

RĪGAS STRADIŅA UNIVERSITĀTES
LATVIJAS UNIVERSITĀTES UN LATVIJAS
LAUKSAIMNĪCĪBAS UNIVERSITĀTES
STARPAUGSTSKOLU AKADEĒMISKĀ MAGISTRA
STUDIJU PROGRAMMA
„UZTURZINĀTNE”

**KALCIJA BIOPIEEJAMĪBU
IETEKMĒJOŠO FAKTORU IZVERTĒJUMS
EKOLOĢISKĀ PIENĀ**

Maģistra darbs

Darba autore:

Stefanija Šabuņeviča

Studējošā apliecības Nr. SS-19082

LU Bioloģijas fakultāte

Darba vadītāja:

Asoc.prof., Dr.sc.ing., Jeļena Zagorska

LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultāte

RĪGA 2022

KOPSAVILKUMS

Šabuņeviča S., (2022). Kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru izvērtējums ekoloģiskā pienā. Zinātniskais darbs veselības zinātņu maģistra grāda uzturzinātnē ieguvei. Latvijas universitāte. Rīga: LU, 49 lpp.

Darba vadītājs Asoc.prof., Dr.sc.ing. Jeļena Zagorska.

Darbs satur: 8 attēlus, 8 tabulas, 1 pielikumu un 37 literatūras avotus. Latviešu valodā.

Darba hipotēze: ekoloģisks piens ir labs kalcija avots.

Bioloģiskā lauksaimniecība ir balstīta uz dabisko procesu pašregulāciju, tāpēc tādi konvencionālie paņēmieni, kas paaugstina kalcija saturu pienā, kā minerālmēslojumu lietošana vai barības papildināšana ar minerālvielām, ir ierobežoti. Turklāt, šī saimniekošanas sistēma ir nozīmīga alternatīva dabas resursu izmantošanā un to ilgpējības uzturēšanā.

Darba mērķis bija izpētīt ekoloģiskā piena ķīmisko sastāvu un tā ietekmi uz kalcija biopieejamību. Pētījums organizēts saskaņā ar autora izveidotu shēmu un istēnots trīs posmos. Sakumā bija noteikts Latvijas tirdzniecības vietās pieejamā piena ķīmisko sastāvu. Tad bija salīdzināts un novērtēts piena sastāvdaļu saturs atkarībā no saimniekošanas (bioloģiska vai konvencionāla) metodes, sezonas (vasara vai ziema) un termiskās apstrādes (svaigpiens vai pasterizēts piens) veida. Nobeigumā bija izvērtēti ekoloģiskā piena kalcija biopieejamību ietekmējošie faktori.

Piena paraugi bija iegūti no 11 dažādām zemnieku saimniecībām no 4 Latvijas novadiem, 27 piena paraugi bija no bioloģiskajām saimniecībām (ekoloģisks piens) un 18 paraugi no konvencionālajām (konvencionāls piens). Pētījumi veikti LLU un LU laboratorijās, kurās tika noteikti piena paraugu vidējie un individuālie sastāva rādītāji (ķīmiskais sastāvs – tauki, olbaltumvielas, laktozes, minerālvielu stauris, beztauku sausna, sausna; kalcija un to biopieejamību ietekmējošie piena sastāvā esošie faktori – kalcijš, sūkalu olbaltumvielas, laktoze, fosfors, laktoferīns). Kalcija un fosfora saturs analizēts J.S. Hamilton Baltic SIA laboratorijā. Dati apkopoti un apstrādāti ar Microsoft Excel 16.61, 2022 versiju. Kvantitatīviem datiem aprēķināts vidējais aritmētiskais, standartnovirzes, minimālā un maksimālā vērtība. Izvērtēts variācijas koeficients. Kalcija un tā biopieejamību ietekmējošo faktoru salīdzinājums analizēts pielietojot ANOVA testu. Faktoru būtiska atšķirība novērtēta ja $p < \alpha$, pie $\alpha = 0,05$ līmeņa.

Darbā noteikts, ka piena ķīmiskais sastāvs, tai skaitā minerālvielu saturs, svārstījās plašās robežās. Gan minimālā (0,59%), gan maksimālā (0,94%) minerālvielu satura vērtība noteikta ekoloģiskā pienā. Vērtējot piena sastāvdaļu saturu bioloģiskās saimniekošanas sistēmas ietvaros, noteikts, ka visu analizēto kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru saturs bija lielāks saimniecībā A iegūta pienā, bet to saturs svārstījās vienas sezonas ietvaros. Ieteicamas 3 porcijas dienā saimniecībā A iegūtajā ekoloģiskā piena, nodrošina 33% no pieaugušo cilvēku kalcija IDD.

Iegūtie rezultāti pierādīja izvirzīto hipotēzi, ka ekoloģisks piens ir labs kalcija avots, tomēr tā saturs ir būtiski atkarīgs no saimniecības, kurā piens ir iegūts.

KALCIJA AVOTS, KALCIJA BIOPIEEJAMĪBA, EKOLOĢISKS PIENS, BIOLOĢISKĀ LAUKSAIMNIECĪBA.

SUMMARY

Sabunevica S., (2022). Evaluation of factors affecting the bioavailability of calcium in organic milk. Scientific thesis for the degree of Master of Health Sciences in Nutrition. The University of Latvia. Riga, 49 pages.

Head of the thesis Asoc.prof., Dr.sc.ing. Jelena Zagorska

8 figures, 8 tables, 1 appendix and 37 references. In Latvian.

Hypothesis: organic milk is a good source of calcium.

Organic farming is based on the self-regulation of natural processes, therefore conventional measures to increase the calcium content of milk, such as the use of mineral fertilisers or supplementation of feed with minerals, are limited. Moreover, this farming system is a natural alternative for using natural resources and maintaining their sustainability.

The aim of this work was to investigate the chemical composition of organic milk and its effect on calcium bioavailability. The study was organised according to a scheme developed by the author and was carried out in three phases. First, the chemical composition of milk available in Latvian was determined. Then, the milk compounds were compared and evaluated according to the farming method (organic or conventional), season (summer or winter) and type of heat treatment (raw or pasteurised milk). Finally, the factors influencing the bioavailability of calcium in organic milk were evaluated.

Milk samples were collected from 11 different farms in 4 regions of Latvia, 27 milk samples were from organic farms (organic milk) and 18 samples were from conventional farms (conventional milk). The studies were carried out in the laboratories of the Agricultural University of Latvia and the University of Latvia, where the average and individual compositional parameters of the milk samples were determined (chemical composition - fat, protein, lactose, mineral content, non-fat dry matter, dry matter; calcium and factors affecting the bioavailability of milk composition - calcium, whey protein, lactose, lactoferrin). Calcium and phosphorus content were analysed in the laboratory of J.S. Hamilton Baltic SIA. Data were collected and processed using Microsoft Excel version 16.61, 2022. Arithmetic mean, standard deviations, minimum and maximum values were calculated for quantitative data. The coefficient of variation was evaluated. A comparison of calcium and factors affecting its bioavailability was analysed using ANOVA test. The significant difference between factors was assessed at $p < \alpha$, at $\alpha = 0.05$ level.

The chemical composition of milk, including mineral content, varied over a wide range. Both minimum (0.59%) and maximum (0.94%) values of mineral content were found in organic milk. When the content of the constituents of the milk was evaluated within the organic farming system, it was found that the content of all the analysed factors affecting the bioavailability of calcium was higher in the milk from organic farm A, but their content varied within the same season. The recommended 3 servings/day of organic milk from farm A provides 33% of the adult calcium RDI.

The results proved the hypothesis that organic milk is a good source of calcium, but that the calcium content depends significantly on the farm where the milk is produced.

SOURCE OF CALCIUM, CALCIUM BIOAVAILABILITY, ORGANIC MILK, ORGANIC FARMING.

SATURA RĀDĪTĀJS

KOPSAVILKUMS	2
SUMMARY	3
DARBĀ IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI	5
IEVADS	6
1. LITERATŪRAS APSKATS	7
1.1. KALCIJA LIETOŠANAS NEPIECIEŠAMĪBA	7
1.1.1. Kalcija ieteicamās dienas devas	7
1.1.2. Kalcija lietošanas paradumi	8
1.2. KALCIJA NOZĪME CILVĒKU ORGANISMĀ	9
1.2.1. Pārmērīga kalcija uzņemšana	10
1.2.2. Nepietiekama kalcija uzņemšana	10
1.2.3. Sirds un asinsvadu slimības	11
1.2.4. Osteoporoze	11
1.3. KALCIJA BIOPIEEJAMĪBA	13
1.3.1. Biopieejamība	13
1.3.2. Kalcija uzsūkšanas	13
1.3.3. Kalcija izmantošanas pakāpe	14
1.4. KALCIJA AVOTI	16
1.4.1. Pārtikas produkti	16
1.4.2. Preparāti	17
1.4.3. Piens kā kalcija avots	19
2. MATERIĀLI UN METODES	21
2.1. PĒTĪJUMA HIPOTĒZE, MĒRĶIS UN UZDEVUMI	21
2.2. PĒTĪJUMA APSTĀKĻI	21
2.3. DATU APSTRĀDE	26
3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA	27
3.1. PIENA ĶĪMISKĀ SASTĀVA ANALĪZE	27
3.1.1. Tauku saturs	28
3.1.2. Olbaltumvielu saturs	30
3.1.3. Laktozes saturs	31
3.1.4. Sausnas un beztauku sausnas saturs	31
3.1.5. Minerālvielu saturs	32
3.2. KALCIJA BIOPIEEJAMĪBAS IETEKMĒJOŠO FAKTORU SALĪDZINĀJUMS	33
3.2.1. Kalcijs	33
3.2.2. Laktoze	35
3.2.3. Sūkalu olbaltumvielas	37
3.3. KALCIJA BIOPIEEJAMĪBU IETEKMĒJOŠO FAKTORU IZVĒRTĒJUMS EKOĻOGISKAJĀ SVAIGPIENĀ	39
3.3.1. Kalcijs, fosfors un to savstarpējā attiecība	40
3.3.2. Laktoze	42
3.3.3. Sūkalu olbaltumvielas	44
3.3.4. Laktoferīns	45
SECINĀJUMI	48
PATEICĪBAS	49
LITERATŪRAS SARAKSTS	50
PIELIKUMI	54

DARBĀ IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI

BLS – bioloģisks

EKO - ekoloģisks

IDD - ieteicamā dienas deva

KMB – kaulu minerālais blīvums

KNL – konvencionāls

ĶMI – ķermeņa masas indekss

LDC - Lauksaimniecības datu centrs

LLU – Latvijas lauksaimniecības universitāte

LU – Latvijas universitāte

RSU – Rīgas Stradiņa universitāte

SAAS – sirds un asinsvadu slimības

IEVADS

Tādas pārtikas grupas, kā piena produkti, satur daudz bioaktīvu savienojumu, kam ir sarežģīta savstarpēji sinerģiska vai antagoniska mijiedarbība, kas ietekmē sastāvdaļu uzsūkšanos un izmantošanas spējas cilvēka organismā. Iepriekš Latvijā ir veikti pētījumi par bioloģiskajā lauksaimniecībā iegūta jeb ekoloģiskā piena kvalitāti. Tomēr līdz šim nav izvērtēta piena sastāvdaļu ietekme uz kalcija biopieejamību.

Piens un piena produkti ir daļa no pilnvērtīga un sabalansēta uztura, ko Latvijas iedzīvotājiem iesaka lietot katru dienu. Piens satur augstvērtīgas olbaltumvielas, taukos (A, D, E) un ūdenī šķīstošos vitamīnus (B grupas un C vitamīns). Piens ir bagāts ar minerālvielām – cinku, fosforu, magniju, selēnu, jodu un ir galvenais kalcija avots uzturā. Kalcija uzņemšana ir svarīga cilvēka veselības uzturēšanai, t.sk. neinfekciozu slimību profilaksē un ārstēšanā (Veselības ministrija, 2020; SPKC, 2012). Šobrīd piena patēriņš uz vienu mājsaimniecības locekli gadā Latvijā vidēji sastāda 40,68 litrus jeb 109 ml dienā (CSP, 2019).

