

LAPINLEHMÄN MAIDON JATKOJALOSTUKSEN TYÖPAJA I

18.-19.11.2021

HAPANMAITOVALMISTEET



Teksti: Johanna Aho

Ulkoasu ja valokuvat: Anne Tuomivaara

**Työpajan järjestäjä: Lapinlehmään perustuvan erikoistumisen mahdollisuudet
osana pohjoisia elinkeinoja -hanke (Lappari-elinkeino)**

LAPINLEHMÄN MAITOTYÖPAJA / HAPANMAITOVALMISTEET

Teksti ja ohjeet: ETM Johanna Aho, Johanna Jeesaa tmi

Työpajan järjestäjä: Lapinlehmään perustuvan erikoistumisen mahdollisuudet osana pohjoisia elinkeinoja -hanke (Lappari-elinkeino)

Hapanmaitovalmisteita käsittelevä maitotyöpaja pidettiin Ammattiopisto Lappian tiloissa Torniossa 18. ja 19.11.2021. Työpajan aikana pidettiin luentoja ja tehtiin tuotteita. Oheinen tiivistelmä sisältää sekä luentojen että käytännön osien keskeiset sisällöt.

HAPANTA TEORIAA:

Lämpimään jätetty raakamaito happanee itsestään, sillä se sisältää utareen pinnalta ja ympäristöstä peräisin olevia bakteereita. Tällainen ”tuote” ei yleensä ole miellyttävä tai turvallinen. Hapanmaitotuotteiden valmistuksessa prosessi toteutetaan hallitusti hapatteiden avulla. Myös maidon esikäsitteilyllä - joita ovat koostumuksen vakiointi ja lämpökäsittely - sekä hapattamisen olosuhteilla (lämpötilalla ja ajalla) pystytään vaikuttamaan lopputuotteen ominaisuuksiin. Hapatteen valinta kuitenkin ratkaisee, tuleeko tuotteesta esimerkiksi piimä, viili vai jogurtti.

Meijeriteollisuudessa hapatteiden tärkein tehtävä on maitohappokäyminen eli hajottaa laktoosia ja tuottaa siitä maitohappoa. Maitohapon vaikutuksesta maidon happamuus lisääntyy, jolloin kaseiini saostuu ja tuotteen rakenne muodostuu. Hapatebakteerit pilkkovat myös maidon valkuaisaineita. Tällöin proteiinin sulavuus paranee ja syntyy erilaisia maku- ja aromiyhdisteitä.



Raakamaitoa käsiteltäessä on huolehdittava, ettei tapahdu ristikontaminaatiota. Huolellinen ja hygieeninen työskentely on tässäkin A ja O.

MAITO MIKROBIEN KASVUALUSTANA

Maito on erinomainen kasvualusta mikrobeille, sillä se sisältää runsaasti ravinteita niille käyttökelpoisessa muodossa. Maidossa on: vettä 87 %, rasvaa noin 4,3 %, hiilihydraatteja 4,7 % (laktoosia eli maitosokeria), proteiineja 3,5 %, kivennäisaineita 0,7 % (mm. kalsium) sekä vitamiineja (A, B). Tuoreen maidon pH on lähes neutraali eli noin 6,8.

Maidon rasvapitoisuus lapinlehmillä on keskimäärin 4,47 ja valkuaisprosentti 3,58. (Lähde: Soppela, P., Tuomivaara A., Honkatukia, M. Pohjoissuomenkarjan maidon omaleimaisuuden hyödyntäminen. Lapin yliopisto, Arktinen keskus. 2018)

Rasva

Lehmänmaidon rasvan koostumus, siis sen rasvahappojen määrä ja laatu, vaihtelee mm. vuodenajan ja ruokinnan vaikutuksesta. Laiduntaminen muuttaa maitorasvaa pehmeämmäksi ja keltaisemmaksi. Myös sen maku muuttuu.

Myös karjan perimällä on merkitystä - pohjoissuomenkarjan maidon rasvahappokoostumus on valtarotujen maidon koostumusta jonkin verran edullisempi ihmisen ravitsemuksen kannalta: sen omega-3 rasvahappojen suhteellinen osuus oli hieman korkeampi kuin valtarotujen maidon. (Lähde: Soppela, P., Tuomivaara A., Honkatukia, M. Pohjoissuomenkarjan maidon omaleimaisuuden hyödyntäminen. Lapin yliopisto, Arktinen keskus. 2018)

Käsittelemätön maitorasva on pieninä, kooltaan vaihtelevina palloina vesiosassa. Rasvapalloja ympäröi kalvo. Lehmän maidossa on kryoglobuliineja, jotka kylmässä maidossa hakeutuvat rasvapallojen pinnoille ja aiheuttavat näiden yhteenliittymisen. Tästä syystä kylmä maito kermoutuu (eli maidon pinnalle nousee rasvakerros) nopeasti, sillä rasva on vettä kevyempää. Kryoglobuliinit lakkaavat toimimasta, kun lämpötila on yli +37 C ja ne tuhoutuvat pastöroinnissa.

Kerman erottamiseksi maito voidaan separoida. Separaattoreissa maito saatetaan pyörivään liikkeeseen, jolloin rasva ja rasvaton maito saadaan erottumaan. Kermakerros voidaan myös kuoria yön yli seisoneen maitoastian pinnalta tai laskea erottuneen kerroksen alta rasvatonta maitoa pois.

Proteiinit

Maidon proteiinit ovat tärkeitä sekä vasikan, ihmisen että myös mikrobien ravinnossa. Proteiinit koostuvat aminohappojen muodostamista ketjuista, joissa on 100–200 aminohappoa. Kaikkiaan 20 tunnetusta aminohaposta 18 löytyy maidosta, myös ne kaikki yhdeksän välttämätöntä. Aminohappojen tyyppi ja järjestys ketjussa määräävät proteiinin ominaisuudet.

| | Maidossa g / kg | % proteiinista |
|--|-----------------|----------------|
| Kaseiinit | 26,0 | 79,5 |
| α _{s1} - kaseiini | 10 | 30,6 |
| α _{s2} - kaseiini | 2,6 | 8,0 |
| β-kaseiini | 10,1 | 30,8 |
| κ-kaseiini | 3,3 | 10,1 |
| Heraproteiinit | 6,3 | 19,3 |
| α-laktalbumiini | 1,2 | 3,7 |
| β-laktoglobuliini | 3,2 | 9,8 |
| Seerumialbumiini | 0,4 | 1,2 |
| Immunoglobuliinit | 0,7 | 2,1 |
| Muut (mm. entsyymeitä) | 0,8 | 2,4 |
| Rasvapallojen membraaniproteiinit | 0,4 | 1,2 |
| PROTEIINIT YHTEENSÄ | 32,7 | 100 |

