



**BioCC**  
Bio-Competence Center



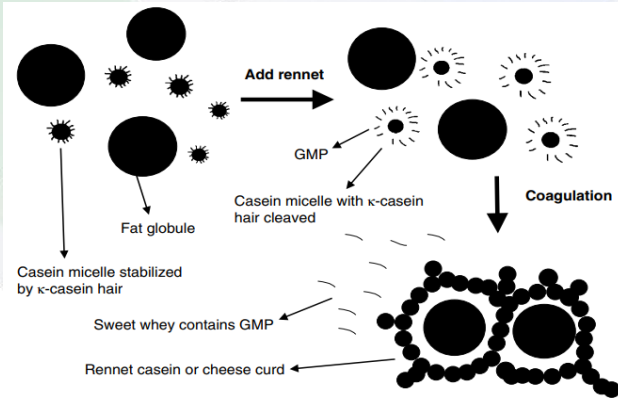
Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeringud  
maapiirkondadesse

# Hapuvadaku väärindamine

Liis Lutter

EPKK infopäev  
„Ressursisäästlik toidutootmine“  
24.09.2024

# Mis on vadak?



*Ensümaatiline koagulatsioon*

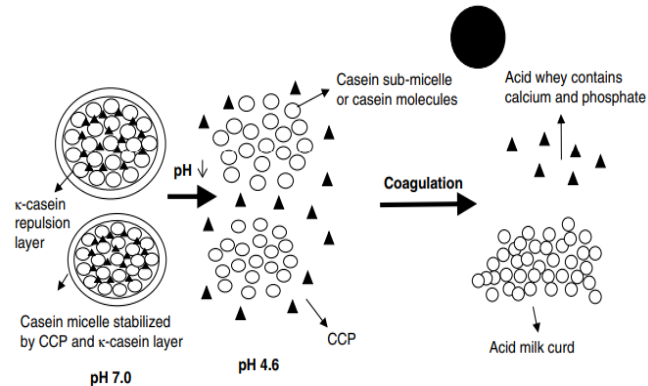


**MAGUS** vadak  
(pH = 6,0-6,5)

*1 kg juustu tootmisel tekib 9 L magusat vadakut*



## PIIM



*Happeline koagulatsioon*



**HAPU** vadak  
(pH = 3,6-4,5)