Neinfekcijas slimības ir biežākais saslimstības un mirstības cēlonis Latvijā. Galvenie nāves cēloņi Latvijā ir: sirds un asinsvadu sistēmas slimības – 2019. gadā 15 tūkstoši mirušo jeb 55%. Līdz ar populācijas novecošanos visā pasaulē, un arī Latvijā, pieaug osteoporozes saslimšana. Tā ir hroniska slimība, kas saistīta ar samazinātu dzīves kvalitāti un samazinātu paredzamo veselīgu mūža ilgumu jeb gadu skaitu, kas tiks nodzīvoti veselīgi un bez funkcionāliem traucējumiem un ierobežojumiem. Latvijas iedzīvotāju paredzamais veselīgi nodzīvotā mūža ilgums ir viszemākais visā ES – 2018. gadā sievietēm 53,7 gadi, vīriešiem – 51 (Veselības ministrija, 2021; SPKC, 2012; Pereira, 2014).

Ir svarīgi izanalizēt ekoloģiskā piena ķīmisko sastāvu, izvērtējot gan kalcija saturu, gan tās piena sastāvdaļas, kas spēj ietekmēt kalcija bio pieejamību – laktozes, sūkalu olbaltumvielas, tai skaitā laktoferīna, kā arī fosfora saturu. Izpratne par piena produktu sastāvdaļu savstarpējo mijiedarbību palīdzēs labāk izziņāt pienā esošā kalcija biopieejamību. Nākotnē šī informācija palīdzēs pārtikas produktu un cilvēka diētas izvērtēšanā, kā arī optimālu uztura ieteikumu izveidošanā. Šis ir perspektīvs pētījuma virziens, kura mērķis ir noteikt kalcija biopieejamību ietekmējošus faktoros un radīt priekšstatu par ekoloģisko pienu kā kalcija avotu.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Kalcija lietošanas nepieciešamība

Kalcijs ir visizplatītākā minerālviela cilvēka organismā un tā uzņemšana ar uzturu ir būtiski svarīga skeleta un nonskeletālās veselības uzturēšanā. Aptuveni 99% no organismā esošā kalcija atrodas kaulos un zobos, nodrošinot to struktūru un funkcijas. Mazāk nekā 1% no kopējā organismā esošā kalcija daudzuma nodrošina svarīgas organisma funkcijas: asinsvadu kontrakcijas un vazodilatāciju, muskuļu kontrakcijas, nervu impulsu transmisiju un intracelulāru signalizāciju. Kalcijs ir iesaistīts enzīmu aktivācijā, šūnu diferenciācijā un imūnātbildes reakcijā, kā arī apopozē jeb šūnu ieprogrammētā bojāejā. Lai nodrošinātu iepriekš minētās funkcijas, tiek uzturēta pastāvīga kalcija homeostāze (Wawrzyniak et al, 2021; Pu et al., 2016; Schulze, 2013).

1.1.1. Kalcija ieteicamās dienas devas

Latvijas iedzīvotājiem kalcija ieteicamās dienas devas (turpmāk IDD) ir atspoguļotas 1.1. tabulā (SKPC, 2017).

1.1. tabula

Dienā ieteicamās minerālvielu vidējās devas

Vecums	Ca	P
7 - 12 mēneši	550 mg	420 mg
1 - 3 gadi	600 mg	470 mg
4 - 6 gadi	600 mg	505 mg
7 - 10 gadi, zēni meitenes	800 mg 800 mg	540 mg 620 mg
11 - 14 gadi, zēni un meitenes	900 mg	700 mg
15 - 18 gadi, Zēni un meitenes	1200 mg	700 mg

Vecums	Ca	P
Pieaugušie, vīrieši un sievietes	800 mg	600 mg
Sievietes grūtniecības period *	1000 mg	700 mg
Sievietes laktācijas periodā	900 mg	900 mg
* Grūtniecēm pusaudžu vecumā, kā arī sievietēm, sākot ar otro grūtniecības periodu ir ieteicams uzņemt 1300 mg kalcija.		

Vidējā IDD mainās atkarībā no vecuma, dzimuma, fizioloģiskā un veselības stāvokļa, un parasti sastāda ap 900 mg dienā pieaugušajiem (vidēji 800 - 1000 mg atkarībā no valsts), un pieaug līdz 1200 mg dienā pusaudžiem un gados vecākiem cilvēkiem. Šo rekomendāciju sasniegšanu primāri būtu jānodrošina ar uzturu (Guéguen et al., 2000; Muscariello et al., 2021). Pēc osteoporozes klīniskajām vadlīnijām, sievietēm pēc 50 gadu vecuma jāuzņem 1200 mg kalcija dienā, vīriešiem – vismaz 1000 mg dienā. Kalcija dienas devai nevajadzētu pārsniegt 2500 mg dienā (LOKMSA, 2011; Raymond and Morrow, 2020).

Lai sasniegtu optimālu kalcija dienas devu, jācenšas palielināt kalcija daudzumu uzturā, bet kalcija preparāti jālieto tikai tad, kad ieteicamo kalcija devu nevar sasniegt ar uzturu (Raymond and Morrow, 2020).

1.1.2. Kalcija lietošanas paradumi

Pasaules dati liecina, ka kalcija IDD regulāri netiek sasniegta. Lielākā daļa pasaules iedzīvotāju katru dienu uzņem < 1000 mg kalcija. Vidējo kalcija patēriņu var raksturot kā zemu, jo tas sastāda mazāk nekā 400 mg dienā (Wawrzyniak et al., 2021).

Sistemātiskais pārskats, kas bija veikts 2017. gadā un aptver kalcija patēriņa daudzumu no 74 pasaules valstīm, parādīja, ka vidējais kalcija patēriņš svārstās no 175 līdz 1233 mg dienā. Viszemākais patēriņš ir vērojams Āzijas valstīs - mazāk par 500 mg/dienā, pēdējā vietā ir Nepāla ar vidējo patēriņu 175 mg/dienā. Āfrikā un Dienvidamerikā ir reģistrēts vidējais kalcija patēriņa līmenis 400 – 700 mg/dienā. Savukārt Eiropā tikai puse (jeb 50–60%) pieaugušo un veco cilvēku ievēro kalcija IDD. Visaugstākais patēriņš ir Ziemeļeiropas valstīs, kur vidēji tiek patērēts > 1000 mg/dienā. Visaugstākā vidējā kalcija uzņemšana ir Islandē – 1233 mg/dienā. Pārskatā minēts, ka vidējais kalcija patēriņš sievietēm parasti ir zemāks nekā vīriešiem (Balk et al., 2017).

Nepietiekamu kalcija uzņemšanu apstiprina arī ASV dati. Amerikas Savienotajās Valstīs kalcija uzņemšana pieaugušajiem un bērniem parasti ir daudz zemākā par dienas ieteicamo devu. Īpaši tas attiecas uz bērniem vecumā no 9 līdz 13 un no 14 līdz 18 gadiem (Cluskey et al., 2015).

Anglijā veiktajā pētījumā, kas aptvēra datus par 18 tūkstošiem cilvēkiem, noskaidrots, ka lielāka kalcija uzņemšana ar uzturu novērojama vīriešiem, kam ir zemāks ķermeņa masas indekss (turpmāk KMI), zemāks holesterīna līmenis asinīs, augstāks izglītības līmenis, augstāks fiziskās aktivitātes līmenis, mazāks kopējais alkohola patēriņš un lielākā daļa no tiem nekad nesmēķēja. Turklāt dalībniekiem ar lielāku kalcija daudzumu uzturā parasti ir arī lielāks kopējais ikdienas enerģijas, augļu, dārzeņu patēriņš un palielināta D vitamīna uzņemšana. Savukārt, biežāka kalcija uzņemšana ar uztura bagātinātājiem (turpmāk UB) ir gados veciem cilvēkiem, ka arī sievietēm. UB biežāk lieto tie, kuriem ir zemāks KMI , augstāks sociālais statuss un augstāks izglītības līmenis neatkarīgi no dzimuma. Bez tam, pētījumā ir novērojama tendence, ka kalcija UB lietošana ir saistīta ar augstāku kalcija uzņemšanu ar uzturu un augstāku citu papildus vitamīnu uzņemšanu UB veidā (Pana et al., 2021).

Ņemot vērā iepriekšminēto, būtu jāuzsver, ka kalcija uzņemšana ir būtiska ne tikai organisma fizioloģisku funkciju nodrošināšanā, bet arī dažādu slimību profilaksē (Muscariello et al., 2021), kas tiešā veidā saistīts ar cilvēku dzīves kvalitāti. Tāpēc būtu jāveicina mērķtiecīga sabiedrības veselības pasākumu veicināšana un īstenošana, lai palielinātu kalcija (un arī D vitamīna) uzņemšanu Eiropas un Latvijas iedzīvotājiem, it īpaši pusaudžiem. Kalcija deficīta novēršana jau šobrīd ir Eiropas sabiedrības veselības prioritāte (Nguyen et al., 2021, Julian et al., 2017, Balk et al., 2017).

1.2. Kalcija nozīme cilvēku organismā

Gan optimāla, gan pārmērīga, gan arī neapmierīga kalcija uzņemšana spēj ietekmēt cilvēku veselības stāvokli. Papildus kalcija bioloģisko funkciju nodrošināšanai un fizioloģisko procesu regulēšanai, atbilstoša kalcija uzņemšana ar uzturu ir nozīmīga tādu slimību profilaksē, kā piemēram, osteoporoze un metaboliskais sindroms. Attiecībā uz sirds un asinsvadu slimību attīstības risku, kalcija uzņemšanai var būt gan pozitīva, gan negatīva ietekme (Pu et al., 2016; Schulze et al., 2013).

Šobrīd pastāv 10 apstiprinātas kalcija veselīguma norādes, kas liecina, ka kalcijš uztur kaulu un zobu veselību, nodrošina normālu nervu impulsu pārvadi, normālu asinsreci, muskuļu

un gremošanas fermentu darbību, ka arī normālu enerģijas ieguves vielmaiņu, šūnu dalīšanos un šūnu specializāciju (EFSA, 2009).

1.2.1. Pārmērīga kalcija uzņemšana

Pārmērīgu kalcija uzņemšanu ar uzturu var panākt reti, taču, palielinoties uztura bagātinātāju lietošanai, dažas cilvēku grupas var būt īpaši jutīgas pret pārmērīgu kalcija saturu organismā. Hiperkalciēmija jeb augsts, virs normas (norma 2,2 - 2,6 mmol/l) cirkulējošais kalcija līmenis asinīs, ir kalcija pārpalikuma iznākums, kas izpaužas ar svara zudumu, nogurumu, sirds aritmijām un mīksto audu pārkaļķošanu. Turklāt tas var izraisīt hiperkalciūriju un ietekmēt nieru darbību, izraisot organisma alkalozu. Nierakmeņi var rasties no kalcija oksalāta nogulsnešanās nieru audos. To rašanās ir galvenokārt saistīta ar papildus kalcija uzņemšanu ar preparātiem, nevis ar uzturu uzņemto kalciju (Schulze et al., 2013). Tomēr, klīniskie dati apstiprina, ka augsta kalcija uzņemšana ar pārtiku vai uztura bagātinātājiem (> 1500 mg/d) ir saistīta ar progresējoša un letāla prostatas vēža risku (Straub et al., 2007).

Lai gan tiek uzskatīts, ka cirkulējošais kalcija līmenis, ko mēra tukšā dūšā, nav atkarīgs no kalcija uzņemšanas veida (ar uzturu vai uztura bagātinātājiem), kalcija līmenis serumā palielinās uzreiz pēc kalcija uzņemšanas. Tas ir augstāks cilvēkiem, kuri saņem kalciju ar citrāta piedevām, salīdzinot ar to, ko nodrošina ar piena produktiem bagātīga maltīte. Turpretim, pārmērīga kalcija uzņemšana ar uzturu var minimāli ietekmēt kalcija koncentrāciju serumā, jo pie pārmērīgas uzņemšanas samazinās zarnu absorbcijas efektivitāte un palielinās kalcija izdalīšanās ar urīnu (Wu et al., 2021).

1.2.2. Nepietiekama kalcija uzņemšana

Kalcija deficīts uzturā ir epidemioloģiski saistīts ar vairākām hroniskām slimībām, tostarp osteoporozu, osteomalāciju, hipertensiju un aptaukošanos. Nepietiekama kalcija uzņemšana bērnībā un pusaudža gados palielina osteoporozes un kaulu trauslumu vēlākos dzīves posmos (Kaushik et al., 2014). Klīniskie pētījumi liecina, ka kalcija nepietiekama uzņemšana kopā ar D vitamīna hipovitaminozi ir predisponējošie faktori tām hroniskām slimībām, kas ir saistītas ar šūnu specifisku kalcija jutīgo receptoru aktivitātes izmaiņām. Kalcija deficīta dēļ notiek signāla pavājināšanās ar sekojošiem šūnu funkciju traucējumiem kaulos, nierēs, zarnās, krūts piena dziedzeros, prostatas un aizkuņģa dziedzerī, asinsvadu endotēlijā, kā arī endokrīnā un imūnsistēmā (Peterlik et al., 2005).