Taulukko 1: Maidon proteiinikoostumus (Tetrapak. Dairy Processing Handbook)

Kaseiini

Kaseiinia esiintyy ainoastaan maidossa. Tämä suurimolekyylinen proteiini koostuu useista pallomaista osista, joiden yhteenliitymä muodostaa kaseiinimisellin. Miselli pysyy koossa sisäisten kalsiumfosfaattisidostensa avulla. Kaseiini muodostaa hapanmaitovalmisteiden ja juustojen rakenteen, sillä kaseiinit saostuvat juoksetteella juustonvalmistuksessa tai hapatebakteerien muodostaman maitohapon vaikutuksesta, kun pH laskee noin 4,6:een. Kaseiiniin on sitoutuneena runsaasti kalsiumia ja fosforia. Kaseiinin biologinen tehtävä onkin kuljettaa luuston muodostuksen kannalta elintärkeää kalsiumia emolta jälkeläiselle. Kaseiinimisellin sienimäinen, huokoinen rakenne sitoo paljon vettä.

Betakaseiinia esiintyy kahdessa eri muodoissa A1 ja A2. Näistä A2-maito on lehmänmaitoa, joka sisältää maidon proteiinien beetakaseiineista ainoastaan tyyppiä A2, kun vastaavasti tavanomainen maito sisältää niitä molempia. Julkaistut tutkimukset viittaavat siihen, että A2-maito vähentää joidenkin ihmisten vatsaoireita. Vaikutusten uskotaan liittyvän tarkemmin beetakasomorfiini 7:ään (BCM-7), jota vapautuu ruuansulatuksessa tavanomaisen maidon sisältämän A1-valkuaisen pilkkoutuessa. Alkuperäisrotujen lehmistä enemmistö on A2-maitoa tuottavia. Betakaseiinin tyyppi maidossa määräytyy geneettisesti. Lappari-elinkeino -hankkeessa ollaan tekemässä kirjallisuuskootetta A2-maitoon liittyvästä kansainvälisistä tutkimustuloksista. Kooste julkaistaan vuoden 2022 aikana.

Kaseiini on maidon normaali pH:ssa vesihakuinen, sillä sen pinnassa on negatiivisesti varautuneita kappakaseiinin nauhamaisia osia, jotka sojottavat misellistä ulospäin. Tämä sähkövaraus pitää myös yksittäiset misellit erossa toisistaan. Juustonvalmistuksessa maitoon lisätään juoksete-entsyymiä, joka pilkkoo kappakaseiinin ja irrottaa nämä ”hännät”. Tämän seurauksena kaseiini muuttuu

vesipakoiseksi ja misellit eivät enää karta toisiaan vaan kasautuvat. Kaseiini voidaan saostaa myös hapon avulla: hapanmaitotuotteissa hapatebakteerit tuottavat maitohappoa ja maidon pH laskee. Tämän seurauksena kaseiinimisellien ulkoinen sähkövaraus kumoutuu ja niistä syntyy kiinteä proteiiniverkko. Tämä kaseiinin isoelektrinen piste on pH 4,6:ssa. Tämä näkyy maitoa hapatettaessa proteiinin geeliytymisenä: syntyneen kaseiiniverkoston uumeniin jää vettä ja suurin osa rasvasta.

Heraproteiinit

Heraproteiinit jäävät maidon vesiosaan, kun kaseiini on saostettu juoksetteella. Ne ovat vesiliukoisia, kun maidon lämpötila on alle + 70-astetta. Heraproteiinit käyttäytyvät kananmunan valkuaisen tavoin eli ne saostuvat kuumentamalla. Kuumennuksen seurauksena heraproteiinit denaturoituvat eli niiden pallomainen rakenne avautuu nauhamaiseksi. Tämän vuoksi ne tarttuvat hanakasti kuumiin pintoihin ja toisiinsa sekä kaseiiniin. Ilmiöllä on vaikutus tuotteiden rakenteeseen, sillä kaseiini-heraproteiini-yhdistelmä sitoo uumeniinsa tehokkaasti vettä, jolloin hapanmaitotuotteiden vedensidontakyky paranee. Heraproteiinit muodostavat kuumennetun maidon päälle kalvon ja aiheuttavat maidon keitetyn maun ja hajun, koska ne sisältävät runsaasti rikkipitoisia aminohappoja. Näillä aminohapoilla on hyvä ravitsemuksellinen arvo.

Immunoglobuliinit

Ternimaito sisältää immunoglobuliineja. Niiden avulla emä siirtää jälkeläiselleen vastustuskykyä bakteereita ja viruksia vastaan. Immunoglobuliinit denaturoituvat ja geeliytyvät kuumennettaessa. Ternimaidosta ei valmisteta hapanmaitotuotteita.

Entsyymit

Maidosta on löydetty noin 50 erilaista entsyymiä. Ne ovat monimutkaisia proteiineja, jotka aiheuttavat (katalysoivat) erilaisia reaktioita esimerkiksi soluissa ja elintarvikkeissa. Entsyymit eivät itse kulu toimiessaan ja ne ovat erikoistuneita vain tiettyyn reaktioon. Maidon entsyymit ovat luontaisia tai bakteeriperäisiä. Ne ovat tärkeitä maidon ominaisuuksien kannalta.