*1 kg kohupiima tootmisel tekib 4 L haput vadakut*



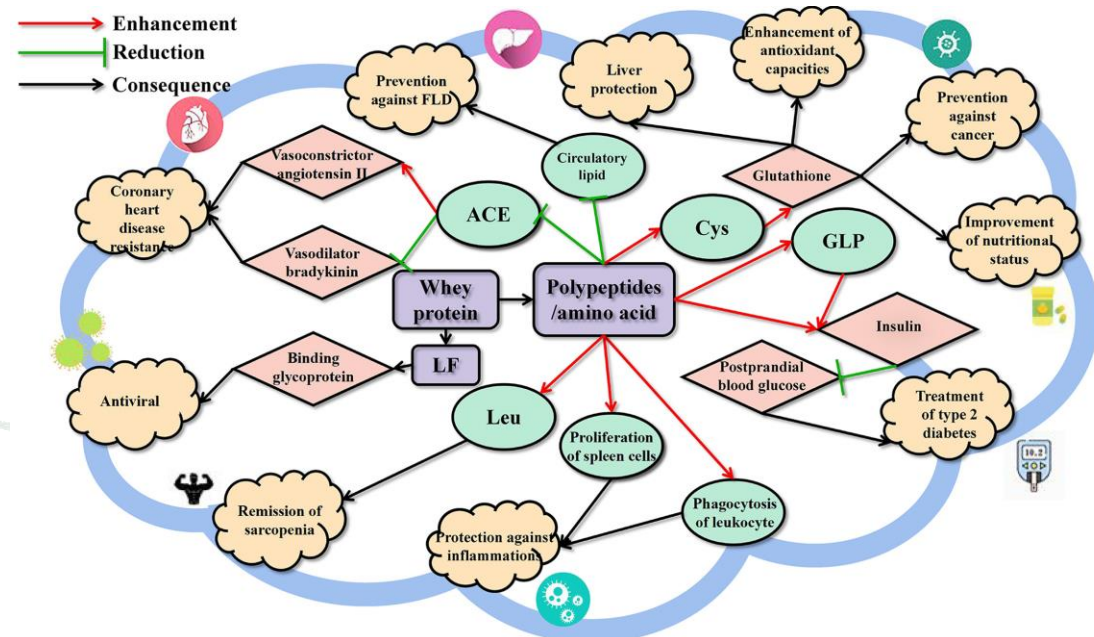
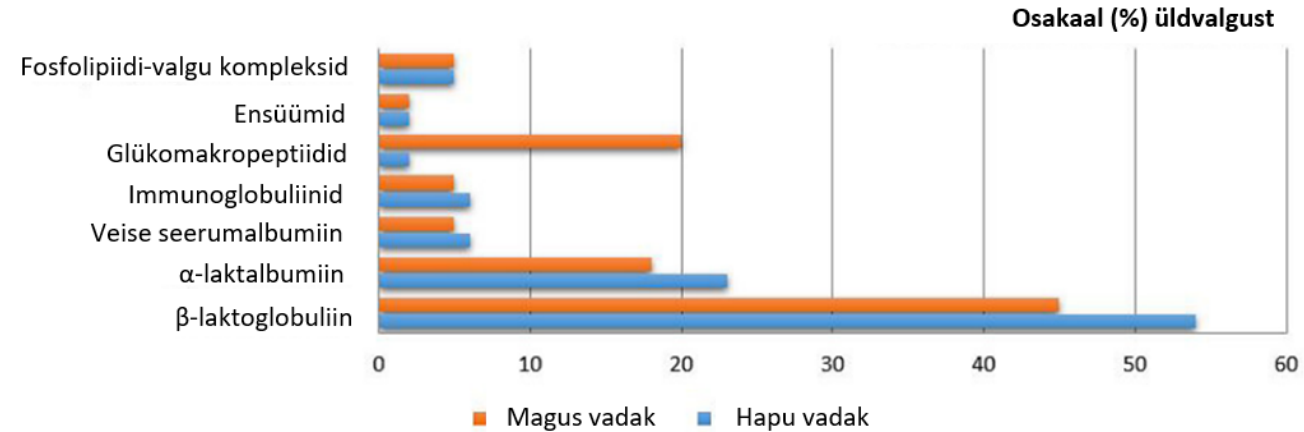
# Hapu ja magusa vadaku keemiline koostis

Koostisosa	Magus vadak		Hapu vadak
		g/L	
Kuivaine		63,0-70,0	
Valk (N x 6,37)	6,0-8,0		6,0-7,0
Laktoos	46,0-52,0		44,0-46,0
Rasv	0,2-1,0		0,1-0,5
Kaltsium	0,4-0,6		1,2-1,6
Magneesium	0,08		0,11
Fosfaat	1,0-3,0		2,0-4,5
Tsitraat	1,2-1,7		0,2-1,0
Laktaat	2,0		6,4
Naatrium		0,4-0,5	
Kaalium		1,4-1,6	
Kloriid		1,0-1,2	

