



**BioCC**  
Bio-Competence Center



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapiirkondadesse

# Taimsete alternatiivide ohud

Liis Lutter

BioCC OÜ teadur

Piimafoorum 2024, Pärnu

# Globaalsed väljakutsed tuleviku toidu- ja põllumajandussektorile

## Põllumajanduse tootlikkus

- Rahvastiku kasv: 10 miljardit inimest 2050. a;
- Urbaniseerumine ja arengumaade majanduskasv;
- Kõrge kalorsusega, kuid madala toiteväärtusega toidu tootmine;
- Suured toidukaod ja ökoloogiline jalajälg.

## Toidujulgeolek

## Keskkonnahoid ja ressursside tõhus kasutamine

- Kasvanud vee ja maa kasutus põllumajanduslikul otstarbel;
- CO2 emissioon;
- Väetiste liigkasutus; sõltuvus pestitsiididest ja antimikroobikumidest;
- Metsade hävitamine ja pinnase erosioon (elurikkuse vähenemine).

## Toiduohutus ja rahvatervishoid

## Tervisliku toitumise ja rahvatervise edendamine

- Toidupuudus;
- Elustiilihaigused ehk nn. kroonilised haigused;
- Tervisliku toitumise keeruline omaksvõtmine arenenud riikides.

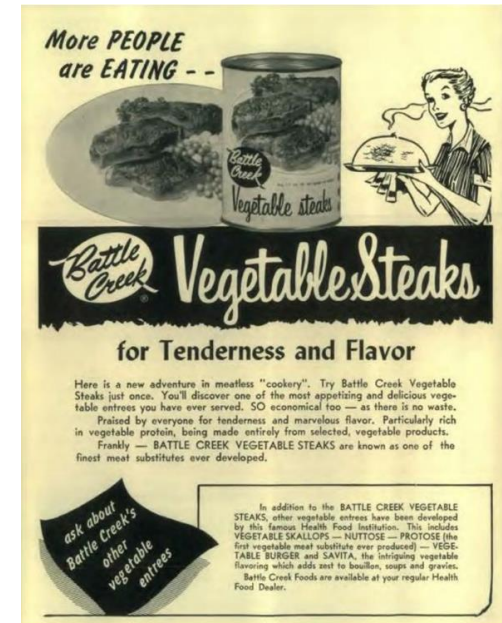
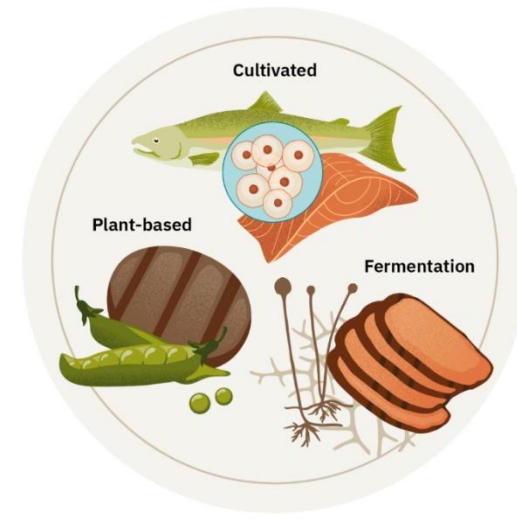
## Jätkusuutlikkus

# Alternatiivsed valguallikad loomsetele valkudele

- Ühe võimaliku lahendusena praegustele tervise- ja keskkonnaprobleemidele nähakse **loomse toidu tarbimise vähendamist**
- **Alternatiivsed valguallikad:**
  - Taimed
  - Putukad, vetikad
  - Mükoproteiin
  - Kultiveeritud liha

**Leiutise eesmärk** oli pakkuda lihale taimset alternatiivi, mis oleks veise- ja lambalihale sarnase toiteväärtusega, maitsega, õrnusega ja kergesti seeditav.