Entsyymeille on tyypillistä toimia tehokkaasti kullekin entsyymille optimaalisessa toimintalämpötilassa ja pH:ssa. Suurin osa maidon entsyymeistä tuhoutuu pastöroinnissa ja tätä ominaisuutta käytetään, kun esimerkiksi omavalvonnassa tutkitaan lämpökäsittelyn onnistumista. Tällöin markkerientsyymi on fosfataasi, joka inaktivoituu pastöroinnissa 72 °C/16 sekunnissa. Fosfataasin häviäminen voidaan todeta maidosta pikatestillä. Utaretulehduksen ilmaisevassa lettupannutestissä hyödynnetään katalaasientsyymien (jota on mastitismaidossa paljon) reaktiota testikemikaaliin.

| Lämpötila °C | Aika (sekuntia) | Lämpötila °C | Aika (sekuntia) |
|--------------|--------------------|--------------|-----------------|
| 63,0 | 1800 (eli 30 min.) | 71,3 | 21,8 |
| 68,0 | 126 | 71,4 | 20,6 |
| 68,5 | 96,5 | 71,5 | 19,6 |
| 69,0 | 74,0 | 71,6 | 18,6 |
| 69,5 | 56,7 | 71,7 | 17,6 |
| 70,0 | 43,5 | 71,8 | 16,7 |
| 70,1 | 41,2 | 71,9 | 15,8 |
| 70,2 | 39,1 | 72,0 | 15,0 |
| 70,3 | 37,0 | 72,1 | 14,2 |
| 70,4 | 35,1 | 72,2 | 13,5 |
| 70,5 | 33,3 | 72,3 | 12,8 |
| 70,6 | 31,6 | 72,4 | 12,1 |
| 70,7 | 29,9 | 72,5 | 11,5 |
| 70,8 | 28,4 | 72,6 | 10,9 |
| 70,9 | 26,9 | 72,7 | 10,3 |
| 71,0 | 25,5 | 72,8 | 9,8 |
| 71,1 | 24,2 | 72,9 | 9,3 |
| 71,2 | 23,0 | 73,0 | 8,8 |

Taulukko 2: Pastörintivaikutuksen (maito fosfataasinegatiiviseksi) aikaansaavat lämpötila/aikayhdistelmät. (Lähde: Livsmedelverket)

Laktoosi eli maitosokeri

Laktoosi on imeväisen energianlähde ja hapanmaitotuotteiden valmistuksessa käymisreaktioiden lähtöaine: maitohappobakteerit käyttävät laktoosia ja tuottavat maitohappoa, aromiyhdisteitä sekä jotkut myös kaasua. Kemiallisesti laktoosi on disakkaridi, joka muodostuu toisiinsa liittyneistä glukoosista ja galaktoosista. Laktaasientsyymi katkaisee tämän sidoksen. Laktoosi maistuu vähemmän makealta sakkaroosiin verrattuna, pilkottuna makeus kasvaa.



Maidon lämpötilaa on seurattava pastöroinnin, jäähdytyksen ja hapattamisen aikana. Satsaus kunnolliseen lämpömittariin kannattaa.

HAPATETTUIEN MAITOTUOTTEIDEN VALMISTUKSEN PERUSTEITA

Jo kauan sitten keksittiin säilöä ruokaa hapattamalla. Melkein mitä tahansa voidaan hapattaa joko spontaanisti tai hallitusti. Hapattavat bakteerit käyttävät ravinnokseen hapatettavan aineen sokereita ja tuottavat niistä maitohappoa, jolloin pH laskee. Tämä vaikuttaa säilyvyyteen, rakenteeseen, makuun ja ravintoarvoon. Lisäksi happamuus estää pilaajabakteerien toimintaa, kun pH on alle 4,5.

Hapate on hyötymikrobiviljelmä, jolla saadaan aikaan hapatetulle valmisteelle tyypilliset ominaisuudet. Hyötymikrobeina voidaan käyttää bakteereita, hiivoja ja homeita sellaisinaan tai erilaisina seoksina. Tyypillisimpiä hapatemikrobeja ovat erilaiset maitohappobakteerit. Hapatteita tuotetaan kaupallisesti, suurimmat eurooppalaiset valmistajat ovat Dupont, Hansen ja Sacco. Työpajassa käytettiin Sacccon hapatteita, joita Suomessa myy Innolact Oy.

Hapatteita käytetään varsinaisen tuotevalmistuksen (esim. juusto, jogurtti) lisäksi mm. korvaamaan säilöntäaineita (suojahapatteet) sekä antamaan tuotteelle ihmisen hyvinvointia edistäviä ominaisuuksia (probioottiset hapatteet). Lehmillekin on omia probioottisia maitohappobakteerivalmisteita. Myös säilörehun valmistuksessa voidaan käyttää hapatteita.

Hapatemikrobeista

Hapatteiden maitohappobakteerien nimet ovat yleensä kolmeosaisia: ensimmäinen osa kertoo bakteerisuvun, seuraavat nimet määrittävät kannan ja alalajin.

Esimerkiksi *Lactococcus lactis ssp. cremoris*

Bakteerisuvut eroavat toisistaan perintötekijöihin tai aineenvaihduntaan liittyvien ominaisuuksien perusteella. **Bakteerikannat** kuuluvat samaan bakteerisukuun, mutta poikkeavat toisistaan jonkin yksittäisen ominaisuuden (tai ominaisuuksien) suhteen. **Alalajit (tai biovariantit)** kuuluvat samaan sukuun ja kantaan, mutta poikkeavat jonkin tietyn aineenvaihduntaan liittyvän ominaisuutensa osalta.

Hapatteet voidaan jaotella optimaalisen kasvulämpötilansa mukaan termofiiliseksi ja mesofiiliseksi. Termofiilisille hapatteille suotuisin kasvulämpötila on 37-45 °C ja ne ovat tavallisesti laktobasilleja kuten *Lactobacillus acidophilus*, *L.rhamnosus* (LGG). Myös *Streptococcus thermophilus* on termofiili. Mesofiileille paras kasvulämpötila on 22-30 °C. Tähän ryhmään kuuluvat yleensä *Lactococcus*- ja *Leuconostoc*-suvut.

Bakteerikoostumuksensa puolesta hapate voi olla:

- yksikantahapate: yhden lajin yhtä kantaa
- monikantahapate: yhden lajin useita kantoja
- monikantasekahapate: useita lajeja ja niiden useita kantoja

Mikäli maitohappobakteeri tuottaa vain yhtä lopputuotetta eli maitohappoa, kutsutaan tapahtumaa homofermentatiiviseksi. Kun käymisen tuloksena syntyy kahta tai useampaa tuotetta, tapahtumaa kutsutaan heterofermentatiiviseksi. Maitohapon lisäksi tyypillisiä käymistuotteita ovat aromiaineet – kuten diasetyyli ja asetaldehydi – etikka- ja muurahaishappo sekä kaasu (hiilidioksidi CO₂). Jotkut hapatebakteerit tuottavat ympärilleen limakapselin (eli EPS, eksopolysakkaridia). Tällaisilla hapatteilla saadaan tuotteen rakennetta täyteläiseksi ja venyväksi. Juustojen valmistuksessa tärkeä hapatebakteerien ominaisuus on kyky pilkkoa proteiineja (proteolyyysi) sekä rasvaa (lipolyyysi). Nämä hajotustapahtumat aiheuttavat juuston kypsymisen.