# Mida kasulikku vadak sisaldab?

50% piimas olevatest toitainetest

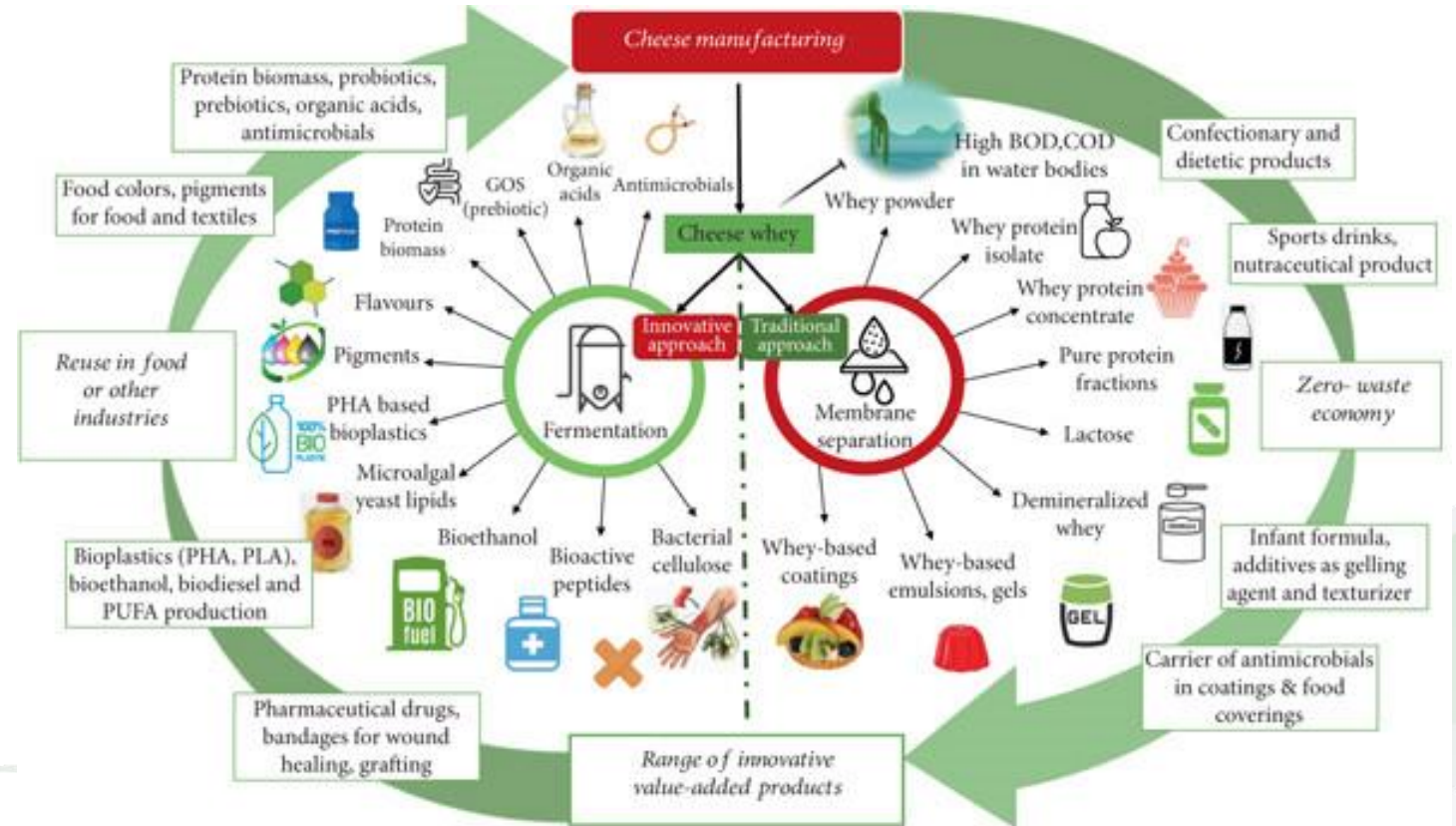
- **Piimasuhkur ehk laktoos**
- **Orgaanilised happed**
- **Mineraalained, vitamiinid (B-rühma)**
- **Vadakuvalgud:**  $\beta$ -laktoglobuliin,  $\alpha$ -laktalbumiin, laktoferiin, immuunoglobuliinid, seerumalbumiin
  - Tehno-funktsionaalsed omadused: hea lahustuvus, madal viskoossus, head geelistumise- ja emulgeerivad omadused
  - Positiivne mõju tervisele: antimikroobsed, viirusevastased ja antioksidatiivsed omadused
- **Lipiidid (fosfolipiidid)**
  - Oluline roll närvirakkude arengus, soolebarjääri funktsioonis, kolesterooli imendumises ja lipiidide ainevahetuses
- **Glutatiooni prekursorid** – neutraliseerib vabu radikaale ja toetab immuunsüsteemi