1.2.3. Sirds un asinsvadu slimības

Pastāv vairāki Kohorta pētījumi, kas sniedz priekšstatu par uztura kalciju un sirds un asinsvadu slimībām (turpmāk SAAS). Pirms gada Anglijā bija veikts Kohorta pētījums un meta-analīze ar mērķi noskaidrot saistību starp kalcija uzņemšanu un SAAS un mirstību. Pētījumā secināts, ka mērena kalcija uzņemšana ar uzturu (virs 770mg/d un zem 1255 mg/d) var pasargāt no SAAS, un ar to saistīto iemeslu izraisītām mirstībām. Tomēr ir norādīts, ka pārmērīga kalcija uzņemšana (virs 1255 mg/d) nav vēlama, jo randomizētos pētījumos ir pierādīta sakarība starp paaugstinātu kalcija līmeni serumā un palielinātu koronāro artēriju slimību un miokarda infarktu. Bija noskaidrota “U” veida sakarība starp pārāk zemu (< 770 mg/d) un pārāk augstu (> 1255 mg/d) kalcija uzņemšanu un insulta risku (Pana et al., 2021). Savukārt, Somijā veiktais Kohorta pētījums, kurā bija iekļauti 1029 indivīdi, pierādīja, ka bērībā ilgstoša kalcija uzņemšana, kas pārsniedz ieteicamo līmeni, nav saistīta ar paaugstinātu kardiovaskulāro risku pieaugušā vecumā (Wu et al., 2021).

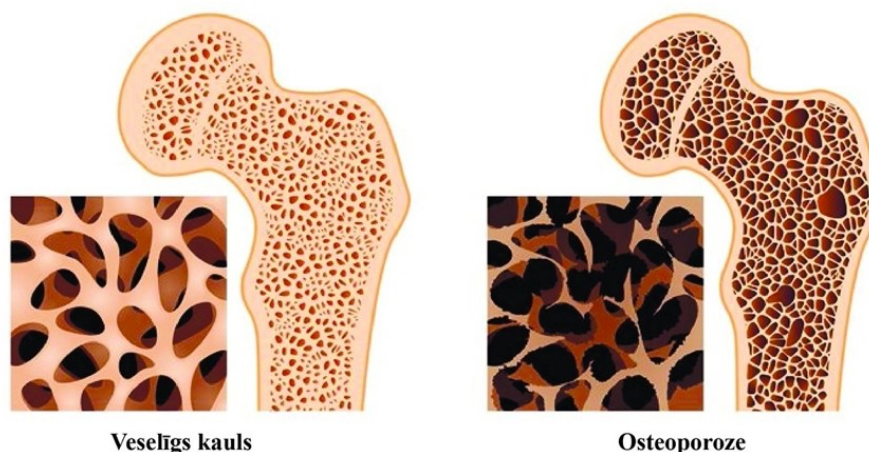
Papildus tām, noteikts, ka pastāv negatīva korelācija starp kalcija pietiekamu uzņemšanu un 2. tipa diabēta sastopamību. Turklāt, kalcija uzņemšana spēj veicināt taukskābju un žults saistīšanos ar kalciju, kas savukārt kavē to uzsūkšanos zarnās, veicinot tauku izdalīšanos ar fekālijām un, tādējādi, samazinot holesterīna līmeni asinīs. Toties, kalcijs spēlē noteicošo lomu metaboliskā sindroma profilaksē un ārstēšanā, palīdzot uzlabot lipīdu profilu, paaugstinot ABL-holesterīna un pazeminot ZBL-holesterīna un triglicerīdu līmeni. Kalcijs ir nozīmīgs, lai mazinātu hipertensijas attīstību (Muscariello et al., 2021; Wu et al., 2021; Pu et al., 2016).

1.2.4. Osteoporoze

Kauli ir cieti, pastāvīgi pārveidojošies saistaudi. Kalcijam, sadarbojoties ar citiem uztura komponentiem, D vitamīnu un kalciju saistošiem proteīniem, ir svarīga loma kaulu veidošanās un uzturēšanās procesā (Pu et al., 2016). Kaula stiprumu nosaka kaulu minerālais blīvums (turpmāk KMB) un to kvalitāte. KMB zudums ir agrīna osteopēnijas pazīme, kas var pārvērsties par osteoporozi (LOKMSA, 2011). Kaulu kvalitātes un/vai blīvuma samazināšanos novēro galvenokārt sievietēm perimenopauzes un pēcmenopauzes periodā, kā arī citos stāvokļos, kas saistīti ar novecošanos, iekaisumu un/vai autoimūnām slimībām, pie hroniskaas glikokortikoīdu lietošanas, ķīmijterapijas, vai pie epilepsijas ārstēšanas ar valproātu, ka arī pie hroniskiem uztura deficītiem (Capozzi et al., 2020).

Osteoporoze ir hroniskā kaulu slimība, ko raksturo strukturālas izmaiņas (sk. 1.1.att.), samazināta kaulu masa un samazināts kaulu stiprums, rezultātā palielinās lūzumu risks.

Osteoporoze ir saistīta ar hroniskām sāpēm, ilgstošu zāļu lietošanu, rehabilitācijas nepieciešamību, ka arī darbspēju pasliktināšanos un/vai zudumu, ka arī ar dzīves kvalitātes pazemināšanos. Tipiskās osteoporozes lūzumu vietas ir mugurkaula skriemeļi, augšstilba kaula kakliņš un apakšdelma kauli. Lūzumu sekas 30% gadījumu ir invaliditāte. Tas veido lielāko daļu no tiešajām veselības aprūpes izmaksām. Turklāt, lūzums ir viens no galvenajiem mirstības cēloņiem osteoporozes gadījumā, piemēram, mirstība pēc augšstilba kaula un augšstilba kaula kakliņa lūzuma pirmā gada laikā ir 24% (LOKMSA, 2011).



1.1.att. Osteoporotiskās izmaiņas kaulu struktūrā.

Pietiekama kalcija uzņemšana ir viens no osteopēnijas, osteoporozes profilakses un ārstēšanas stūrakmeņiem (LOKMSA, 2011). Kaulu trauslumu vai/un lūzumu profilaksei ir ieteicami vispārīgi pasākumi, kas ietver sabalansētu uzturu ar optimālu olbaltumvielu (0,8 – 1 g/kg) un kalcija (1000-1200 mg), D vitamīna (800 SV) uzņemšanu, kā arī regulāras fiziskas aktivitātes (Capozzi et al., 2020; Rizzoli et al., 2021). It īpaši ir svarīga pietiekama kalcija uzņemšana augšanas periodā, lai nodrošinātu maksimālu kaulu masas sasniegšanu (Pu et al., 2016). Pastāv divas pieejas, lai kavētu osteoporozes risku, novecojot. Pirmkārt, kaulu masas maksimāla palielināšana pusaudža gados un, otrkārt, kaulu masas blīvuma samazināšanās kavēšana vēlākajos dzīves periodos (Ilesanmi-Oyelere et al., 2020).

Osteoporoze kļuvusi par vienu no aktuālākām veselības aprūpes problēmām pasaulē, Eiropā, un arī Latvijā. Osteoporotiski lūzumi skar katru otro sievieti un katru piekto vīrieti pēc 50 gadiem, un to izplatība tikai palielinās. Savukārt, tiek uzsvērta nepieciešamība osteoporozes profilaksi un ārstēšanu izvirzīt par vienu no Eiropas Savienības dalībvalstu veselības aprūpes galvenajiem mērķiem (LOKMSA, 2011; F.Pu, 2016; Ilesanmi-Oyelere et al., 2020; Rizzoli et al., 2021).

1.3. Kalcija biopieejamība

Kalcija uzsūkšanos zarnu traktā un tā izmantošanas spējas organismā var ietekmēt daudzi endogēni un eksogēni faktori. Mainot cilvēka ēšanas paradumus, regulējot un individuāli pielāgojot diētu, ir iespējams panākt augstāku kalcija biopieejamības nodrošināšanu (Wawrzyniak et al., 2021).

1.3.1. Biopieejamība

Visplašāk pieņemta biopieejamības definīcija ir barības vielu vai zāļu daļa, kas pēc tās ievadīšanas organismā, nonāk asins cirkulācijā un spēj aktīvi darboties organismā (Srini, 2001). Biopieejamība ir radītājs, kas raksturo uzņemtās vielas daudzumu, kurš organismā tiek uzsūkts un izmantots, nonākot orgānos un audos. Lai konkrētas vielas būtu biopieejamas, tām jābūt pietiekamā daudzumā, lai aizstātu endogēnus un eksogēnus zudumus (Melse-Boonstra, 2020).

Kalcija biopieejamību var definēt kā kalcija daļu, kas tiek absorbēta zarnās un tiek efektīvi izmantota, lai nodrošinātu vairākas fizioloģiskas funkcijas organismā, nepieļaujot kaulu masas zudumus, kompensējot arī to kalcija daudzumu, kas ir izvadīts no organisma (Melse-Boonstra, 2020; Vavrusova et al., 2014).

1.3.2. Kalcija uzsūkšanas

Kalcijs no pārtikas produktiem un uztura bagātinātājiem tiek absorbēts gan ar aktīvā transporta palīdzību (galvenokārt *duodenum* un *jejunum* jeb tievas zarnas augšējās daļās), gan ar pasīvo difūziju caur zarnu gļotādu (tievas zarnas, galvenokārt, *ileum* jeb apakšējā daļā un nelielos daudzumos resnajā zarnā) (Wawrzyniak et al., 2021, Gueguen et al., 2000). Ar abu transporta veida starpniecību no jaukta uztura vidēji tiek uzsūkts aptuveni 1/3 daļa produkta esošā kalcija (Melse-Boonstra, 2020). Ir zināms, ka uzsūkšanas spējas samazinās līdz ar vecumu un gados veciem cilvēkiem veido tikai ap 25%, bet pie paaugstinātām vajadzībām, augšanas periodos, var veidot ap 60% (NIH, 2021). Uzsūkšanas spēju ietekmē gan endogēni jeb iekšējie fizioloģiskie faktori - hormonāla regulācija, kalcija rezerves, organisma vajadzības, gremošanas trakta stāvoklis u.c., gan eksogēni faktori - uzņemtā pārtika vai preparātu veids, to sastāvs un daudzums (Wawrzyniak et al., 2021; Vavrusova et al., 2014; Gueguen et al., 2000).

Kalcija uzsūkšana ar aktīva transporta starpniecību ir atkarīga tieši no organisma vajadzībām un tiek regulēta ar D vitamīna starpniecību. Aktīvais kalcija transports negatīvi korelē ar kalcija uzņemšanu, pastiprinās pie zemas un vidējas kalcija koncentrācijas, bet

palēninās pie augstas un ļoti augstas kalcija uzņemšanas. Šis atgriezeniskais regulācijas mehānisms ir vajadzīgs, lai ierobežotu negatīvo ietekmi uz organismu, pārmērīgas kalcija uzņemšanas dēļ, un spēj nodrošināt organismu ar lielāku kalcija daudzumu, kad vajadzība pēc kalcija ir augstāka (Melse-Boonstra, 2020; Wawrzyniak et al., 2021).

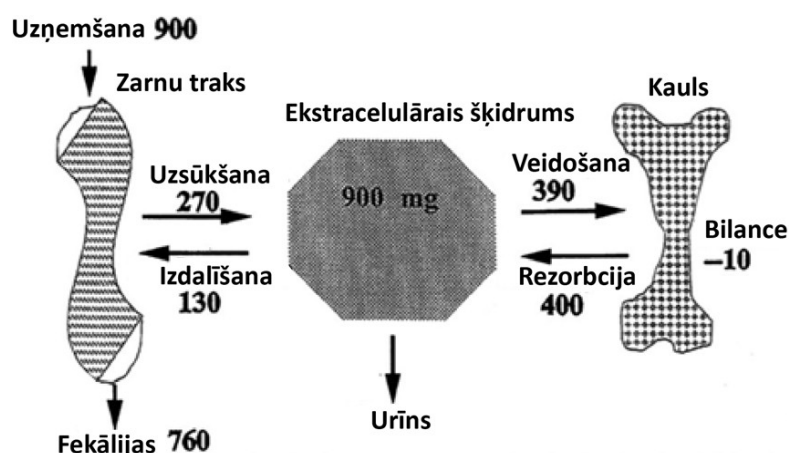
Pārsvārā kalcijs uzsūcās pasīvās difūzijas ceļā. Starp pasīvo difūziju un uzņemšanu pastāv pozitīvā korelācija – tā pastiprinās līdz ar kalcija uzņemšanu (Gueguen et al., 2000; Wawrzyniak et al., 2021). Lai kalcijs varētu uzsūkties difūzijas ceļā, tam jānonāk zarnās šķīstošā, jonizētā veidā (Ca^{2+}) un vispirms ir jāizreaģē ar kuņģa sālsskābi (Vavrusova et al., 2014). Pasīva kalcija uzsūkšana ir atkarīga no kuņģa- zarnu trakta pH, un diētā iekļautām uzturvielām. Uzturvielas, kas padara kalciju šķīstošu, vai uztur to šķīduma veidā (neļauj izgulsnēties) zarnu lūmenā, pastiprina pasīva transporta darbību (Gueguen et al., 2000). Starp tām ir vairākas piena un piena produktu sastāvdaļas, tādas kā: fosfopeptīdi, kazeīns, sūkalu olbaltumvielas un laktoze (Melse-Boonstra, 2020). Šo komponentu detalizēta mijiedarbība ar kalciju ir aprakstīta zemāk (skat. nod. "Piens kā kalcija avots" 1.3. tabula).