Hapatteiden käyttö ja käsittely

Hapatteita ostettaessa täytyy tietää missä muodossa niitä toimitetaan ja kuinka niitä käytetään. Käyttötapaansa mukaan hapatteet voidaan jakaa käyttöhapateymppeihin ja tuoteymppeihin. Käyttöhapateympistä valmistetaan hapattamalla ensin käyttöhapate, jota sitten lisätään prosessoitavaan maitoon. Tämä on suositeltava tapa, kun tehdään tuotteita ilman pastörintikäsitteilyä. Tuoteymppi (DVS, direct vat set) lisätään suoraan hapatettavaan maitoon, ilman mitään esikasvatusvaiheita.



Hapatetta punnitessa ja annosteltaessa on käytettävä steriileitä välineitä. Oikeanpuoleisen kuva veitsi on steriloitu keittämällä. Jäähdyneenä sillä voidaan sitten annostella hapate. Kylmäkuivatun hapatejauheen on annettava vettyä ja liueta maidon pinnalla pari minuuttia ennen sekoittamista.

Hapatteita myydään eri muodoissa.

- Konsentroituna, pakastettuna nesterakeina, joiden solupitoisuus on 10⁹–10¹¹ kpl/g. Ne pitää säilyttää ja kuljettaa -40 °C:ssa, minkä järjestämisestä koituu kustannuksia.
- Konsentroituuina, pakastettuina jauheina, joiden solupitoisuus on 10¹⁰–10¹² kpl/g. Näitä voidaan säilyttää myös -18 C:ssa ja ne kestävät kuljetusta huoneenlämmössä.

Hapateen käsittelystä:

- **Pakastettujen nesteraehapatteiden** kuljetus hapatteen toimittajalta kohteeseen ei saisi kestää yli 72 tuntia
- **Nesteraehapatteiden** säilytyspakastin kannattaa sijoittaa mahdollisimman lähelle hapatteen käyttöpaikkaa. Hapate otetaan pakastimesta välittömästi ennen käyttöä. Hapate annostellaan hapatustankkiin heti, kun sen pohjalla on hiukan tuotemaitoa. Tehokkaalla sekoittamisella varmistetaan hapatteen tasainen jakautuminen tuotemaitoon. On kuitenkin vältettävä ilman sekoittamista maidon joukkoon eli sekoitin käynnistetään vasta, kun sen lavat ovat maidon peitossa.
- **Nesteraehapatteiden** säilytyksessä ja kuljetuksessa ei saa tapahtua lämpötilavaihtelua, mikä aiheuttaa veden osittaista sulamista. Uudelleen jäätyminen rikkoo bakteerisoluja, jolloin hapatteen aktiivisuus laskee.
- **Pakastekuivatut hapatteet** voidaan toimittaa huoneenlämmössä, kuitenkin ei yli 10 päivää
- Hapatepussin suu ja avaamiseen käytetyt sakset desinfioidaan alkoholilla ennen pussin suun leikkaamista.
- **Pakastekuivattu** hapatejauhe ripotellaan maidon pinnalle ja annetaan sen kostua muutaman minuutin ajan ennen sekoittamista.

Siirroksessa tietty määrä hapatetta siirretään ja sekoitetaan lämpökäsiteltyyn ja jäädytettyyn maitoon. Siirroksen määrä saattaa vaikuttaa kypsytysaikaan – yleensä lyhenee, kun määrä kasvaa. Siirrostettaessa on syytä olla huolellinen ja noudattaa hyvää hygieniää: steriilit välineet, puhtaat kädet ja ympäristö, ei höngitä hapatettavaan maitoon päin.

Hapatettavan maidon laatu ja käsittely

Perusvaatimus on, että hapatettava maito ei sisällä antibiootteja, desinfektioainejäämiä, happanemista estäviä vieraita mikrobeja tai niiden itiöitä taikka bakteerien faageja eli viruksia. Maidon tulee olla mahdollisimman tuoretta eikä se saa olla hapantunutta eli pH:n on oltava 6,6–6,8. Sen tulee olla peräisin terveistä eläimistä: somaattisia soluja alle $2,5 \times 10^5$ kpl/ml. Jos soluja yli 4×10^5 kpl/ml, niin jogurttihapatteen toiminta häiriintyy. Jos soluja yli 10^6 kpl/ml, niin hapatteen toiminta estyy. Maidon on oltava myös bakteriologisesti hyvälaatuista.

Hapatettavan maidon koostumus – rasva- ja proteiinipitoisuus - voidaan säätää tuotteen ominaisuuksien mukaan. Rasvaisesta maidosta valmistetut tuotteet ovat rakenteeltaan paksuja ja hyvin vettä sitovia. Lämpökäsittelyssä rasvapallojen kalvoista vapautuu aromiyhdisteitä. Rasva antaa tuotteelle karmaisuutta ja runsautta sekä tasapainottaa happamuutta.

Myös maidon proteiini osallistuu tuotteiden rakenteen ja maun muodostumiseen. Esimerkiksi jogurtin rakenteelle on eduksi, jos maidon proteiinipitoisuus nostetaan 4 % tasolle. Jos jogurttimaidon kuiva-ainepitoisuutta kasvatetaan, tulee saostumasta kiinteämpi ja heroittumistaipumus vähenee.

Hapatettava maito yleensä lämpökäsitellään melko voimakkaasti, esimerkiksi lämpötila/aikayhdistelmällä 85–90 °C / 30 minuuttia. Käsittely parantaa maidon sopivuutta hapatebakteerien kasvualustana tuhoamalla faagit ja eliminoimalla maidon luontaiset kasvunestotekijät. Lisäksi lämpö

hajottaa osan maidon proteiineista ja vähentää maidon happipitoisuutta (poistaa liuenneet kaasut). Happi on useimmille hapatebakteereille haitallista. Lämpökäsittely myös tappaa kilpailevat mikrobit, joita ovat maidon luontaiset pöpöt ja mahdolliset kontaminantit.

Lämpökäsittelyn vaikutuksesta tuotteiden rakenne paranee, paksunee ja kiinteytyy tiettyyn pisteeseen asti. Tuotteen taipumus heroittua vähenee, sillä käsittely denaturoi maidon heraproteiineista valtaosan, jolloin ne saostuvat herkemmin ja sitovat tuotteen rakenteeseen vettä. Liian voimakas lämpökäsittely lisää hiutaleisuutta, heroittumista ja antaa keitetyn makua.