# Vadaku väärimdamise võimalused (1)

  
**MINEVIK**  
Väetis  
Loomasööt

  
**OLEVIK JA  
TULEVIK**  
Kõrgema  
lisandväärtusega  
tooted



# Vadaku väärindamise võimalused (2)



## PUUVILJAPÕHISED JOOGID

- Naturaalsed mahlad
- Looduslikud lõhna- ja maitseained
- Kunstlikud lõhna- ja maitseained

## VADAKUJOOGID

## KARBONISEERITUD VADAKUJOOGID

- Vadaku permeaat
- Kuumusega deproteiniseeritud vadak



## PIIMAPÕHISED JOOGID

### *Fermenteeritud*

- Hapupiim
- Joogijogurt

### *Fermenteerimata*

- Maitsestatud piima-tüüpi
- Piimavabad koostisosad
- Tööstuslikud vadakutooted

## ALKOHOOLSED JOOGID

- Õlu
- Vein
- Liköör



**Muud vadakutooted:** vadakujuustud (ricotta, brunost), vadakuvõi ja -koor

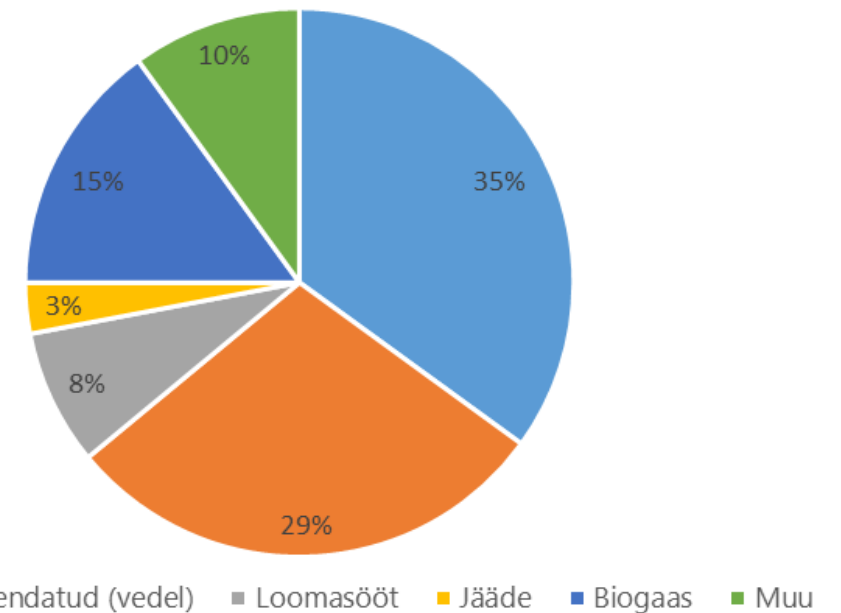


# Hapu väärindamise probleematika

- 2020. a tekkis Eestis ca 362 tuhat tonni vadakut
- Kõrge piimhappe ja mineraalainete sisalduse tõttu on hapu vadaku väärindamine probleemaatiline
- Kõrge biokeemiline (35 000 mg O<sub>2</sub>/l) ja keemiline hapnikutarve (= > 60 000 mg O<sub>2</sub>/l)
- Hapu vadakut kasutatakse loomasöödana, orgaanilise väetisena või biogaasi tootmisel
  - Eesti piimatööstuste tehnoloogiline mahajäävus hapu vadaku väärindamisel
  - Varasemalt on hapu vadakust vadakujoogide valmistamisel (Farmi Basic vadakujoogid, 2009. a)