- Nn järgmise põlvkonna piima- ja lihaalternatiivid



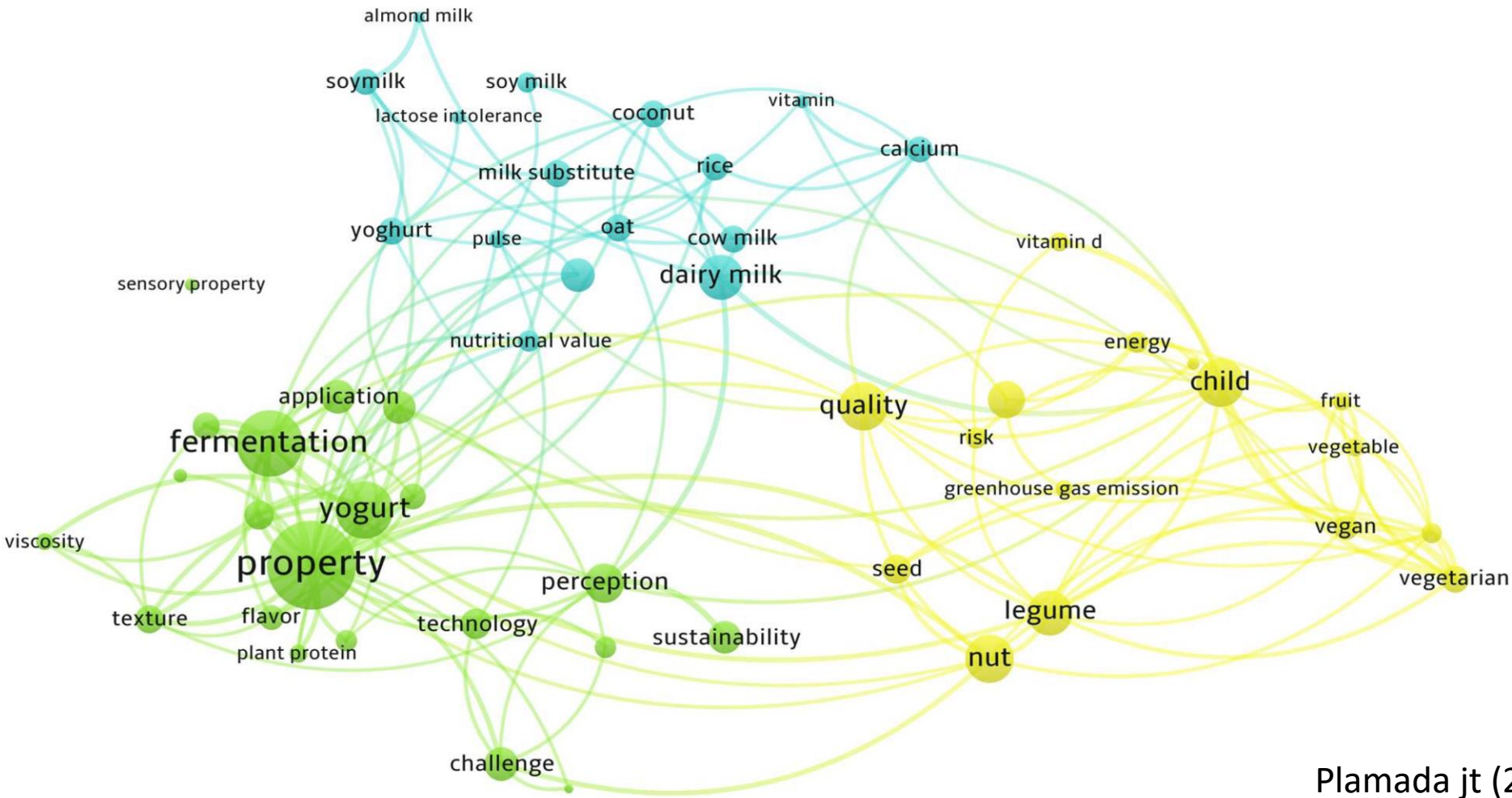
# Fookusteemad taimsete piima- ja lihaalternatiivide uuringutel

- Tekstuursete omaduste (sh taimse liha mahlasuse) parendamine
- Maitseomaduste parendamine
  - Lihale iseloomuliku maitse saavutamine
  - Kõrvalmaitsete elimineerimine
- Antitointainete inaktiveerimine või eemaldamine
- Säileaaja pikendamine
- Töötlemisprotsesside mõju toote omadustele
- Toiteväärtuse parendamine
  - Mikrotoitainete madal biosaadavus, nt raud, tsink, vitamiin B12



**Vähem tähelepanu on pööratud toiduohutusele ning terviseuuringutele**

# Peamised märksõnad taimsete piimaalternatiivide teadusuuringutes





# Taimsete piima- ja lihaalternatiivide vastavus toitumisvajadustele

- 2023. a veebruaris andis Ameerika Ühendriikide Toidu- ja Raviamet (*Food and Drug Administration*) välja juhendmaterjali.
  - Eesmärk on aidata taimsete piimaalternatiivide tootjatel tooteid **selgemini märgistada** ja aidata teha tarbijatel **teadlikumaid toitumisvalikuid**.
- Erinevates teadusuuringutes on **süsteemiliselt võrreldud erinevusi** taimsete piima- ja lihaalternatiivide toiteainete profiile.
  - Piirduvad üksikute toitainete sisalduse hindamisega.
- Kuigi taimsed alternatiivid võivad sisaldada sarnaseid makrotoitainete profiile, ei kajasta piima- ja lihatoodete **asendamine vastavate taimsete alternatiividega tingimata tervislikku ja tasakaalustatud toitumist**.
  - Sünteetilist päritolu toitainete lisamine toidule ei anna sageli samasugust kasu kui nende toitainete tarbimine fütokeemiliselt ja biokeemiliselt.
  - Taimset päritolu lähteainete kehv *in vivo* biokonversioon inimkeha jaoks kasutatavateks vormideks.

## ROHUMAAVEISE LIHA

## TAIMNE LIHAALTERNATIIV

Nutrition Facts	
Serving size	(113g)
Amount Per Serving	
<b>Calories</b>	<b>220</b>
	% Daily Value*
Total Fat 14g	18%
Saturated Fat 5g	25%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 60mg	20%
Sodium 70mg	3%
Total Carbohydrate 0g	0%
Dietary Fiber 0g	0%
Total Sugars 0g	
Includes 0g Added Sugars	0%
<b>Protein 23g</b>	<b>46%</b>
Vitamin D 0.1mcg	0%
Calcium 12mg	0%
Iron 2mg	10%
Potassium 289mg	6%
Thiamin 0.05mg	4%
Riboflavin 0.2mg	15%
Niacin 4.8mg	30%
Vitamin B6 0.4mg	25%
Folate 6mcg	2%
Vitamin B12 2mcg	80%
Phosphorus 175mg	15%
Zinc 4.6mg	40%

