



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud
maapiirkondadesse

TAL TECH

VALK ON VALK !?

TOIDUOHUTUSE KONVERENTS 2023: KESTLIKUD TOIDUSÜSTEEMID

Ly Villo
Loodusteaduskond, Keemia- ja biotehnoloogia instituut
Tallinna Tehnikaülikool

07.06.2023

- Kui ma ütlen VALK....

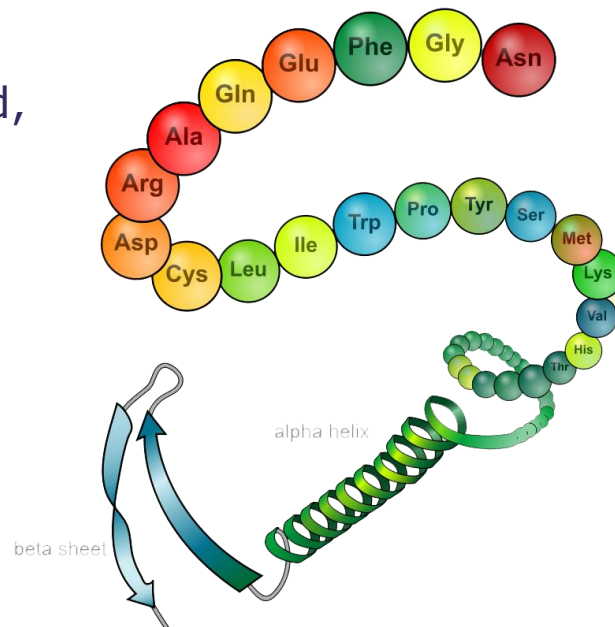


MILLEST RÄÄGIME

1. Mis on valk?
2. Kuidas me valku seedime?
3. Valkude kvaliteedi hindamine
4. Toiduks kasutatavad valgud
 - Loomsed valgud
 - Taimsed valgud, nende eraldamine
 - Eraldatud ja töödeldud taimsed valgud (nt liha ja piima alternatiivid)
 - Valgud muudest organismidest (putukad, vetikad, jm)
 - Laboris kasvatatud liha

1. MIS ON VALK?

- Biopolümeer, mis koosneb 20 aminohapest.
- Organismis täidavad palju olulisi funktsioone (ensüümid, struktuurne, immuunsus, regulatsioon, jpm)
- Asendamatud aminohapped (inimene ise ei sünteesi)
- Valkude omadused toidu aspektist:
 - Füüsikokeemilised omadused: pinna hüdrofoobsus, kogulaeng, aminohapete funktsionaalrühmad, molekuli suurus ja kuju;
 - Funktsionaalsed omadused: geelistumisvõime, lahustuvus, termostabiilsus, emulgaatori ja vahutekitaja omadused, jt.



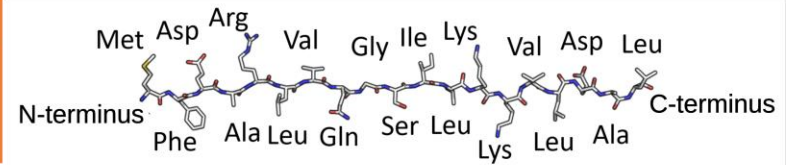
Asendamatud aminohapped	Asendatavad aminohapped
trüptofaan	alaniin
treoniin	arginiin
fenalüülalaliin	asparagiin
metioniin	aspartaat
lüsiin	tsüsteiin
leutsiin	glutamaat
isoleutsiin	glutamiin
histidiin	glütsiin
valiin	proliin
	seriin
	türosiin

20 AMINOHAPET, MIS ON ÜHENDATUD OMAVAHEL PEPTIIDSIDEMEGA MOODUSTAVAD VALGUD

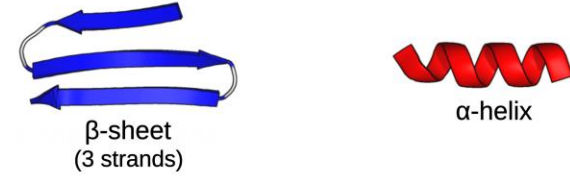
AMINO ACID			
Nonpolar, aliphatic R groups	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>Glycine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Alanine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Valine</p>
	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Leucine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Methionine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Isoleucine</p>
	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>Serine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Threonine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ <p>Cysteine</p>
	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_2\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$ <p>Proline</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{N} \quad \text{O} \end{array}$ <p>Asparagine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{N} \quad \text{O} \end{array}$ <p>Glutamine</p>

AMINO ACID			
Positively charged R groups	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ <p>Lysine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C} = \text{NH}_2^+ \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Arginine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} - \text{NH} \\ \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{N} \\ \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{N} = \text{CH} \end{array}$ <p>Histidine</p>
	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COO}^- \end{array}$ <p>Aspartate</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COO}^- \end{array}$ <p>Glutamate</p>	
	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>Phenylalanine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Tyrosine</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \end{array}$ <p>Tryptophan</p>

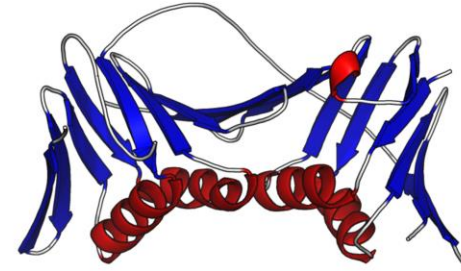
Primary



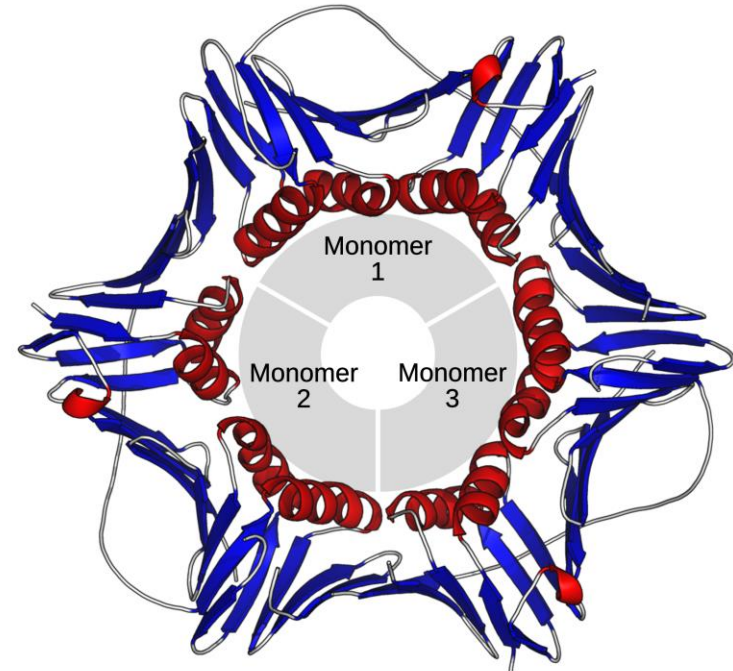
Secondary



Tertiary

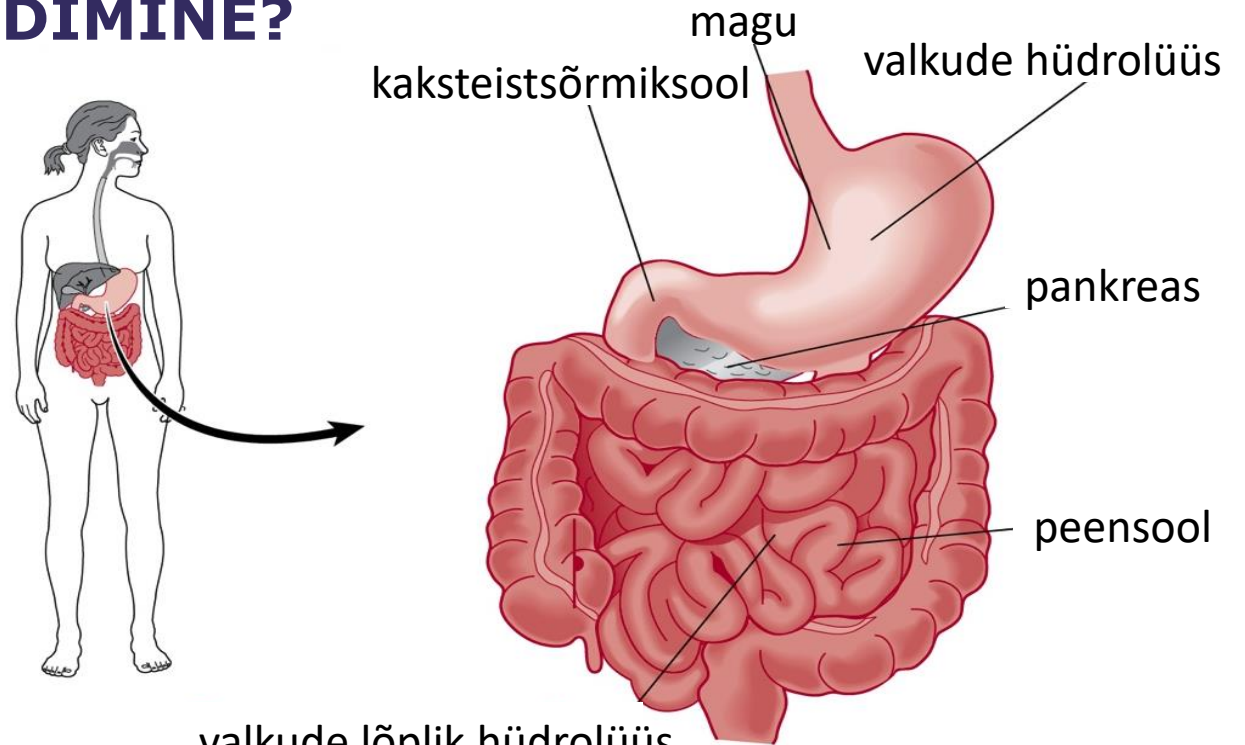


Quaternary

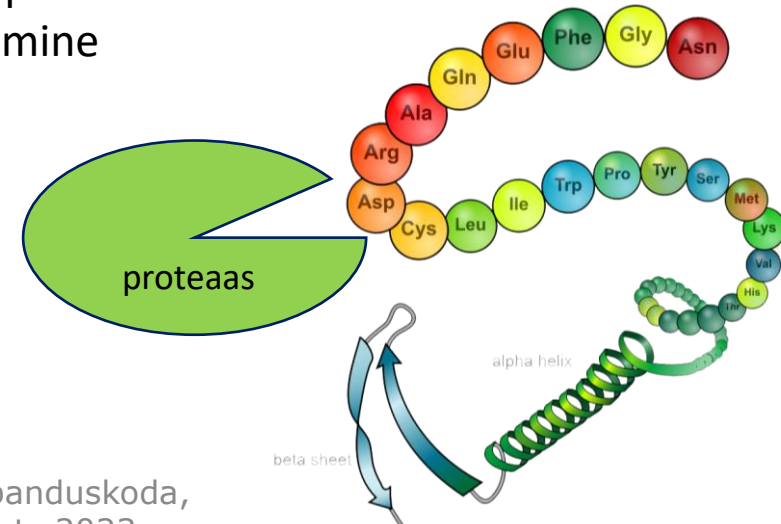


2. KUIDAS TOIMUB VALGU SEEDIMINE?

1. Maos erituvad maomahlad gastriini signaalile
2. Maos olev hape denatureerib valgud, pepsiin hüdrolüüsib peptiidsidemeid
3. Osaliselt seedunud valgud sisenevad peensoole, erituvad hormoonid (sekretiin ja koletsüstokiniin)
4. Hormoonid stimuleerivad pankreast eritama proteaase ja bikarbonaati
5. Peensooles proteaasid lagundavad polüpeptiide tri- ja dipeptiidideks ja aminohapeteks
6. Soolestiku ensüümid peensoole luumenis ja mukoosarakkudes lõpetavad valkude seedimise
7. Sooleseina rakkudesse imenduvad aminohapped ja dipeptiidid



valkude lõplik hüdrolüüs
ja imendumine

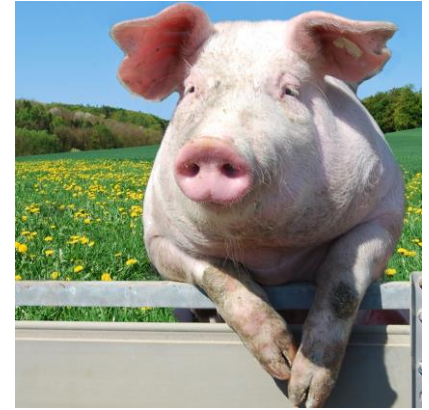


3. VALKUDE KVALITEET, SELLE HINDAMINE

- Valkude kvaliteet sõltub valgu **seeditavusest** ning **asendamatute aminohapete sisaldusest** (nii suhe kui kogus)
- **Seeditavus** – imendunud aminohapete hulk pärast valgu seedimist
 - Loomsed valgud seeduvad 90-99% (liha, juust 95%, munad 97%)
 - Taimsed 70-90% (keedetud poolikud herved 70%, tofu 90%)
- Valke sisaldavad toidud jagatakse **asendamatute aminohapete sisalduse** järgi:
 - Kõrge kvaliteediga ehk täisvalgud – sisaldavad kõiki asendamatuid aminohappeid sobivas suhtes. Nt piimatooted, munad, liha, kala, linnuliha, soja.
 - Madala kvaliteediga valgud – enamus taimsed valgud, puudub üks või mitu asendamatut aminohapet või seda on vähe; pähklid, seemned (Lys, Thr); köögiviljad ja kaunviljad (Met puudus); teraviljad (Lys, vahel ka Thr, Trp)
- Hinnatakse erinevate mõõdikutega nt **PDCAAS** (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*), **DIAAS** (*Digestible Indispensable Amino Acid Score*) – asendamatute aminohapete sisaldust uuritavas valgus võrreldakse sama aminohapete sisaldusega võrdlusvalgus.
 - Enamus loomsed valgud: PDCAAS = 1, (ka soja)
 - Kartul, hernes, kinoa, raps: PDCAAS vähemalt 0.75

4. TOIDUKS KASUTATAVAD VALGUD

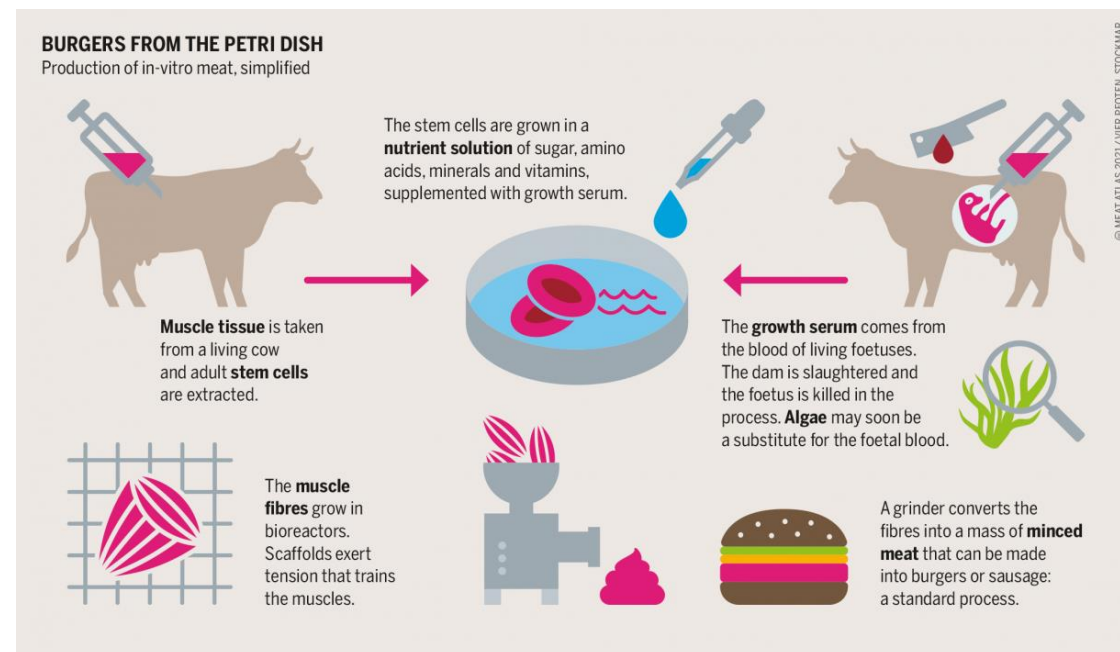
1. Loomsed valgud
2. Taimsed valgud
 - Taimse valgu isolaadid
3. Valgud muudest organismidest
 - Putukad, vetikad, üherakupõhised valgutootmissüsteemid nagu pärmid, bakterid
4. Laboris kasvatatud liha



■ Laboris kasvatatud liha

Protsess:

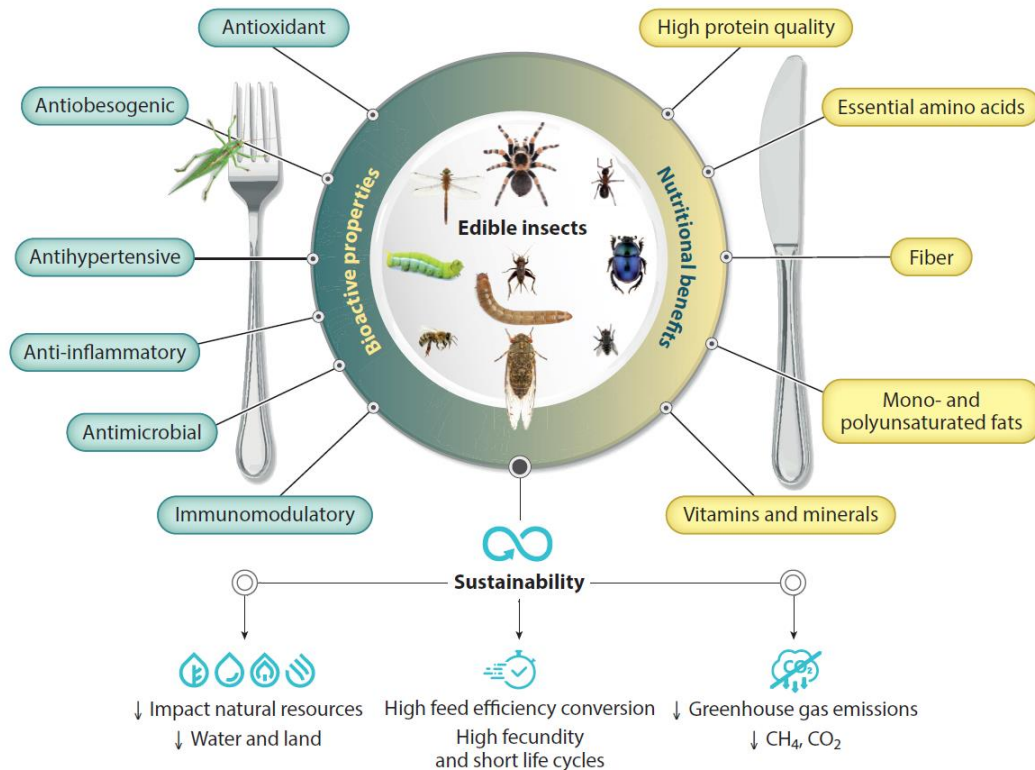
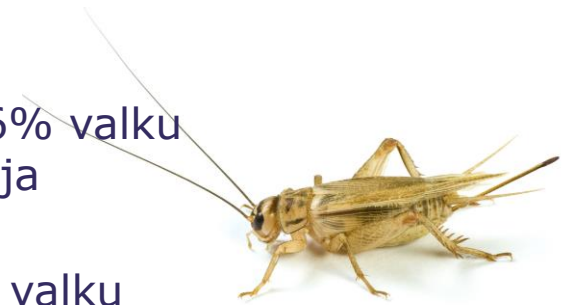
- Veiselt eraldatakse tüvirakud
- Rakukultuur kasvatatakse spetsiaalsel söötmel
- Tekib lihaskude
 - arengujärgus;
 - vajab sisendit toitainete näol – suhkrud, aminohapped, vitamiinid; loomne seerum kasvufaktorite saamiseks, sööde 20% veiseseerum;
 - puhtus oluline – bakter kasvab kiiremini kui imetajarakk;
 - masstootmine rakukultuuride bioreaktoritega keeruline;
 - ...Aga näiteks piimavalku (vadak) ja munavalget pärmseened juba toodavad



Meat Atlas 2021: Facts and figures about the animals we eat, Heinrich-Böll-Stiftung,

Valgud muudest organismidest

- Putukad – väga hea valgullikas, kõik 20 aminohapet sobivas suhtes, kuni 76% valku kuivainest, hea seeduvusega; lisaks lipiidid, mineraalid. Kilgid (ELis lubatud) ja jahumardikas enim kasvatatud putukad toiduks.
- Vetikad (makrovetikas, hulgirakne; pruun, puna- ja rohevetikas) – kuni 47% valku kuivmassis, sobilik aminohappeline koostis.
- Üherakupõhised valgutootmissüsteemid, nagu pärmid, bakterid, mikrovetikad (*Chlorella*, *Spirulina* – toidulisandina pulbri või tablettide kujul, *Chlorella* kuivmassist ca 45% on valk)

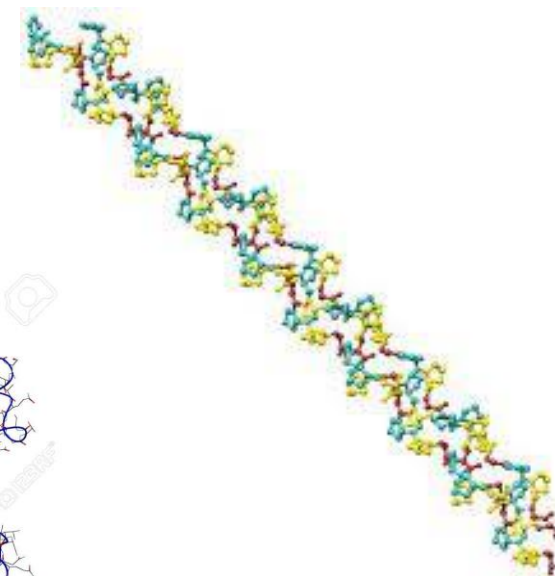
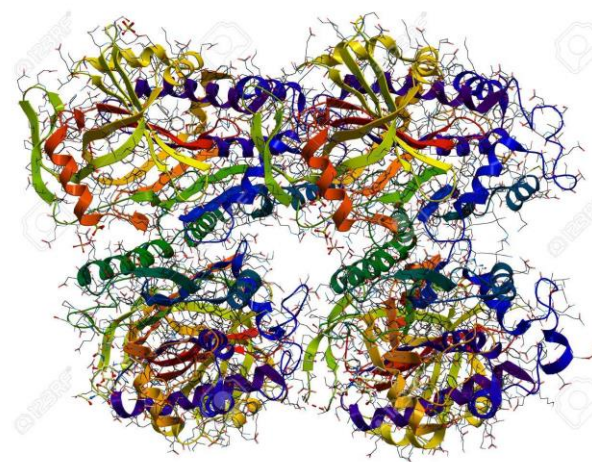
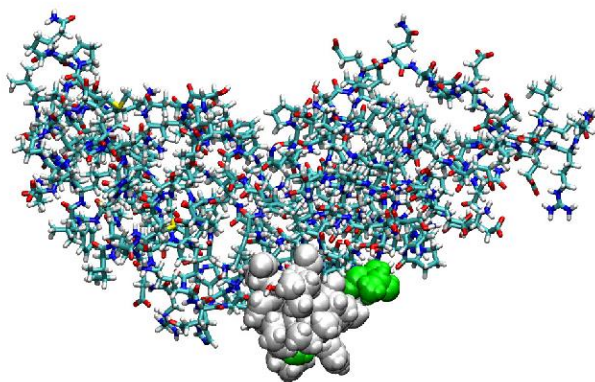
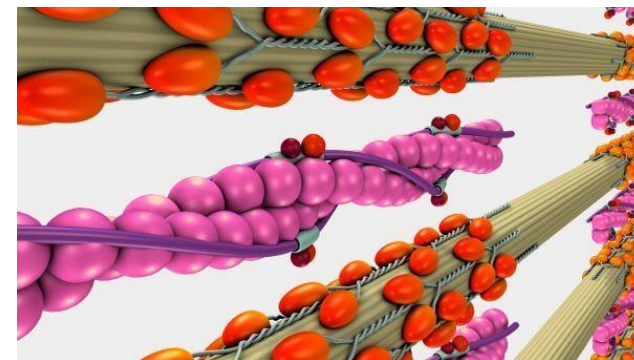


Ferreira de Oliveira, et al, *Future Foods* 2022

Liceaga, et al, *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2022

■ Loomse valgu allikad

- Liha, kala, munad, piimatooted
- Väertuslik valk (lihas keskmiselt ca 22% valku) koos vitamiiniga B₁₂ ja mineraalidega (Zn, Fe, Se)
- Loomsete valkude näited:
 - Lihasrakkudes – aktiin, müosiin, tropomüosiin, troponiin (fibrillaarsed valgud)
 - Sidekude – kollageen, elastiin (fibrillaarne valk)
 - Muna – ovalbumiin (globulaarne valk)
 - Piim – kaseiin („paindlik“ valk, vadakuvalk (laktalbumiinid, laktoglobuliinid - globulaarsed)

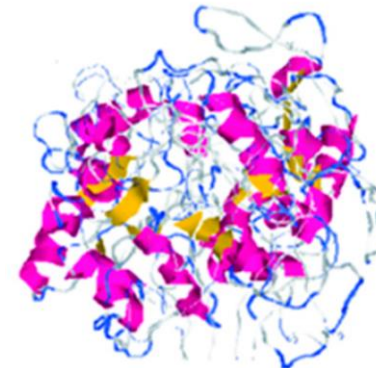


■ Taimse valgu allikad

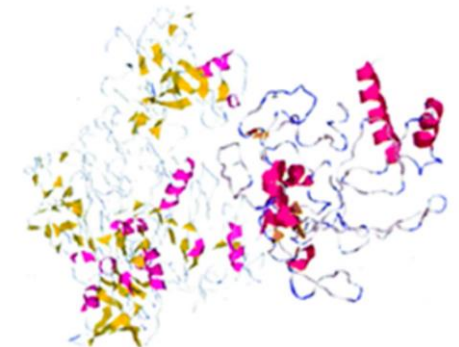
- Teraviljad
- Kaunviljad
- Pähklid
- Seemned
- Köögiviljad



- Struktuurilt on taimsed valgud peamiselt globulaarsed
- Taimsete valkude näited:
 - Albumiinid (vees lahustuvad) – kaunviljad, kinoa
 - Globuliinid (lahjad soolalahused) – kaunviljad, kinoa
 - Prolamiinid (vees halvasti lahustuvad, vesi-etanool segud) – nisu, mais, oder, rukis
 - Gluteliinid (vees halvasti lahustuvad, lahustuvad nõrkades happe/alus lahustes) – nisu