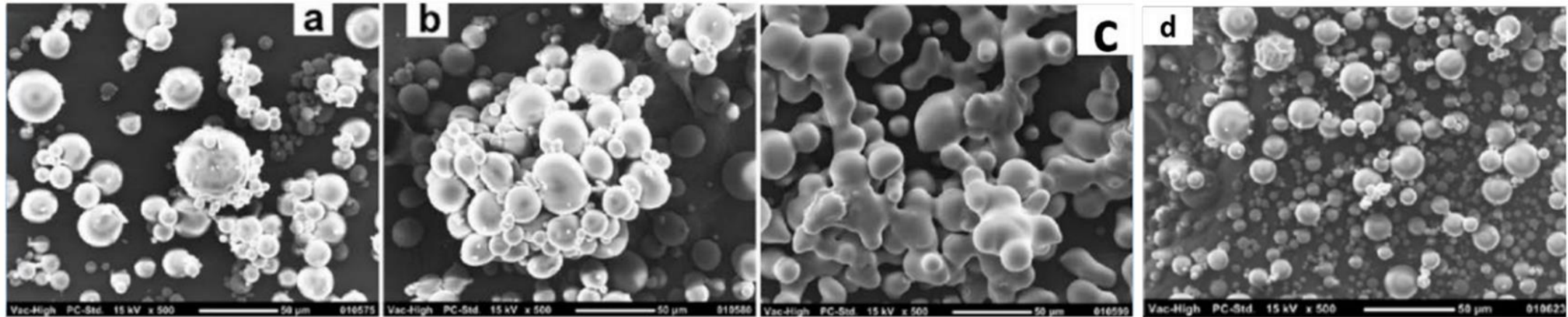


Vadaku kasutamine Eestis

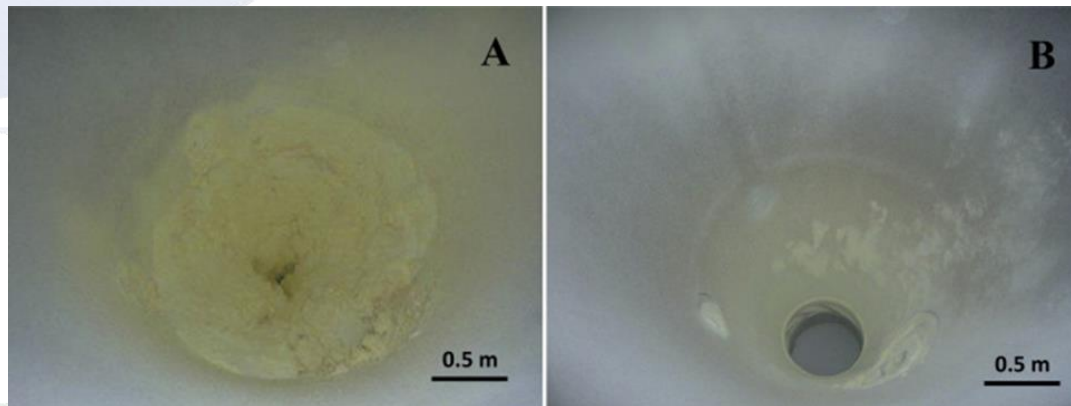


**Allikas:** Värnik, Neuhaus (Uudsed võimalused Eesti biomajanduse väärtusahelate mitmekesistamiseks ja lisandväärtuse tõstmiseks, 2021)

# Vadaku kuivatamine: laktoosi kristalliseerumine



Laktoosipulber: (a) puhas laktoos, (b) laktoos + 1% piimhape, (c) laktoos + 1% piimhape + 0,12% Ca, (d) laktoos + 0,05% piimhape + 0,035% Ca