Tādi organiskie savienojumi kā fosfāti, oksalāti, fitāti un tanīni, kas ar kalciju spēj veidot nešķīstošus sāļus, ka arī putu veidotāji, padara kalciju neatgriezeniski nesagremojamu pie gandrīz neitrālas ileum pH vērtības, līdz ar to samazina kalcija uzsūkšanas spējas pasīvas difūzijas ceļā (Wawrzyniak et al., 2021, Gueguen et al., 2000). Rezultātā no augu valsts produktiem, kas bagāti ar skābeņskābi, fitīnskābi vai oksāliskābi (klījas, lielākā daļa graudaugu, sēklas, rabarberi, spināti, valrieksti), kalcija uzsūkšanās ir ap 5% (salīdzinājumam pienā tā ir ap 40%). Savukārt, no tiem augiem, kas satur mazāko šo skābju (zaļie dārzeņi) saturu – uzsūkšana ir ap 20% un var palielināties līdz 30-40% gadījumā, ja uzturā nelieto piena produktus, jau pēc divām-trim nedēļām pieaugot spējai šķelt fitīnu un kalcija oksalolātus (NIH, 2021; A.Melse-Boonstra, 2020; Zariņš u.c., 2018).

1.3.3. Kalcija izmantošanas pakāpe

Vidēji katra pieauguša cilvēka organismā ir ap 1 kg kalcija. Kaulos kalcijs atrodams hidroksilapatīta veidā, kas veido neorganisku matricu ar fosfātu. Asinīs kalcijs cirkulē brīvā, ar plazmas olbaltumvielām jonizētā formā, vai ir saistīts ar anjoniem, piemēram, citrātu vai laktātu. Kalcijs tiek zaudēts ar urīnu, fekālijām, ka arī svīšanu, matu izkrišanu un folikulu lobīšanos (Wawrzyniak et al., 2021).

Kalcija galvenie metabolisma ceļi un daudzums (mg) organismā ir atspoguļoti 1.2. attēlā (Melse-Boonstra, 2020).



1.2. att. Kalcija galvenie metabolisma ceļi cilvēka organismā.

Kalcija nemainīgas koncentrācijas uzturēšana plazmā (norma 2,2-2,6 mmol/l jeb 8,6 – 10,3 mg/dl), kā arī kalcija saglabāšanas efektivitāte kaulos, tiek pakļauta hormonālai regulācijai. Homeostāzi galvenokārt uztur parathormons (PTH), kalcitriols jeb 1,25(OH)₂ D₃ vitamīns, kā arī kalcitonīns un estrogēns. Ja cirkulējošais kalcija līmenis asinīs samazinās, tiek palielināta kalcija reabsorbcija nierēs, kalcija rezorbcija no kauliem un uztura kalcija uzsūkšanās efektivitāte. Pārmērīgi uzņemtais kalcijš, kas netiek uzsūkts, vai absorbētais kalcijš, kas netiek akumulēts kaulos, tiek izvadīts no organisma (Schulze et al., 2013; Gueguen et al., 2000; Melse-Boonstra, 2020).

Kaulos līdzsvars starp uzņemto un izvadīto kalciju jauniem cilvēkiem ir nulle, tomēr pieaugušajiem cilvēkiem pēc 35 gadiem, sasniedzot savu maksimālo kaulu masu, tas parasti ir negatīvs. Katru gadu pieaugušais cilvēks zaudē ~ 0,3 % no kaulu masas vai 10 mg kalcija dienā. Sievietēm pēcmenopauzes periodā ikdienas kalcija zudumi var sasniegt ≥ 40 mg dienā (Melse-Boonstra, 2020).

Ar urīnu izvadītais kalcija daudzums veido apmēram 150 mg dienā, kas rodas glomerulārās filtrācijas rezultātā. Uzturā esošie faktori, kas palielina kalcija izvadi, mazina kalcija tubulāro reabsorbciju nieru kamoliņos jeb kalcija nonākšanu atpakaļ asins cirkulācijā. Tos obligāti būtu jāņem vērā, vērtējot kopējo kalcija biopieejamību. Pie tādiem faktoriem pieder daži anjoni, piemēram, sulfāti un hlorīdi, organiskie ligandi. Proteīna vai nātrija pārpalikums uzturā arī spēj palielināt kalcija izvadi ar urīnu - hiperkalciūriju (un tādējādi kavē

iekļūšanu kaulos) (Gueguen et al., 2000). Tā piemēram, saskaņā ar nātrija un kalcija klīrensa vienādojumiem, papildus uzņemtie divi grami nātrija uzturā, palielina kalcija izdalīšanos ar urīnu vidēji par 30 līdz 40 miligramiem (Melse-Boonstra, 2020).

Savukārt, vienlaicīga kalcija un fosfora uzsūkšanās, paaugstina kalcija asimilāciju kaulos, tādējādi samazinot tā izdalīšanos ar urīnu. Fosfora sinerģija var būt tieša, palielinot kalcija reabsorbciju nefrona distālajā daļā, vai netieša, stimulējot PTH sekrēciju vai uzlabojot uzsūktā kalcija iekļūšanu kaulos (Gueguen et al., 2000). Turklāt augstais fosfora saturs pienā var novērst olbaltumvielu izraisīto hiperkalciūriju, un veicināt kaulu mineralizāciju. Ieteicamā uzņemtā kalcija un fosfora attiecība svārstās no 1:1 līdz 1,3 - 1,5:1. Piens nodrošina kalciju un fosforu šajā vajadzīgajā sabalansētajā attiecībā ~1,2:1 (Melse-Boonstra, 2020).

Uztura zinātne ir balstīta uz uzturvielu vai pārtikas produktu izpēti saistībā ar fizioloģiskiem procesiem organismā un cilvēku veselību. Lai analizētu datus par uzturvielu uzņemšanu ar pārtiku un veidotu precīzus uztura ieteikumus, apmierinot indivīda vajadzības, nav pietiekami ņemt vērā tikai ar konkrētas vielas daudzumu pārtikas produktā. Šajā gadījumā ir nepieciešams precīzs kvantitatīvs biopieejamības mērījums, kas spēj novērtēt konkrētās uzņemtās uzturvielas devas patieso daļu, ko varētu absorbēt un izmantot organisms savām vajadzībām. Lai izvērtētu uzturvielu biopieejamību ir jāņem vērā sinerģiski un antagonistiski procesi, kas var būt starp pārtikas sastāvdaļām. Tādas pārtikas grupas, kā piena produkti, satur daudz bioaktīvu komponentu, un tām savā starpā ir sarežģīta mijiedarbība, kas ietekmē barības vielu izdalīšanās, uzsūkšanās un biopieejamības kinētiku (Melse-Boonstra, 2020; Srini, 2001).

1.4. Kalcija avoti

Kalcija avoti var būt dažādi: pārtikas produkti, uztura bagātinātāji un medikamenti . Kalcija koncentrācija un arī biopieejamība tajos ir atšķirīga. Zemāk tiks dots detalizēts kalcija avotu raksturojums.

1.4.1. Pārtikas produkti

Piena produkti tiek uzskatīti par vienu no galvenajiem kalcija avotiem cilvēka uzturā (K.Schulze, 2013). Eiropā un Ziemeļamerikā patērētāji aptuveni 70-75 % no kalcija iegūst tieši no piena un piena produktiem. Citi labi kalcija avoti ir: mazas zivis ar asakām (sardīnes vai anšovi), dārzeņi ar zemu oksālskābes saturu (brokoļi, virziņkāposti, ķīnas kāposti) un augļi (kivi un apelsīni), tie nodrošina ap 15-16 % ar uzturu uzņemtā kalcija. Vidēji 5 % no uzņemtā kalcija daudzuma nodrošina minerālūdeņi un citi pārtikas produkti (Melse-Boonstra, 2020).

Kalcija avoti uzturā

Pārtikas produkts	Kalcija daudzums, mg*100 g⁻¹	Kalcija biopieejamība, %	Uzsūkšanas veicinošie komponenti	Uzsūkšanas kavējošie komponenti
Piens	120	40 %	D vitamīns, sūkalu olbaltumvielas, aminoskābes, kazeīns, fosfopeptīdi, laktoze	Fosforu, sēru saturoši proteīni
Jogurts	120 – 125			
Mīksts, svaigais siers	400 – 600			
Cietais siers	800			
Kale kāposti	180	20 – 40 %	-	Fitāti, oksolāti
Spināti	105			
Apelsīns	20 – 30			
Kivi	30			

Papildus patērētājiem šobrīd ir pieejami rūpnieciski bagātināti pārtikas produkti, gan ar kalciju, gan ar D vitamīnu: soja, riekstu, rīsu un citu augu valsts piena alternatīvas, sulas, brokastu pārslas, tofu siers u.c. Kalcija saturs šādos produktos ir līdz 300 mg uz vienu produkta porciju, kas ir līdzvērtīgs kalcija daudzumam 250 ml piena (Raymond and Morrow, 2020).

1.4.2. Preparāti

Kalcijs preparātu veidā ir pieejamas dažādu sāļu formās: kalcija citrāts, kalcija fosfāts un kalcija karbonāts, u.c.. Tie atšķiras pēc savas šķīdības un biopieejamības (Pu et al., 2016; Capozzi et al., 2020). Latvijas Uztura bagātināju reģistrā šobrīd ir atrodami 1453 ieraksti, kuru sastāvā ietilpst kalcija citrāts, 1381 ar kalcija fosfātu un 1558 reģistrēti uztura bagātinātāji, kuru sastāvā ietilpst kalcija karbonāts. Savukārt Latvijas Zāļu reģistrā ir atrodami kopā 103 reģistrēti kalcija preparāti ar dažādām kalcija savienojumu formām (ZVA, 2022; PVD, 2022).

Karbonāti un citrāti ir visizplatītākie kalcija preparātu veidi. Kalcija karbonāts, viena no lētākajām kalcija sāļu formām, to jālieto ēdienreizes laikā, lai nodrošinātu optimālu uzsūkšanos, jo ir nepieciešama kuņģa sālsskābes sekrēcija. Savukārt, kalcija citrātu preparātu uzsūkšanās nav atkarīga no kuņģa sālsskābes sekrēcijas, tāpēc tos var lietot jebkurā dienas laikā neatkarīgi no maltītes. Pateicoties tam, kalcija citrāts ir piemērots cilvēkiem ar ahlorhidriju vai tiem, kuri lieto histamīna-2 blokatorus vai proteīna sūkņa inhibitorus. Ahlorhidrijas stāvoklis ierobežo arī

piena kalcija uzsūkšanos, jo šajā stāvoklī ar olbaltumvielām saistītais kalcījs paliek zarnu šķīdumā. Kalcija laktāts un kalcija glikonāts ir mazāk koncentrētas kalcija formas un nav praktiski lietojamas kā uztura bagātinātāji (Straub et al., 2007; Caroli et al., 2011; LOKMSA, 2011).