Käyttöhapatteesta

Jos tuotteen valmistuksessa käytetään käyttöhapatetta (siis ennakkoon kasvatettua ymppeä), niin sen valmistamisessa ja säilyttämisessä on huomioitava seuraavat asiat:

- käyttöhapatteen jäähditys pitää aloittaa heti, kun happamuus on saavuttanut tietyn, hapatekohtaisen raja-arvon
- jäähdityksen on oltava nopea
- jäähdityksen tarkoituksena on säilyttää hapatteen aktiivisuus korkeana eli estää liika happaneminen säilytettäessä sekä säilyttää hapatteen arominmuodostuskyky korkeana
- tehokas jäähditys säilyttää hapatebakteerien väliset suhteet
- mikäli hapatetta aiotaan käyttää tuotteenvalmistukseen lähimmän kuuden tunnin aikana, riittää jäähditys 10–12 °C:een. Pidempään säilytettäessä jäähdytetään 5 °C:een

Hapattaminen ja sen hallinta

Lämpökäsittelyn jälkeen on hapatettava maito jäähdytettävä siihen lämpötilaan, joka on optimaalinen kyseiselle hapatebakteerille. Mesofiilisille hapatteille 20–30 °C, näitä ovat esim. piimä, viili, voi, edamjuusto. Termofiilisille hapatteille jäähdityslämpötila on 37–45 °C, esim. jogurtti, emmentaljuusto. Lämpötilavaatimus on aina varmistettava kunkin hapatteen spesifikaatiosta!

Hapatteen lisäämisen jälkeen maitohappobakteerit alkavat lisääntyä – alkaa kypsyminen. Kypsyminen käynnistymisessä on noin 2–3 tunnin viive, jos käytetään pakastekuivattua hapatetta. Aktiivinen käyttöhapate aloittaa kypsymisen heti. Kypsymisen aikana myös mahdolliset ei-toivotut bakteerit monistuvat kiivaasti. Kypsytyisaika on riippuvainen hapatteen laadusta ja vaihtelee välillä 5–20 h. Kypsytyslämpötilan on oltava seurattavissa ja säädettävissä, sillä se vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin. Kypsytyslämpötilan nosto yleensä lyhentää kypsytyisaikaa. Kypsytyksen aikana maitoa ei saa sekoittaa.

Liian alhainen kypsytyslämpötila hidastaa happanemista, tuotteessa ei ole happamuutta eikä aromia. Tuote on löysä, vetinen ja keskentekoinen. Liian korkea kypsytyslämpötila nopeuttaa happanemista, lisää happamuutta, vähentää aromia, aiheuttaa kokkareista ja hiutaleista rakennetta

Liian aikaisin tapahtunut happanemisen pysäyttäminen aiheuttaa löysää ja heroittuvaa rakennetta. Happanemista onkin seurattava pH:ta mittaamalla. Jäähditys aloitetaan, kun tuote on saavuttanut tavoite pH:n, joka on yleensä 4,6–4,7. Koska massa ei jäähdy välittömästi, jatkuu happaneminen

vielä. Termofiilisillä hapatteilla happaneminen lakkaa, kun tuote jäähtyy +20-asteeseen. Mesofiileillä jäähdytys +10–12 C:een lopettaa happanemisen. Tuotetta voi hellävaroen sekoittaa jäähtymisen nopeuttamiseksi – liian raju lämpimän massan sekoitus löysentää rakenteen ja aiheuttaa heran erottumista. Tuotteen lopullinen rakenne muodostuu vasta noin vuorokauden kylmävarastoinnin jälkeen. Kylmäsäilytyksenkin aikana tuote voi vielä hapantua – taipumus jälkihappanemiseen on hapatekohtainen.

Valmis hapanmaitotuote jäähdytetään alle 10 °C:een, koska hapatteiden kasvu ja aktiivisuus on tässä lämpötilassa vähäistä. Jäähdytys voidaan tehdä yksi tai kaksivaiheisesti, jälkimmäinen on käytetympi. Pakkauksessaan kypsytetyt tuotteet jäähdytetään yleensä suoraan alle 10 °C:een. Kaksivaiheisessa menetelmässä tuote esim. jogurtti sekoitetaan, jäähdytetään noin 20 °C:een, maustetaan, pakataan ja lopuksi jäähdytetään hitaasti varastointilämpötilaan, alle 10 °C:een.

Miksi hapatus ei onnistu?

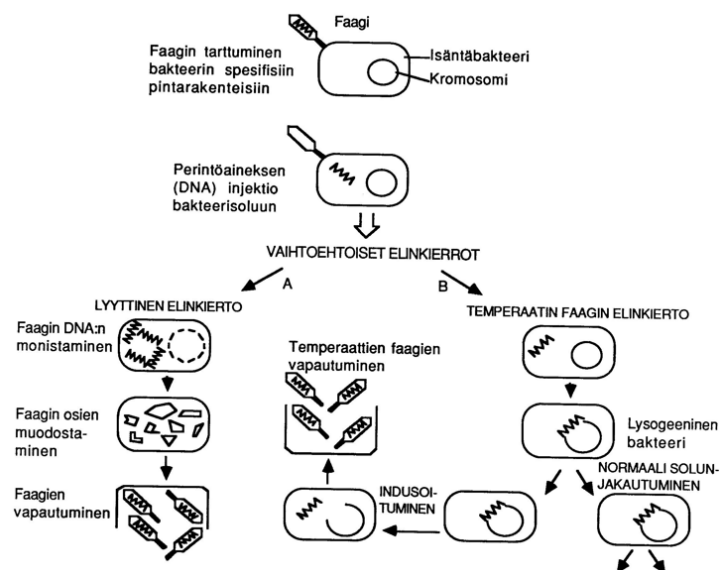
Hapatehäiriö on tilanne, jossa hapatteenvalmistus on epäonnistunut tai lopputuotteen ominaisuudet eivät ole halutut hapatteen epänormaalin toiminnan vuoksi. Hapatehäiriö ei ole esim. silloin, kun hapate jää lisäämättä tai käytetään sopimattomia lämpötiloja tai muuten vaan sössittää prosessi.