Laboratoorse kuivatustorni põhi: (A) vadakupulber hapu vadakust, (B) vadakupulber nanaofiltreeritud hapu vadakust

- Hapu vadaku **kõrge piimhappe ja Ca sisaldus mõjutavad laktoosi kristalliseerumist**
- **Piimhape ja Ca alandavad laktoosi klaasistumistemperatuuri**, seega suurem osa laktoosist jääb **amorfesse vormi**, mis põhjustab pulbri kleepumist ja paakumist

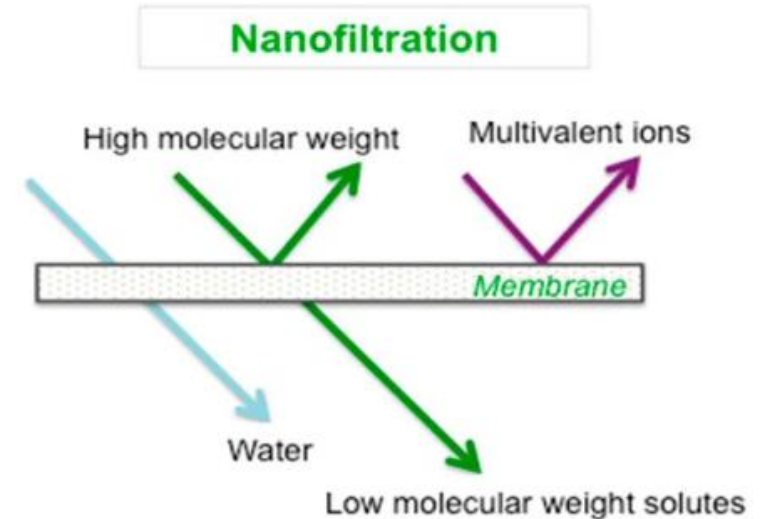
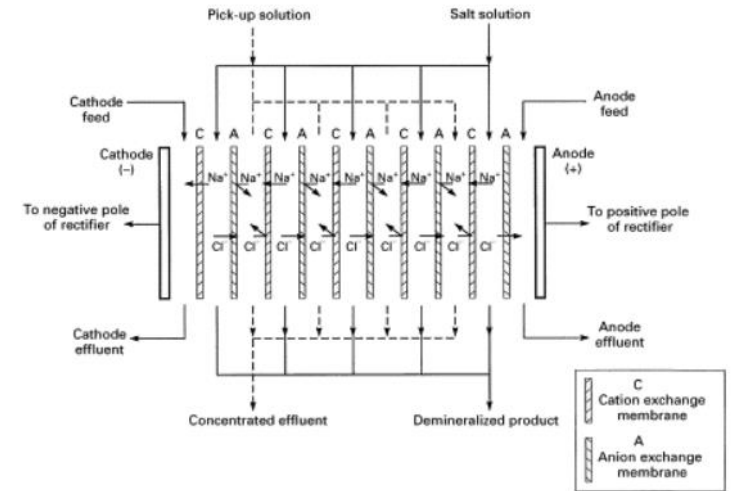


# Hapu vadaku töötlemismeetodid

- **Tihendatud jogurti tootmisel vadaku tekkekoguste vähendamine**
  - Mitsellaarse kaseiini kontsentraadi kasutamine
  - Piima ultrafiltreerimine
- **Neutraliseerimine aluselise lahusega**
  - Leelismetallide või leelismuldmetallide hüdroksiid, karbonaadid, tsitraadid, fosfaadid
  - Neutraliseerimine  $\text{pH} > 5,0$  (sageli  $\text{pH} 6,0-6,5$ )
  - Võib mõjutada negatiivselt sensoorseid omadusi
- **Membraantehnoloogiad**
  - Pöördosmoos
  - Nanofiltratsioon
  - Elektrodialüüs
- **Geneetiliselt muundatud mikroorganismide (GMO) kasutamine**

