



Termotolerantsed bakterid piimas ja teistes toidutoormetes ning biokirme osa selles

Thermotolerant bacteria in milk and other foods and part of biofilm in this connection

Priit Elias

OÜ Tervisliku Piima Biotehnoloogiate Arenduskeskus

Termotolerantseteks (*thermoduric bacteria*) bakteriteks nimetatakse mikroorganisme, **kes jäävad ellu pastöriseerimisel** (kuumtötlusel), **kuid ei kasva pastöriseerimistemperatuuril** (kuumtötluse temperatuuril). (Frank, J.F. jt. 1993)

Siia kuuluvad näiteks:

Micrococcus spp.,

Microbacterium'i spp.,

Bacillus spp.,

Brevibacterium spp.,

Clostridium spp.,

Streptococcus spp. ja pärmseente eosed

- **Piimatoodetesse (ja teistesse toodetesse) sattumisel on termotolerantsete bakterite (mikroobide) esmaseks allikaks toorpiim ja teised toidu toormed (puu- ja köögiviljad, liha, mahlad jt).**
- Kõrgekvaliteediline toorpiim peaks mikroobide üldarvuna sisaldama <math><50\,000\text{ pmü/ml}</math>.
- **Enamus bakteritest, pärm- ja hallitusseentest pastöriseerimisel (kuumtöötlusel) hävib, osa jäävad aga eluvõimelisteks ja neid nimetatakse **termotolerantseteks****

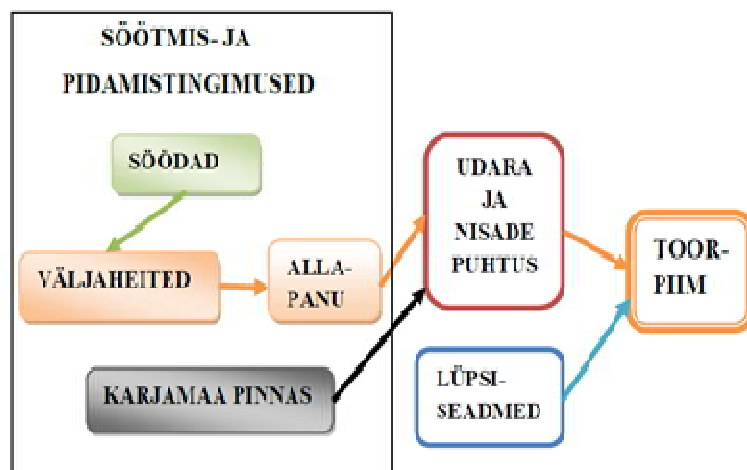
- **Sõltuvalt nende füsioloogilistest omadustest võidakse termotolerantseid baktereid (ja teisi mikroorganisme) jaotada järgmistesse kategooriatesse:**
 - **termofiilsed termotolerandid** (kasv temperatuuril 40–60 °C; optimum 50–55 °C)
 - **mesofiilsed termotolerandid** (kasv 5–50 °C, optimum ~30 °C)
 - **psührofiilsed termotolerandid** võivad kasvada alates külmumistemperatuurist kuni temperatuurini 25 °C

Tabel 1. Termotolerantsete termofiilsete, mesofiilsete ja psührofiilsete bakterite (mikroorganismide) kasvu temperatuuride vahemikud (Gleeson jt, 2013).

Bakterite grupp	Kasvu temperatuur, °C		
	miinimum	maksimum	optimum
Termofiilsed (soojalembelised)	40	60	50-55
Mesofiilsed (mõõdukad)	5	50	30-37
Psührofiilsed (külmalembelised)	0 või vähem	25	≤ 20