\*The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

Nutrition Facts	
Serving size	(113g)
Amount Per Serving	
<b>Calories</b>	<b>250</b>
	% Daily Value*
Total Fat 14g	18%
Saturated Fat 8g	40%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 0mg	0%
Sodium 370mg	16%
Total Carbohydrate 9g	3%
Dietary Fiber 3g	11%
Total Sugars 0g	
Includes 0g Added Sugars	0%
<b>Protein 19g</b>	<b>38%</b>
Vitamin D 0mcg	0%
Calcium 180mg	15%
Iron 4.2mg	25%
Potassium 610mg	15%
Thiamin 28.2mg	2350%
Riboflavin 0.4mg	30%
Niacin 4.8mg	30%
Vitamin B6 0.4mg	25%
Folate 115mcg	30%
Vitamin B12 3mcg	120%
Phosphorus 180mg	15%
Zinc 5.5mg	50%

\*The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

- Paljud taimsed lihad sisaldavad **kõrges kontsentratsioonis küllastunud rasva ja naatriumit**, mis on seotud hüperkolesteroleemia ja hüpertensiooniga
- Taimsete lihaalternatiivide **valgusisaldus** on enamasti võrdväärne või madalam kui loomalihal. ---> **oluline on valkude bioväärtus (sh AH-de sisaldus ja suhe)!**
  - DIAAS – seeditavate asendamatute aminohapete skoor
  - PDCAAS – valkude seeditavusega korrigeeritud aminohapete skoori
- **Vitamiinid ja mineraalained** ning nende **bioaktiivsus, biosaadavus ja bioefektiivsus.**
  - Rohkem ≠ efektiivsem
  - Inhibiitorid: antitoidained, väga kõrge kiudainete sisaldus

# Mineraaltoitainete biosaadavus taimsetes lihaalternatiivides



Article

## Nutritional Composition and Estimated Iron and Zinc Bioavailability of Meat Substitutes Available on the Swedish Market

Inger-Cecilia Mayer Labba<sup>1,\*</sup>, Hannah Steinhausen<sup>1</sup>, Linnéa Almius<sup>1</sup>, Knud Erik Bach Knudsen<sup>2</sup> and Ann-Sofie Sandberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Food and Nutrition Science, Department of Biology and Biological Engineering, Chalmers University of Technology, 412 58 Gothenburg, Sweden

<sup>2</sup> Department of Animal Science, Aarhus University, 8830 Tjele, Denmark

\* Correspondence: cecilia.mayer.labba@chalmers.se

**Abstract:** Transition towards plant-based diets is advocated to reduce the climate footprint. Health implications of a diet composed of meat substitutes are currently unknown, and there are knowledge gaps in their nutritional composition and quality. Samples of available meat substitutes were bought in two convenience stores in the city of Gothenburg, Sweden, and were included in the study. Meat substitutes ( $n = 44$ ) were analyzed for their contents of dietary fiber, fat, iron, zinc, phytate, salt, total phenolics and protein, as well as for their amino acid and fatty acid composition. Bioavailability of iron and zinc was estimated based on the phytate:mineral molar ratio. We found large variations in the nutritional composition of the analyzed meat substitutes. Amino acid profiles seemed to be affected by processing methods. Mycoprotein products were rich in zinc, with a median content of 6.7 mg/100 g, and had very low content of phytate, which suggests mycoprotein as a good source of zinc. Degradability of fungal cell walls might, however, pose as a potential aggravating factor. None of the products could be regarded as a good source of iron due to very high content of phytate (9 to 1151 mg/100 g) and/or low content of iron (0.4 to 4.7 mg/100 g). Phytate:iron molar ratios in products with iron contents >2.1 mg/100 g ranged from 2.5 to 45. Tempeh stood out as a protein source with large potential due to low phytate content (24 mg/100 g) and an iron content (2 mg/100 g) close to the level of a nutrition claim. Producers of the products analyzed in this study appear to use nutritional claims regarding iron that appear not in line with European regulations, since the iron is in a form not available by the body. Meat substitutes analyzed in this study do not contribute to absorbed iron in a relevant manner. Individuals following mainly plant-based diets have to meet their iron needs through other sources. Salt and saturated fat were high in certain products, while other products were more in line with nutritional recommendations. Further investigation of the nutritional and health effects of protein extraction and extrusion is needed. We conclude that nutritional knowledge needs to be implemented in product development of meat substitutes.



**Citation:** Mayer Labba, I.-C.; Steinhausen, H.; Almius, L.; Bach Knudsen, K.E.; Sandberg, A.-S. Nutritional Composition and Estimated Iron and Zinc Bioavailability of Meat Substitutes Available on the Swedish Market. *Nutrients* **2022**, *14*, 3903. <https://doi.org/10.3390/nu14193903>

Academic Editor: Tilman Kühn

Received: 18 August 2022

Accepted: 17 September 2022

Published: 21 September 2022

- Rootsi jaevõrgustikus müüdavatel taimsetel lihaasendajatel tuvastati
  - Väga madal Fe ja Zn biosaadavus ↔ Kõrge fütaatide sisaldus
  - Müügipakendil olid esitatud Fe seotud tervisealase väited
  - Ühegi toote fütaade ja Fe suhe ei jäänud <1 või 0,4 (maksimaalne fütaatide ja Fe suhte raua piisavaks imendumiseks)
- Enim varieerus fenoolide üldsisaldus soja- ja hernevalgul põhinevates lihaalternatiivides.
  - Fe biosaadavuse seisukohalt kasulik



# Näiliselt identsed toiteväärtused, aga ...

**scientific** reports

OPEN [A metabolomics comparison of plant-based meat and grass-fed](#)

Check for updates

- **Metabooloomika** uuringud võimaldavad selgitada **erisusi** taimsete alternatiivide ja loomsete toiduainete vahel, aga **uuringuid on vähe**.