# Hapu vadaku töötlemine: demineraliseerimine

- Hapu vadakust 44% laktaatide ja 67% mineraalainete eemaldamine **elektrodialüüsiga** võimaldab seda efektiivselt pihustuskuivatada
  - Sageli kasutatakse elektrodialüüsi kombinatsioonis nanofiltratsiooniga
  - Kasutatakse ka bipolaarsete membraanidega elektrodialüüsi ( $\text{OH}^-$  ioonid, mis tõstavad vadaku pH-d)
- **Nanofiltratsiooni** võimaldab eemaldada kuni 40% mineraalainetest (piimhappesisaldus langeb ca 30%) hapu vadakust
  - Võimalik kombineerida diafiltratsiooniga/elektrodialüüsiga, parandamaks mineraalainete eemaldamist
- Piimhappe ja laktoosi suhe hapu vadakus  $< 0,04$  g/g, piimhappe/kaltsiumi suhe vahemikus 1,5–2 g/g  $\rightarrow$  efektiivne pihustuskuivatus
- Palju teadusuuringuid hapu vadaku membraanfiltratsiooni kasutamise eeliste kohta, kuid sageli ei ole eri **meetodite rakendatavust demonstreeritud tööstuslikul skaalal**



# GMO kasutamine hapu vadaku töötlemisel

Bioresource Technology 387 (2023) 129594

Contents lists available at ScienceDirect

**Bioresource Technology**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech)

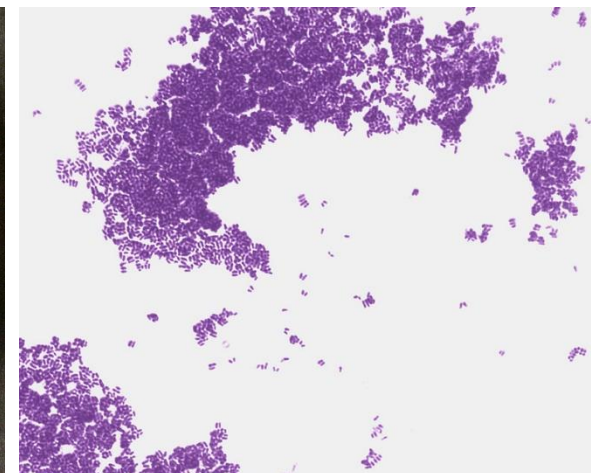
ELSEVIER

Check for updates

Transforming acid whey into a resource by selective removal of lactic acid and galactose using optimized food-grade microorganisms

Ge Zhao<sup>a</sup>, Shuangqing Zhao<sup>a</sup>, Line Hagner Nielsen<sup>b</sup>, Fa Zhou<sup>a</sup>, Liuyan Gu<sup>a</sup>, Belay Tilahun Tadesse<sup>a</sup>, Christian Solem<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> National Food Institute, Technical University of Denmark, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark  
<sup>b</sup> DTU Health Tech, Department of Health Technology, Technical University of Denmark, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark



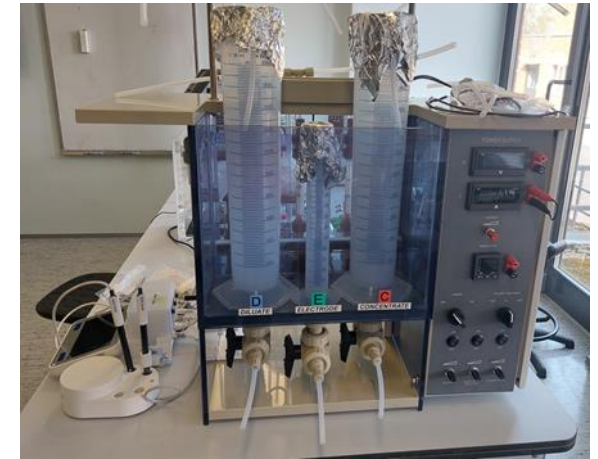
- ***Corynebacterium glutamicum*** mutantne tüvi – kasutab efektiivselt piimhapet süsiniku- ja energiaallikana; ei metaboliseeri laktoosi ega galaktoosi
- ***Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*** mutantne tüvi – laktoosi metabolism on kodeeritud plasmiidiga; metaboliseerib galaktoosi, mille tulemusena tekib lenduv ühend atsetoiin.
- **Vadakupulber oli vähem hügrooskoopsem ja osakeste suurus väiksem** (keskmine osakeste  $d=55,8 \mu\text{m}$  GMO töödeldud vadakupulbris vs töötlemata hapu vadakust valmistatud pulbri osakeste  $d=154,0 \mu\text{m}$ )



