STATISTIKA ZA VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH

Preglednica 8: Osnovna statistika za vsebnost soli v poltrdih siri (g/100g)

Št. meritev	Povprečje	Mediana	Standardni odklon	Koeficient variabilnosti	Vsota	Najmanj	Največ
12	1,57	1,32	0,476	30,365	18.8	0,995	2,480

Kot je razvidno v zgornji tabeli, smo analizirali dvanajst vrst sirov. V povprečju so siri vsebovali v 100 g 1,57 g soli.

Najmanjšo koncentracijo soli smo ugotovili pri »Lahkem siru«, ki je vseboval 0,995 % (m/m) soli, največjo pa pri siru Lahki Jošt, ki je vseboval 2,480 % (m/m) soli. Več kot 2 % soli so vsebovali siri: Jošt, Lahki Jošt, Samostanski sir in Livada.

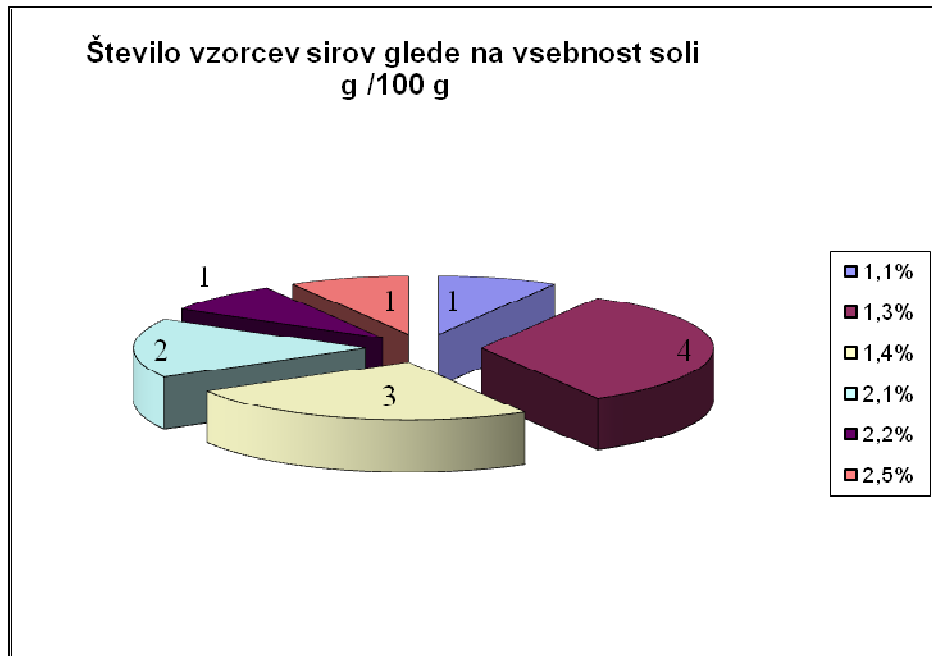
4.2 GRAFI ZA VSEBNOST SOLI V POLTRDIH SIRIH

Na sliki 8 je prikazana pogostnost sirov glede na vsebnost soli g/100g. Iz slike je razvidno, da največ sirov vsebuje 1,3% soli.



Slika 8: Pogostost sirov glede na vsebnost soli

Na sliki 9 je prikazana pogostnost sirov glede na vsebnost soli g/100g. Štirje siri so vsebovali 1.3 g/100g NaCl, trije siri 1.4 g/100g soli, dva sira 2.1 g/100g soli, po en vzorec sira pa 2.2 g/100g soli, 2.5 g/100g soli in 1.1 g/100g soli.



Slika 9: Število vzorcev glede na vsebnost soli

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 RAZPRAVA

Sol je v tehnološkem postopku izdelave sirov pomemben dejavnik, ki vpliva na: teksturo sira, podaljša obstojnost, inhibira rast in aktivnost mikroorganizmov, vpliva na aktivnost encimov, vpliva na količino vode v siru, na a_w vrednost, na fizikalne spremembe beljakovin, na formiranje skorje sira in ne nazadnje vpliva na okus sira.

Fox in sodelavci (2004) poudarjajo, da ima NaCl pomembno vlogo pri uravnavanju pH vrednosti sirov, vpliva na zorenje in teksturo sirov. Tudi Tratnikova (1998) posveča velik pomen pravilnemu soljenju sirov. Odstopanja od pravilne koncentracije soli v slanici, nepravilne vrednosti pH slanice in prevelike mikrobiološke kontaminacije slanice imajo za posledico napake na skorji sirov, tvorbo kratkega lomljivega sirnega testa in odstopanja od značilnega okusa sira (Fox in sod., 2004; Tratnik, 1998).

Soljenje sira poteka po zakonitostih ozmoze in difuzije. Slanica, ki ima večjo koncentracijo kot je koncentracija vodne faze v siru, prodira v sir iz sira pa izteka voda – sirotka. Slanovec (1982) posveča posebno pozornost končnemu izenačenju obeh koncentracij in enakomerni porazdelitvi NaCl v siru (Slanovec, 1982).

Pred drugo svetovno vojno se je v Sloveniji sir proizvajal po majhnih sirarnah predvsem v predalpskih in alpskih področjih. Zaradi obrtniške, tradicionalne proizvodnje, slabe kakovosti mleka in omejenih tehnoloških možnosti so siri vsebovali 3-4 % soli, ki je sire ščitila predvsem pred možnimi napakami (Šabec, 1964).

Povojno obdobje je prineslo industrijsko proizvodnjo sirov. V 60-ih in 70-ih letih prejšnjega stoletja je bilo zaželeno vsako leto povečevati proizvodnjo, čas soljenja so zmanjševali, in kakovost je bila drugotnega pomena. Srečko Šabec (1964) navaja v knjigi

Osnove sirarske proizvodnje naslednje količine soli: edamski sir 2,6 %, gavda 2,6 %, tilzitski sir 2,4 % in ementalški sir 1,9 % soli (Šabec, 1964).

Sedemdeseta in osemdeseta leta so prinesla krčljivo folijo, ki je nadomestila skorjo sira, kar je imelo za posledico zopet skrajševanje časa soljenja in posledično manjšo količino soli v sirih. V 70-ih letih, navaja Mair- Waldburg (1974) v knjigi Haubuch obr Käse, za sire edamski sir 1,8 % soli, za gavdo 2,5 %, tilzitski sir 2 %, ementalški sir 1,5 % in za zbrinc 2 % soli (Waldburg, 1974).

Kar se v zadnjih 30-ih letih v tehnologiji soljenja ni zgodilo nič novega, lahko podatke o količini soli v poltrdih sirih v Sloveniji primerjamo z Mair-Waldburgovim iz leta 1974. Tudi iz te primerjave lahko zaključimo, da je količina soli v slovenskih poltrdih sirih manjša. Potrošnja sirov na prebivalca je v Sloveniji okoli 6 kg na leto. Glede na to, da je priporočljiva količina soli 5 g na dan pomeni, da doprinesejo siri 4 % k priporočljivi dnevni konzumaciji, ki bo dosežena šele v prihodnosti. Ta količina pomeni 4 % ko bo resnično vsak slovenec konzumiral samo 5 g soli na dan. Predvidevamo in ocenjujemo, da je danes povprečna poraba v Sloveniji 10 do 15 g soli na dan, ker pomeni, da glede na konzumacijo šestih kg na prebivalca 1,3 % do 2 % dnevnega vnosa soli.

Količina soli v slovenskih poltrdih sirih je manjša kot v primerljivih v Evropi. Vsakršno zmanjšanje bi imelo tehnološke posledice in ne nazadnje bi siri izgubili značilne senzorične lastnosti.

6.2 SKLEPI

- Fox s sodelavci (2004) navaja, da vsebuje gavda 2,0 % soli, edamski sir 2,0 % soli. Za tilzit (livada) pa Mair-Waldburg (1974) navaja tudi 2,0 % soli. V naši diplomski nalogi pa smo določili, da sir gavda vsebuje 1,25 % soli, edamski sir 1,26 % soli in tilzit (livada) 1,2 % soli (Fox in sod., 2004; Mair-Waldburg, 1974).

- Do zmanjšanja soli je prišlo v Sloveniji zaradi specifičnih družbeno ekonomskih dejavnikov.

- Nesporno lahko povzamemo, da vsebujejo slovenski poltrdi siri manj soli kot primerljivi v Evropi.

- Svetovna zdravstvena organizacija WHO priporoča 5 g soli na dan. Mnoge države tega priporočila ne izpolnjujejo. V Sloveniji konzumiramo po ocenah približno 10 – 15 g soli na dan, zato si proizvajalci hrane trudijo zmanjševati vsebnost soli v živilih kar velja tudi za sire.

7 POVZETEK

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, koliko NaCl vsebujejo poltrdi siri slovenskih proizvajalcev.

Količina soli v sirih je pomembna s tehnološkega stališča. V zadnjih letih pa vedno bolj tudi iz zdravstvenih razlogov, saj povezujejo sol s povišanim krvnim tlakom, srčno žilnimi obolenji, kapmi in poškodbami ledvic. Dokazano je, da je prekomeren vnos soli in s tem natrija pomemben prehranski dejavnik tveganja za zdravje.

Zato so bili že pred dvajsetimi in tridesetimi leti narejeni poskusi z nadomestki za kuhinjsko sol s kalijevim kloridom in kalcijevim kloridom. Uporabo nadomestkov niso vpeljali v prakso, saj le kuhinjska sol omogoči, skupaj z ostalimi nosilci arome in okusa, razvoj prijetnega okusa, ki je za vsako vrsto sira tako značilen.

V naših meritvah se je vsebnost soli v sirih gibala med 1,022 g na 100 g sira do 2,493 g na 100 g sira. Najmanj soli je vseboval Lahki sir, največ pa Lahki Jošt.

Poltrdi siri slovenskega izvora vsebujejo s tehnološkega in senzoričnega stališča minimalno količino kuhinjske soli.

8 VIRI

Čanžek Majhenič A., Perko B., Rogelj I. 2005. Praktikum pri predmetu Tehnologija mleka. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za zootehniko: 72 str.

Fox P. F., Mc Sweeney P. L.H., Coyan T. M., Guinee T. P. 2004. Cheese, Chemistry, Elsevier Academic Press: 902 str.

Mair-Waldburg H. 1974. Handbuch der Käse. Kempten, Volkswirtschaftlicher Verlag GmbH: 902 str.

Slanovec T. 1982. Sirarstvo. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 171 str.

Šabec S. 1964. Osnove sirarske tehnologije. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 157 str.

Tratnik L. 1998. Mljeko-tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Zagreb, Hrvatska mljekarska udruga: 391 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Bogdan Perko za vodenje, pomoč in spodbudo pri izdelavi diplomskega dela, recenzentu prof. dr. Irena Rogelj za recenzijo diplomskega dela.

Hvala mami, tatiju, teti, noni Slavi, Glenu za pomoč in podporo pri študiju in pri izdelavi diplomske naloge.