**Suured erinevused toitainete sisalduses, mil on füsioloogiline, põletikuvastane ja/või immunomoduleeriv roll.**

**Seega, neid tooteid ei tohiks pidada toitumise seisukohalt hinnatuna omavahel asendatavateks!**

sulfurool, syringic acid, tyrosol, and vanillic acid were amongst those only found in the plant-based meat alternative. Large differences in metabolites within various nutrient classes (e.g., amino acids, dipeptides, vitamins, phenols, tocopherols, and fatty acids) with physiological, anti-inflammatory, and/or immunomodulatory roles indicate that these products should not be viewed as truly nutritionally interchangeable, but could be viewed as complementary in terms of provided nutrients. The new information we provide is important for making informed decisions by consumers and health professionals. It cannot be determined from our data if either source is healthier to consume.

erinevused erinevates aminohapetes, dipeptiidides, vitamiinides, fenoolides, tokoferoolides, rasvhapetes, antioksüdantide sisalduses.

# Taimsete piimaalternatiivide toiteväärtuslikud omadused

- Taimsetel piimaalternatiividel on **madalam valgusisaldus (sh seeduvus) ja väiksem aminohapetusväärtus** kui loomsetel saadustel.

Toode	$\omega$ -6/ $\omega$ -3	eruvus
Lehmapiim	(2-3):1	
Mandlijook	(127-235):1	ab ≤ 1% valku; mistõttu
India pähkli jook	78:1	atut aminohapet või on
Kookosjook	(11-18):1	
Kanepijook	30:1	<b>lainete ning rasvade</b>
Kaerajook	(84-105):1	
Riisijook	(92-175):1	:aimsetes jookides, va.
Sojajook	(7-8):1	/ $\omega$ -3 suhe.
Speltajook	112:1	asetel alternatiividel

- Enamik piima alternatiivideid ei saa nad olla hea valguallikas.
- Taimsetes valguallikates on neid vähe (nt kaerajook).

- Suuri erinevusi esineb koostises ja kontsentratsioonis.
- Mono- ja küllastunud rasvade suhe kookosjoogis. Kõrgem  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 suhe.
- Piim sisaldab kõrgeid aminohapetusväärtusi.

- Piima glükeemilised indeksid varieeruvad GI 47,53-99,96.

# Toiduohutus: mikrobioloogilised ohud (1)

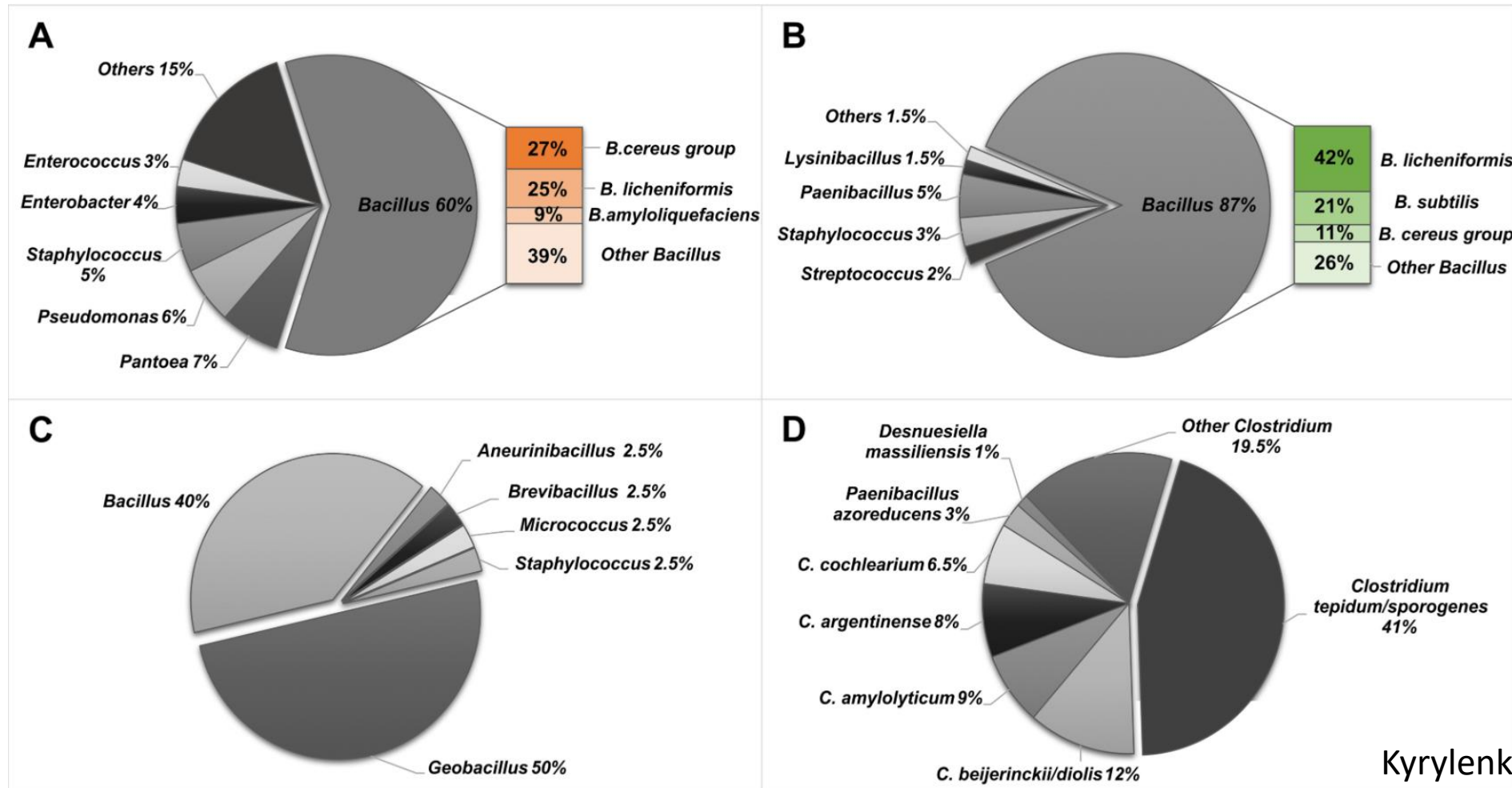
- Iga uus taimne alternatiiv toob kaasa **uued ohutus- ja kvaliteediriskid**, millega toidutootjal tuleb arvestada:
  - koostisosade uudsus ja mitmekesisus → tundmatud mikroobid
  - puuduvad mikrobioloogilised kvaliteedikriteeriumid ning ennustusmudelid taimsete piima- ja lihaalternatiivide kohta.
- Toorainena kasutatavad taimsed valgud võivad olla saastunud **erinevate termofiilsete spore moodustavate mikroobidega**.
  - Taimsete piimaalternatiivide tootmisel kasutatav UHT töötlus võib osutuda ebapiisavaks termofiilsete bakterite (nt *Geobacillus stearothermophilus*) eoste inaktiveerimiseks.
  - Endospore moodustavad bakterid (nt *Bacillus*, *Clostridium* spp) võivad olla vastupidavad taimsete lihaalternatiivide tootmisel kasutatavale ekstrudeerimisele.
- Toorainete ja väljatöötatud toodete põhjalik mikrobioloogiline analüüs on vajalik **tuvastamiseks ja iseloomustamiseks asjakohaseid riknemist põhjustavaid ja potentsiaalselt ohtlikke mikroorganisme**.

# Toiduohutus: mikrobioloogilised ohud (2)

- Taimsed joogid soodustavad perekonna *Listeria*, *Salmonella*, *Bacillus* ja *Paenibacillus* liikide kiiret kasvu.
- Puuduvad uuringud, mis käsitleksid taimsete jookide potentsiaali toidupatogeensete ja riknemist põhjustavate mikroobide kasvu toetamiseks.
  - Bartula jt (2023) leiud näitavad, et *Listeria* ja *Salmonella* kui ka *Paenibacillus* võivad taimsetes jookides areneda kiiremini kui lehmapiimas.
  - *Bacillus subtilis*'e kasv temperatuuril 20 °C oli kiireim ja/või samaväärne lehmapiimas ja taimses mandlijoogis.
- Üldiselt sisaldavad taimsed joogid madalamas kontsentratsioonis toitaineid kui lehmapiim, kuid pakuvad selgelt piisavalt toitaineid, et toetada sarnast mikroobide kasvukiirust.

# Mikrobioloogilised ohud (3)

*Piimatoodete alternatiivide taimsetes koostisosades tuvastatud mikroorganismide taksonoomiline mitmekesisus*



Kyrylenko jt (2023)



# Toiduohutus: mikrobioloogilised ohud (4)

- Mikrobioloogilistel põhjustel taimsete piima- ja lihaalternatiivide tagasikutsumiste juhtumeid on seni vähe.
- Mõned näited registreeritud juhtumidest RASFF (*Rapid Alert System for Food and Feed*):
  - 2022. a Oatly kaerajook – saastunud *Bacillus cereus*'ega (tooted kutsutati tagasi Soome ja Eesti turult; 2 haigusejuhtumit ja 27 muud tervisekaebust)
  - 2023.a algul kutsuti Ameerika Ühendriikides turult tagasi taimsetel valkudel põhinev imikupiimapulber. Tuvastati patogeenne bakter *Cronobacter sakazakii*.
  - 2023. a jaanuaris tuvastati Prantsusmaalt pärit veganjuustu saastumine *Listeria monocytogenes*'ega
  - 2023. a veebruaris kutsuti Austraalis müügilt tagasi mandlijook, kuna järelevalve käigus tuvastati tootes botuliini toksiin (*Clostridium botulinum*).
- Taimseid jooke on lihtne ka kodus valmistada, mis toob kaasa veelgi suurema ristsaastumise ohu, kuna on suur võimalus, et isevalmistatud joogid ei läbi kodustes tingimustes piisavat kuumtöötlust.

# Toiduohutus: mikrobioloogilised ohud (5)

- Taimsete lihaanalogoogide toiduohutuse riski kohta on saadaval vaid vähesed andmed.
  - Yadav jt (2015) võrdles kanaliharulli ja selle taimse alternatiivi mikroobset riknemist, kuid erinevusi ei ilmnunud.
  - Geeraertsi jt (2020) uuritud taime- ja putukapõhistes lihaalternatiivides oli enamasti madalam bakterite arvukus kui lihatoodetes. Nendes toodetes, millel oli suhteliselt kõrge bakterite arvukus, domineerisid *Lb. sakei* ja *E. faecium*.
- Metagenoomiliste ja metatranskriptomiliste meetodite kasutamine.

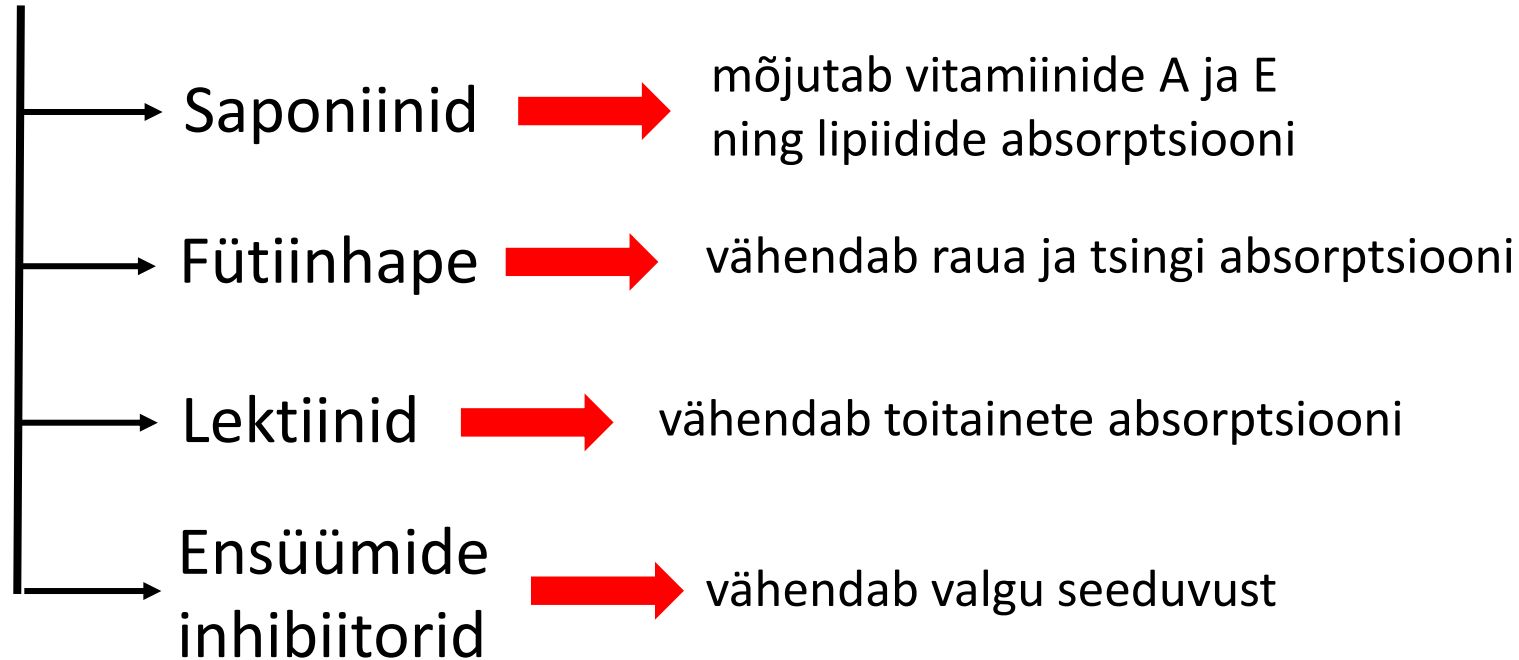
# Toiduohutus: keemilised ohud

OHT	TERAVILI	KAUN- VILJAD	SEEMNED	PÄHKLID	KARTUL	SEENED
Allergeenid	X	X	X	X	X <sup>3</sup>	X <sup>2</sup>
Antitoitained	X	X	X	X	X	X
Raskmetallid	X <sup>2</sup>	X	-	-	X	X
Mükotoksiinid	X <sup>2</sup>	X	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	-
Taimekaitsevahendid ja biotsiidid	X	X	X <sup>2</sup>	X	X	X
Taimetoksiinid	X	-	X <sup>2</sup>	-	-	-
PAH	X	-	X <sup>2</sup>	-	-	-

X - üldine oht; X<sup>2</sup> - mõningane oht; X<sup>3</sup> - esineb harva

# Keemilised ohud: antitoitained

## ANTITOITAINED



Antitoitainete vähendamise võimalused: jahvatamine, leotamine, idandamine, fermenteerimine, termiline töötlus

## KAUNVILJAD



Fütiinhape: 386-714 mg/100 g  
Saponiinid: 106-170 mg/100 g  
Tsüaniidid, tanniinid, trüpsiini inhibiitor, oksalaadid

## (PSEUDO-)TERAVILJAD



Oksalaadid 35-270 mg/100 g  
Fütiinhape 50-74 mg/100 g  
Lektiinid, saponiinid, goitrogeenid

## PÄHKLID, SEEMNED



Fütiinhape 150-9400 mg/100 g  
Oksalaadid 40-490 mg/100 g  
Lektiinid 37-144 mg/100 g

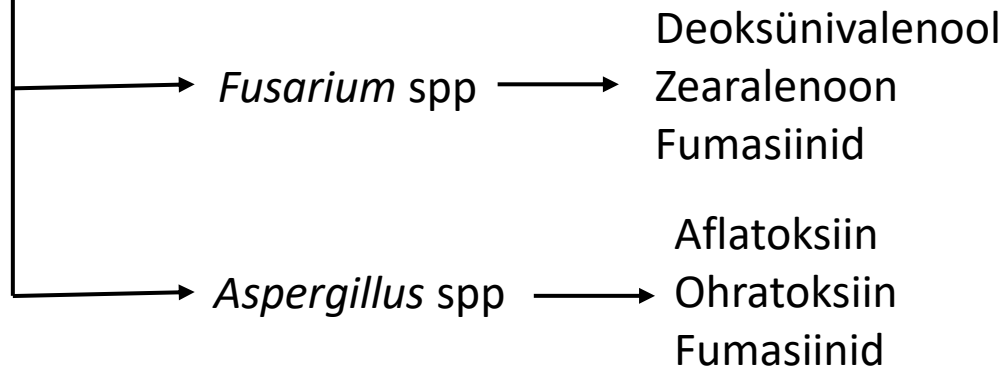
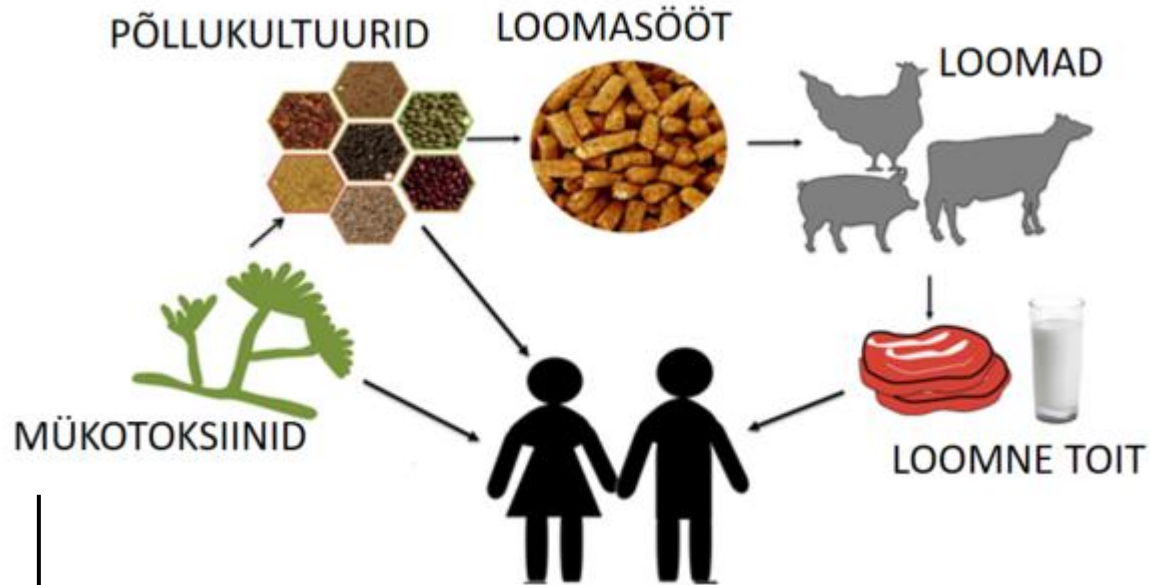
# Keemilised ohud: allergeenid



- Toiduallergeen on konkreetne toidukomponent või koostisosa, mille tunnevad ära allergeenspetsiifilised immuunrakud.
- Peamised sojaoa allergeenid on hüdrofoobne valk (Gly m 1), defensiin (Gly m 2) ja profiliin (Gly m 3).
- Maapähklis on 18 allergeeni (Ara h), mandlis on allergeene 6 (Pru du).
- Kuigi õliseemneid ja muid piimaalternatiivide tootmiseks kasutatavaid taimset päritolu tooraineid ei peeta levinud allergeenideks, sisaldavad mõned neist olulisi allergeene (nt napiinid).
- Meetodid allergeensuse vähendamiseks: termiline töötlus, hüdrostaatiline rõhk, külmplasma tehnoloogia, ensüümtöötlus.