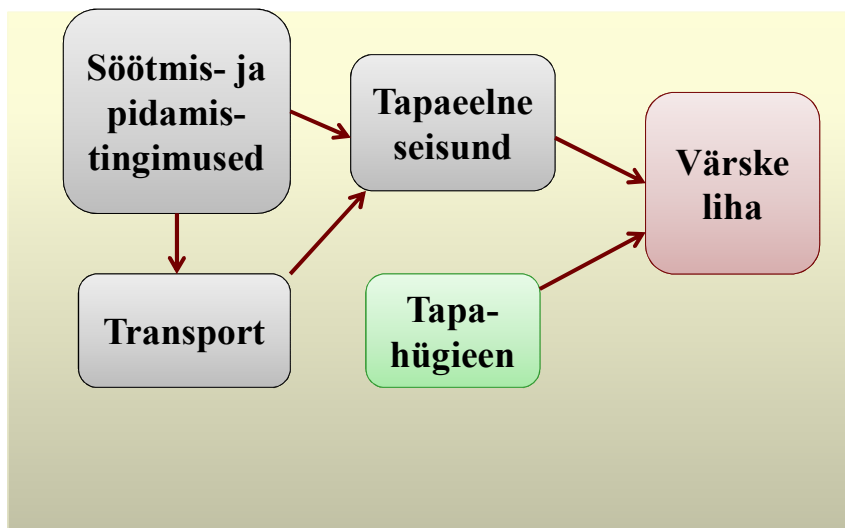
- **Toiduainete tööstuses (piimatööstuses) esinevatest termotolerantsetest moodustavad enamiku:**
 - *Bacillus*'te,
 - *Microbacterium*'i,
 - *Micrococcus*'te,
 - *Enterococcus*'te,
 - *Lactobacillus*'te,
 - *Corynebacterium*'i,
 - *Clostridium*'i ja (pärmseente) perekondade liigid

- **Erilise tähelepanu all on:**
 - sulfiteid redutseerivad klostriidid,
 - mesofiilsed ja psührofiilsed termotolerandid,
 - *Bacillus cereus*,
 - *Bacillus licheniformis*, pärmseened jt.
- **Et saavutada piimatoodete ohutus** (Reinemann jt, 2003), peaks näiteks *B. cereus*´e arv toorpiimas jääma alla 10 pmü ml⁻¹
- **Samas termotolerantsete arv peaks jääma** (Reinemann jt, 2003):
 - toorpiimas alla 100–200 pmü ml⁻¹ ja
 - piima tootmise seadmetel alla 10 pmü/cm²

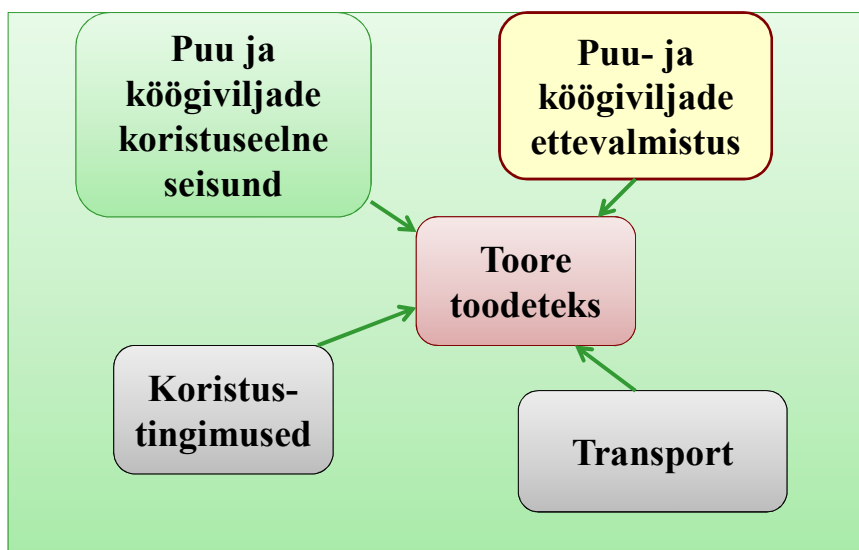


Joonis 1. Toorpiima saasteallikad termotolerantsete bakteritega (Gleeson jt, 2013 järgi)

Liha võimalikud saasteallikad termotolerantsete bakteritega



Puu- ja köögiviljade võimalikud saasteallikad termotolerantsete bakteritega



Enamus toorpiimas leiduvatest termofiilsetest ja mesofiilsetest spooridest toorpiimas pärinevad farmist (McGuiggan jt., 2002):

**seal söödetaavast silost,
kasutatavast allapanust
sõnnikust**

**Liha termotolerantsed mikroobid pärinevad:
söötmis- ja pidamistingimustest,
loomade tapaeelsest seisundist,
tapahügieenist ja
liha ettevalmistusest**

**Puu- ja köögiviljade võimalikud termotolerantsed mikroobid tulenevad
koristustingimustest,
transpordist ja
ettevalmistusest tootmiseks**

- **Bakterid võivad kinnistuda piima, liha ja puuning juurviljade tootmise keskkonnas toormega kontaktis olevatele pindadele, kus nad on:**
 - võimelised paljunema,
 - kasutama toormest vajalikke toitaineid,
 - eralduma pindadelt ning
 - paljunema edasi töödeldavas toormes või toodetes.
- **Esineb nii ühtlaselt pinda katvaid pakse biokirmeid** (areng on kestnud päevi või nädalaid), **üksikult mikroobidest koosnevate laikudena** või **pesadena** (areng on kestnud ainult tunde).