**Funktsionaalse laktoosivaba vadakujoogi  
mõju tervete vabatahtlike vereproovist  
määratavatele tervisenäitajatele**

# Pilootuuringu taust

- Pilootuuring oli osa projektist „**Membraantehnoloogiate ja mudelsüsteemide arendamine vadaku efektiivseks väärimiseks ning selles sisalduvate koostisosade sünergistliku mõju tuvastamine inimese metaboolsele tervisele (01.11.2021-31.03.2024)**“
  - **Projekti eesmärk** oli väärimada hapu vadak funktsionaalseteks vadaku jookideks, mil oleks positiivne mõju inimese metaboolsele tervisele
  - Hapu vadaku töötlemisel rakendati neutraliseerimist, membraanfiltratsiooni, ensüümtöötlust
- **Pilootuuringu eesmärk** oli selgitada hapuvadaku baasil loodud funktsionaalse laktoosivaba vadakujoogi ohutus ja talutavus
- Arendatud prototüüp vadaku jook põhines **neutraliseeritud ja demineraliseeritud hapu vadakul**, millele anti funktsionaalsust probiootiliste omadustega baktereid ja kiudainetega.
- Pilootuuringu protokoll kooskõlastati Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega (protokoll nr. 387/T-26, 19.02.2024)



# Probiootilise tüved funktsionaalses vadakujoogis

***Lactiplantibacillus plantarum* Inducia®**  
(Euroopa patent EP2678419)

Toetab südame-veresoonkonna süsteemi, **vähendades LDL-kolesterooli taset veres**

Toetab antioksüdantide võrgustikku tänu tugevatele **antioksidatiivsetele omadustele ja rakusisesele glutatioonisüsteemile**

Vähendab oksüdeeritud **madala tihedusega lipoproteiini (ox-LDL) taset**

Organismi **loomuliku vastupanuvõime suurendamine** mitmetele sooleinfektsioonide tekitavatele bakteritele

**Toitainete parema lõhustamise toetamine** kergemini omastatavateks ühenditeks

**Soolestiku normaalse mikrobiota tasakaalu säilitamine ja taastamine**

***Bifidobacterium longum* subsp. *longum* BL1719\***  
(patenditaotlus sisse antud)

Piimapõhises substraadis suurendab **B-rühma vitamiinide kontsentratsiooni**

Piimapõhises hapendatud tootes omab positiivset mõju piima **rasvhappelisele profiilile**, suurendades **DHA** sisaldust 20%.

Omab positiivset mõju **amino- ja sapphapete ainevahetusele**

\*Rätsep et al. (2024). A Novel *Bifidobacterium longum* ssp. *longum* Strain with Pleiotropic Effects. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010174>

\*Rätsep et al. (2024). Investigation of Effects of Novel *Bifidobacterium longum* ssp. *longum* on Gastrointestinal Microbiota and Blood Serum Parameters in a Conventional Mouse Model. <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms12040840>

# Täna kuulamast!

## Tänuõnad

Uuringut rahastati Eesti Maaelu Arengukava 2014-2020 meetmest 16.2 "Uute toodete, tavade, protsesside ja tehnoloogiate arendamise toetus".



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapiirkondadesse