

JUUSTUDE SOOLAMINE **ja soola mõju kvaliteedile**

BioCC OÜ
Tartu 2017

Tekst ja fotod: DSc Priit Elias
Kujundanud: Lii Ranniku / Ecoprint
Trükk: Ecoprint

ISBN 978-9949-88-238-0 (trükis)
ISBN 978-9949-88-239-7 (võrguväljaanne)

Tartu/Tallinn, detsember 2017

Autoriõigus kuulub **BioCC OÜ**-le, varalised õigused kuuluvad materjali tellijale. Materjal valmis Maaeluministeeriumi ning Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti (PRIA) tellimusel. Kõik autoriõigused on kaitstud.



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse



JUUSTUDE SOOLAMINE **ja soola mõju kvaliteedile**

DSc Priit Elias

BioCC OÜ
Tartu 2017

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Juustude soolamismeetodid	4
1.1. Juustupiima soolamine	4
1.2. Juustutera soolamine vadakus	4
1.3. Juustutera soolamine pärast vadaku eraldamist.....	4
1.4. Juustude pindsoolamine	4
1.5. Juustude soolamine soolvees	5
2. Soolvee omadused ja mõju juustule	6
2.1. Soolvee happesus.....	
2.2. Soolvee temperatuur.....	
2.3. Soolvee mikrofloora	
3. Soola difusiooni ja absorptsiooni mehhanism juustu	9
4. Tegurid, mis mõjutavad NaCl difusiooni juustu	10
5. Tegurid, mis mõjutavad soola absorptsiooni juustu	12
5.1. Kontsentratsiooni gradient	12
5.2. Juustu maht ja mõõtmed	12
5.3. Soolamise aeg.....	13
5.4. Soolamise temperatuur	13
5.5. Juustu rasvasisaldus.....	13
6. Soolasisalduse tasakaalu saavutamine juustu niiskuses pärast soolamist soolvees ja pärast pindkuivsoolamist	14
7. Soola mõju juustu kvaliteedile, ohutusele ja säilivusele ...	15
7.1. Soola mõju juustu niiskusesisaldusele	15
7.2. Soola mõju vee aktiivsusele (a_w) juustus.....	16
7.3. Soola mõju mikroobide arengule ja pH väärtusele juustus .	17
7.4. Soola mõju ensüümide aktiivsusele juustus	19
8. Soola mõju juustude valmimisele ja kvaliteedile	20
8.1. Soola mõju kaseiini hüdratisatsioonile (vee molekulide liitumisele kaseiini mitsellidega) ja juustu füüsikalistele omadustele	20
8.2. Soola mõju juustude reoloogiale.....	21
9. Vähendatud naatriumisaldusega juustud	22
Kasutatud kirjandus	23

Sissejuhatus

Toiduainete valmistamisel ja säilitamisel kasutatakse söögisoola, mis jaguneb peensoolaks, jämesoolaks, meresoolaks, nitritsoolaks ja madala naatriumi sisaldusega soolaks.

Peen sool on puhas sool toiduainete valmistamisel, mis jaguneb osakeste suuruse järgi ülipeeneks (terade suurus $<0,355$ mm), standardseks ($<0,71$ mm) ja jämedaks ($<1,25$ mm).

Söögisoola kasutamise üheks eesmärgiks on pikendada toidu säilimist. Toidu säilitamisel on kasutatud juba ammustest aegadest ka fermentatsiooni ja kuivatamist kui looduses iseseisvalt toimuvaid protsesse. Soola lisamine toiduainete säilitamisel võeti kasutusele hiljem, sest see oli sihipärane ja teadlikkust vajav tegevus. Soola tähtsus ja kasutamine suurenes eriti keskajal, olles üheks oluliseks maksevahendiks kauplemisel toiduainetega.

Keedusoolal on oluline osa toitude, sealhulgas ka piimatoodete, maitse kujundamisel. Soolasus on üks viiest (magus, mõru, soolane, hapu, umami) inimese maitsemeele poolt eristavast põhilisest maitsest. NaCl iseloomulik maitse tuleneb naatriumist. KCl on täiesti erinev maitse. Soolal on toidus seoses naatriumiga tähtis koht ka toitumise seisukohalt. Organismis tegutsevad naatriumi- ja kaaliumi-ioonid koos. Need reguleerivad organismi rakkude veerežiimi ja osmootset rõhku ning osalevad seedekulgla imendumisprotsessides, kusjuures kloori-ioonidel on oluline osa ka happe ja aluse tasakaalus. Õige kogus soola aitab hoida normaalsena vererõhku ning närvi- ja lihasfunktsioone. Inimese füsioloogilist soolavajadust ei ole täpselt defineeritud. Täiskasvanud inimene vajab päevas $\sim 2,4$ g naatriumit või ~ 6 g NaCl ning nende loomulikuks allikaks on toit. Toit võib aga sisaldada inimvajadusest 2-3 korda rohkem naatriumi. Liigne kogus naatriumi ei ole soovitatav, sest see tõstab vererõhku, suurendab kaltsiumi ekskretsiooni e eritust organismist, mis soodustab osteoporoosi ja neerukivide teket (Guinee, 2004, Turk jt, 2009).

Piimatoodetel, kui neid tarvitatakse ka suurtes

kogustes, on suhteliselt vähe tähtsust naatriumi ületarbimisel välja arvatud juhtudel, kui kasutatakse suurtes kogustes kõrgsoolatud juustusid nagu feta jt.

Paljude maade tervishoiuorganid (Flock, M.R., Kris-Etherton, P.M. 2011; National Health and Medical Research Council. 2003) on esinenud üleskutsega vähendada naatriumi sisaldust toiduainetes. Mõningatel juhtudel võiks soola sisaldus olla piimatoodetes väiksem või viidud optimumini, kuid loobumine soola kasutamisest näiteks juustude valmistamise traditsioonilises tehnoloogias on praktiliselt võimatu. Sool koos vajaliku pH-väärtuse, vee aktiivsuse ja redokspotensiaaliga on olulised abinõud minimeerimaks piimatoodete riknemist ja patogeensete bakterite arengut neis. Teatud kontsentratsioonid muudab sool soolatavad piimatooted veevaesemaks, mille tulemusel tekib nn füsioloogiliselt kuiv keskkond, kus enamik mikroobe kasutuvad anabioosi ehk soike seisundisse või hukuvad. Samas, keedusool võib vähendada ka valke lagundavate ensüümide aktiivsust.

Soola lisatakse 5-20 % soolatava toiduaine kaalust. 20 % soolasisaldusega toiduained säilivad ka toatemperatuuril, samas väiksema soolasisalduse juures tuleb säilitamisel kasutada madalamaid temperatuure (0-5 °C).

Inimeste maitse on erinevad. Mõnele meeldib soolane toit, teised eelistaksid toidule soola mitte lisada, kuid soolata juust on maitsetu ja „vesine“. On leitud (Schroeder jt, 1988), et 0,8% (w/w) soolasisaldus juustus võib olla piisav maitsetuse kadumiseks. Tugevamaitseelised juustud (hallitusjuustud, limaga valmivad juustud) vajavad harilikult rohkem soola kui mahedama maitsega juustud. Kui soolasisaldus erinevate liikide vahel kõigub suurtes piirides, siis üksiku liigi juures peaks see olema suhteliselt püsiv ja lähedane optimumile. Paljud värsked juustud, mida tarvitatakse valmimata, sisaldavad 1-2% NaCl, soolvees säilitatavad juustud aga 8-15% ja neid leotatakse enne tarbimist.

1. Juustude soolamismeetodid

Juustusid võib soolata kas enne või pärast vormimist. Enne vormimist võib lisada soola kas piimale või vadakule või terale pärast vadaku eraldamist. Pärast vormimist võib soolata juustusid kas soola raputamisel nende vormitud pindadele (pind- ehk

kuivsoolamine) või paigutades need soolvette soolduma (soolamine soolvees) (joonis 1). Soolamismeetod sõltub eelkõige juustu liigist. Mõne liigi valmistamisel kasutatakse ka kombineeritud soolamist, arvestades, et üks meetod täiendab teist.

1.1. Juustupiima soolamine

Kui lähtuda soola ühtlasest hajutatusest juustu veefaasis, võib enne juustu valmistamist lisada soola otse piimale (joonis 1). Sel juhul peab seda tegema väikestes kogustes. Soola lisand üle 1% ei ole soovitatav, sest see kahjustab piimas kalgendi moodustumist ja sellest vadaku eraldumist e sünereesi. Soola

negatiivne mõju kalgendi moodustumisel seisneb naatriumi seostumises kaseiiniga, millega kaasneb kolloidaalse kaltsiumi vähenemine ja kaltsiumi hüdratatsiooni suurenemine, eriti siis, kui piima pH langeb 6,6 - 5,2 piiresse (Goy jt, 2012).

1.2. Juustutera soolamine vadakus

Juustutera soolamisel vadakus lisatakse sool juustuvanni või -katlasse kas enne järelsoojendust või järelsoojenduse lõpul pärast teatud koguse vadaku eraldamist (joonis 1). Kasutatakse kas kuiva soola või küllastatud soola lahust, arvestusega 1-3 kg soola tonnile segupiimale.

Soola madal kontsentratsioon ei pidurda üldju-

hul piimhappe käärimist ja soolale vähemtundliku võõrmikrofloora arengut, mis võivad tekitada gaasi. Seega, juustutera soolamisel vadakus peetakse silmas eelkõige juustude veesisalduse suurendamist, kiiremat sooldumist soolvees ja kiiremat valkude lõhustumist valmimisel, kuna tõuseb laapensüümi aktiivsus (Guinee, ja Fox 2004).

1.3. Juustutera soolamine pärast vadaku eraldamist

Juustutera soolamine pärast vadaku eraldamist kiirendab juustutera kuivamist ja vähendab juustude ebaühtlast valmimist, sest sool hajutatakse ühtlaselt juustu massi, kuna juustude soolamisel pärast pressimist soolvees jõuaks sool juustutüki sügavamatesse kihtidesse alles teatud aja möödudes (joonis 1).