Gliadin

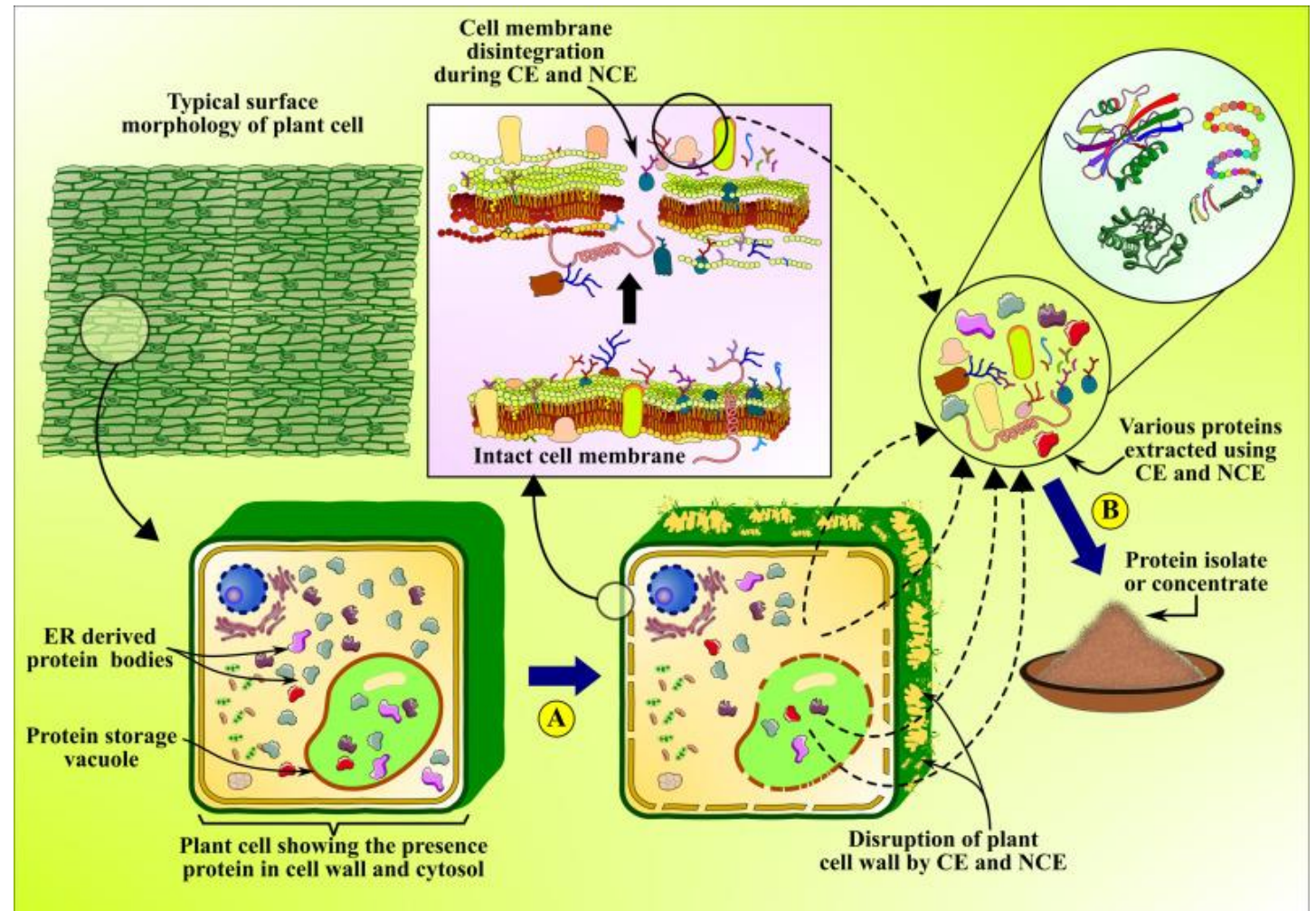


Glutenin

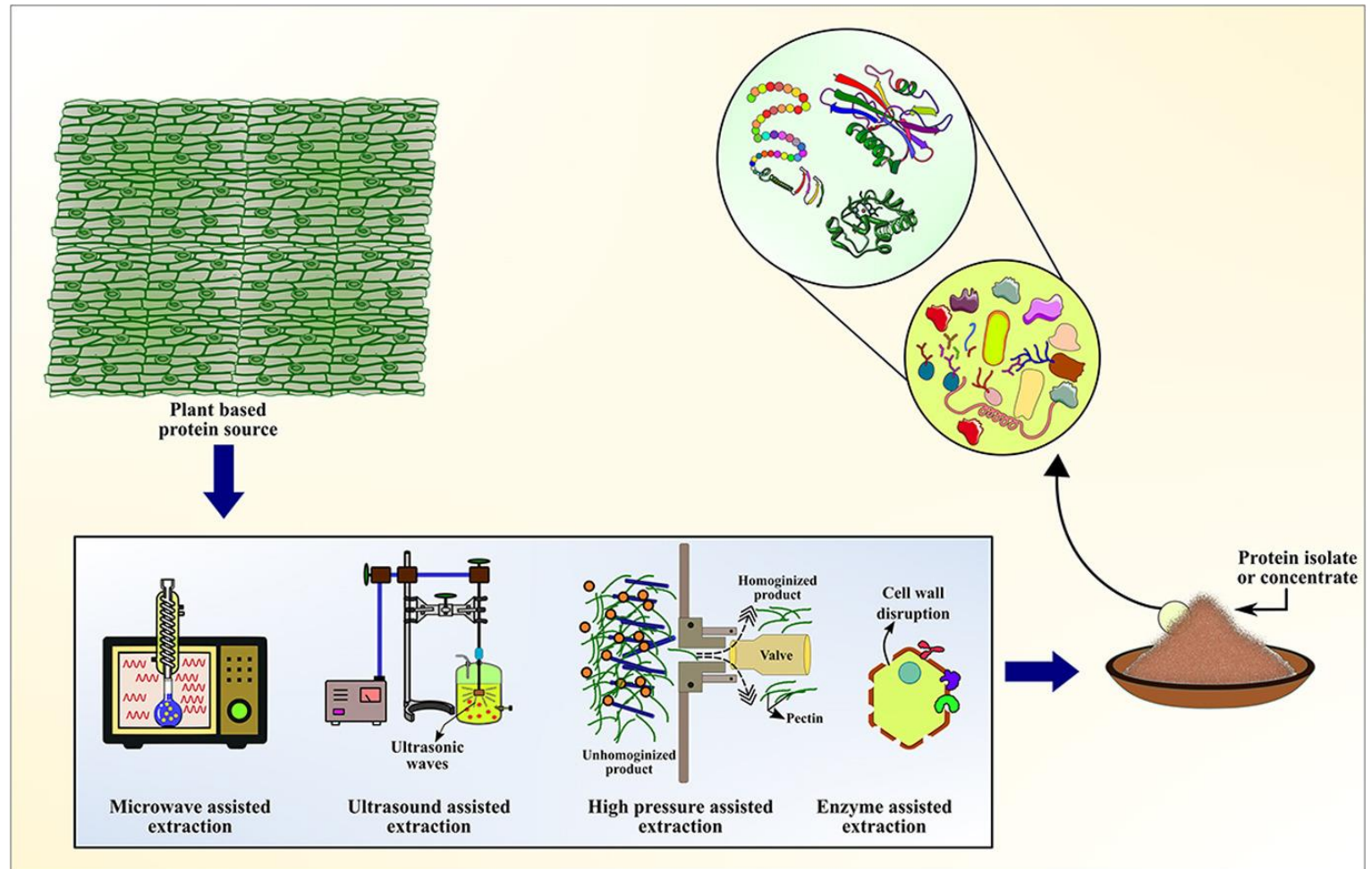
- **Taimse valgu omastatavus (inimese) seedetraktis**

- Struktuurne erinevus – taimsel valgul rohkem β -lehti (loomisel α -heelikseid), see soodustab valkude agregatsiooni ja vähendab seeduvust
- Seedimist takistavad komponendid taimsetes allikates (*anti-nutrients*), takistavad ensümaatilist hüdrolyüüsi või imendumist
 - Lektiinid – oad, maapähkel, sojauba, täisteratooted - võivad vähendada Fe, Zn, P ja Ca imendumist
 - Oksalaadid – roheline lehtedega köögiviljad, tee, oad, pähklid, peet – seostuvad Ca'ga ja takistavad imendumist
 - Fütaadid – täisteratoodetes, seemned, kaunviljad, mõned pähklid – võivad vähendada Fe, Zn, Mg ja Ca imendumist
 - Saponiinid – täisteratooted, kaunviljad – võivad takistada toitainete imendumist
 - Tanniinid – tee, kohv, kaunviljad - võivad vähendada Fe imendumist
 - Glükosinolaadid – brokkoli, brüsseli kapsas, kapsas, kale – võivad takistada joodi imendumist
 - Proteaaside ja amülaaside inhibiitorid – kaunviljad, teraviljad – takistavad ensüümide tööd
- Isoflavoonid sojas
 - Isoflavoonid (struktuurilt sarnased östrogeenile), seonduvad nõrgalt östrogeeni retseptorile, on kahtlustatud hormoonsete radade ja kilpnäärme ensüümide töö häirumist (ei ole üheselt tõestatud)
- Allergiad – üha enam tarbitakse taimseid valke, seega enam tekib nende vastu enam allergiaid (suured valgu kogused isolaatides)

- **Taimse valgu isolaadid**
- **Protsess valgu eraldamiseks taimest**
 - **Ekstraktsioon** – nõrgestada taimset maatriksit valkude eraldamiseks
 - Jahvatamine, purustamine
 - Solvendid: orgaanilised solvendid, happed, alused, soolalahused valkude lahustamiseks

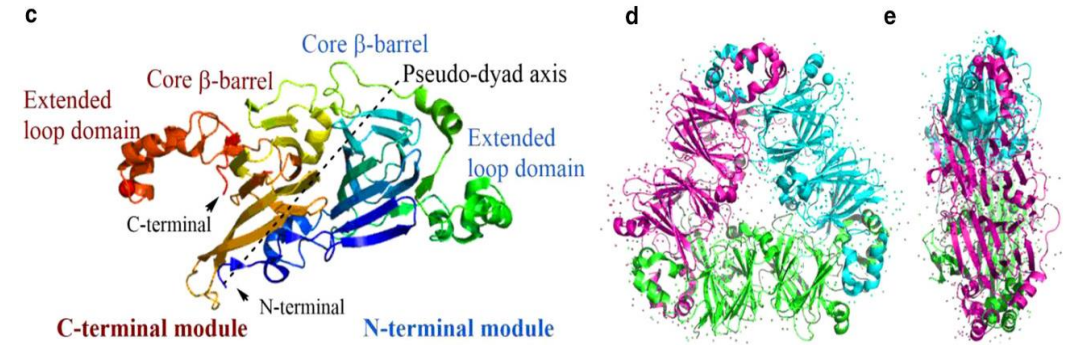


- Ultraheliga töötlemine, mikrolained, kõrge rõhk, ensümaatiline lagundamine, jm
- **Fraktsioneerimine** – valgu eraldamine ja puhastamine
 - Isoelektriline fokusseerimine (valk denatureerub ja agregeerub), tsentrifuugimine – põhjustab valgu struktuuris ja funktsioonis muutusi, saadakse globuliinide fraktsioon
 - Ultrafiltratsioon – valgud eraldatakse molekulmassi järgi, saadakse ka albumiinid; struktuur ja funktsioon säilib; membraanide ummistumine
 - Sooladega sadestamine, vajab dialüüsi, palju vett, energiamahukas.