Papildus kalcija uzņemšana, tā pozitīva vai negatīva ietekme uz plašu sabiedrības daļu, ir strīdīgs jautājums. No vienas puses, kalcija preparātu lietošana var mazināt kaulu masas zudumus, it īpaši tiem, kam kalcija ikdienas uzņemšana ir <400mg/d, un uzlabot cilvēku dzīves kvalitāti. No otras puses, tas var arī palielināt akūtus kuņģa-zarnu trakta traucējumus, nierakmeņu un sirds un asinsvadu slimību risku (Pu et al., 2016; Straub et al., 2007; Caroli et al., 2011; Li et al., 2018). Maksimālajai kalcija devai, ko vienlaikus drīkst uzņemt ar preparātiem, nevajadzētu pārsniegt 500 mg (Straub et al., 2007). Kalcija papildus uzņemšana tiek uzskatīta par standarta ārstēšanu hipokalcēmijai, kas saistīta ar pēcoperācijas hipoparatirozi, un tā nodrošina labākus klīniskos rezultātus. Ir vērts pieminēt, ka 2013. gadā Pasaules Veselības organizācija publicēja ieteikumus grūtniecēm lietot kalcija preparātus, lai novērstu preeklampsiju. Preeklampsiju raksturo hipertensija, un tā izraisa perinatālo saslimstību un mirstību gan mātēm, gan zīdaiņiem. Dati no randomizēta kontrolēta pētījuma apstiprina, ka kalcija atbilstošā papildināšana, kas palīdz nodrošināt kalcija dienas kopēju uzņemšanu >1000 mg/d (IDD grūtniecēm 1000 - 1300 mg/d) ir saistīta ar būtisku preeklampsijas riska samazināšanos (Li et al., 2018).

Iespējamās kalcija preparātu lietošana blaknes ir saistītas ar kuņģa un zarnu trakta darbības traucējumiem. Lielākai daļai cilvēku izpaužas kā aizcietējumi un vēdera uzpūšanās (Chiodini et al., 2018). Kalcija citrāta un kalcija karbonāta preparātu blaknes ir līdzīgas, taču blakņu iespējamība un intensitāte ir mazāka kalcija citrātam (LOKMSA, 2011). Pašreizējie pētījumi liecina, ka kalcija preparātu lietošana mazina kaulu lūzumu biežumu tikai par 10 % (F.Pu, 2016). Tomēr, papildus kalcija un vienlaicīgi D vitamīna uzņemšana, palielina KMB un samazina kopējo lūzumu risku par 15 % un gūžas kaula lūzumu risku par 30 % (Chiodini et al., 2018). Klīnisko pētījumu dati, norāda uz to ka, kalcija UB lietošana ilgtermiņā palielina hospitalizācijas risku pacientiem ar hronisku sirds mazspēju. Savukārt, kalcija lietošana >1000mg/d palielinā miokarda infarkta un insulta biežumu attiecīgi līdz pat 27–31 % un 12 – 20 % (Li et al., 2018; Pu et al., 2016).

Cilvēki ne vienmēr spēj uzņemt pietiekamu kalcija daudzumu tikai ar uzturu, jo kalciju saturošo pārtikas produktu klāsts ir neliels, uztura uzņemšana ir limitēta, patērētāju paradumi

ierobežoti. Tādējādi papildus kalcija uzņemšana pacientiem ir ļoti nozīmīga (Li et al., 2018). Preparāta izvēle ir atkarīga no sagaidāmiem rezultātiem, no pacienta individuālām īpašībām u.c. aspektiem. Tāpēc preparātu izvēlei, neatkarīgi no tā, vai UB vai zāļu veidā, ir vienmēr nepieciešama individuāla pieeja, kas balstās uz indivīda veselības stāvokli, rūpīgi izvērtējot preparātu lietošanas nepieciešamību (Li et al., 2018; Pu et al., 2016; Capozzi et al., 2020).

1.4.3. Piens kā kalcija avots

Piens un piena produkti ir galvenie kalcija avoti cilvēku uzturā. Tas ir izskaidrojams gan ar tajā esošā kalcija daudzumu (pienā - 120 mg/100g), gan ar tā biopieejamību (40 %), ka arī plašu produktu pieejamību un salīdzinoši zemajām iegūšanas izmaksām (Wawrzyniak et al., 2021; Caroli et al., 2011; Schulze et al., 2013).

Piena sastāvu un to īpašības spēj ietekmēt vairāki faktori: dzīvnieka šķirne, vecums, veselības stāvoklis, ģenētika, laktācijas periods, vides un uzturēšanas apstākļi, dzīvnieka barība, intervāls starp slaukšanas reizēm (Pereira, 2014). Skaitliski lielāko piena daļu veido ūdens (vidēji 87 %), pārējo sausna (11-14 %), kura sastāv no taukiem (3-4 %) un beztauku sausnas, ko savukārt veido olbaltumvielas (vidēji 3 %), laktoze (4,5-5 %), minerālvielas (vidēji 0,8 %) un vitamīni (vidēji 0,1 %) (K.Kārklīņa un I.Ciproviča, 2008; Pereira, 2014).

Piena produkti salīdzinājumā ar augu valsts kalcija avotiem, nesatur vielas, kas kavē kalcija uzsūkšanos zarnās: fitātus, oksalātus un polifenolus. Pretēji, piens satur vairākus komponentus, kas veicina kalcija uzsūkšanos. Fosfopeptīdi, kas ir kazeīna fermentatīvās hidrolīzes produkti, izolē kalciju, pasargājot to no anjonu iedarbības, piemēram, fosfātu, un to nogulsnešanās zarnās nešķīstošu savienojumu veidā. Šis uzsūkšanu veicinošās īpašības attiecas arī uz sūkalu olbaltumvielām, tādām kā alfa-laktoalbumīnu un beta-laktoglobulīnu, gan uz atsevišķām aminoskābēm, piemēram, L-lizīnu un L-arginīnu. Kalcijs, kas saistīts ar šīm aminoskābēm, peptīdiem un olbaltumvielām, tiek viegli atbrīvots gremošanas laikā, lēnām ienākot zarnu lumenā, kas ir svarīgs pasīvās difūzijas priekšnoteikums (Melse-Boonstra, 2020). Pie tām, Alfa-laktoalbumīns cieši saistās ar kalciju, padarot to par īstu kalciju saistošu proteīnu (*a true binding protein*), kā kalmodulīnu (Gueguen et al., 2000). Piena uztura komponenti, kas sinerģiski vai antagoniski ietekmē kalcija biopieejamību ir apkopoti 1.3. tabulā (Melse-Boonstra, 2020).

Piena sastāvdaļu ietekme uz kalcija biopieejamību

Piena sastāvdaļa	Sinergisms / antagonisms
D vitamīns	↑ aktīvu kalcija uzsūkšanu pie zemas un mērenas kalcija uzņemšanas
Kazeīns un fosfopeptīdi	↑ pasīvu difūziju, saistoties un lēnietbrīvojot kalciju himusa šķīdumā
Sūkalu proteīni (imūnoglobulīni, laktoferīns)	↑ pasīvu difūziju, saistoties un lēnietbrīvojot kalciju himusa šķīdumā
Aminoskābes (L-lizīns, L-arginīns)	↑ pasīvu difūziju, saistoties un lēni atbrīvojot kalciju himusa šķīdumā
Laktoze	↑ pasīvu difūziju, paplašinot paracelulārās telpas zarnu šūnās
Fosfors	↓ uzsūkšanu, saistot kalciju nesagreojamos kompleksos; ↑ kalcija reabsorbciju nefrona distālajā daļā; ↑ absorbētā kalcija uzņemšanu kaulos
Sēru saturoši proteīni	↓ kalcija līdzsvaru, izraisot hiperkalciūriju
Tauki	↔ nešķīstošu ziepju veidošanās ar kalciju, bet tās sadalās pie zema kuņģa pH
↑ - paaugstinā; ↓ kavē; ↔ nerada izmaiņas	

Piens var būt optimāls kalcija avots jebkurā vecumā (Caroli et al., 2011). Tomēr, uztura aptaujas dati norāda uz to, ka pieaugušā vecumā piena un piena produktu patēriņš ievērojami samazinās, salīdzinot ar bērnību (Cluskey et al., 2015). Savukārt, uztura paradumus, tādus kā regulāra piena lietošana, būtu svarīgi veidot jau maziem bērniem. Pētījumi norāda, ka cilvēki, kuri regulāri pienu lietoja bērnībā, biežāk to dara arī būdami pieaugušie (Caroli et al., 2011). Tam, ka cilvēki izvairās (izslēdz daļēji vai pilnībā) no piena un piena produktu lietošanas, pastāv vairāki iemesli: veselības stāvoklis t.sk. govs piena alerģijas vai laktozes nepanesamība, ka arī kulturālie un ideoloģijas aspekti, kā vegānisms, vai citu diētu un personīgu iemeslu dēļ (Muscariello et al., 2021). Nepieciešamo kalcija līmeņa nodrošināšanu ar piena alternatīvām var uzskatīt par izaicinājumu, tomēr tā ir būtiska, lai nepieļautu kalcija trūkumu un attiecīgus veselības riskus (Paige, 2005).

2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. Pētījuma hipotēze, mērķis un uzdevumi

Darba hipotēze: Ekoloģisks piens ir labs kalcija avots

Darba mērķis: Izpētīt ekoloģiskā piena ķīmisko sastāvu un tā ietekmi uz kalcija biopieejamību.

Darba uzdevumi:

1. Noteikt Latvijas tirdzniecības vietās pieejamā piena ķīmisko sastāvu.

2. Salīdzināt un novērtēt piena sastāvdaļu saturu atkarībā no saimniekošanas (bioloģiska vai konvencionāla) metodes, sezonas (vasara vai ziema) un termiskās apstrādes (svaigpiens vai pasterizēts piens) veida.

3. Izvērtēt ekoloģiskā piena kalcija biopieejamību ietekmējošos faktorus.

2.2. Pētījuma apstākļi

Norises vieta un laiks: Pētījums veikts laika posmā no 2022. gada 27. janvāra līdz 2022. gada 5. aprīlim.

Pētījumi tika veikti:

- **Latvijas Universitātes** Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultātes, Mežu un ūdens valsts nozīmes pētījumu centra laboratorijā, Jelgavas iela 1, Rīgā, LV-1004;
- **Latvijas Lauksaimniecības universitātes** Pārtikas tehnoloģijas fakultātes, Piena un gaļas produktu kvalitātes novērtēšanas laboratorijā, Rīgas ielā 22 a, Jelgavā, LV-3004;
- **J.S. Hamilton Baltic SIA** laboratorijā, Mazā Rencēnu iela 12, Rīgā, LV-1073.

Materiāli: Pētījumā izmantots svaigpiens un pasterizēts govju piens.

Svaigpiens ir piens, kas nav karsēts un tā temperatūra nav augstāka kā 40 °C, kā arī tam nav veikta kāda cita līdzvērtīga termiskā apstrāde.

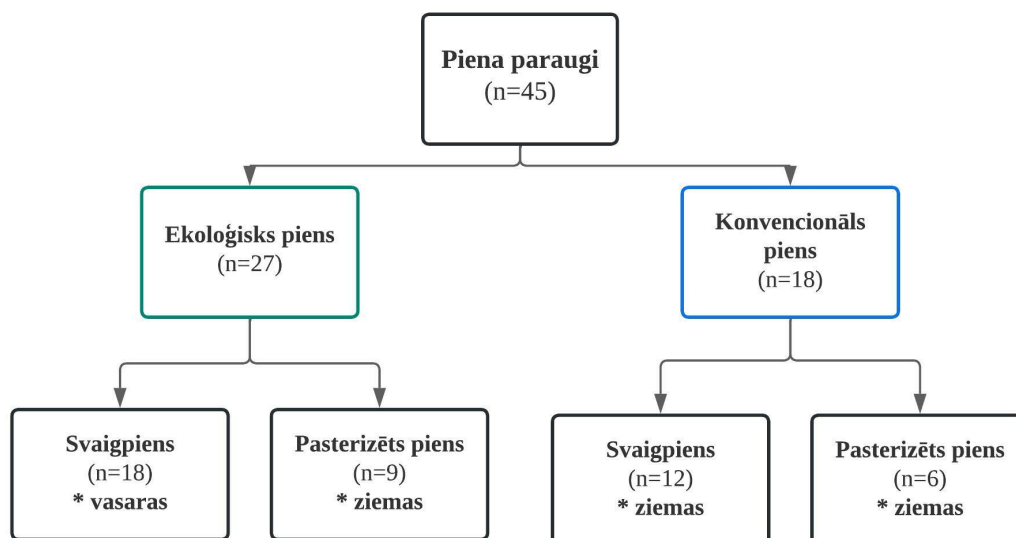
Pasterizēts piens ir piens, kas ir pakļauts termiskai apstrādei (karsēts 72 °C temperatūrā ne mazāk kā 15 sekundes). Savukārt, ja tiek izmantota cita temperatūra un laika kombinācija, tad pasterizācijas efektam ir jābūt līdzvērtīgam.