Kontraktioneerunud ehk kokkutõmbunud juustumassi jahvatamisel saadud „tsipside“ soolamine pärast vadaku eraldamist on kasutusel Cheddaritüüpi juustu valmistamisel. Sool lisatakse „tsipsidele“, segatakse ja nii hajub see „tsipside“ pinnal, kus osa soolast lahustub pinna niiskuses ning hakkab aeglaselt difundeeruma „tsipsidesse“. See tekitab vadaku vastuvoolu „tsipside“ pinnale, kus lahustuvad uued soola kristallid ja nii on „tsipside“ pind kaetud pidevalt küllastunud soolalahusega, kindlustades soola edasise imbumise „tsipsidesse“. Kuna „tsipside“ pinna suhe nende mahtu on suhteliselt

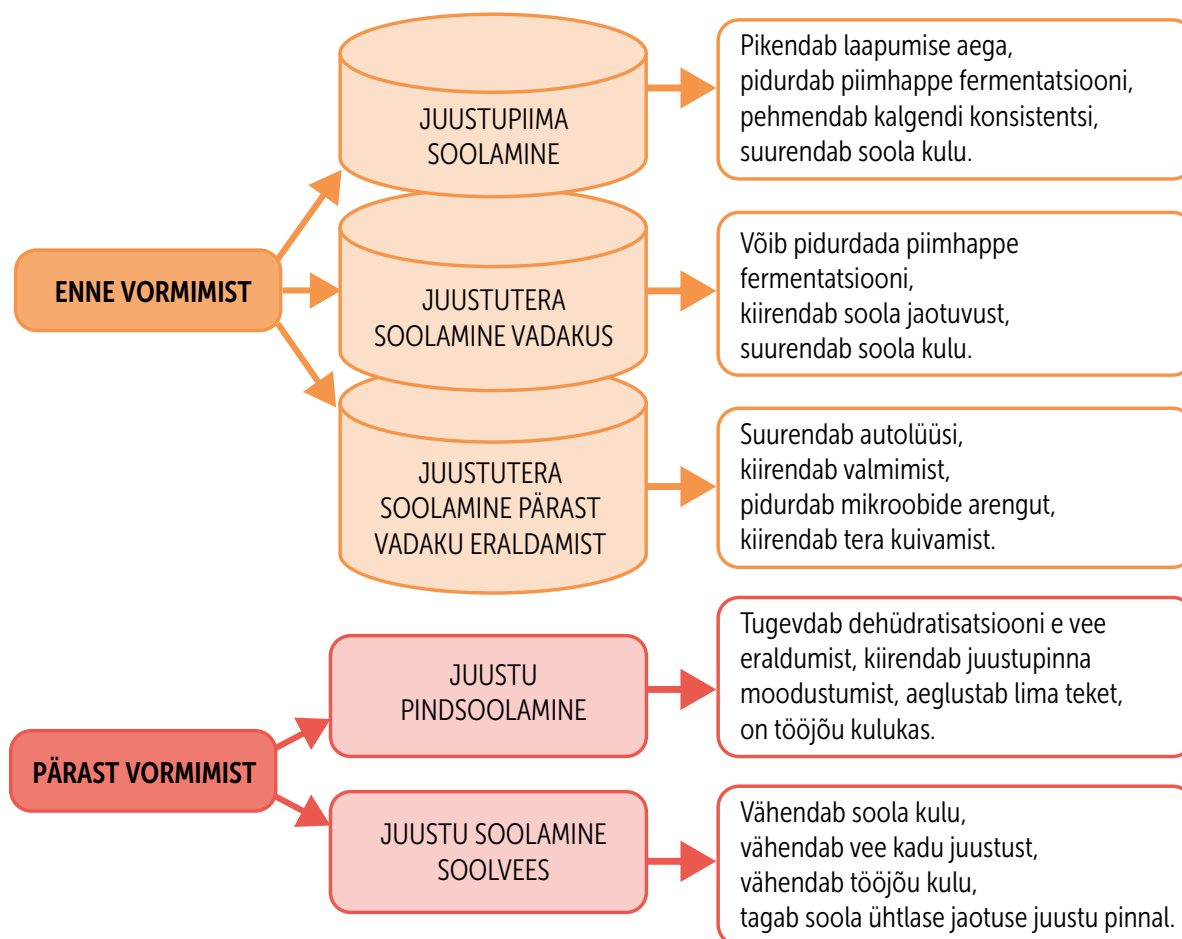
suur, siis saavutatakse vajalik soolasisaldus kiiresti. Osa „tsipside“ pinna soolveest eraldub terade massist juustude pressimisel soolase vadakuna, millest tuleneb selle meetodi juures soola kadu. Kuna „tsipside“ kontakt kontsentreeritud soolvee kihiga jääb suhteliselt lühiajaliseks, siis säilib veel ka vähemal määral pinnavalkude edasine võime kontraktioneeruda ehk tõmbuda kokku.

„Tsipsidele“ saab lisada vajaliku soolakoguse (1,5-1,8%), mis tõstab nende veefaasi soolasisalduse 4,0-4,8% piiresse. Selleks ajaks peaks piimhappe aktiivne käärimine olema üldiselt lõppenud. Juustudes, kus piimhappe käärimine jätkub ka veel vormimisel, lisatakse soola vähem ja juustude lõplik sooldumine toimub soolvees. Kui juustutera või „tsipside“ kuivsoolamine võib kesta 10-20 min, siis vormitud juustu, mis on tunduvalt suuremates mõõtmetes, soolamine soolvees vältab 0,5-5,0 ööpäeva (Guinee ja Fox 2004).

1.4. Juustude pindsoolamine

Pindsoolamisel raputatakse kuiv, puhas ja peenristalliline sool ühtlaselt juustu pinnale, kus see lahustub ja tungib juustu (joonis 1). Juustuplokki või -kera võiks vaadelda kui üht suurt juustu „tsip-

si“ ja kuiva soola lahustumist pinna niiskuses kui eelnevat protsessi soola difundeerumisel juustu. Pidev niiskusevool juustust pinnale tagab küllastunud soolveekihi juustu pinnal ning soola tungimise



Joonis 1. Juustude soolamismeetodid ja nende mõju juustuvalmistamise tehnoloogilistele protsessidele

juustu. Kuna juustu pind on kaua kontaktis kontsentreeritud soolveega, siis toimub märkimisväärne pinnavalkude kokkutõmbumine, millega kaasneb omakorda suhteliselt suur niiskusekadu pinna kihetidest ning NaCl sisenemise mobiilsus väheneb.

Sõltuvalt liigist, kujust ja suurusest soolatakse juustusid pinnalt kas üks või mitu korda. Esimesel soolamisel on tähtis, et juustu pind ei soolduks üle ja ei moodustuks tugev koorik, mis takistaks soola

edasist tungimist juustu ja vadaku eraldumist sealt. Pindsoolamisel ühtlustub juustude kuivainesisaldus halvasti, mis mõjub negatiivselt nende valmimisele ning kvaliteedile. Varem, kui ei kasutatud juustude valmimisel pinnakatteid, kasutati pindsoolamist sageli, kuid võrreldes soolvees soolamisega on see töömahukam ja kulukam ning seetõttu leiab kasutamist tänapäeval ainult teatud juhtudel.

1.5. Juustude soolamine soolvees

Kõige levinumaks juustude soolamismeetodiks on soolamine soolvees (joonis 1). See võimaldab kokku hoida soola, aega, tootmispinda ja vähendada käsitööd, sest protsess on täielikult mehhaniseeritav. Soolvett võib valmistada mõnevõrra odavamast soolast ja soolvees moodustub juustudele ühtlane pind.

Soolamist soolvees võib teostada ka rõhu all (17 MPa). Pastorino jt (2003) andmetel tõstis see mõnevõrra juustude soolasisaldust, mis omakorda kiirendas süneresi ja vähendas juustude niiskusesisaldust. Samas ei mõjutanud see juustude pH-d,

lahustuva lämmastiku-, ning kogu- ja lahustuva kaltsiumi sisaldust. Leiti, et suurenes juustude tugevus ja tihedus. (Pastorino jt 2003).

Kasutatakse ka juustude akustilist soolamist soolvees ultraheli võimsusel 300 W ja sagedusel 30 kHz. Leiti (Sánchez jt 2000), et akustiliselt soolatud juustudes oli soolasisaldus juustu veefaasis kõrgem kui harilikult soolatud juustudes. Juustude akustilisel soolamisel soolvees suurenes vabade rasvhapete sisaldus, juustud muutusid konsistentsilt tugevamaks ning olid intensiivsema maitse ja lõhnaga (Sánchez jt 2001).

2. Soolvee omadused ja mõju juustule

Juustude soolamisel kasutatav soolvesi valmistatakse puhta keedusoola lahustamisel joogivee nõuetele vastavas vees. Soolamisel võidakse kasutada küllastunud soolvett (NaCl sisaldus ~26%), kuid levinud on lahjema lahuse (20-22% NaCl) kasutamine. Juustude kvaliteedi seisukohalt on oluline, et NaCl sisaldus soolvees püsiks antud liigile optimumi piires ja kõiguks soolamisel võimalikult vähe.

Üheks oluliseks soolvee näitajaks peale soola on kaltsiumisisaldus, mis peaks olema soolatavates juustudes sisalduvaga samades piirides. Soolvee madal kaltsiumisisaldus tekitab soolatavatele juustudele pehme ja nõrga pinna, liiga kõrge kaltsiumisisaldus aga tugeva, kuiva ja sarvestunud pinna.

Soolvee kaltsiumisisaldus sõltub soolvee tüübist ehk soolatavate juustude pH-väärtusest. Mida ma-

dalama pH-väärtusega on soolatavad juustud, seda rohkem annavad need kaltsiumi soolvette (Tschanger, 1988). Kõvade lõikejuustude soolvees on kaltsiumi vähem kui poolkõvadel või pehmetel juustudel. Poolkõvade lõikejuustude kaltsiumisisaldus on 0,17-0,24% (Tschanger, 1988). Leiti (Tschanger, 1988), et Emmentali-tüüpi juustudel oli normaalne pind, kui soolvesi sisaldas kaltsiumi keskmiselt 0,1115% (kõikumisega 0,074-0,179%) ning kuiv ja sarvestunud pind kaltsiumisisaldusel keskmiselt 0,158% (kõikumisega 0,107-0,223%). Seega, et hoida ära lima (kergesti lahustuva naatriumkaseinaadi) teket soolatavate juustude pinnale, lisatakse värsketele äsja valmistatud soolveele 0,3% CaCl₂.

2.1. Soolvee happesus

Soolvee happesus, väljendatuna kas pH-väärtusena või tiitritava happesusena, on sama suure mõjuga juustude kvaliteedile kui soola kontsentratsioon või soolvee temperatuur. Soolvee pH peaks olema sama või pisut kõrgem kui soolvette soolamiseks asetataval juustudel (kõvadel lõikejuustudel 5,1-5,2; pehmetel 4,8-5,0). Liiga madal pH-väärtus põhjustab kaltsiumi ionide asendumise hüdroksüülionidega, mille tulemusel tekib kõva, sarvestunud, sageli murenenud juustupind. Soolvee pH liiga kõrge väärtuse korral muutub juustupind libedaks ja limaseks nagu ka värskelt valmistatud soolvee kasutamisel. Kõrge pH-väärtus kiirendab juustude pindmise kihi valkude lõhustumist, mis võib põhjustada kibedat maitset ja sageli ka ebameeldivat lõhna. Soolvee

kõrge happesuse neutraliseerimiseks kasutatakse lubjapiima või mõnda muud toiduainete tööstuses kasutatavat leelist. Juustusid tuleb soolata püsiva antud juustuliigile optimaalse happesusega soolvees.

Juust adsorbeerib soolvest soola ja eraldab sinna vadakut. Soolvesi rikastub järjest rohkem ja rohkem vadakuosistega ning muutub läbipaistmatuks. Valkudest ja teistest ainetest moodustub sade, kuhu pehmetest ja poolkõvade juustudest lisandub ka juustuosakesi. Lõpuks soolvesi saastub ja soolvees tõuseb puhverdavate ainete kontsentratsioon nii kõrgele, et normaalse happesuse juures osutub pH-väärtus liiga kõrgeks.

2.2. Soolvee temperatuur

Soolvee üheks oluliseks kontrollitavaks teguriks on veel temperatuur, millest sõltub juustude soolamise kiirus ja intensiivsus. Madalal temperatuuril difundeerub sool juustu liiga aeglaselt. Näiteks Emmentali juustu imendus soola temperatuuril 30 °C 1,25 korda rohkem kui 15 °C juures ja 1,4 korda rohkem kui temperatuuril 1 °C (Tschanger, 1988).

Soolvee kõrgetel temperatuuridel difundeerub sool kiiresti juustu välimistesse kihtidesse ja moodustub mage tsentriosa, kus intensiivistub valkude

lõhustumine ja tekivad võimalikud kõrvalekalded mikrobioloogilistes protsessides, mis põhjustavad juustude maitse-, lõhna- ja konsistentsivigu (kibe ja ebameeldiv maitse ja lõhn või pehme konsistents). Optimaalsest kõrgemaid temperatuure võiks kasutada ainult siis, kui juustud on valmistatud kõrge happesusega piimast, sest tänu kiirele ja intensiivsele sooldumisele eraldub siis rohkem vadakut ja koos sellega liigne, valmimisele negatiivselt toimiv hape. Soolvee temperatuur enamiku juustuliikide

soolamisel võiks olla suveperioodil 12 °C ja talveperioodil 12-14 °C. Optimaalne temperatuurirežiim

on üheks eelduseks ühtlase ja kõrge kvaliteediga juustude valmistamisel.

2.3. Soolvee mikrofloora

Soolvee keemilise koostise muutumisega muutub ka selle mikroorganismide sisaldus. Mikroorganismid satuvad soolvette juustust, soolast, veest, seadmetelt ja ümbritsevast keskkonnast. Need mikroorganismid, mis kuuluvad juustu normaalsesse mikrofloorasse, ei kujuta endast tõsist ohtu juustu kvaliteedile. Samas soolvette võivad sattuda ka ebasoovitavad mikroobid, mis taluvad pikemat aega kõrgeid soola kontsentratsioone ja saastavad kõiki järgnevaid soolatavaid juustusid. Need on juustu

kvaliteedile ohtlikud.

Põhja-Kreekas tehtud uurimustel oli juustu soolvees, mis sisaldas 13-20% NaCl, 1,1-81,0 x10⁶ pmü ml⁻¹ mikroobi. Liigiliselt olid esindatud pärmseened, batsillid, kolilaadsed bakterid, piimhappebakterid jt. (tabel 1). Kolilaadsete bakterite arv 1 ml-s soolvees kõikus vahemikus 10-1000 rakku ja ainult 25% proovides oli neid üle 10³ cfu ml⁻¹ (Litopoulou-Tzanetake, E. 1986).

Tabel 1. Mikroorganismid juustu soolvees (Litopoulou-Tzanetake, 1986).

Mikroorganismid	Sisaldus soolvees, pmü ml ⁻¹	Mikroobide perekond
Mikroobide üldarv	1,1-81x10 ⁶	<i>Debaryomyces sp.</i> , <i>Bacillus spp.</i> (<i>B. cereus</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. pantethenicus</i>), koagulaas-negatiivsed streptokokid, korünebakterid, kolibakterid, piimhappebakterid jt.
Piimhappebakterid	6,6x10 ⁵ -11x10 ⁶ (1,1x10 ⁵ -8,9x10 ⁶)	<i>L. plantarum</i> , <i>L. casei</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Leuconostoc paramesenteroides</i>
Kolilaadsed bakterid	10 – 1000	<i>Klebsiella aerogenes</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i>

Keedusoola-resistentsed laktobatsillid ei saa kasvada soolvees, mille soolasisaldus on 13-17%, pH 4,4-5,0 ja temperatuur 13-20 °C. Nad võivad kasvada kiiresti aga madalama soolasisalduse ja kõrgema pH-väärtuse juures (Stadhouder jt, 1988). Gouda-tüüpi juustude soolamisel on märgitud (Wilbrink jt, 1981), et gaasi moodustavad keedusoola-resistentsed laktobatsillid võivad esineda soolvees suurtes kogustes, areneda seal soola kontsentratsiooni langedes ning tungida juustude soolamisel läbi pinna juustu, kui pind ja selle alune kiht ei ole küllaldaselt tugevad. Soolaresistentsed laktobatsillid, tunginud juustu, kasvavad seal juustu valmides aeglaselt ning põhjustavad valmimisperioodi lõppfaasis maitse- ja tekstuuri vigu. (Hup jt, 1982). Mõned laktobatsillide liigid võivad põhjustada tugevat aminohapete konversiooni e muundusi, mille tulemusel tekib rohkesti CO₂, ja mis tekitab juustudes valmimisel lõhesid suunaga pinnaalusest kihist tsentrisse. Soolaresistentsed laktobatsillid, mis ei tekitata gaasi, põhjustavad aminohapete konversioonil ebasoovitavate ühendite moodustumist ning nende rohkus annab juustudele fenooli-, roiskunud-

lääge- ja riknenud muna meenutava kõrvalmaitse. Lõhedest eemal ja juustu keskosas, kus soolaresistentsete laktobatsillide arv ei ole suur, võib maitse olla rahuldav. Gaasi moodustavate soolaresistentsete laktobatsillide arv soolvees ei tohiks olla kõrgem kui 10³ pmü ml⁻¹ (Hup jt, 1982). Neis tingimustes on laktobatsillidest tingitud vigade teke juustus pidurdunud, kuna on vähe tõenäoline, et kõik nad võiksid tungida juustu. Vähem tähtis pole ka intensiivne pressimine, eesmärgiga saada juustudele puhast tugevat laktobatsillidele raskemini läbitavat pinda.

Soolvesi kui üks võimalikest olulisematest juustude saasteallikatest võib sisaldada ka pärmseeni 10⁴-10⁶ pmü ml⁻¹. Enamiku piimatoodete riknemistunnused ilmnevad pärmide arvukusel 10⁵-10⁶ pmü g⁻¹, kuid 108 pmü g⁻¹ sinihallitusjuustude juures võib toode olla veel märkimisväärsete defektideta (Viljoen jt, 2003). On leitud, et levinumaks pärmseene liigiks juustude soolvees osutus *Debaryomyces hansenii*. Lisaks sellele võivad esineda veel *Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica*, *Kluyveromyces marxianus*, *Torulaspora delbrueckii*, *Rhodotorula glutinis*, *Cryptococcus albidus* ja *Candida*

catenulata (Welthagen ja Viljoen 1998).

Pärmseente esinemine soolvees on tingitud nende võimest kasvada madalatel temperatuuridel, fermenteerida laktoosi ning assimileerida orgaanilisi happeid nagu merevaik-, piim- ja äädikhapet. Neil on ka proteolüütiline ja lipolüütiline aktiivsus, resistentsus kõrgetele soola-kontsentratsioonidele ning pesu- ja desoainetele (Laubscher ja Viljoen, 1999a; Jakobsen ja Narvhus, 1996).

Kui juustude valmistamisel kasutatakse nitraate, imendub osa nendest soolvette. Teatud soolvee-mikroorganismid redutseerivad nitraate nitrititeks. Nitritid võidakse redutseerida edasi kuni ammoniaagi ja lämmastikuni. Liiga külma soolvee korral toimuvad mikrobioloogilised protsessid aeglaselt ja nitritid võivad akumulereeruda soolvette ning tungida sealt edasi juustu, põhjustades selle väliskihitudes punakat värvust. Nitraatide kasutamise korral tuleb regulaarselt kontrollida nende sisaldust soolvees ja sisaldust üle 5 mg l⁻¹ loetakse ebasoovitavaks (Tschanger, E. 1988).

Parimaks meetmeks mikroorganismide vähendamisel soolvees on hoida soolvee soolasisaldus

minimaalselt 15,5-16,0% piires. Võib kasutada ka soolvee pastöriseerimist, kuid suured kogused teevad selle ettevõtmise töö- ja energiamahukaks.

Rahuldavaid tulemusi mikroobide vähendamisel on saadud soolvee filtratsioonil või 0,3-0,5 l t⁻¹ naatriumhüpokloriti (NaClO) lisamisel soolveele. Suurem kogus naatriumhüpokloritit võib moodustunud keeruliste ühendite rohkusest tulenevalt soolamisel alandada juustude kvaliteeti.

Šveitslased on kasutanud soolvee mikrobioloogilise seisundi parandamiseks H₂O₂. Kasutatav kogus võib olla erinevatel soolvetel erinev ja üheks põhjuseks on siin pärmsente sisaldus. Pärmsened produtseerivad ensüüm katalaasi, mis lõhustab H₂O₂ ja selle mikroobide vastane toime kaob. Juustude kvaliteet ei muutu, kui ühekordselt lisatakse 2 liitrit 30%-list H₂O₂ lahust või regulaarsel lisamisel 0,3 l 30% H₂O₂ lahust tonnile soolveele.

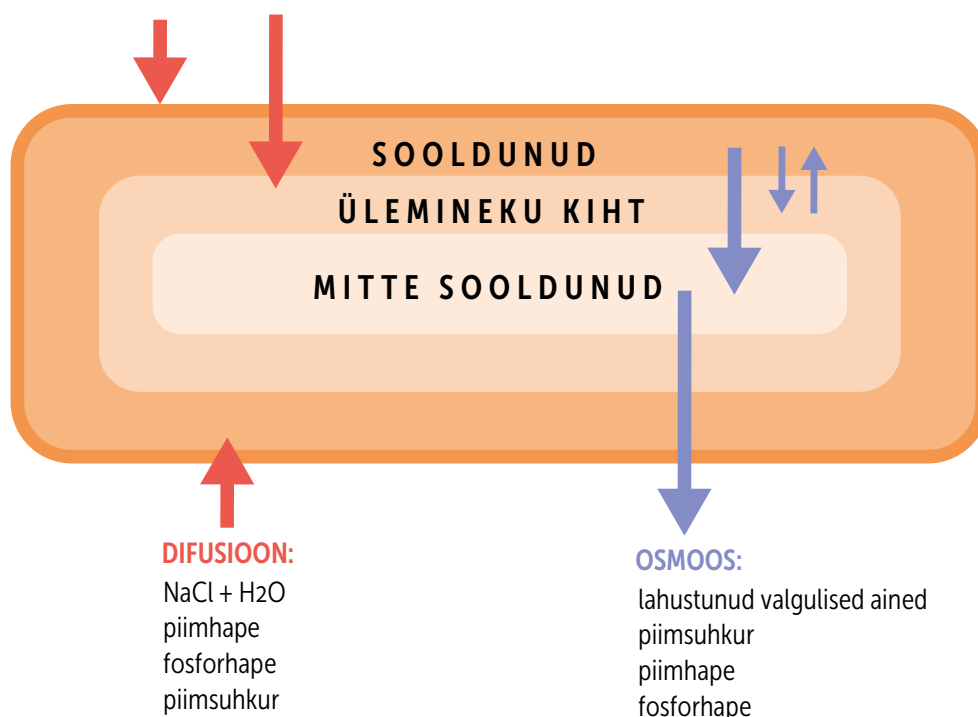
Teades soolvee füüsikalise-keemiliste ja mikrobioloogiliste omaduste tähtsust ning määrates neid, võib vältida juustude soolamisel soolvees tekkivaid võimalikke kvaliteedi kõikumisi.



3. Soola difusiooni ja absorptsiooni mehhanism juustu

Kui juustud paigutatakse soolvette, hakkavad NaCl-molekulid (Na^+ ja Cl^-) liikuma soolveest juustu vastavalt juustu niiskusesisalduse ja soolvee vahelise osmootse rõhu erinevusele. Vadak difun-

deerub e kandub läbi juustu maatriksi soolvette (joonis 2) seni, kuni taastub osmootse rõhu tase. Vadaku kadu juustust on umbes 2 korda suurem soola kogusest, mida saab juust.



Joonis 2. Soola ülekanne e difusioon Gouda-tüüpi juustu soolamisel

Juustud koosnevad kokkukleepunud parakaseiini kiududest moodustunud kolmedimensionaalsetest võrgustikest, mis annavad struktuurile massi, teatud jäikuse ja elastsuse. Juustus olev vesi on osaliselt seotud nii valgu osakestes kui ka vabalt esinevana valgu maatriksi võrgustiku kitsastes ja suuruselt ebahühtlastes kanalites. NaCl-molekulid difundeeruvad juustu niiskuses, so vabas vees ehk nn kanalites.

Soola penetratsiooni e sissetungi juustu ja vee samaaegset migratsiooni välja võiks vaadelda kui takistatud difusiooni e leviku protsessi, so NaCl ja H₂O molekulid liiguvad vastu nende kontsentratsiooni gradientidele (joonis 2), samas, juustus on nende liikumise kiirused palju väiksemad võrreldes harilike lahustega, sest juustus toimivad lisaks mitmed takistavad tegurid.

4. Tegurid, mis mõjutavad NaCl difusiooni juustu

Soola difusioon e ülekanne juustu toimub juustu niiskuses, mis asetseb proteiini agregaatidest ja sellega sulanduvatest rasva gloobulitest koosnevas maatriksis. Nii valgumaatriksi sõelaefekt ja rasvagloobulite takistus kui ka valguaahelad (läbi mille pole NaCl molekulidel võimalik tungida ja mis pikendavad liikumise teed) vähendavad difusiooni kiirust. Olulisteks teguriteks selles on järgmised:

1. Valgumaatriksi pooride hõörde mõju

Suhteliselt kitsad ja ebaühtlase läbimõõduga valgumaatriksi poorid avaldavad difundeeruvatele NaCl ja H₂O molekulide hõördele sarnast mõju. Pooride läbimõõt juustus on hinnanguliselt ~ 2,5 nm, difundeeruvatel Na⁺ ja Cl⁻ ioonidel aga ~ 0,6 nm. Samas, sõltuvalt juustu mikrostruktuurist pole poorid ei ühtlase diameetri ega orientatsiooniga. On leitud (Guinee ja Fox, 2004), et see nn mehaaniline hõörde mõju vähendab imenduva NaCl ja H₂O liikumise kiirust 25-50%, vastavalt juustu niiskusesisaldusele.

2. Valgumaatriksi pooride sõela efekt

Soolamisel on vee eraldumine juustust suurem kui NaCl sisenemine juustu. Valgumaatriksi poorid (läbimõõt ~ 2,5 nm) toimivad sõela efektina nii sise-

nevatele NaCl-molekulidele kui ka juustust väljuvatele veemolekulidele. Sõelaefekt, sõltuvalt pooride läbimõõdust, on ligi 2 korda suurem NaCl-molekulidele võrreldes H₂O molekulidega, mistõttu vee eraldumine juustust on 2 korda suurem kui NaCl sisenemine juustu (Guinee ja Fox, 2004). Erinevus ilmneb eriti siis, kui juustu niiskusesisaldus on väike, kasutatakse kontsentreeritud soolvett või kõrget soolamise temperatuuri.

3. Valguga seotud vee mõju

Juustus olevast veest on osa seotud valguga, mistõttu kogu vesi pole difusiooniks kasutatav. Valguga seotud vesi (0,1-0,15 g H₂O grammis parakaseiinis) moodustab 10-15% juustu niiskusesisaldusest (Guinee ja Fox, 2004). Seotud vesi suurendab valgumaatriksi valgusosakeste diameetrit, mis kutsub esile aga valgumaatriksi pooride läbimõõdu vähenemise ja sõelaefekti suurenemise sisenevatele ioonidele.

4. Juustu niiskusesisaldus

Kõrge niiskusesisaldusega juustud, näiteks pehmed valmimata juustud, absorbeerivad e imavad soola kiiremini ja rohkem kui madalama niiskusesisaldusega juustud (tabel 2).

Tabel 2. Juustu niiskusesisalduse mõju soola difusioonil juustu

NIISKUSESISALDUS JUUSTU RASVATA KUIVAINES, %		NaCl sisaldus juustu niiskuses, %
Enne soolamist	Pärast soolamist	
58,8	53,0	6,3
55,0	50,9	5,0

Põhjus on siin selles, et soola difusioon juustu toimub temas oleva niiskuse kaudu. Mida suurem on vaba vee osa juustus, seda paremad tingimused on soolal difusiooniks ehk ülekandeks.

Seega, niiskus kui juustu domineeriv koostisosa mõjutab soola sisenemist juustu, kuna on otseselt seotud juustu koostisosade varieeruvate parameetritega nagu valgumaatriksi pooride mõõtmetega ning valgu ja rasva poolt tekitatud sisenemisteede looklevusega.

5. Juustu veefaasi suhteliselt kõrge viskoossus

Juustu veefaasi viskoossus temperatuuril 12,5 °C on ligikaudu 1,27 korda suurem puhta vee viskoossusest, sest juustu veefaasis sisaldab lahustuvaid aineid nagu happed, soolad, lämmastikühendid jt. Soola-molekulid sisenedes juustu, põrkuvad juustuniiskuses lahustunud ainetega, mis pidurdavad soola liikumist. Samas mõjutab lahustunud ainete välja laengu difundeeruvate ioonide liikumist. Kõik see kokku vähendab NaCl mobiilsust juustu ehk sooladifusiooni koefitsienti.

6. Rasva gloobulite ja valguosakeste takistus

Juustu difundeeruvad soolamolekulid peavad minema juustu kõveraid ja ebahürtlasi kanaleid pidi ning mööduma takistavatest rasva gloobulitest ja valgu osakestest. Difundeeruvate molekulide reaalne ja näiv vahemaa on erinev, mille kutsub esile

rasva gloobulite ja valguosakeste nn looklevuse tegur. Reaalse ja näiva difundeeruvate molekulide liikumise tee vaheline suhe iseloomustab nii rasva gloobulite kui ka valguosakeste takistusi neile. Kui näiva vahemaa korral võtta see üheks, siis tüüpilisel Gouda-tüüpi juustul, mis sisaldab 29% rasva ja 43% niiskust, on see rasvagloobulite ja valguosakeste juures vastavalt 1,32 ja 1,35 (Guinee ja Fox, 2004).



5. Tegurid, mis mõjutavad soola absorptsiooni juustu

Soola absorptsiooni ehk neeldumise eeltingimuseks juustu on juustu niiskuse soolasisalduse ja soolamiseks oleva keskkonna soolasisalduse vaheline kontsentratsiooni gradient.

Juustu absorbeeruva soola hulk sõltub juustu omadustest, soolamise tingimustest ja soolamise kest-

vusest. Olulised on ka soolamisega kaasnevad difusiooni pidurdavad mõjud, näiteks kas sool saadakse juustumassi kontraktsioneerunud ja jahvatatud „tsipside“ soolamisel, pressjuustude kuiv- ja/või soolvees soolamisel.

5.1. Kontsentratsiooni gradient

Kontsentratsiooni gradient juustu ja soolvee vahel määratletakse soolvee soola- sisalduse ja juustu niiskuse soolasisaldus vahel. Suurendades soola kontsentratsiooni soolvees, suureneb soola absorptsioon ja soola sisaldus juustude niiskuses. Soolvee absorptsioon väheneb järsku kui, NaCl sisalduse erinevus juustu niiskusesisalduses ja soolvees väheneb. Gradiendi muutused valmivates juustudes pä-

rast soolveest eemaldamist, kaasa arvatud ka soolvees valmivates juustudes, toimuvad soolasisalduse tasakaalu saavutamiseni juustu niiskusesisalduses. Võib juhtuda, et soolveevanni põhjas on soolasisaldus näiteks 19%, pinnakihtides, kus asetsevad juustud, aga ainult 12-14%. Seda erinevust aitab kõrvaldada soolvee pidev tsirkulatsioon.

Tabel 4. Soolvee soolasisalduse mõju juustu soola- ja niiskusesisaldusele.

Soolvee soolasisaldus, % (9-10°C)	NaCl sisaldus juustu niiskusesisalduses pärast soolamist, %	Niiskusesisaldus rasvata kuivaines, %	
		enne soolamist	pärast soolamist
25,9	7,2	57,6	52,2
22,3	6,8	57,6	52,5
17,5	5,6	57,6	54,9

5.2. Juustu maht ja mõõtmed

Suur juust absorbeerib vajaliku soolakoguse palju aeglasemalt kui väike juust. Sool absorbeerub soolveest juustu läbi pinna. Kuna suurema juustu pind on mahtu arvestades väiksem võrreldes väiksema juustuga, siis suurem juust peab jääma soolvette kauem kui väike juust. Kui võrrelda juustusid, mille valmistamisel lisati sool juustuteralale, kontraktsioneerunud juustumassi jahvatamisel saadud „tsipsidele“, soolata vormitud pressjuustudega, siis esimesel juhul toimus soola absorptsioon üheaegselt paljudelt „tsipside“ või terade pindadelt ja seetõttu vajaliku soola taseme saavutamine oli palju kiirem kui vormitud pressjuustudel samadel tingimustel soolvees.

Soola absorptsiooni määr suureneb juustu pinna ja mahu suhte suurenemisel. Kõige reljeefsemalt

ilmneb see Cheddari juustu „tsipside“ ja pressjuustude nagu Emmental, Gouda jt soola vastuvõtu võrdlusel soolvees. Soola absorptsioon toimub läbi pindade üheaegselt ja aeg teatud kindla soolataseme saavutamiseks on „tsipsides“ palju väiksem võrreldes vormitud juustudega soolvees. Esmalt ilmneb siit see, et väiksem juust saab võrdsel ajavahemikul rohkem soola kui suur juust. See rakendub aga ainult siis, kui on tegemist ühesuguse kuju ja mõõtmetega juustudega. Soola sisenemine on sel juhul lineaarne pinna ja mahu suhtega.

Lisaks pinna ja mahu suhtele on oluline soola sisenemisel juustu ka soola penetratsiooni suund soolatavast keskkonnast juustu ning tasase ja ümara juustupinna suhe. Näiteks Edani-tüüpi lamedapinnalistel juustudel on absorbeeruva soola kogus pin-

na cm² kohta suurem, võrreldes sama tüüpi ümarapinnaliste juustudega, kusjuures viimastel sõltub see

veel ka pinna kõverusastmest (Guinee ja Fox, 2004).

5.3. Soolamise aeg

Võimatu on määrata ühtset juustude soolamise aega, mis sobiks kõikidele liikidele. Kui Camemberti juustu soolamine kestab keskmiselt 30 min., siis Šveitsi-tüüpi juustudel kulub selleks 3-5 ööpäeva. Soolamise aja pikenedes suureneb juustudesse absorbeeritava soola kogus. Samas soola absorptsiooni kiirus väheneb tingituna juustu niiskuse soolasisalduse ja soolvee soolasisalduse vahelise kontsentratsiooni gradiendi vähenemisest.

Soola penetratsiooni sügavus juustu on proportsionaalne ruutjuurega soolamise ajast (Guinee ja Fox, 2004). Kui juustu ümara pinna osa suureneb, siis vastuvõetava soola koguse proportsionaalsus ruutjuurega soolamisajast kaob. Seega ühesuguse pinna suhtega ruumalasse, koostise ja mahuga ning samades tingimustes soolatud juustude soola absorptsiooni ehk sisenemise määr pinna ühiku kohta sõltuvalt kujust väheneb järgnevalt: ruudu või ristkülikukujuline > silinderjas > kerakujuline.

5.4. Soolamise temperatuur

Suurendades juustu või soolvee temperatuuri, suureneb nii NaCl kui ka H₂O mobiilsus ning NaCl ab-

sorptsioon juustu (tabel 3).

Tabel 3. Temperatuuri mõju soola absorptsioonile soolveest juustu

Soolvee temperatuur, °C (soolvee NaCl sisaldus 20,8%)	NaCl sisaldus juustu niiskusesisalduses pärast soolamist, %	Niiskusesisaldus rasvata kuivaines, %	
		enne soolamist	pärast soolamist
15	6,2	58,0	52,0
10	5,8	58,0	52,5
7	5,4	58,0	53,5

Osa sellest suurenemisest omistatakse tegeliku difusiooni suurenemisele, ülejäänud osa aga difusiooni häirivatele teguritele nagu võimalikule juustu niiskuse viskoossuse ja valgu poolt seotud vee koguse vähenemisele, kusjuures viimane suurendab valgumaatriksi pooride mõõtmeid. Seega väheneb

takistav mõju difundeeruvatele ainetele ning kokkuvõttes suureneb absorbeeruva soola kogus. Kui lähtuda juba soolatud juustudest, siis mida kõrgem on nende valmimis- või säilitustemperatuur, seda vähem on vaja aega soolasisalduse tasakaalustamiseks juustumassi niiskuses.

5.5. Juustu rasvasisaldus

Sool imendub kõrge rasvasisaldusega juustudesse tunduvalt aeglasemalt kui sama liiki madalama rasvasisaldusega juustudesse, sest kõrgema rasvasisaldusega juustud sisaldavad vähem vett kui madalama rasvasisaldusega juustud. Lisaks sellele raskendab soola difusiooni veel rasvakuulikeste liitumine kaseiini võrkstruktuuriga.

Nii valgumaatriksi sõelaefekt ja rasvagloobulite takistus kui ka valguaahelad (läbi mille pole NaCl-molekulidel võimalik tungida ja mis pikendavad liikumise teed) vähendavad ülekandekiirust

võrreldes näiteks puhta veega. Ülekanduvate molekulide liikumine on takistatud, sest soolamolekulide vahemaad, läbimaks ühest tasandist teise, on suurenenud. Juustu koostisosade koguste varieerumise mõju soola mobiilsusele sõltub nendega kaasnevatest muutustest juustu struktuuris. Suurendades rasva taset juustus, väheneb valgu süneresis. Tulenevalt valgufraktsiooni mahu vähenemisest ja rasva osa suurenemisest, suureneb takistus soola sisenemisel juustu.

6. Soolasisalduse tasakaalu saavutamine juustu niiskuses pärast soolamist soolvees ja pärast pindkuivsoolamist

Juustu soolamisel soolvees ja/või kuiv-soolates pinnalt on soola kontsentratsiooni gradient vähenev suunaga pinnalt tsentrisse ja vastassuunaline niiskusesisalduse gradient vähenev sisemusest pinnale. Tulenevalt soola aeglasest difusioonist pinnalt sisemusse, saabub soolasisalduse tasakaal niiskuses harilikult teatud valmimise etapil, sõltudes juustu tüübist, suurusest ja valmimise tingimustest. Soola absorptsioon on suhteliselt kiire protsess, mis kestab soola sisenemisel Cheddari-tüüpi juustu kontraktioneerunud ja jahvatatud „tsipsidesse“ 15-30 min., kuid Camemberti-tüüpi juustul ~7,5 tundi ja Parma juustul ~15 päeva. Soolasisalduse tasakaalu saabumine juustude niiskuses pärast soolamist soolvees on aeglane protsess; Camemberti-tüüpi juustul näiteks 7-10 päeva, Limburgeri-tüüpi juustul 10-12 päeva, fetal ~40 päeva Edami-tüüpi juus-

tul 4-6 nädalat Gouda-tüüpi juustul 8-12 nädalat, Emmentalil-tüüpi juustul >4 kuud, ja Parma-tüüpi juustul ~10 kuud. Varieeruvus sõltub juustu mõõtmetest, pinna suhtest mahtu, koostisest ja soolamise tingimustest. Soolvees ja kuiv-soolatud juustudes on soola difusioon valmimisel ja/või säilitamisel ning soolasisalduse tasakaalu saabumine niiskuses mõjutatud:

- juustu mõõtmetest ja kujust, mis määravad vahemaa rohkelt soolatud välimiku ja vähe soolatud sisemiste kihtide vahel pärast soolamist;
- temperatuurist;
- kontsentratsiooni gradiendist erinevate tsoonide vahel ja
- juustu koostisest.



7. Soola mõju juustu kvaliteedile, ohutusele ja säilivusele

Soolamine on üks olulisi tehnoloogilisi protsesse paljude juustuliikide valmistamisel, mis tuleneb Guinee (2004) järgi järgmistest eesmärkidest:

1. kujundada juustude maitset kas võimendades või maskeerides valmimisel moodustunud ainete maitseomadusi (0,8 % NaCl sisalduse juures kaob soolata juustudele omane maitsetus, läägus ja tui-mus);
2. soolal koos pH väärtuse ja kaltsiumisisaldusega on suur mõju parakaseiini hüdratatsioonile või agregatsioonile, mis omakorda mõjutab kaseiini maatriksi veesiduvusvõimet selle süneresi, reo-loogilisi ja teksturaalseid omadusi ning kuum-

töötlust. (soodustab juustumassi süneresi ja reguleerib juustude veesisaldust ning võtab osa juustude pinna moodustumisest);

3. alandada vee aktiivsust (aw) juustus;
4. mõjutada kas otseselt või vee aktiivsuse kaudu laabi, juuretiste ja ebasoovitavate bakterite ning nende ensüümide kui ka piima loomupäraste ensüümide aktiivsust juustudes;
5. pidurdada juustude valmimisel ebasoovitavate bakterite kasvu;
6. olla toiduainena naatriumi allikaks, mis on tähtis vererõhu regulatsioonis, vee transpordis rakku ja rakust välja, (koe osmolaalsuses), närviraku impulsside transmissioonis jne.

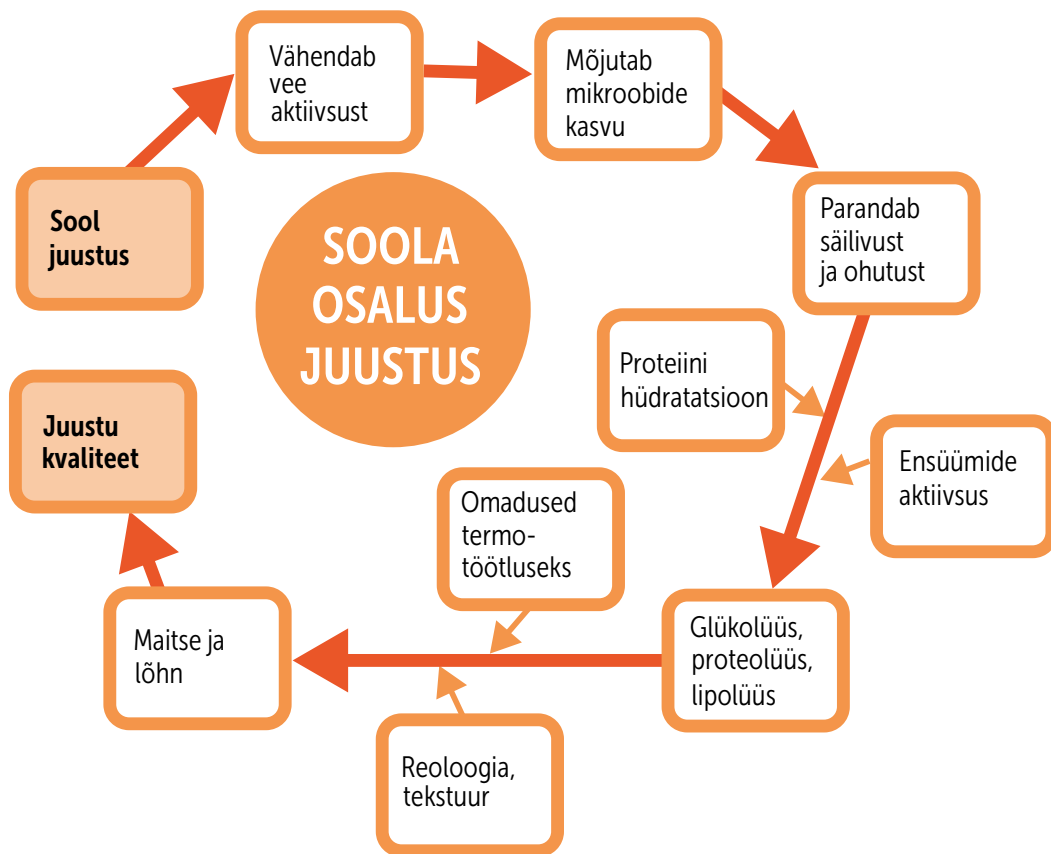
7.1. Soola mõju juustu niiskusesisaldusele

Juustude niiskusesisaldust mõjutab esmalt nende valmistamisel juustukalgendi süneres. Juustukalgendi süneres sõltub aga omakorda piima koostisest, so rasva, valgu ja kaltsiumi sisaldusest piimas, kasutatavast laabi kogusest, kalgendi tugevusest lõikamisel, juustutera käsitlemisest valmistamisel, so. lõigatud tera suurusel, tera segamisest, järelsoojenduse andmise kiirusest, järelsoojenduse temperatuurist, happesuse muutuse kiirusest, tera segamise ulatusest, aga ka tšedariseerimisest ja valmistatud juustude suurusel. Edasine juustumassi süneres toimub kontraktsioneerunud juustumassi jahvatamisel saadud „tsipside“ soolamisel, juustude pressimisel ja juustude soolamisel soolvee- või kuivsoolamisel.

Juustudes esineb soola- ja niiskusesisalduse vaheline pöördvõrdeline suhe. See ilmneb otseselt vormitud pressjuustude soolamisel või pärast soolamist, mil vähenevale soolasisalduse gradiendile juustu pinnalt tsentrisse, kaasneb vähenev niiskusesisalduse gradient vastupidises suunas. Eriti hästi ilmneb niiskuse- ja soolasisalduse vaheline pöördvõrdeline korrelatsioon Cheddari-tüüpi juustude

juures, kus vadaku eraldub nii soolamisel kui ka pressimisel ja eralduva vadaku kogus on otseselt seotud juustu massile lisatava soola kogusega. Eralduva vadaku kogusest umbes pool eraldub Cheddari juustu valmistamisel „tsipside“ soolamisel ja ülejäänud juustude pressimisel.

Juustude niiskusesisaldus on pöördvõrdelises suhtes soolamise tasemega. Kui vaadelda soolvees soolatavate juustude lõikepinda soolamisel või vahetult pärast soolamist soola liikumissuunaga paralleelselt, siis ilmnevad tekstuuri ja välimiku muutused. Välimine piirkond (0,3-1,3 cm sõltuvalt soolamise kestvusest), mis piirnes soolveega ja, kus soolasisaldus niiskuses on kõrge (> 12% w/w), on tugev, mure, kuiv ja valkjas, samas, liikudes juustu sisemusse, kus soolasisaldus niiskuses on väiksem (> 3 - < 10%), muutub juust pehmeks, kollakaks ja vahataoliseks. Soola sisenemine juustu võib kaasa tuua niiskusesisalduse suurenemise eriti madala soolasisaldusega soolvee puhul, milles kaltsiumi sisaldus praktiliselt puudub. Tulemuseks on juustude pehme ja pundunud pind.



Joonis 3. Soola mõju juustu omadustele, kvaliteedile ja säilivusele

7.2. Soola mõju vee aktiivsusele (a_w) juustus

Juustu vee aktiivsuse a_w väärtus sõltub juustu niiskusesisaldusest ja madalmolekulaarsete lahustunud ainete kontsentratsioonist selles. Juustuvalmistamise esimestel etappidel on $a_w \sim 0,99$, mis on soodne nii juuretiste kultuuridele kui ka sekundaarsele mikrofloorale. Värske juustu a_w väärtus sõltub enamasti ainult NaCl kontsentratsioonist niiskuses ja on määratav järgneva valemiga (Guinee ja Fox, 2004):

$$a_w = 1 - 0,033 [\text{NaClm}] = 1 - 0,00565 [\text{NaCl}],$$

kus

$[\text{NaClm}]$ – NaCl molaarsus so. NaCl moolide arv liitris vees;

$[\text{NaCl}]$ – NaCl kontsentratsioon 100 g-s juustu niiskuses

a_w väärtuse alanemine juustude valmistamisel toimub vee aurustumisel, juustu soolamisel, valkude hüdrolüüsil peptiidideks ja aminohapeteks ning triglütseriidide hüdrolüüsil glütserooliks ja rasvhapeteks. Kuna juustu valmistamisel toimub valkude

märkimisväärne proteolüüs, siis vaba vee hulk neis väheneb. Iga moodustunud peptiid- või esterside vajab hüdrolüüsil ühte molekuli vett.

Lisaks süneresile ja valmimisel toimuvatele hüdrolüütilistele protsessidele on soola lisatav kogus oluliseks a_w väärtust mõjutavaks teguriks. Soolasisaldus juustu liikide vahel kõigub vahemikus 0,7% w/w Emmentali juustus kuni 6,0% w/w Domiati juustus. Teised koostisosad nagu piimhape ja teised happed, lühiahelalised peptiidid, ning kaltsiumfosfaat aitavad lisaks NaCl kaasa a_w vähenemisele ja seda eriti valminud juustudes.

Sool, alandades juustude veefaasi a_w väärtust ja tõstes selle osmootset rõhku, põhjustab bakterite rakkude dehüdratisatsiooni, pidurdades nende kasvu või hävitades neid. Minimaalne arenguks vajalik a_w väärtus on *L. lactisel*, *Str. thermopilusel*, *L. helveticusel* ja *Propionibacterium freudenrichil* vastavalt 0,93, >0,98, >0,96 ja 0,96. (Weber ja Ramet, 1987). Juustu võimalike saastemikroobide eluks vajalik minimaalne a_w väärtus kõigub vahemikus 0,80-0,97 (tabel 5).

Tabel 5. Saastest pärinevate mikroobide kasvuks vajalik vee aktiivsuse (a_w) miinimum toidus (Guinee ja Fox, 2004)

Mikroorganism	a_w miinimum	Mikroorganism	a_w miinimum
<i>Shigella spp</i>	0,96	<i>Salmonella spp.</i>	0,94
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,96	<i>Listeria monocytogenes</i>	0,92
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,94	<i>Micrococcus spp.</i>	0,87
<i>Pseudomonas spp</i>	0,95	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,86
<i>E. coli</i>	0,95	Enamik pärm- ja hallitusseeni	0,80
<i>Clostridium botulinum</i>	0,94		

Pärast vadaku eraldamist, soolamist ja valmimist langeb a_w tase juustus 0,917-0,988 (tabel 6), mis on sageli madalam juuretiste minimaalsetest vajadustest.

Vee kadu juustust ja a_w väärtuse vähenemine valmimisel sõltub ka veel juustupinna kattest ning juustukeldri relatiivsest niiskusesisaldusest. Peale selle võib a_w väärtus erineda juustus ka kihiti,

suurenedes pinnalt sisemuse suunas (Beresford jt, 2001). Selgub (tabel 5, 6), et enamike juustude a_w väärtusi ei ole piisavalt madalad, et vältida pärm- ja hallitusseente ning paljude bakterite kasvu juustus, kuid koos madala temperatuuri ning madala pH-väärtuse korral on nende kasv kontrollitav. Seega, soola kontsentratsioonil ja jaotavusel juustus on oluline mõju juustu kvaliteedile.

Tabel 6. Mõnede juustuliikide vee aktiivsus (a_w) (Guinee ja Fox, 2004)

Juustu liik	a_w väärtus	Juustu liik	a_w väärtus
Ricotta	1,0	Edam	0,96
Cottage	0,99	Cheddar, Gouda, Gryère	0,95
Brie, Camembert	0,97	Mozzarella, Raclette,	0,94
Emmental	0,97	Parmesan	0,92
Tilsiti	0,96	Roquefort	0,91

7.3. Soola mõju mikroobide arengule ja pH väärtusele juustus

Mikroorganismide kasvu kontrolli üks ekstreemsemaid näiteid soola kasutamisel on Domiati juustu valmistamine, kus mikroobide kasvu inhibeerimiseks lisatakse piimale 12-15% NaCl (Guinee ja Fox, 2004). Kõikide teiste juustude puhul lisatakse sool pärast kalgendi moodustumist juustu terale, kontraktioneerunud juustumassi jahvatamisel saadud „tsipsidele“, juustudele pärast pressimist kas pinnale või soolvees soolamisel. Vaatamata sellele on soolal ka siis oluline osa nii juustude mikrofloora regulatsioonis kui ka kontrollis. Üheks ilmekamaks näiteks võib tuua soola mõju juustu pH muutusele. pH muutus võib mõjutada juustude valmistamist,

valmimist, tekstuuri ja lõpuks ka kvaliteeti.

Juustude pH-d võiks reguleerida:

- vähendades juustuterasse jäänud laktoosi kogust lisades juustuterule vett ehk „pestes“ juustutera;
- tõstes juustude loomulikku puhvermahtuvust ja/ või kasutades laktaatioonide toksilist mõju, mis toimib pH madalatel väärtustel (pH ~ 4,5) nagu sinihallitusjuustudel;
- lisades soola.

Enamik juustudest vormitakse suhteliselt kõrgel pH-väärtusel (pH >6,0), kusjuures happe sisalduse

suurenemine jätkub veel ka pressimisel. Alates NaCl sisaldusest > ~1,5% pidurdub juuretiste kultuuride aktiivsus. Sel juhul, kui on vaja säilitada juuretiste kultuuride aktiivsus juustudes, soolatakse juustud kas soolvees või kuiva soola lisamisel juustude pinnale ehk viiakse läbi pindsoolamine.

Cheddari-tüüpi juustude pH jõuab vajaliku tasemeni enamasti „tsipsides“ enne vormimist ja soola lisatakse neile koguses, mis säilitab vajaliku pH väärtuse. „Tsipsid“ (kontraktsioneerunud juustumassi jahvatamisel saadud osakesed) sisaldavad harilikult vormimisel veel ~0,6-1,0% laktoosi, mis fermenteeritakse hilisemal valmimisel juuretise bakterite poolt, kusjuures nende aktiivsus sõltub soolasisaldusest juustude niiskuses ja nende soola tolerantsusest. Soolasisalduse madal tase stimuleerib kasutatavaid piimhappebakterite kultuure, samas sisaldus üle 2,5% inhibeerib tugevasti nende aktiivsust.

Juuretiste aktiivsus ja võime fermenteerida laktoosi ülejääki juustude vormimisel ja valmimisel sõltub soolasisalduse tasemest juustude niiskusesisalduses. Juuretise kultuuride elutegevuse tulemusel langeb juustude pH-väärtus, kui soolasisaldus niiskuses on alla 5%. Kõrgemate sisalduste juures kultuuride aktiivsus väheneb märkimisväärselt ning juustude pH-väärtus jääb kõrgeks ja hinnang juustude kvaliteedile langeb. Soola lisamise järgne happe tootmine sõltub juuretises kasutatavate kultuuride soolatundlikkusest. Näiteks juuretise kultuurides sageli kasutatav *Lactococcus latis* subsp. *latis* on soolatolerantsem kui *Lc. latis* subsp. *cremoris* või *Lc. lactis* subsp. *diacetilactis*. Kui juuretise kultuuride aktiivsus on juustu valmistamisel pidurdunud, kasutavad järele jäänud laktoosi bakterid, millised ei pärine kultuuridest, vaid kas toormest, kasutatavatest lisanditest või ümbritsevast keskkonnast. Nad on enamasti heterofermentatiivsed ja tekitavad piimhapet vähe. Samas nende aktiivsel arengul tekib juustude kvaliteeti negatiivselt mõjutavaid ühendeid. See mikrofloora koosneb põhiliselt mesofiilsetest laktobatsillidest, mikrokokkidest ja pediokokkidest. Nende, mikroorganismide elutegevus juustus sõltub saastest tulenevast arvukusest, soolasisaldusest niiskuses, jahtumisest pressimisel ja pärast pressimist ning valmimistemperatuurist. Juustudest isoleeritud sekundaarse mikrofloora mesofiilsete laktobatsillide seas on kõige sagedamini esindatud *Lb. casei*, *Lb. paracasei*, *Lb. plantarum*, *Lb. rhamnosus* ja *Lb. curvatus* ning *Pediococcus acidilactici* ja *Pediococcus pentosaceus*. Neist *Pediococcus*'e liigid on soola tolerantsemad. On leitud (Jordan ja Cogan, 1993), et ~90% juustust isoleeritud juuretise piimhappebakterite hulka mittekuuluvaid mikroobe (*Lb. casei*, *Lb. plantarum*, ja *Lb. curvatus*) kasvasid

6% (w/w) NaCl juures ja 58% neist veel 8% (w/w) juures, kusjuures 1% soola võib isegi nende kasvu stimuleerida.

Väga vastupidav NaCl sisaldusele on *Brevibacterium linens*, mida tuntakse kui pinnalt sisse valmiva juustu „kitibakterit“. Ta kasvab hästi juustu pinnal ja 18-20% soolasisaldus ei mõjuta veel oluliselt tema kasvu.

Võib arvata, et sool jaotub juustus lühikese aja jooksul pärast soolamist ühtlaselt. Enamasti pole see nii. Cheddari-tüüpi juustu valmistamisel jahvatatakse kontraktsioneerunud juustu terade mass „tsipsideks“ mõõtmetega 2×2×2 cm, millele lisatakse kuiv sool. Kui „tsipside“ pinnal lõpeb juuretise bakterite kasv, siis „tsipsides“, kus soola sisenemine võtab aega, jätkub bakterite areng ja happe tootmine ka veel pärast pressimist 48-72 tundi sõltuvalt „tsipside“ suurusest ja lisatava soola kogusest. Analooogia esineb ka pinnalt soolatavate ja soolvees soolatavate juustude juures, kus karbohidraatide ja laktoosi sisalduse ning pH väärtustes esinevad tsonaalsed erinevused vastavalt soolasisaldusele juustude niiskuses. Tuleks arvestada, et juuretises kasutatav *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* on suhteliselt soolatundlikum (kriitiline NaCl kontsentratsioon 2,3%; a_w 0,98) kui *Lc. latis* subsp. *latis* või *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *helveticus* ja *Lb. latis* subsp. *latis*.

Propioonhappebakterid on märkimisväärselt soolatundlikumad kui piimhappebakterid. Juba 0,5% NaCl sisaldus kaltsiumlaktaati sisaldavas keskkonnas pidurdab nende kasvu. Kaltsiumlaktaadi reaktsioonil NaCl-ga tekib CaCl₂, mis ongi üheks nende kasvu pidurdavaks teguriks. NaCl mõju väheneb, kui kasvukeskkonnas kaltsiumlaktaat asendada naatriumlaktaadiga. Propioonhappebakterite areng pidurduks sel juhul alles 3% NaCl sisaldusel ja alles 5% juures kasv puuduks (Guinee ja Fox, 2004). Tuleb arvestada veel lisaks toodule, et propioonhappebakterite soolatundlikkus nagu nende kasvgi on tihedalt seotud keskkonna happesusega. Propioonhappe fermentatsiooni võib leida eelkõige suurtes madala soolasisaldusega juustudes ja seal ka põhiliselt sisemistes kihtides, sest sinna jõuab sool difundeeruda alles teatud aja möödudes. See-ga, *Propionibacterium*-spp soola tundlikkus kõigub suhteliselt suurtes piirides (0,5-3%), sõltuvalt kasutatavast tüvest, keskkonna omadustest ja pH-st.