- **Biokirme moodustumise kiirus ja bakterite eraldumine sellest sõltub:**
 - toitainete varustatusest,
 - bakterite tüübist ja
 - voolu kiirusest
- **Erinevate bakterite interaktsioon biokirmes võib olla:**
 - kooperatiivne so. üksteisele kasulik kooslemine või
 - konkurentsisis so. enamusele järgnevad teised.
- **Domineerivateks on harilikult kiirema kasvuga liigid** nii nagu selleks on ka nende liikumisvõime

Tabel 2. Seadmete pinna ja bakterite elukeskkonna omaduste mõju biokirme tekkele (Hinton, 2003).

Pinna omadus, bakterite keskkond	Mõju biokirme tekkele
Karedus	Soodustab bakterite kinnistumist ja sadestumist pinnale
Hüdrofoobsus	Kinnistumine sõltub bakterite liigist ja tüvest ning pinna ettevalmistusest
Temperatuur	Kinnistumine on kõige aktiivsem kasvu optimaalsel temperatuuril 20-55 °C
Pinna tüüp	Desinfitseerivate ainete mõju kummil arenevatele biokirmetele on väiksem kui roostevabal terasel

- Tabel 2 järg 1

Toorme koostisosade sade pinnal	Toorme pinnale sadestunud koostisosad võivad inhibeerida kui ka suurendada kinnistumist sõltuvalt bakterite liigist, toorme koostisest ja piimavalkude olemusest
Toitained	Toitainete piiratud tingimustes suureneb bakterite kinnistumine pinnale
Bakterite arv	Suurem bakterite arv piimas või toormes põhjustab ka suurema kinnistunud bakterite arvu pinnal
Voolurežiim ehk nihkepinge	Kinnistumise efektiivsus on pöördvõrdeline nihkepingega

- Tabel 2 järg 2

Toor- või pastöriseeritud piim	Bakterite kinnistumine toorpiimas on väiksem kui pastöriseeritud piimas, sest toorpiim sisaldab termolabiilseid inhibeerivaid immunoglobuliine
---------------------------------------	--

- Biokirmeks **kinnistunud bakterid on vastupidavamad** kuumutamisele, antibiootikumidele ja desoainetele, võrreldes vabalt keskkonnas olevatega.
- Kui toorpiima termotolerantsete bakterite arv **ületab 500 pmü ml⁻¹**, tekib probleeme selle väärindamisel piimatoodeteks (White jt, 2001).

- Termotolerantsete bakterite väljakasv ja töödeldava toorme (piima) saastumine toodangu valmistamisel leiab aset **pastörisaatori (kuumtöölusseadme) regeneratsiooni või jahutussektiooni pindadele moodustunud biokirmest**, kus temperatuur on vahemikus 45–60 °C.
- Piima termotolerantsetega saastumise olulisel positsioonil on ka **separaatorid**, (temperatuur 40 - 55 °C)
- Tõstes **seadme puhastuse sagedust**, väheneb termotolerantsete bakterite ja nende spooride arv töödeldavas piimas

- **Termofiilid kasvavad ja paljunevad samuti membraanidel (temperatuur vahemikus 50-55 °C) näiteks:**
 - piima ultrafiltratsioonil tšedari juustu valmistamisel,
 - vadaku ultrafiltratsioonil vadakuvalkude kontsentreerimisel,
 - juustu sattunud termotolerantsetest bakteritest võib tekkida varajast paisumist, pehmet konsistentsi ja ebameeldivat lõhna ning maitset
 - mahlade või käärivatate vedelike membraantöötlusel

- **Piima koostisosade sadestumine ja biokirme teke kontsentratsioonide ja pulbri valmistamisel võib alata temperatuuril 50–60 °C ja seda eelkõige soojusvahetusseadmete töö protsessis;**
 - eelsoojenduse,
 - aurustuse ja
 - kontsentratsiooni soojenduse etappidel.
- **Vee aktiivsuse vähenedes nende kasv tootes pidurdub ja inhibeerub.**
- **Seega teatud protsessides toimub termotolerantide kasv ja teatud protsessides on nad olemas, kuid kasvu ei toimu**