Kopējais piena paraugu skaits bija $n = 45$, kas iegūti no 11 dažādām zemnieku saimniecībām. 27 piena paraugi bija no bioloģiskajām saimniecībām (**ekoloģisks piens**, turpmāk EKO piens) un 18 paraugi no konvencionālajām (**konvencionāls piens**, turpmāk KNL piens) saimniecībām. Ņemot vērā to, ka galvenais maģistra darba mērķis bija detalizētāk izvērtēt EKO pienu, paraugu savstarpējā attiecība EKO:KNL bija 3:2. Piena paraugi atlasīti ņemot vērā:

1. Piena pieejamību tirdzniecības vietās, kas ļautu nodrošināt maksimālu pārstāvēto produktu sortimenta klāstu,
2. Bioloģiskās saimniecības, kas nodrošina lielāko EKO piena daudzumu Latvijas tirgū.

Pētījuma paraugi ($n = 45$) sagrupēti ņemot vērā dažādus faktorus (skat. 2.1.att.):

- saimniekošanas metode,
- sezona,
- termiskās apstrādes veids.



2.1. att. Pētījuma piena paraugu sadalījums.

Piena paraugu iegāde un uzglabāšana:

- **EKO svaigpiens** iegādāts divās bioloģiskajās saimniecībās. Abas saimniecības atrodas Kurzemē. Piena paraugi atlasīti no katras saimniecības 2021. gada vasarā trīs mēnešu laikā (jūnijā, jūlijā un augustā). Pēc izslaukšanas piena paraugi tika atdzesēti līdz 4 ± 2

°C temperatūrai un 4h laikā sasaldēti līdz -18 ± 1 °C polipropiēna traukos (100 ml). Piena paraugus atlaidināja, gaisa vidē ekeksperimentu veikšanas dienā.

- **EKO pasterizēts piens** iegādāts trijās bioloģiskajās saimniecībās. Saimniecības atrodas Latgales, Vidzemes un Panevėžas (Lietuva) novados. Piena paraugi iegādāti Rīgas Eko-veikalā (Dzirnavu iela 70), Stockmann lielveikalā (13. janvāra iela 8) un Jelgavas pilsētas “MAXIMA” lielveikalā (Rīgas iela 11A) 2022. gada 21. februārī. Paraugi uzglabāti ledusskapī 4 ± 2 °C temperatūrā, 500 ml un 1000 ml oriģināl iepakojumā.
- **KNL svaigpiens** iegādāts četrās konvencionālajās saimniecībās. Divas zemnieku saimniecības atrodas Vidzemē, bet divas Zemgalē. Piena paraugi iegādāti Rīgas pilsētas Centrāltirgū 2022. gada 16. februārī PP pudeles (1000 ml) un uzglabāti ledusskapī 4 ± 2 °C temperatūrā 4 h līdz eksperimentu uzsākšanai.
- **KNL pasterizēts piens** iegādāts no divām saimniecībām. Viena no tām atrodas Vidzemē, bet otras saimniecības atrašanās vieta nav precizēta (Latvija). Piena paraugi iegādāti Jelgavas pilsētas “RIMI” veikalā (Katoļu iela 18) 2022. gada 21. februārī un uzglabāti ledusskapī 4 ± 2 °C temperatūrā 4 h līdz eksperimentu uzsākšanai.

Pētījums veikts trijos posmos, kas tika organizēts saskaņā ar zemāk dotu shēmu (2.2. att.).

1. Posms. Piena ķīmiskais sastāvs.

Noteikts:

Tauku saturs
Olbaltumvielu saturs
Laktozes saturs
Minerālvielu saturs
BT sausna, sausna
(individuālie radītāji)

2. Posms. Kalcija un to biopieejamību ietekmējošo faktoru salīdzinājums ņemot vērā: saimniekošanas metodi, sezonu, termiskā apstrādes veidu.

Noteikts:

Sūkalu olbaltumvielu saturs
Laktozes saturs
Kalcija saturs
(vidējie radītāji)

3. Posms. Kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru izvērtējums EKO svaigpienā.

Noteikts:

Kalcija saturs

Fosfora saturs

Laktoferīna saturs

Laktozes saturs

Sūkalu olbaltumvielu saturs

(vidējie un individuālie radītāji)

2.2. att. Pētījuma struktūras shēma.

Latvijas Lauksaimniecības universitātes, Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Piena un gaļas produktu kvalitātes novērtēšanas laboratorijā noteikti sekojoši radītāji:

- **tauku saturs** noteikts saskaņā ar ISO 21543:2020 “Milk and milk products – Guidelines for the application of near infrared spectrometry”, lietojot MilkoScan Mars TM (FOSS, Dānija);
- **olbaltumvielu saturs** noteikts ar ISO 21543:2020 “Milk and milk products – Guidelines for the application of near infrared spectrometry”, pielietojot MilkoScan Mars TM (FOSS, Dānija);
- **sausnas un beztauku sausnas saturs** noteikts ar ISO 21543:2020 “Milk and milk products – Guidelines for the application of near infrared spectrometry”, lietojot MilkoScan Mars TM (FOSS, Dānija);
- **laktozes saturs** noteikts atbilstoši ISO 8968-1:2014 “Milk and milk products – Guidelines for the application of near infrared spectrometry” un lietojot MilkoScan Mars TM (FOSS, Dānija);
- **minerālvielu saturs** noteikts aritmētiski un aprēķins veikts sekojoši:

Minerālvielu saturs = sausna – (laktoze + tauki + olbaltumvielas).

- **piena sasālšanas temperatūra** noteikta pamatojoties uz LVS EN ISO 5764:2009 “Piens. Sasālšanas punkta noteikšana. Termorezistora krioscopa metode” un pielietojot Funke Gerber (Vācija) krioskopu.

MilcoScanTM Mars ir piena analizators, ko izmanto oficiālās piena pārbaudēs visā pasaulē. Mērījumi atbilst IDF (starptautiskās piensaimniecības federācijas) 128A/1999 standartiem un ir izsekojami. MilcoScanTM Mars iekārtas darbības pamatā ir FTIR analītiska

tehnoloģija, kas piemērota šķidru pārtikas produktu testēšanai un palīdz izvairīties no lēnām un darbietilpīgām testēšanas metodēm. Katram piena paraugam veikti trīs neatkarīgi mērījumi. Rezultātu analīzei (3.1. sadaļa) izmantoti vidējie rādītāji. Neviens paraugs netika izslēgts.

- **sūkalu olbaltumvielu saturs** noteikts atbilstoši LVS EN ISO 8968-1:2014 standartam „Olbaltumvielu slāpekļa satura noteikšana ar Kjeldāla metodi” izmantojot FOSS aprīkojumu: FOSS Tecator Digestor (Foss, Zviedrija), FOSS Kjeltac 2100 (Foss, Zviedrija).

Piena sūkalas izdalītas ar 4% CaCl₂ palīdzību, karsējot paraugus 80 °C temperatūrā 10 minūtes. Katram paraugam veikti trīs neatkarīgi mērījumu atkārtojumi. Rezultātu analīzei (3.2. sadaļa) izmantoti vidējie rādītāji.

- **kalcija saturs** noteikts ar kompleksometrisku titrēšanas metodi

Metode balstās uz kalcija un Trilona-B (etilēndiamīntetraetiķskābes nātrija sāls) stabila savienojuma veidošanas īpašībām. Kalcija masas daļu jeb kalcija saturu (w) aprēķina pēc formulas:

$$w = (V * 2 * 0,97) / (5 * \rho * 10^{-3}) * 100 \text{ mg/\%},$$

kur V – trilona B tilpums, kas izterēts titrēšanai un ρ – noteikts piena blīvums.

Katram paraugam veikti trīs neatkarīgi mērījumu atkārtojumi. Rezultātu analīzei (3.2. sadaļa) izmantoti vidējie rādītāji.

EKO svaigpiena **laktoferīna saturs** noteikts Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultātes Mežu un ūdens valsts nozīmes pētījumu centra laboratorijā, izmantojot “High-Performance Liquid Chromatography” (turāk – “HPLC”) metodi:

Sakumā laktoferīnu ekstrahēja no piena sūkalām (1 ml) ar 5 ml fosfāta buferšķīdumu (pH 6,8), kas saturēja 2M NaCl. Laktoferīna saturs noteikts “Waters Acquity UPLC” sistēmā, kas savienota ar fluorescences detektoru (FLR), automātisko inžektoru (FTN) un kolonnas krāsni (CHA). Analītu hromatogrāfiskā atdalīšana veikta, izmantojot Acquity UPLC BEH300 C4 kolonnu, pie viļņa garuma 280 nm un 340 nm. Mobilā fāze sastāvēja no diviem eluentiem (0,1% TFA ūdeni un 0,1% TFA acetonitrila) un plūsmas ātrums bija 0.30 mL min⁻¹. Hromatogrāfisko datu iegūšana un pārvaldība veikta Waters Empower3 Pro programmatūrā.

Metode ir pielietota govs pienā esošā laktoferīna kvantitatīvai noteikšanai un tai ir vairākas priekšrocības, tostarp vienkārša apstrāde un relatīvi zemas izmaksas, augsta jutība,

precizitāte un labas atkārtotas izmantošanas iespējas. To pielieto piena produktu un piena izstrādājumu (piena pulveris zīdaiņiem, proteīna pulveru) uzraudzībai un izpētei testēšanas organizācijās, piena pārstrādes uzņēmumos un regulējošās iestādēs. Katram paraugam veikti trīs neatkarīgi mērījumu atkārtojumi. Rezultātu analīzei (3.3. sadaļa) izmantoti vidēji radītāji.

EKO svaigpiena **kalcija un fosfora** saturs noteikts, J.S. Hamilton Baltic SIA laboratorijā, atbilstoši sekojošiem standartiem:

- **kalcija saturs** noteikts saskaņā ar ISO 8070:2007 “Milk and milk products. Determination of calcium, sodium, potassium and magnesium contents. Atomic absorption spectrometric method”.
- **fosfora saturs** noteikts saskaņā ar ar ISO 9874:2006 “Milk — Determination of total phosphorus content — Method using molecular absorption spectrometry”.

2.3. Datu apstrāde

Kvantitatīviem datiem (piena ķīmiskais sastāvs) aprēķināts **vidējais aritmētiskais, standartnovirzes (S)** minimālā un maksimālā vērtība. Izvērtēts **variācijas koeficients (CV)**.

Kalcija un tā biopieejamību ietekmējošo faktoru salīdzinājums analizēts pielietojot **ANOVA** testu. Faktoru būtiska atšķirība novērtēta ja $p < \alpha$, pie $\alpha = 0,05$ līmeņa.

Dati apkopoti un apstrādāti ar Microsoft Excel 16.61, 2022 versiju.

3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Piens ir balts vai balts ar dzeltenu nokrāsu viendabīgs šķidrums ar tam raksturīgu garšu un smaržu, bez citām piegaršām un smaržām, bez pārsļām, gļotām, mehāniskiem vai ūdens un citiem piemaisījumiem (MK Nr.345). Piens ir bioloģiskais šķidrums, kas iegūts no govju piena dziedzeriem, un gadsimtiem tiek lietots cilvēku uzturā (Haug, 2007).

Piens ir pilnvērtīgs, ar uzturvielām bagāts pārtikas produkts. Tas satur augstvērtīgas olbaltumvielas (sastāvā ietilpst visās neizstājamās aminoskābes) un bioaktīvus peptīdus, kam piemīt antibakteriāla, pretvīrusu un pretsenīšu iedarbība, kā arī prettrombotiskas un imūnmodulējošas funkcijas. Peptīdi piedalās citu uzturvielu transportēšanā un uzsūkšanā (Patton et al., 2022). Piens ir bagāts ar minerālvielām – cinku, fosforu, magniju, selēnu, jodu, un tas ir galvenais kalcija avots uzturā. Piens satur taukos (A, D, E) un ūdenī šķīstošos vitamīnus (B grupas un C vitamīns). Šiem komponentiem ir nozīmīga loma cilvēka augšanas un attīstības procesos, kā arī tiem piemīt imūnmodulējoša, antikancerogēna, kardioprotektīva iedarbība. Sastāvā esošie vitamīni ir arī enzīmu kofaktori un piedalās vairākos vielmaiņas procesos. Piens satur piena cukuru – laktozi un ir galvenokārt, piesātināto taukskābju avots. Šo vielu uzņemšana un iedarbība uz pieaugoša cilvēka organismu nav vienāda un viennozīmīga (Pareira et.al, 2014, Haug, 2007).

3.1. Piena ķīmiskā sastāva analīze

Latvijā uz 2021. gadu bija reģistrēti 3547 ganāmpulki ar kopējo govju skaitu 115 tūkstoši (LDC, 2022). Maģistra darba ietvaros analizēto piena paraugu (n=45) ķīmiskā sastāva svārstības ir atspoguļotas 3.1. tabulā.

Kopumā jāatzīmē, ka ir vairāki atšķirīgi faktori, kas nosaka piena ķīmisko sastāvu un kvalitāti. Piena ķīmiskā sastāva izmaiņas atkarīgas no: govju šķirnes, laktācijas perioda, vecuma, ganāmpulka pārvaldības, dzīvnieka veselības stāvokļa, kā arī klimata, sezonas, barības devas un sastāva, slaukšanas ilgums un intervāls starp slaukšanas reizēm (Siqi et al., 2019, Priyashantha et al., 2021).

Latvijā iegūtā piena ķīmiskā sastāva svāstības

Rādītājs (n=45)	Vidējais saturs, %	S	Minimālais saturs, %	Maksimālais saturs, %	CV, %
Tauki	3,96	± 0,90	2,82	6,09	22,62
Olbaltumvielas	3,12	± 0,31	2,34	3,56	10,07
Laktoze	4,70	± 0,08	4,57	4,82	1,63
Minerālvielas	0,71	± 0,10	0,59	0,94	13,62
BT Sausna	8,55	± 0,34	7,69	8,94	4,02
Sausna	12,49	± 1,26	10,52	14,84	10,06
Sasalšanas punkts, °C	- 0,515	± 0,01	-0,530	-0,506	1,55

S – Standartnovirze, CV – variācijas koeficients

3.1.1. Tauku saturs

Latvijas likumdošanā, Ministru kabineta noteikumos Nr. 597 (turpmāk – MK. Nr. 597) “Veterinārās, higiēnas un nekaitīguma prasības svaigpiena aprītei” ir minēts, ka svaigpienā tauku saturs var svārstīties robežās no 3 līdz 7% (MK, 2016). Starptautiskās dzīvnieku pārraudzības organizācijas (ICAR - *International Commitee for Animal Recording*) izstrādātajās vadlīnijās piena pārraudzības veikšanai katrai dzīvnieku sugai ir noteiktas raksturīgas references, kur piena šķirņu govju piena tauku saturs ir 2-7% (Ozollapa, 2014).

Pēc Lauksaimniecības datu centra (turpmāk – LDC) piena pārraudzības datiem par periodu 01.10.2020. – 30.09.2021, vidējais tauku saturs svaigpienā valsts mērogā bija 4,02%. Analizētajos piena paraugos vidējais tauku saturs bija zemāks – $3,96 \pm 0,90\%$, un variēja plašās robežās no 2,82% līdz 6,09%. Minimālais saturs konstatēts EKO, bet maksimālais – KNL piena paraugos.

LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātē 2019. gadā veiktajos pētījumos noteikts, ka konvencionālajā lauksaimniecībā iegūtos svaigpiena paraugos (n=20) vidējais tauku saturs bija 3,75% (Beikmane, 2019). Savukārt 2008. gadā veiktajā pētījumā (n=55) noskaidrots, ka bioloģiskajās saimniecībās iegūtā pienā vidējais tauku saturs ir $4,9 \pm 0,8\%$ (Zagorska un

Ciproviča, 2008). Saskaņā ar iepriekš minētajiem pētījuma rezultātiem, saimniekošanas veids ir viens no faktoriem, kas ietekmē tauku saturu pienā.

Nīderlandes Wageningen universitātes zinātnieku grupa pierādīja, ka vidējais piena tauku saturs dažādos laktācijas posmos neatšķirās. Šī pētījuma ietvaros noteiktais vidējais tauku saturs laktācijas sākumā bija $4,51 \pm 0,37\%$, bet laktācijas beigās sasniedza $4,49 \pm 0,52\%$. Jāatzīmē, ka šajā pētījumā ($n=20$) tika konstatētas arī būtiskas brīvo taukskābju sastāva izmaiņas. Agrīnās laktācijas posmā piena taukos ir konstatēta augstāka nepiesātināto taukskābju koncentrācija, bet vēlīnās laktācijas laikā piena taukos ir augstāks piesātināto taukskābju saturs. Šādas izmaiņas saistītas ar negatīvu govju enerģētisko bilanci laktācijas sākumā un izmainītu triglicerīdu sintēzes spēju piena dziedzeros (Pacheco-Pappenheim et al., 2022).

Pacheco-Pappenheim veiktajā pētījumā zinātnieki pētīja sezonas ietekmi uz piena tauku sastāvu un konstatēja, ka visaugstākais piesātināto taukskābju saturs ir ziemā, savukārt mononepiesātināto, polinepiesātināto taukskābju saturs palielinās vasaras periodā (Pacheco-Pappenheim et al., 2021). Eiropas valstīs dzīvnieku barības veida izmaiņas dažādu sezonu laikā, tiek uzskatīta par galveno iemeslu piena sastāva un īpašību izmaiņām. Govis ziemā galvenokārt patērē skābbarību un tās koncentrātu, bet pavasarī un vasarā – svaigu zāli (Siqi et al., 2019).

Francijas zinātnieku veiktajā pētījumā noskaidrots, ka piena vidējais tauku saturs ir $4,0\% \pm 0,48\%$ un tika pierādīts, ka slaukšanas laikā piena tauku saturs palielinās. Uzsākot slaukšanas procesu, pienā ir konstatēts viszemākais tauku saturs, bet slaukšanas beigu posmā tiek iegūts piens ar visaugstāko tauku saturu. Šī pētījuma laikā dzīvnieki tika baroti ar kukurūzas skābbarību (64,7%), skābbarības koncentrātu (15,0%), sojas pupu miltiem (8,0%), dehidrētu lucernu (10,0%), un minerālvielām, vitamīniem un urīnvielām (2,3%) (Hurtaud, 2020).

Gan Latvijā, gan ārzemēs veiktajos pētījumos zinātnieku iegūtie rezultāti ir būtiski lielāki un atšķiras no maģistra darba ietvaros noteiktā tauku satura.

No visām pienā esošajām sausas sastāvdaļām, tauku saturs un tā sastāvs ir vismainīgākais lielums un to galvenokārt ietekmē dzīvnieku ēdināšana. Piens un piena produkti ir galvenie piesātināto taukskābju avoti cilvēku uzturā – to pārmērīga lietošana ir saistīta ar sirds un asinsvadu slimību attīstību. Savukārt taukskābju sastāva uzlabošana un nepiesātināto taukskābju daudzuma paaugstināšana – ir vēlama un pat nepieciešama. Viena no piena tauku sastāva uzlabošanas metodēm ir govju uztura bagātināšana laktācijas perioda sākumposmā ar dažādām eļļas augu sēklām vai eļļām. Rapsis ir galvenais lipīdu avots dzīvnieku barībā. 2021.

gadā veiktajā meta-analīzē (n=83) tika izvērtētas veselu un mehāniski apstrādātu sēklu, kā arī rapšu eļļas, izmantošanas iespējas govju barības bagātināšanā un piena taukos esošo taukskābju sastāva uzlabošanai. Govju barības papildināšana ar rapšu produktiem, būtiski samazināja piesātinātu taukskābju (izņemot stearīnskābi) īpatsvaru, un tika novērota mononepiesātināto taukskābju (īpaši oleīnskābes) satura palielināšanās (Samkova et al., 2021).

3.1.2. Olbaltumvielu saturs

Latvijas MK. Noteikumos Nr. 597 un ICAR vadlīnijās definētais piena olbaltumvielu saturs ir 2,5-5,0% (Ozollapa, 2014, MK, 2016). Saskaņā ar Latvijas LDC piena pārraudzības datiem 2021. gadā, laika posmā no 01.10.2020. līdz 30.09.2021., noteiktais vidējais olbaltumvielu saturs svaigpienā bija 3,36%.

Pētītajos piena paraugos noteiktais vidējais olbaltumvielu saturs ir $3,12 \pm 0,31\%$. Minimālais kopējais olbaltumvielu saturs EKO pienā bija 2,34%, bet maksimālais – 3,56% (KNL). LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 2008. gada pētījumā (n=55) EKO svaigpienā esošais vidējais olbaltumvielu saturs bija $3,30 \pm 0,04\%$ (Zagorska, Ciproviča, 2008). Savukārt 2019. gadā noteiktais vidējais olbaltumvielu saturs KNL svaigpiena paraugos (n=20) bija 3,42%. Francijā vidējais olbaltumvielu saturs KNL svaigpienā sastādīja $3,20 \pm 0,21\%$ (Hurtaud, 2020).

Zviedrijā veiktajā pētījumā, kurā tika iekļautas 10 dažādu govju šķirņu piena paraugi no 42 zemnieku saimniecībām, vidējais olbaltumvielu saturs bija $3,47 \pm 0,015\%$. Atzīmēts, ka augstāks olbaltumvielu saturs noteikts iekštelpu periodā (oktobris–decembris), nekā vasaras periodā, kad dzīvnieki atrodas ganībās (maijā–augustā) (Priyashantha et al., 2021). Vērtējot maģistra darba ietvaros noteikto vidējo olbaltumvielu saturu pienā, iegūtie eksperimentālie dati būtiski atšķiras, gan Latvijas, gan ārzemju literatūrā pieejamiem pētījuma rezultātiem, un ir nedaudz zemāki par tajos noteikto vidējo vērtību.

Olbaltumvielu saturu pienā nosaka govju šķirne, bet to spēj ietekmēt arī citi faktori: slaukšanas sistēma, barības veids, deva. Jāatzīmē, ka olbaltumvielu satura svārstības nav tik izteiktas kā taukiem (Priyashantha et al., 2021). Ir norādīts, ka piena sintēzi un olbaltumvielu saturu tajā ietekmē izēdinātā kopproteīna un cietes saturs, dzīvnieku barības deva. Olbaltumvielu sintēzes ātrumu piena dziedzeros var palielināt ar barības piedevu, kas veidota uz cietes bāzes, palīdzību (Rius et al., 2010).

3.1.3. Laktozes saturs

Laktoze, pateicoties savām osmotiskajām īpašībām, regulē ūdens saturu pienā un pozitīvi korelē ar piena izslaukumu (Shahbazkia et al., 2010). Analizētajos paraugos laktozes saturs svārstījās robežās no 4,57% (EKO) līdz 4,82% (EKO), kas vidēji ir $4,70 \pm 0,08\%$.

Priyashantha veiktajā pētījumā vidējais laktozes saturs pienā ir $4,74 \pm 0,04\%$. Lielāks laktozes saturs novērots laika posmā no aprīļa līdz jūlijam (4,74 – 4,75%), salīdzinot ar pienu, kas bija iegūts no novembra līdz decembrim (4,64 – 4,65%) (Priyashantha et al, 2021). Savukārt Latvijā veiktos pētījumos 2008. un 2019. gadā tika konstatēts, ka vidējais laktozes saturs attiecīgi bija $4,85 \pm 0,04\%$ un 4,70% (Zagorska un Ciproviča, 2008, Beikmane, 2019). Eksperimentu laikā iegūtie rezultāti ir līdzīgi un atbilst arī citu zinātnieku veiktajiem pētījumiem.

Laktozes saturu pienā ietekmē laktācijas periods. Veselām govīm laktācijas laikā pienā noteiktais laktozes saturs ir nemainīgs (Fox et al., 2015). Savukārt laktācijas beigās, paaugstinoties piena osmotiskajam spiedienam, laktozes sintēze tiek nomākta un tās saturs pienā samazinās. Osmotiskā spiediena paaugstināšanos ietekmē piena dziedzeru epitēlija deģenerācija, ko savukārt izraisa asins komponentu pieplūdums (Walker et al., 2004, Siqi et al., 2019).

Iepriekš atzīmēts, ka laktozes koncentrācijas izmaiņas, ko izraisa izmaiņas dzīvnieka barībā, ir reti sastopama (Jenkins et al., 2006). Tomēr Zagorska un Ciproviča, salīdzinot bioloģiskās (turpmāk BLS) un KNL saimniekošanas metodes, secināja, ka laktozes satura atšķirības iespējams ir saistītas ar cukura līmeni ganību zālē (Zagorska un Ciproviča, 2008). Pie līdzīgiem secinājumiem nonāca arī Stergiadis un tā kolēģi, salīdzinot laktozes saturu dažādās EKO saimniecībās iegūtā pienā. Zinātnieki apgalvoja, ka laktozes koncentrācijas izmaiņas bija saistītas ar kukurūzas skābbarības, pilngraudu un minerālvielu izēdināšanu govīm (Stergiadis et al., 2021).