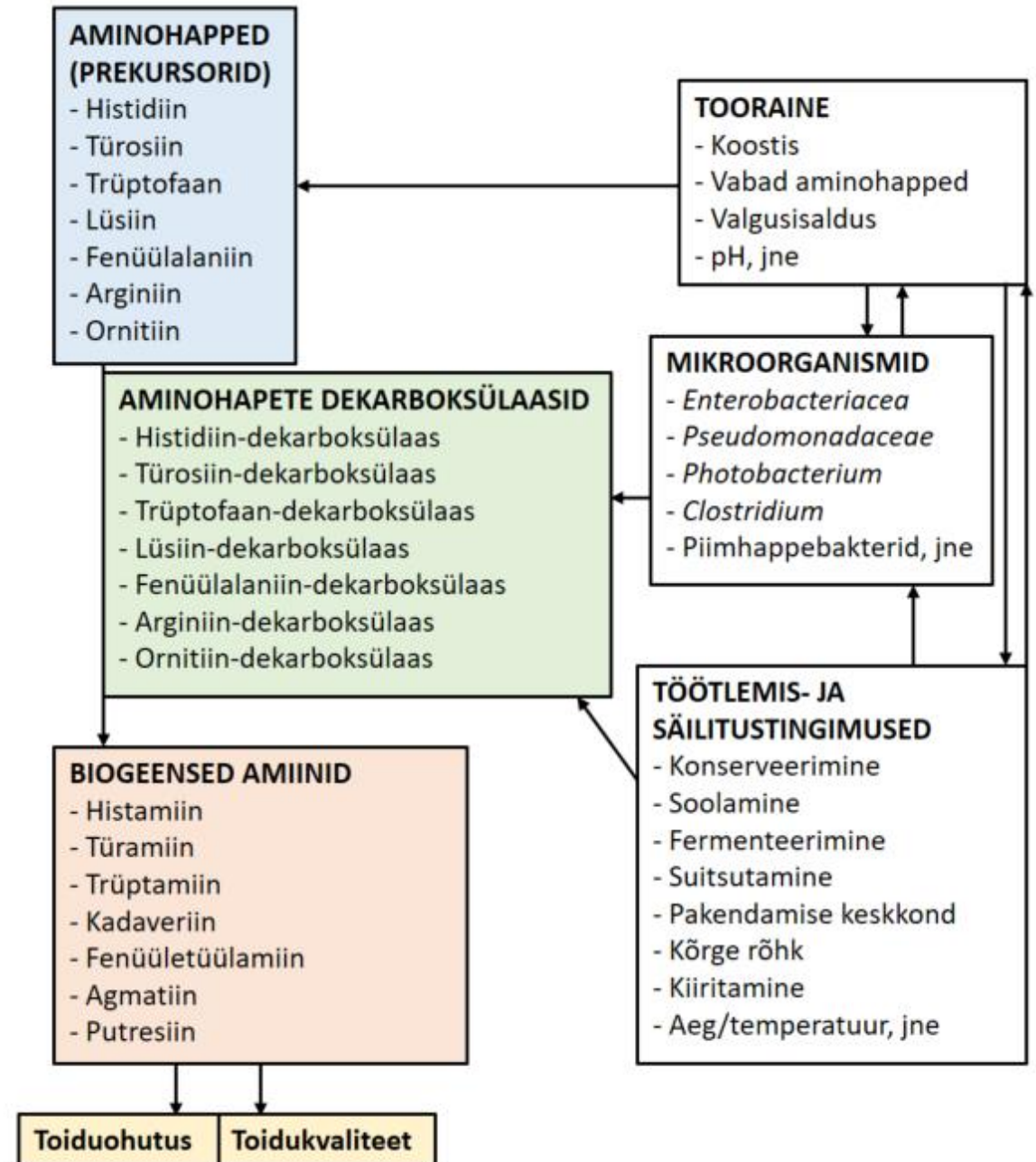
# Keemilised ohud: Mükotoksiinid



- FAO andmetel on kuni 25% kogu maailma põllukultuuridest saastunud mükotoksiinidega.
- Taimsetest piima- ja lihaalternatiividest on leitud mükotoksiine kui ka alkaloidide.
- Kõrgeim AFB1 kontsentratsioon on tuvastatud Itaalias **sojavalgu põhistes burgerites (10,1 µg/kg)**.
  - EL seatud kõrgeim piirmäär AFB1-le pähklites on 8 µg/kg.
- Enim kasutatud **kaunviljadel** põhinevate lihaalternatiivide (soja, hernes, kikerhernes) mükotoksiinide ja taimsete alkaloidide tase **ei ole Euroopa Liidus seni reguleeritud**.

# Keemilised ohud: Biogeensed amiinid

- Moodustuvad peamiselt vabade aminohapete dekarboksülimisel.
- Termostabiilsed
- Sageli tunduvad toksilise biogeensete amiinide tasemega toidud organoleptiliselt "normaalsed".
- Teravilja- ja pseudoteravilja põhistes jookides on biogeenseid amiine tuvastatud 1,92-9,27 mg/L, millest histamiini keskmiselt 6,16 mg/L.
- EFSA hinnangul on biogeensete amiinide ohutu annus (toidukorra kohta) 50 mg histamiini.



# Keemilised ohud: Kantserogeensed jm ühendid

- **Kantserogeensete ühendite** esinemise kohta taimsetes lihaalternatiivides **on vähe infot**.
- He jt (2020) viisid läbi sõeluuringu, millega hinnati toksiliste ühendite, nagu N-nitrosodietüülamiin (NDMA) ja polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud, esinemist müügil olevates taimsetes lihatoodetes.
  - Ühes kuumtöödeldud lihaalternatiivis tuvastati NDMA kontsentratsioon  $1,5 \pm 0,1 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ .
- Toksiliste mikroelementide, sealhulgas As, Cd, Hg ja Pb, sisaldus taimsetes jookides on enamasti olnud väga madal ega ole kujutanud tarbijatele ohtu (Astolfi jt 2020; Anakwue 2021)
  - As on taimsetes jookides tuvastatud  $0,02\text{-}2,34 \mu\text{g}/\text{L}$  (EFSA hinnangul ohutu  $0,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ).



# Kokkuvõte

- Kuigi taimseid piima- ja lihaalternatiive propageeritakse inimeste ja keskkonna tervisega seotud põhjustel, võib see seada suure osa elanikkonnast **suuremasse toitainete puudusesse ja suurendad sellega kaasnevate terviseprobleemide riski.**
- Vajalikud on uuringud, et paremini mõista, kuidas erinevate toitainete olemasolu ja puudus taimsetes piima- ja lihaalternatiivides mõjutavad **lühi- ja pikaajalist tarbijate tervist.**
- Taimsete piima- ja lihaalternatiivide arendamisel tuleb rohkem tähelepanu pöörata **toitainete biosaadavusele** kui ka **keemilise ja bioloogilise ohutusega seotud aspektidele.**

**Tänaan kuulamast!**