Mikä on, kun ei happane!

syynä happanemisongelmiin voi olla:

ja ratkaisuna

- vanha hapate
 - ks. P.E. päiväys
- väärin säilytetty hapate
 - noudata säilytysohjetta
- raakamaidossa luontaisia estotekijöitä
 - lämpökäsittele maito kunnolla
- jäämät pesu- ja desinfektioaineista
 - tarkkaile pesuohjelmien toimintaa
- maidossa antibioottia
 - tee estoainetesti raakamaidolle
- faagi iskenyt hapatteeseen
 - vaihda hapate



Bakteerien virukset eli faagit ovat tärkein hapatehäiriöiden aiheuttaja. Ne lisääntyvät vain elävissä bakteereissa ja ovat hyvin tarkkoja isäntäbakteeristaan. Faagin elinkierto voi olla lyttinen tai lysogeeninen. Lyttisessä kierrossa faagit lisääntyvät isäntäbakteerissa ja isäntä kuolee. Lysogeenisessä bakteerissa on ns. temperaatti faagi eli sellainen, joka on liittynyt bakteerin perintöainekseen ja lisääntyy bakteerin tahdissa tuhoamatta sitä. Pienessä osassa lysogeenisiä bakteereita tapahtuu temperaattien faagien vapautumista, jolloin faagien elinkierto muuttuu lyttiseksi. Hapateen saastumista faagilla voidaan estää asianmukaisilla laitteilla ja välineillä

tuotantotiloissa sekä riittävällä maidon lämpökäsittelyllä. Hapatteen siirrostus pitää tehdä mahdollisimman hygieenisesti. Juustolassa heran asianmukainen talteenotto ja hyvä yleinen tuotantohygienia auttavat asiassa. Hapatteille on olemassa myös rinnakkaiset vaihtoehdot, jotka toimivat tuotteessa samalla lailla, mutta ovat vastustuskykyisiä meijerissä riehuvalle virukselle.

Erikoishapatteista

Tuotteen valmistukseen käytettävän hapatteen lisäksi voidaan hapanmaitovalmisteita erilaistaa lisäämällä niihin probioottisia bakteereita. Suojahapatteilla taas saadaan parannettua säilyvyyttä ja tuotteiden turvallisuutta.

Suojahapatteet

Suojahapate on bakteeriviljelmä, joka estää patogeenien ja pilaajien kasvun ruuassa ja/tai pidentää säilyvyysaikaa. Ne ovat yleensä maitohappobakteereita tai niiden antibakteerisia metaboliatuotteita. Suojahapatteiden toiminta perustuu kahteen mekanismiin: Kilpailuun ei-toivottujen bakteerien kanssa sekä antimikrobisten aineiden tuottamiseen, jotka estävät haittamikrobien kasvua

Suojahapatteita käytettäessä tuotteessa on vähäisempi määrä ei-toivottuja mikrobeja, sillä ne toimivat aktiivisesti hapanmaitotuotteiden ja juustojen pilaajia vastaan. Suojahapatteet ovat luontaisia ”säilöntäaineita” ilman E-koodeja. Hapanmaitotuotteissa ja juustoissa suojahapatteet rajoittavat hiiva- ja homekontaminaatioita ja auttavat tuotteen maun, aromin, rakenteen ja viskositeetin säilymistä vakaina myyntiajan. Juustoissa suojahapatteet estävät kolien kasvua (virhekäymisten esto). Molemmissa tuoteryhmissä myyntiaikaa saadaan lisää. Kylmäkuivattu suojahapateymppi voidaan lisätä samaan aikaan varsinaisen hapatteen kanssa. Se ei vaikuta hapatteen toimintaan.

Probiootit

Probiootit ovat elävien mikrobien puhtas- tai sekaviljelmiä, jotka edistävät isännän (ihminen/eläin) terveyttä ylläpitämällä ja parantamalla ruoansulatuselimistön mikrobistoa. Probiootit ovat tunnettuja ja niiden vaikutukset on osoitettava kliinisissä tutkimuksissa. Useimmat probioottiset bakteerit ovat *Lactobacillus*- ja *Bifidobacterium*-sukujen kantoja. Terveysvaikutukset ovat kantakohtaisia. Markkinoilla on tuotteita, joissa käytetty hapatteenä sellaista bakteerikantaa, johon liittyy syvällistä tutkimusta, kuten GEFILUS, RELA, YOSA, ACTIMEL ja YACULT. Lisäksi on tuotteita, joiden tuotannossa on käytetty yleisesti vastustävälliseksi todettuja hapatekantoja, kuten ASIDOFILUS- ja AB-tuotteet. Vaikka probiooteilla on todettu erilaisia terveydellisiä vaikutuksia, ei EU:ssa ole hyväksytty yhtään probiootteihin liittyvää suoraa terveystähtämää.

HAPANMAITOTUOTTEILLE LAINSÄÄDÄNNÖSSÄ ASETETUT VAATIMUKSET

Koostumuksen suhteen vaatimuksia ei ole - eikä prosessin. Lainsäädännön eräs keskeinen vaatimus on, että kuluttajan on saatava oikeaa tietoa tuotteesta – [elintarviketieto-opas](#) auttaa tässä. Ruokaviraston sivuilla on verkkokurssi pakkausmerkinnöistä:

<http://aineisto.ruokavirasto.fi/pakkausmerkinn%C3%A4t/>

Tuotteille on kuitenkin asetettu mikrobimääriä koskevia vaatimuksia, samoin tuotantoympäristölle ja laitteille. Ne löytyvät [Ruokaviraston ohje 4095](#) liitteestä 3.

Ohjeita ja oppaita

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-yhteiset-vaatimukset/omavalvonta/>

OIVAssa ollaan <https://www.oivahymy.fi/yrityksille/tarkastusohjeet/rekisteroidyt-elintarvikehuoneistot/>

Lähtökohta omavalvonnalle: tuotteen oltava turvallinen ja valmistajan on varmistettava tämä ja dokumentoitava varmistaminen <https://aitojamakuja.fi/suoramyynti-jalostus/>

Ruokaviraston opas maitoalan laitoksen perustamisesta:

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikeyrityksen-perustaminen/maitoalan-laitoksen-perustaminen/>

OHJEPANKKI

Valmistimme lapinlehmän maidon tuotekehitystyöpajassa Ammattiopisto Lappian opetuskeittiössä lapinlehmän maidosta jogurtteja erilaisilla hapatteilla, piimää ja kefiiriä, rahkaa / skyriä, smetanaa ja viiliä. Maitoa ei vakioitu. Valmistetut eräkoot olivat pieniä ja maidon lämpökäsittely tehtiin kattiloissa keittolevyllä. Hapatteina käytettiin Innolactin toimittamia Saccon tuoteymppejä (DVS). Työpajassa käytettiin seuraavia ohjeita:

Viilin valmistus

Hapatteina oli käytössä kaupasta ostettu viili tai Saccon M342 N + home GCA (hapatetta kahteen kiloon 0,3 g + hometta veitsenkärjellinen)

1. Pastöroi maito (punnittu määrä) 85-90 C:ssa 30- 5 min
2. Jäähdytä kylmässä vesihauteessa +22 C:een, tarkista lämpötila mittarilla (Huom! steriloi mittarin pää alkoholilla) – lämpötila ei saa olla alle +22 C
3. Nosta astia hauteesta, pyyhi valuva vesi
4. Lisää hapate: 6 % viiliä (hyvin sekoitettuna) tai kaupallista tuoteymppeä
5. Pakkaa siirrostettu viilimaito leveäsuisiin viilipikareihin ja kansita
6. Jätä pikarit kypsymään +22 C:een 20-24 tunnin ajaksi.
7. Seuraavana päivänä: tarkista viilien rakenne ja saostuminen pohjaan asti. Suorita myös aistinvarainen arviointi, mittaa pH-happamuus (oltava n. 4,6) ja jatka kypsytystä, jos viili ei ole valmista
8. Vie viilit jäähtymään kylmiöön
9. Viilihome saa kasvaa ja viilin rakenne vahvistua vielä vuorokauden

MUUNTELUMAHDOLLISUUKSIA:

- rasvapitoisuuden vakiointi alaspäin
- laktoosin pilkkominen entsyymillä
- pohjahillo

Onnistuneen viilin ominaisuudet:

Pintahome on tasainen, samettimainen ja kattava. Homeen alla ei saa olla heraa. Tämä selviää kallistelemalla viilipikaria.

Nosta ruokalusikalla pala viiliä lautaselle. Viilipalan tulee pysyä koossa noin kaksi minuuttia, siitä ei saa erottua heraa.

Viilitölkkiin jääneen kolon pohjalla ei saa olla hyytymätöntä maitoa eikä heraa, ja kolon on pysyttävä muodossaan pari minuuttia.

Hyvä viili on lohkeavaa ja venyvää ja maultaan raikasta ja miedosti hapanta, pH 4,5–4,6.

Jogurtin valmistus

Jogurttimaidon rasvapitoisuus voi olla 0,5 – 4,5%. Jos halutaan nostaa kuiva-ainepitoisuutta, lisätään 2 % rasvatonta maitojauhetta. Maitojauhe liukenee parhaiten lämpimään, n. +40 C:seen maitoon, liuotus kannattaa tehdä käyttäen tehokasta sekoitusta ja lisäämällä jauhetta vähitellen. Panospastöroinnissa voidaan vettä haihduttaa maidosta pitämällä kantta auki lämpökäsittelyn ajan. Jogurtin rakennetta voidaan parantaa myös lisäämällä transglutaminaasi-entsyymiä samaan aikaan hapatteen kanssa. Vähälaktoosista tai laktoositonta jogurttia saadaan, kun maitoon lisätään laktaasia

Hapatteena Saccon tuoteympit: Y 278 F, Y 259 A, Y 450 B, YAB 450 BB annostus: 0,08 g/ 2 litraa maitoa

1. Mittaa maito kattilaan ja pastöroi 85-90 C:ssa 30- 5 min. Jos nostat maidon kuiva-ainepitoisuutta, niin muista lisätä maitojauhe, kun maito on lämmennyt n. +40 C:een.
2. Jäähdytä maidot kylmässä vesihauteessa, tarkista lämpötila mittarilla – lämpötila ei saa olla alle +43 C. Huom! Hapatekohtainen lämpötila
3. Siirrosta maidot Bulgarian jogurtilla (n. 3,5 %) tai DVS-tuoteympillä (ks. menettelyohje ylhäällä), kirjoita hapateastian päälle myös tieto käytetystä hapatteesta. Tässä vaiheessa voit lisätä entsyymit (transglutaminaasi ja/tai laktaasi).
4. Sekoita huolellisesti
5. Siirrä hapateastiat kypsymään +42 C:een lämpökaappiin
6. Kypsytä 4-8 tuntia (hapatteen ohjeen mukaan)
7. Tarkista jogurtin rakenne ja ota puhtaalla kauhalla näyte, josta mittaat pH:n (jogurtti on valmista, kun pH on 4,7 tai alempi). Rakennetavoite: saostunut kunnolla, ei heroittunut. Makutavoite: miedosti hapan.
8. Jäähdytä jogurtit kylmässä vesihauteessa 15- 18 C:een
9. Ota puhtaalla kauhalla näyte, josta mittaat lopullisen pH:n
10. (Lisää hilloa n. 10- 20 % ja sekoita)
11. Annostele jogurtti pikareihin, kansita ja vie pikarit jäähtymään kylmiöön.

Onnistuneessa jogurtissa on:

- tyypillinen, puhdas maku ja haju
- pH välillä 4,0–4,5

- happamuus ja makeus tasapainossa (maustettu tuote)
- tasainen, sopivan täyteläinen rakenne ilman hiutaleita, kokkareita ja veden erottumista
- kunnolla suljettu ja siisti pakkaus, jonka merkinnät vastaavat sisältöä.

Kefiirin ja piimän valmistus

Hapatteina käytettiin kefiirille: Sacco Lyofast MT 432 AN, piimälle: M 342 N
annostus 0,08 g / 2 litraa

Valmistus:

1. Maito pastöroidaan (esim. 90 C / 5 min tai 85 C / 30min)
2. Jäähdytetään hapatuslämpötilaan +25-+34 C
3. Siirrostetaan aseptisesti hapatteella (annos Saccolla 1-3 UC/100 l, 1 UC painaa noin 1,2 grammaa), sekoitetaan huolellisesti
4. Hapatusaika 6-15 tuntia (esim. n 6 h 34-asteessa, noin 15 h 25-26-asteessa)
5. tavoite pH 4,5
6. Valmis kefiiri / piimä jäähdytetään, sekoitetaan hellävaraisesti ja pakataan
7. Säilytys alle +8 C

Valmiin kefiirin ominaisuudet:

Aistinvaraiset ominaisuudet

Ulkonäkö: piimälle tyypillinen, ei pintaheraa, ei vaahtoa, tasainen

Rakenne: juotava, piimän tyypinen tuote, rasvapitoisuus vaikuttaa rakenteeseen

Maku ja hajua: hapahko, miedosti hiivamainen, rasvapitoisuus täyteläistää makua

Kemialliset ominaisuudet

Happamuus: pH 4,0-4,5, SH 42-45

Laktoosia 2,5-3,5 %, maitohappoa 0,8-1,0 %, etikkahappoa 0,1-0,2 %, etanolia 0,03-0,1 % (0,1-1,5%), hiilidioksidia sekä aromiyhdisteitä (mm. diasetyyli)

Piimä:

- ei saa olla hiutaleita eikä heroittumista

- maku raikas ja hapan
- pH noin 4,5

Smetanan valmistus

Valmistetaan homogeenimattomasta 30-42 % rasvaa sisältävästä kermasta

Hapatetaan kermahapatteella pikarissa (+suojahapate), voidaan myös hapattaa tankissa ja pakata sekoituksen jälkeen.