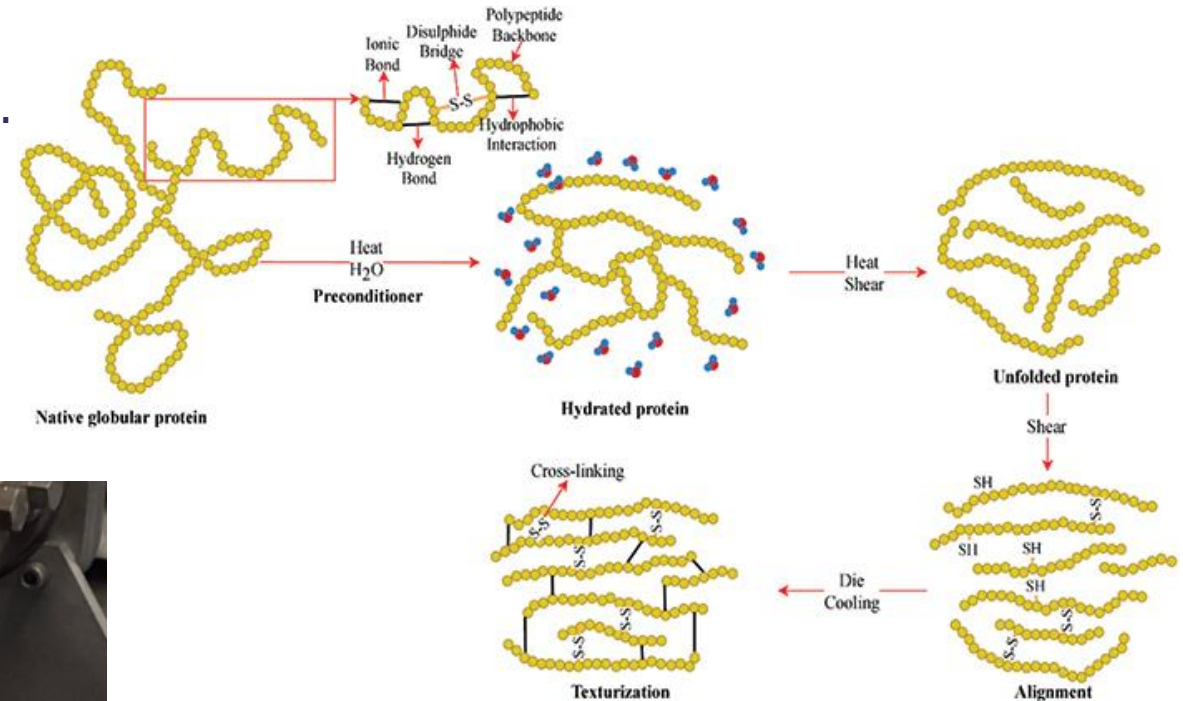


- **Valgu töötlemine ja modifitseerimine**

- Eraldamisprotsessi tõttu võivad taimsed isolaadid olla muutunud funktsionaalsusega, agregeerinud, lahustumatud ja vähenenud omastatavusega
 - Otsitakse meetodeid, kuidas valgu struktuuri parandada
- Paljud taimsed valgud denatureeruvad kõrgemal temperatuuril (soja või herne valk vs munavalk), seega on vaja kõrgemaid temperatuure sama tekstuuri saavutamiseks.
- Paindlik valk (kaseiin) ja fibrillaarne valk (kollageen) annavad loomsest lähteainest tehtud tootele struktuuri. Probleem on kiulise struktuuri tekitamine taimede globulaarsetest valkudest.
- Ekstrudeerimine – materjal segatakse, purustatakse, kuumutatakse ja surutakse suure rõhu all läbi düüside. Võib parandada või halvendada valkude seeduvust.



Kaunviljade valk, Zha, et al, Comp Rev Food Sci Food Safe.2021



Sim, et al, Foods, 2021

Kumar, et al, Food Hydrocolloids 2021

Vatansever, et al, Cereal Foods World 2020

LÕPETUSEKS

1. Loomne valk on inimesele sobiva aminohappelise koostise ja hea omastatavusega
2. Taimsest valgust optimaalse aminohappelise koostise saamiseks tuleb taimi kombineerida ja valkude parema omastatavuse jaoks kuumtöödelda
3. Töödeldud taimse valgu isolaatidega peab olema mõnes aspektis ettevaatlik (väga kõrge valgusisaldus, allergiarisk)
4. Taimsest valgust tehtud liha-alternatiivid on väga kõrgelt töödeldud tooted, sisaldavad palju lisaaineid
5. Järgmisele konverentsile oleks vaja ettekannet töödeldud taimse valgu majanduslikust ja keskkonna-alasest mõjust

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ferreira de Oliveira, et al, Microalgae-based products: Food and public health, *Future Foods* 2022, 6, 100157.
2. Hertzler, et al, Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function, *Nutrients* 2020, 12, 3704.
3. Liceaga, et al, Insects as an Alternative Protein Source, *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2022, 13:19–34.
4. Sim, S.Y.J.; SRV, A.; Chiang, J.H.; Henry, C.J. Plant Proteins for Future Foods: A Roadmap. *Foods* 2021, 10, 1967.
5. Samtiya et al. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview *Food Production, Processing and Nutrition* 2020, 2, 6.

TÄNAN!