Sinihallitusjuustud on ühed enam soolatud juustud, mille soolasisaldus kõigub 3-5%. Nende valmimine toimub *Penicillium roqueforti* ensüümide toime. 0,1% NaCl stimuleerib *Penicillium roqueforti*'i arengut ja alles 3-6% inhibeerib nende kasvu sõltuvalt tüvest. Sinihallitusjuustu terale lisatakse sageli enne vormimist kuni 1% NaCl, et stimuleerida hal-

litusseente eoste arengut ja saada mõnevõrra avatum juustu struktuur. Enamik seda tüüpi juustusid on pinnalt soolatavad, mistõttu soola difusiooniks juustu kulub teatud aeg. Sel perioodil on hallitusseente areng pidurdunud ja kui see periood kestab pikemat aega, tekib probleeme kvaliteediga (Guinee ja Fox, 2004).

Madal NaCl tase stimuleerib samuti *P. camembert*'i kasvu, kuid vähem kui 0,8% juures on kasv pidurdunud ning ebaühtlane.

Juustudele ebasoovitav *Escherichia coli* talub NaCl suhteliselt hästi. Nende kasv pidurdub NaCl 5% sisaldusel, 12% juures kasvu ei toimu, kuid 3%-line sisaldus võib nende arengut isegi stimuleerida (Guinee ja Fox, 2004).

Spoore moodustavad anaeroobsed bakterid (*Clostridium* spp jt.) on suhteliselt soolatundlikud. Šveitsi-tüüpi juustude valmistamisel on soovitatav lisada

nitraati, lüsoosüümi või võihappebakteritele toimivat antimikroobset mikroobide kultuuri, sest suhteliselt kõrge pH (minimaalne 5,2), pikaldane sisemiste kihtide sooldumine ja kõrge valmimistemperatuur iseenesest nende arengut ei pidurda.

Aeroobsed spoore moodustavad bakterid on väiksema soola tundlikkusega kui anaeroobsed ja kasvavad veel kontsentratsioonil üle 6,5%. Samas, spoorid on veelgi vastupidavamad

Kõrgeid NaCl kontsentratsioone keskkonnas taluvad ka pärm- ja hallitusseened. 10-12%-ne NaCl sisaldus rokfoori juustu veefaasis ei ole mingiks takistuseks *Penicillium roquefort*'i kasvu. Pärm- ja hallitusseente mõningast kasvu võib märgata juba juustude soolamisel kasutatavas soolvees NaCl sisaldusel 24-25% (Seiler ja Busse, 1990).

7.4. Soola mõju ensüümide aktiivsusele juustus

Keedusool mõjutab juustude valmistamise ja valmimisel esinevatele järgmistele ensüümidele:

1. Piima koagulatsioonis ja kalgendi süneresis kasutatavad ensüümid

Juustus katalüüsib proteolüüsi esmalt laapensüüm, väljaarvatud Šveitsi-tüüpi ehk kõrge järelsoojendustemperatuuriga valmistatud juustus, milles ensüüm inaktiveerub katlatöödel. Kõvades ja poolkõvades bakteriaalselt valmivates juustudes toimub α 1-kaseiini märkimisväärne proteolüüs valmimisel, kuid β -kaseiin jääb muutumatuks kuni eelvalmimiseni. Sarnane skeem toimib ka hallitusjuustudes, kus laapensüüm on algselt peamine juustu valmitaja ja alles hilisemal valmimise etapil on domineerivateks hallitusseente proteaasid. Kümüsiini, pepsiini ning *Rhizomucor miehei*'st ja *Cryphonectria parasitica*'st pärinevaid laapensüüme stimuleerib soolasisalduse tõus kuni ~ 6%. Edasine soola koguse suurendamine pidurdab mõnevõrra aktiivsust, kuid α 1-kaseiini proteolüüs toimub veel ka 20% NaCl sisalduse juures. Samas β -kaseiini proteolüüs kümüsiini ja pepsiiniga inhibeerub tugevasti juba 5% soolasisaldusel ning täielikult 10% juures.

2. Piimast pärinevad proteaasid

Piim sisaldab mitmeid sellele omaseid proteaase, millest kõige tuntuim on leeliseline proteaas ehk plasmiin. Enamike laabijuustude valmistamisel peaks piima kogu plasmiin minema üle juustu kalgendisse. Edasi sõltub plasmiooni aktiivsus juba järgnevatest juustuvalmistamise etappidest. pH-väärtuse kiire langusega Gouda-tüüpi juustudes kaasneb ka ensüümi aktiivsuse vähenemine neis.

Plasmiin võib toetada koos pinna mikrofloora fermentatsiooniga pehmete juustude proteolüütilisi protsesse, sest juustude valmimisel tõuseb pH-väärtus plasmiooni aktiivsusele sobivas suunas. Piima leelislisi proteaase stimuleerib juustus madal soolasisaldus (~2%) ja inhibeerib suhteliselt kõrge soolasisaldus (~8%).

Piim sisaldab ka happelist proteaasi, katepsiini D, mis on oma spetsiifilisuselt sarnane kümüsiiniga. Ligikaudu 80% katepsiini D on piima seerumis ja ehkki pastöriseerimisel ta ainult osaliselt inaktiveerub, on tema osa enamike juustude proteolüüsil siiski väike (Larsen jt, 2000).

Seoses juustude kibedusega märgitakse (Thomas ja Pearce, 1981), et juuretiste proteaasid inaktiveeruvad oluliselt juba mõõdukal NaCl sisaldusel. Samas *P. roqueforti* lipaasid ja proteaasid inaktiveeruvad alles NaCl kontsentratsioonil >6% w/w.

8. Soola mõju juustude valmimisele ja kvaliteedile

Vähene või liiga kõrge soolsus vähendavad toote maitsvust. Selleks, et areneks välja juustuliigile oma spetsiifiline maitse, on erinevatele juustuliikidele vajalik erinev kogus soola. Soolasisaldus Cheddari, Gouda, Tilsiti, rokfoori ja Camamberti juustudes on pöördvõrdelises suhtes algse ja hilise valkude ja rasvade lõhustumisega ehk juuretise ja sekundaarse mikrofloora poolt produtseeritud ensüümide baasil toimuva proteolüüsi ja lipolüüsiga. Valkude ja rasvade lõhustumine on otseselt seotud juustudele omaste organoleptiliste näitajatega. Soolasisalduse vähendamine võib kiirendada juustude valmimist, kuid madal soolasisaldus võib mõjuda negatiivselt kvaliteedile.

Kibeduse tekke ja kasutatavate juuretiste, pH, happesuse dünaamika ning niiskuses oleva soolasisalduse vahel esineb võrdeline seos. Juustude koostise seisukohalt peetakse kõige tähtsamaks kibedust mõjutavaks teguriks soolasisaldust niiskuses.

Sinihallitusjuustud

Sinihallitusjuustude proteolüüs on nõrgem pinna kihtides võrreldes tsentriga ja seda nii hallitusseente kasvu algaasis kui ka nende intensiivse kasvu faasis. Juustude soolasisalduse ja lahustuva lämmastiku sisalduse vahel esineb tugev pöördvõrdeline

seos, mis väljendub ka selles, et pH-väärtus suureneb kiiremini juustu sisemistes kihtides võrreldes välimiste kihtidega. Soolasisaldus, mis on kõrgem juustude pinnakihis mõjutab oluliselt aminohapete katabolismi ehk lõhustumist. Soolasisaldus sinihallitusjuustudes mõjutab samuti ka rasvade lipolüüsi, kusjuures kontsentratsioonil 4-6% on see maksimaalse aktiivsusega.

Camamberti-tüüpi juustud

Pindvalmivatele hallitusjuustudele on iseloomulik, et nende pehmenemine kuni veeldumiseni toimub pinnalt suunaga sisemusse. Põhjustajaks on siin asI kaseiini hüdroolüüs ja pH väärtuse vähenemine juustude pinnalt suunaga sisemusse, sest pindhallituse *P. camembertii* metabolismil tekkiv ammoniak difundeerub juustu, tõstes sisemuse pH väärtust ning kiirendades seal toimuvaid hüdroolüütilisi protsesse. Oluline osa on juustus toimival laapensüümil ja juuretiste kultuuride proteaasidel, sest hallitusseente poolt produtseeritud peptiide difundeerub juustu siiski suhteliselt vähe. Seega, soolasisaldusel juustus on oluline mõju nii valgu proteolüüsile ja pH muutusele kui ka pinnal arenevatele hallitusseentele.

8.1. Soola mõju kaseiini hüdratisatsioonile (vee molekulide liitumisele kaseiini mitsellidega) ja juustu füüsikalistele omadustele

Paljud valgu baasil põhinevad tooted nagu juust, jogurt jt. baseeruvad kaseiini mitsellide teatud destabilisatsioonil või agergatsioonil. Kaseiini agergatsiooni või hüdratisiooni tase proteiini faasis puudutab valku sisaldavate piimatoodete mikrostruktuuri ja proteiini molekulidevahelist külgetõmmet. Sellel on oluline mõju toote mitmetele aspektidele nagu reoloogiale, juustu tekstuuri ja sulatusomadustele, jogurti tekstuurile ja maitseomadustele. Soola kahjulik mõju kalgendi moodustamisel piimas seisneb kolloidaalse kaltsiumfosfaadi lahustumises, mis tuleneb kaltsiumi vahetusest naatriumiga ja soola positiivsest mõjust kaseiini hüdratisatsioonile kui vastunäidustusele kaseiini agergatsiooniks. Soola

mõju kaseiini hüdratisatsioonile ilmneb naatriumi seostumises kaseiiniga ja kaltsiumi asendamises para-kaseiinis naatriumiga. Toimub sarnane protsess, mis esineb juustude sulatusel sulatussooladega.

Soolamisel tüüpilise hariliku koostisega soolvees (18-22% NaCl ja 0,5%, w/w, CaCl₂) kaotavad juustud vett ja väheneb juustude kaal. Soolamisel värskest valmistatud soolvees, millele kaltsiumi pole lisatud, (≤12%, w/w, NaCl) suureneb niiskusesisaldus Gouda-tüüpi juustude välimistes pindmistes kihtides põhjustades juustudele pehme, limase pinna. CaCl₂ lisamisel või juba juustude soolamisel juustudest soolvette eraldunud sooladest tasakaalustunud soolvee korral sellist viga ei esine.

8.2. Soola mõju juustude reoloogiale

Soola mõju juustu tekstuurile on ilmne, kui võrrelda soolatud ja soolavabasid juustusid. Soolavabad juustud on peamiselt nõrgad, pehmed, pastataolised või liimjad, kõrge soolasisaldusega juustud on aga kuivavõitu, rabedad ja tugevad.

Soola mõju reoloogilis-teksturaalsetele omadustele ilmneb selgesti soolvees soolatud juustude visuaalsel vaatlusel, mille väline pind on tugev, rabe, kuiv ja valge, samas sisemus paindlik, vahane ja pehmem. Soola toime juustu tekstuurile on seotud tema mõjuga koostisele, parakaseiini hüdratatsioonile/ lahustuvusele ja konformatsioonile, vanuselisest suhtest tulenevalt ka pH-le ja proteolüüsile. Suurendades soolasisaldust juustu niiskusesisalduses, suureneb juustude tugevus ja sensoorne kõvadus. Eriti ilmne on soola mõju soolvees soolatavate juustude koostisele, mille niiskusesisaldus soolamise lõpul

suureneb pinnalt sisemusse ja soolasisaldus vastupidi, sisemusest pinnale, samas kui teised koostisosad püsivad suhteliselt stabiilsetena. Lisaks sellisele otsesele mõjule on soolal suur mõju ka juustude reoloogiale, mis on seotud kaseiini hüdratatsiooni ja agregatsiooni muutustega, mõjutamaks juustude viskoossust ja elastsust.