- **Toorme (piima) saastumist termotolerantsete bakteritega töötlemisel toodeteks on võimalik vähendada** (Hintoni, 2003) **kui:**
 - seade oleks võimalikult vähem kontaktis tootega,
 - minimeerida soojusseadme kontaktpindu tootega, kasutades alternatiivseid kuumutustehnoloogiaid;
 - minimeerida pindade saastumist:
 - parandades (toorme) piima kvaliteeti,
 - optimeerides protsessi tingimusi.
 - disainides tööstusseadmete hügieeni ja
 - tehes kindlaks kas toore (piim) või selle baasil valmistatud segu sobib töötlemiseks;

- **teha kindlaks, kas tööstus on korralikult ette valmistatud tootmistsükli alguseks pöörates tähelepanu:**
 - seadmete disainile ja
 - optimaalsele puhastuse- ning desinfitserimise protseduuridele.

Kokkuvõte

- Piimatootesse, puu- ja köögivilja ning lihatoodetesse sattumisel on termotolerantsete bakterite esmaseks allikaks **toorpiim**, toorliha, toored puu- ja köögiviljad, kus erilise tähelepanu all on **klostriidid, meso- ja psührofiilsed termotolerandid ning pärmseened**
- Piima saastumine võib toimuda:
 - söötmis- ja pidamistingimustest,
 - udara ja nisade saastatusest,
 - lüpsi- ja jahutuseseadmetelt ning säilitustankist.

- Lüpsiseadmete **ebaadekvaatne puhastamine** ja säilitamine **võib põhjustada biokirme teket** seadmete piimaga kokkupuutuvatele pindadele
- Liha tootmisel ja ettevalmistamisel kasutatavate **seadmete ebapiisav puhastamine** on oluliseks teguriks biokirme tekkel lihaga kokkupuutuvatele pindadele
- Puu ja köögiviljade **ettevalmistus- ja säilitusseadmete puhtus** on määravaks teguriks biokirme tekkel viljadega kokkupuutuvatele pindadele

Mikroobide (bakterite) seostumist biokirmesse mõjutavad:

mikroobiraku (bakteriraku) omadused,

mikroobiraku (bakteriraku) ja seadme pinna omadused,

mikroobe (baktereid) suspendeeriva vedeliku omadused

• Termotolerantsete bakterite väljakasv ja töödeldava toorme (piima) saastumine leiab aset enamasti piimaga kokkupuutuvatel pindadel tekkinud biokirmest:

- pastörisaatori (kuumtöölusseadme) regeneratsiooni ja/või jahutusseksioonis,
- separaatoris,
- filtratsioonil ja puhvermahutites.

- **Seega:**
- **Termotolerantsed bakterid sattudes toormesse (piima), läbivad toodete valmistamisel vajaliku töötluse (termilise töötluse) ja paljunedes biokirmes jõuavad valmistootesse mõjutades enamasti negatiivselt selle kvaliteeti kuni riknemiseni**

Kasutatud kirjandus

Frank, J.F., Christen, G.L., Bullerman, L.B., 1993. In Standard Methods for the examination of Dairy Products, 16th ed., R.J. Marshall, ed. American Public Health Association, Washington, DC, p. 271-286.

Gleeson, D., O'Connell, A., Jordan, K., 2013. Review of potential sources and control of thermophilic bacteria in bulk-tank milk. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 52: 217–227,

Hinton, A.R. 2003. Thermophiles and Fouling Deposits in Milk Powder Plants. Dissertation of PhD, New Zealand p. 195

McGuiggan, J. T. M., D. R. McCleery, A. Hannan, and A. Gilmour. 2002. Aerobic sporeforming bacteria in bulk raw milk: Factors influencing the numbers of psychrotrophic, mesophilic and thermophilic *Bacillus* spores. *Int. J. Dairy Technol.* 55:100–107.

Reinemann, D.J., Wolters, G.M., Billon, P., Lind, O., Rasmussen, M.D. 2003. Review of practices for cleaning of milking machines. *International Dairy Federation Bulletin* 381: 32-50

White, C., Marth, E., and Steele, J. 2001. Testing of milk and milk products. Applied dairy microbiology (Ed. 2):645-680



**TÄNAN TÄHELEPANU
EEST !**