Hapatteet **0,08 g / 2 litraa**: MW 036 Q tai MW 039 N. Rakenteen vahvistamiseksi voidaan MW036 ohella lisätä hiukan M 342 N. Säilyvyyttä saadaan suojahapatteella LPRA (veitsenkärjellinen / 2 l)

Valmistus

1. Kerma korkeapastöroidaan (esim. 90 C/5-10 min, 85 C /30 min)
2. Jäähdytetään hapatuslämpötilaan +25-+32 C
3. Siirrostetaan aseptisesti hapatteella, sekoitetaan huolellisesti
4. Pakataan pikareihin, kansitus ja siirto lämpökaappiin happanemaan tai hapatetaan kattilassa/tankissa.
5. Hapatusaika riippuu lämpötilasta esim. 32 C / 16 h tai 23-25 C / noin 18 h
6. Tavoite pH 4,5
7. Valmiit pikarit siirretään kylmiöön jäähtymään. Jos smetana on hapatettu pytyssä: esijäähdytys ja hellävarainen sekoitus n. +15 C:een, minkä jälkeen tuote voidaan pakata. Loppujäähdytys kylmiössä.
8. Säilytys alle +8 C

Hapatetoimittajan (Sacco) vinkki:

Miedolle smetanalles Lyofast MW 039 N ja hieman aromikkaammalle MW 036 Q. Mikäli smetana on rasvapitoisuudeltaan alle 30 %, niin pieni määrä (0,1 UC/100 ltr) runsaasti EPS:ää sisältävää M 442 N- hapatetta (oikeasti viilihapate) tai M 342 antaa rakenteeseen tukevuutta.

Rahkan ja skyrin valmistus

Raaka-aine: vakioimaton täysrasvainen raakamaito TAI kuorittu maito TAI näiden vakioitu yhdistelmä. Kilon rahkaa tarvitaan 4-5 kg maitoa.

Hapate: mesofiilinen (perinteiseen suomalaiseen rahkaan) MW 039 T (tai MOS 050 F) tai termofiilinen ST051 (Skyriin). Hapatetta punnitaan **0,2 g / 5 kg maitoa**. Voit käyttää lisäksi suojahapatetta LPRA.

1. Mittaa maito (6-10 kg) kattilaan, laita hämmennin mukaan
2. Lämpökäsittele maito 85 – 90 °C:ssa 30 min
3. Jäähdytä kylmässä vesihauteessa +30 °C:een, tarkista lämpötila mittarilla (Huom! steriloi mittarin pää alkoholilla) – lämpötila ei saa olla alle +30 °C
4. Suorita siirrostus hapatteen ohjeen mukaan.

Koe: Lisää suojahapate johonkin erään.

5. Sekoita huolellisesti
6. Vie lämpökaappiin 30 tai 43 °C:een, lisää juoksete-entsyymiä (1: 10 000) 1 tippa noin tunnin kuluttua (ei välttämätöntä). Sekoita.
7. Kypsytytys: rahkalle / mesofiilihapate 30 °C, skyrille / termofiilihapate 43 °C . Kypsytytys on valmis, kun saostuman pH on 4,3-4,5 .
8. Termisoi rahkapiimä vesihauteessa 56-60 °C/4 minuuttia, sekoita hellävaraisesti lämmityksen ajan
9. Kippaa rahkapiimä erotuspussiin (tai reikävuokaan, jonka pohjalla on kuitukangas tai harso) ja vie kylmään valumaan
10. Sekoita (älä vatkaa) jäähtynyt rahkamassa tasaiseksi, purkita ja kansita

Lopputuote on tahnamainen muttei juokseva, rakenteeltaan homogeenista eikä heraa saa erottua. Maun tulee olla mieto, puhtaan hapan. Liiallista happamuutta, hiivamaista epäpuhdasta makua eikä kuohumista saa esiintyä.

MUUNTELUMAHDOLLISUUKSIA:

- rasvapitoisuuden vakiointi. Täysmaidosta valmistettu rahka sisältää rasvaa n, 12 % ja proteiinia 14-18 %. Kuoritusta maidosta tehty rahka on lähes rasvatonta, proteiinia on 12-18 %.
- hapate voi olla mesofiilinen (kermahapate) tai termofiilinen
- laktoosin pilkkominen entsyymillä
- termisoinnin pois jättäminen, jolloin maitohappobakteerit säilyvät elävinä, mutta saanto pienenee hieman
- suojahapate vs. kaliumsorbaatti 0,1 %

Täydentäviä ohjeita:

Separointi

- Lämmitä maito noin 45-asteiseksi
- Käynnistä separaattori ja kaada maito suppiloon
- Pastöroi kerma ja kuorittu maito pian separoinnin jälkeen

Laktaasi

- Lehmän- ja vuohenmaidolla (rasva 4,2% + valk. 3,3%) kylmä 4 C-asteinen maito 24 tuntia
 - o Annostus 1 ml/litra. Mikäli vaikutusaika on 12 tuntia, niin 1,5 ml/litra.
- Jogurtilla suositusannostus 1,5-2,5 ml/l, kun kypsyntisaika on 5-6 tuntia/40-43 C, jolla saat tuotteen laktoosittomaksi.
- Piimällä, viilillä, rahkalla etc. mesofiilillä hapatteilla tehdyille tuotteille suositusannostus on 0,5-1,0 ml/l, kun kypsyntisaika on 16-20 tuntia/20-24 h

Transglutaminaasi

- Annostus 0.25–1.25 U/g maidon proteiinia eli 8,7 U/kg maitoa eli noin 0,1 g entsyymiä / maitokilo
- Lisätään samaan aikaan hapatteen kanssa

Työpajassa ohjaajana ja luennoitsijana toimi sekä työohjeet laati

Johanna Aho

Johanna Jeesaa tmi.

puh. 040 7565315

johanna.pettu@smail.fi