Juustude konsistentsi kujundamine võib saada alguse juba juustutera soolamisel juustukatlas. Naatriumisisalduse suurenedes suureneb kaseiini veesiduvusvõime kuni teatud piirini ja edasisel suurenemisel hakkab see vähenema. Siit tulenevalt on mõõduka soolasisaldusega juustud elastse ja nõtke konsistentsiga, ülesoolatud juustud aga hapra, rabeda ja pureda konsistentsiga nii nagu kõrge happesusega juustudki (Sheibani jt, 2015, Tschanger, 1988).



9. Vähendatud naatriumisisaldusega juustud

Vähendatud naatriumisisaldusega juustude valmistamisel eeldatakse eelkõige keedusoola lisandi vähendamist ja asendamist teiste sooladega nagu KCl, MgCl₂, CaCl₂ sageli kombineeritult maitsetugevdajatega, milleks võiksid olla pärmiautolüsaat, pöördosmoosi retentaat jt.

Soola taseme vähendamine näit. Cheddari-tüüpi juustus põhjustab muutusi juustu koostises (suureneb niiskusesisaldus ja vee aktiivsuses). Juustus kiireneb proteolüüs ja lipolüüs, mis omakorda on soodus konsistentsi-, tekstuuri- ja maitsevigate tekkeks (avatud, pehme, limane; ebapuhas, kibe jne) ning juust muutub tarbijale mitte vastuvõetavaks. Madalama soolasisaldusega juustudes, milles on harilikult ka kõrgem mikroobide sisaldus, suureneb oht hapu-, kibeda- ja äädikamaitse tekkeks. (Sheibani jt, 2015).

Lisades NaCl ja KCl suhtes 1:1, ei muutu Cheddari juustu maitse, tekstuur ja tarbija hinnang juustule. Kui lisada ainult KCl, MgCl₂ või CaCl₂ on juustud pehmemad, väga kibedad ning ebameeldiva maitsega. MgCl₂ ja CaCl₂ kasutamine põhjustab juustudele vigade tekke kõrge niiskusesisaldus ja aktiivne proteolüüs. KCl kasutamisel on juustude niiskusesisaldus ja lahustuva lämmastiku sisaldus samal tasemel, mis NaCl lisandiga valmistatud juustudelgi. Juustud, mida soolati sooladega kas CaCl₂/NaCl (1:1) või MgCl₂/NaCl (1:1) olid mõnevõrra madalamate maitse- ning tekstuurihinnetega võrreldes keedusoolaga soolatud juustudega. Juustud, mis valmistati soolaga NaCl/KCl (1:1), sisaldasid mõnevõrra rohkem vabu rasvhappeid ja olid samas ka pisut madalama hindega, mida põhjustas KCl-st tingitud vähenenud kibedus. Leiti (Sheibani jt, 2015), et vähendatud keedusoolasisaldusega juustude kvaliteet sõltub paljudest teguritest: pH kõikumisest, laabi tüübist ja selle jääkkogusest juustus, juuretisete- ja saastemikrofloora tüübist, kogusest ja kooslusest ning valmimise temperatuurist. Üks lihtsamaid mooduseid madala naatriumisisaldusega toodete väljatöötamiseks ja tootmiseks oleks asendada 30-40 % NaCl KCl-ga. Suuremad KCl või MgCl₂ kogused põhjustaksid aga kibeda- ja metalli maitse teket (Guinee, 2004; Sheibani jt, 2013).

Keedusoola vähendamine 35% kodujuustus ei mõjutanud tarbija hinnangut, samas vähendamine 50% ja rohkem alandas märkimisväärselt tarbija hinnet. 50% NaCl asendamine seguga NaCl/KCl vahekorras 1:1 või KCl-ga vähendas oluliselt kodujuustu kvaliteeti ja tarbija hinnangut sellele.

Vähendades Gouda juustu keedusoolasisaldust kuivaines 20%, kasvaks võihappe käärimise oht, mille pidurdamiseks soolasisalduse tasemel alla 3,8% kuivaines oleks vaja piima baktofugeerida.

Asendades Gruyere-tüüpi juustude valmistamisel kasutatavast NaCl kogusest ~ 50% MgCl₂-ga, ei muutu juustude proteolüüsi tase ega vabade rasvhapete sisaldus. Samas MgCl₂ sisaldavad juustud on mõnevõrra kibedamad ja pehmemad konsistentsiga kuid organoleptiliselt rahuldavad.

Sulatatud juustud sisaldavad rohkesti naatriumi, sest lisaks naturaalse juustu naatriumisisaldusele kasutatakse sulatusel sulatussooladena ka naatriumi sooli (naatriumfosfaate, naatriumtsitraate jt.). Et vähendada naatriumi sisaldust sulatatud juustudes võiks valmistamisel kasutada vähendatud NaCl sisaldusega naturaalseid juustusid või valmistada ilma sulatussooladeta. Sulatussoolade puudusel võiks kasutada selliseid lisandeid nagu mononaatrium glutamaati, autolüüsitud pärmieksrakti, ensüümmodifitseeritud juustu, juustu pastat jne.

Keedusoolal on märkimisväärne mõju juustu omadustele, kvaliteedile, säilivusele ja ohutusele. Sool mõjutab oluliselt juustude vee aktiivsust, pidurdades saastemikrofloora arengut, kuid jättes mõjutamata mikroobide kultuuride aktiivsust, parandab juustude säilivust ning ohutust. NaCl mõjutab proteiini hüdratatsiooni ehk vesiduvusvõimet ning laapensüümi ja mikroobide pool produtseeritud ensüümide aktiivsust. Ensüümidest kaasatud glükoolüüs, valkude proteolüüs ja rasvade lipolüüs on otseselt seotud valmivate juustude tekstuuriga, termotöötluks vajalike omadustega, juustudele tüüpilise maitse ja lõhna kujunemisega, seega juustude kvaliteediga.

Kasutatud kirjandus

- Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L., Cogan, T. M., 2001. Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal* 11: 259–274
- Flock, M.R., Kris-Etherton, P.M. 2011. Dietary guidelines for americans 2010: Implications for cardiovascular disease. *Current Atherosclerosis Reports* 13(6): 499-507.
- Jakobsen, M., Narvhus, J., 1996. Yeasts and their possible beneficial and negative effects on the quality of dairy products. *Int. Dairy J.* 6, 755– 768.)
- Jordan, K.N. and Cogan, T.M. 1993. Identification and growth of non-starter lactic acid bacteria in Irish Cheddarese. *Irish J. Agric. Food Res.* 32, 47-55.
- Goy, D., Häni, J-P., Piccinali, P., Wehrmüller K., Jakob E., Fröhlich-Wyder M-T. 2012. Salt and its Significance in Cheese Making. *Walter Bisig Agroscope Liebefeld-Posieux Research Station ALP, CH-3003 Berne*
- Guinee, T.P. 2004. Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 57, 2/3: 99–109
- Guinee, T.P., Fox, P.F. 2004. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In book Fox, P.F., McSweeney, P.L-H., Cogan, T.M., Giunee, T.P.,, 2004. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, ed. 3, v 1, p. 207-259.
- Hup, G. Stadhouders, J. de Vries, E., van den Berg, G. 1982. Lactobacilli in weak cheese brine and the quality of cheese. *Nordeuropaeisk mejeri-tidsskrift*, 4:145-154.
- Larsen, L.B., Wium, H., Benefeldt, C., Heegaard, C., Ardö, Y., Qvist, K.B. and Petersen, T.E. 2000. Bovine milk procathepsin D: presence and activity in heated milk and extracts of rennet-free UF-Feta. *Int. Dairy J.* 10, 67-74.
- Laubscher, P.J., Viljoen, B.C., 1999a. The resistance of dairy yeasts against commercially available cleaning compounds and sanitizers. *Food. Technol. Biotechnol.* 37, 281–286
- Litopoulou-Tzanetake, E. 1986. Microorganisms in cheese brine. *Dairy Sci. Abstr.* V.48, 2:118.
- National Health and Medical Research Council. 2003. *Dietary Guidelines for Children and Adolescents in Australia*. National Health and Medical Research Council. 10 April 2003
- Pastorino, A.J., Hansen, C.L., and McMahon, D.J. 2003. Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *J. Dairy Sci.* 86:60-69.
- Sanchez, E.S., Simal, S., Femenia, A., Rossello, C. 2000. Effect of acoustic brining on transport of sodium chloride and water in Mahon cheese. *European Food Research and Technology* 212 (1):39-43
- Sanchez, E.S., Simal, S., Femenia, A., Rossello, C. 2001. Effect of acoustic brining on lipolysis and on sensor characteristics of Mahon cheese. *Journal of Food Science* 66(6):892-896.
- Schroeder, C.L., Bodyfelt, F.W., Wyatt, C.J., McDaniel, M.R. 1988. Reduction of sodium chloride in Cheddar cheese: effect on sensor, microbiological, and chemical properties. *J. Dairy Sci.* 71, 2010-2020
- Seiler, H., Busse, M. 1990. The yeasts of cheese brines. *Int. J. Fd. Microbiol.* 11:289–303.

- Sheibani, A., Ayyash M. M., Shah, N. P. Mishra, V. K.2015. The effects of salt reduction on characteristics of hard type cheese made using high proteolytic starter culture. *International Food Research Journal* 22(6): 2452-2459
- Sheibani, A., Mishra,V., Stojanovska, L. and Ayyash, M. M. 2013. Salt in Cheese: Health Issues, Reduction, Replacement and Release. Pages 397-418 in *Handbook on Cheese: Production, Chemistry and Sensory Properties*. Nova Science Publishers, Inc.
- Stadhouders, J. Leenders, G.J.M., Maessen-Damsma, G., de Vries, E., Eilert, J.G. 1988. Reducing the contamination of weak brine by salt-resistant lactobacilli through better hygienic in the brining room. *Dairy Sci. Abstr.* V. 50, 5:287
- Thomas, T.D. and Pearce, K.N. 1981. Influence of salt on lactose fermentation and proteolysis in Cheddar cheese. *NZJ. Dairy Sci. Technol.* 16, 253-259
- Tschanger, E. 1988. Quality control of Brine in Practical Operation. *North european food and dairy journal.* 7: 249-255.
- Turk, M. W., Tuite, P. K. and Burke, L. E. 2009. Cardiac Health: Primary Prevention of Heart Disease in Women. *Nursing Clinics of North America* 44(3): 315-325
- Viljoen, B.C., Knox, A.M., De Jager, P. H., Lourens-Hattingh A., 2003. Development of Yeast Populations during Processing and Ripening of Blue Veined Cheese. *Food Technol. Biotechnol.* 41 (4) 291–297.
- Weber, F., & Ramet, J. P. 1987. Comparative technology of the ripening methods of different types of cheese. In A. Eck (Ed.), *Cheesemaking, science and technology* (pp. 293–309). New York: Lavoiser Publishing
- Wilbrink, A., Spoelstro, T., Strampel, J. 1981. Cracing in cheese arter use of weak brine. *Dairy Sci. Abstr.* V. 43, 7:567.
- Welthagen, J.J., Viljoen, B.C. 1998. Yeast profile in Gouda cheese during processing and ripening. *International Journal of Food Microbiology* 41, 185–194.