3.1.4. Sausnas un beztauku sausnas saturs

Kopējais pienā noteiktais sausnas saturs ir tieši proporcionāls tauku, olbaltumvielu, laktozes un minerālvielu saturam. Ja tiek novērotas izmaiņas kādā no pamatkomponentiem, tad attiecīgi mainās arī kopējais sausnas saturs.

Pētītajos piena paraugos noteiktais zemākais kopējais sausnas saturs bija 10,52% (EKO) un beztauku sausnā – 7,69% (EKO). Maksimālais kopējais sausnas satura radītājs

eksperimentālajos piena paraugos bija 14,84% (KNL), bet beztauku sausnā – 8,94% (KNL). Tātad var apgalvot, ka kopējais sausnas saturs svārstās plašās robežās. Kopējā sausnas satura vidējā vērtība bija $12,49 \pm 1,26\%$, turpretim beztauku sausnas vidējais rādītājs – $8,55 \pm 0,34\%$. Beztauku sausnas izmaiņas visbūtiskāk ietekmē olbaltumvielu satura svārstības.

3.1.5. Minerālvielu saturs

Analizētajos piena paraugos noteikts, ka vidējais minerālvielu saturs ir $0,71 \pm 0,10\%$, kas svārstījās robežās no 0,59% līdz 0,94%. Gan minimālo, gan maksimālo saturu uzradīja no EKO saimniecībām ņemtie piena paraugi. Iegūtie rezultāti sakrīt ar literatūrā aprakstīto kopējo minerālvielu saturu pienā – 0,6–0,9%. No pienā esošajām minerālvielām dominējošais ir kalcijš, kā arī fosfors, magnijs, cinks un selēns (Pareira et al., 2013).

Minerālvielas ir nepieciešamas dzīvnieka vielmaiņai un veselības stāvokļa uzturēšanai, savukārt to saturu pienā ietekmē dzīvnieka spēja tās izmantot fizioloģisko vajadzību nodrošināšanā. Minerālvielu saturu pienā ietekmē govš ģenētika, saimniekošanas veids un apkārtējās vide faktori, kas savukārt ietekmē ūdeni, augsni, ganību zālē un barībā esošo minerālvielu sastāvu, sezona, laika apstākļi, mēslojums, notekūdeņi, augsnes tips, rūpniecības un automobiļu emisijas utt. (Schwende et al., 2015). Ziņots, ka zaļā pākšaugu lopbarība nodrošina govš organismu ar kalciju un magniju, savukārt labības graudi paaugstina dzīvnieka organismā fosfora daudzumu, turpretim kviešu klijas ir magnija avots, bet zaļā lopbarība satur nelielu nātrija daudzumu (Brodziak, 2021).

Tomēr jāatzīmē, ka kalcija un magnija koncentrāciju pienā galvenokārt nosaka ģenētiskais faktors un tā pārmantojas, turpretim barības sastāvs tikai nedaudz ietekmē šo minerālvielu daudzumu (Hulzen, 2009). Pienā kalcijš ir saistīts ar kazeīnu. Kalcija skaitliskā vērtība ir relatīvi nemainīga un tā svārstības nav atkarīgas no barības sastāva un veida (Haug, 2007). Augstāka kalcija, magnija un fosfora koncentrācija ir sastopama to govju pienā, kurās ir augstāka kazeīna un fosfolipīdu koncentrācija (Schwendel et al., 2015). Attiecībā uz laktācijas periodu, zemākais kalcija, magnija, fosfora un nātrija saturs ir novērots laktācijas sākumposmā, bet augstākais – laktācijas beigās. Turpretim augstāks kālija saturs ir konstatēts laktācijas sākumā, bet zemākais saturs noteikts vēlīnā laktācijas periodā (Manuelian, 2018).

Kā redzams no iegūtajiem rezultātiem, tad, gan šajā pētījumā, gan arī citos Latvijā un ārzemēs veiktajos pētījumos, ir konstatētas svārstības piena ķīmiskajā sastāvā. Būtiskas svārstības ir novērotas arī minerālvielu saturā, kas savukārt var liecināt par būtiskām atšķirībām

kalcijs saturā. Savukārt, zinot, ka piens ir kalcijs avots cilvēku uzturā, nākošajā sadaļā tiks izvērtēta kalcijs un tā biopieejamību ietekmējošie faktori dažādos piena paraugos.

3.2. Kalcijs biopieejamības ietekmējošo faktoru salīdzinājums

Šajā maģistra darba nodaļā ir izvērtēta kalcijs biopieejamību ietekmējošie faktori – kalcijs, laktozes un sūkalu olbaltumvielu saturs pienā, ņemot vērā dažādus ražošanas un pārstrādes veidus:

- Izskatīta saimniecības veida (BLS un KNL) ietekme uz pasterizēta piena sastāvu ziemas periodā.
- Izvērtētas izmaiņas KNL piena sastāvā atkarībā no termiskās apstrādes veida un salīdzinot ziemas periodā iegūtos pasterizētus un svaigpiena paraugus.
- Izvērtēta gadalaika ietekme uz piena sastāvu, savā starpā salīdzinot vasaras, un ziemas periodā iegūtos EKO svaigpiena paraugus.

Lauksaimniecības sistēmas var iedalīt dažos veidos, t.sk. var izšķirt divus saimniecības veidus:

- **konvencionālā lauksaimniecība**, kas ir orientēta uz masveida produkcijas ražošanu, un tajā izmanto ķīmiski sintezētus augu aizsardzības un mēslošanas līdzekļus, veic intensīvu dzīvnieku audzēšanu, veidojot lielus ganāmpulkus.
- **bioloģiskā jeb ekoloģiskā lauksaimniecība**, kurā produktus iegūst ar dabiskām, bioloģiskām metodēm, bet ražību nodrošina ar optimālu, savstarpēji saistītu ekosistēmas elementu (augšnes, augu, dzīvnieku un cilvēku) veselīgu un auglīgu pastāvēšanu (ZM, 2009, Ozola, 2011).

BLS atšķiras no KNL lauksaimniecības ar normatīviem aktiem, kas nosaka BLS lauksaimniecības un to produkcijas uzraudzības un kontroles kārtību. Latvijā to nosaka Ministru kabineta noteikumi Nr. 485 “Bioloģiskās lauksaimniecības uzraudzības un kontroles kārtība”, kas tika pieņemti 2009. gada 26. maijā. Likumdošana attiecas gan uz pašu dzīvnieku labturības ievērošanu, dzīvnieku veselības aprūpi t.s. ēdināšanu un vides aizsardzību, gan uz produktu ražošanu, pārstrādi un izplatīšanu.

3.2.1. Kalcijs

Kalcijs ir dominējošā minerālviela piena sastāvā. Kalcijs saturs izmaiņas analizētos paraugos, atkarībā no dažādiem faktoriem, apkopotas 3.2. tabulā.

Vērtējot kalcija satura izmaiņas, tika iegūti sekojoši rezultāti: ekoloģiskajā pienā kalcija saturs bija izteikti zemāks $91 \pm 6,14 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ nekā KNL saimniecībā iegūtos piena paraugos, kur vidējais kalcija saturs bija $122 \pm 18,45 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ($p=0,01$). Maģistra darbā iegūtie rezultāti sakrīt ar Polijā veikto pētījumu, kur EKO piena paraugos kalcija saturs bija zemāks $97,13 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, nekā KNL pienā – $113,87 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Brodziak, 2021). Līdzīgi rezultāti, kas norāda, ka ekoloģiskā laiksaimniecībā iegūts piens ir nabadzīgāks ar minerālvielām ($p < 0,05$), t.sk. kalciju, bija iegūti mūsu platuma grādos veiktajos pētījumos (Kuczyńska et al, 2011, Koperska et al, 2014).

3.2. tabula

Dažādu faktoru ietekme uz kalcija saturu pienā

Faktori		Kalcija saturs, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$	S	CV, %	p-vērtība
Saimniekošanas veids	BLS	91	$\pm 6,14$	9,0	0,01
	KNL	122	$\pm 18,45$	15,0	
Termiskās apstrādes metode	Svaigpiens	108	$\pm 11,15$	10,0	0,09
	Pasterizēts piens	123	$\pm 18,45$	15,0	
Sezona	Vasara	118	$\pm 18,36$	16,0	0,25
	Ziema	108	$\pm 12,58$	12,0	
BLS – bioloģiskā saimniekošana, KNL – konvencionālā saimniekošana; S – Standartnovirze, CV - variācijas koeficients					

Analizējot termiskās apstrādes veida ietekmi, uz kalcija saturu, starp svaigpiena un pasterizēta piena paraugiem netika konstatētas būtiskas atšķirības. Svaigpiena paraugos vidējais kalcija saturs bija $108 \pm 11,15 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, bet, pasterizētā pienā $123 \pm 18,45 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ($p=0,09$). Tas ir izskaidrojams ar to, ka pasterizācija spēj minimāli ietekmēt piena minerālvielu saturu (Lucey, 2015). Pasterizācijas laikā samazinās šķīstošā un palielinās koloidālā kalcija saturs, mainās to forma. Paaugstinot pasterizācijas temperatūru virs $72 \text{ }^\circ\text{C}$, var novērot koloidālā kalcija un sūkalu olbaltumvielu izgulsnēšanos uz sildvirsmām. Nepieciešams atzīmēt, ka kalcija saturs, var pat proporcionāli nedaudz palielināties, uz samazināta tauku satura rēķina.

Veiktajā pētījumā konstatēts, ka kalcija saturu piena paraugos neietekmē arī gadalaiks. Vidējais kalcija saturs vasaras laikā bija nedaudz lielāks ($118 \pm 18,36 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), nekā ziemā, kas vidēji bija $108 \pm 12,58 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, bet šīs atšķirības nav būtiski nozīmīgas ($p = 0,25$). ASV zinātnieku grupas veiktajā pētījumā, kalcija saturs bija zemāks vasaras sezonā – $135 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, nekā ziemā – $142 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Dotie rezultāti ir augstāki un pretēji konkrētajā

pētījumā iegūtajiem datiem, tomēr būtiskas atšķirības netika noteiktas ($p > 0,05$) arī Tunick veiktajā pētījumā (Tunick et al., 2015). Zviedrijas un Dānijas zinātnieku pētījumā līdzīgas svārstības kalcija saturā gada griezumā novēroja līdztekus piena kazeīna satura izmaiņām. Šādus rezultātus skaidroja ar to, ka liela daļa pienā esošā kalcija atrodas kazeīna micellas sastāvā (Siqi, 2019, Poulsen, 2015). Respektīvi, kalcija saturs galvenokārt ir saistīts ar piena olbaltumvielu saturu, ko savukārt nosaka govju šķirnes ģenētika. Līdz ar to kalcija satura atšķirības starp saimniecībām, iespējams, saistītas ar govju ganāmpulkā esošo dažādo šķirņu sastāvu (Stergiadis et al., 2021, Manuelian et al., 2018).

Kopumā, analizētajos piena paraugos vidējais kalcija saturs mainījās atkarībā no saimniekošanas veida, lielāks tā saturs bija noteikts KNL pienā, bet sezonai vai termiskās apstrādes veidam nav būtiskas ietekmes, ko apstiprina arī citi, līdzīgi pētījumi.

Atšķirīgu kalcija saturu EKO un KNL pienā var skaidrot ar to, ka izmaiņas minerālvielu saturā nosaka ne tikai šķirne, bet arī apkārtējās vides faktori, tajā skaitā lopbarībā esošais minerālvielu saturs, kas, savukārt, ir saistīts ar augsnes sastāvu un klimatiskajiem apstākļiem (Litwinczuk, 2018). KNL augsnes auglību var uzlabot, izmantojot minerālmēslus, kas bagātināti ar mikroelementiem, tāpat arī govju barībā var pievienot minerālvielu maisījumus. Turpretim BLS lauksaimniecība ir balstīta uz dabisko procesu pašregulāciju, tāpēc gan minerālmēslojumu, gan barības papildināšana ar minerālvielām ir ierobežota (saskaņā ar Regulu Nr. 889/2008) (Brodziak, 2021, MK., Nr.485).

3.2.2. Laktoze

Laktoze ir galvenais pienā sastopamais ogļhidrāts. Laktozes skaitliskās vērtības analizētajos paraugos atkarībā no dažādiem faktoriem ir apkopotas 3.3. tabulā.

Vērtējot laktozes izmaiņas ņemot vērā saimniekošanas veidu, tās saturā tika konstatētas būtiskas atšķirības. Analizētos EKO paraugos laktozes saturs bija $4,71 \pm 0,06\%$, kas ir būtiski zemāk nekā KNL piena paraugos – $4,78 \pm 0,02\%$ ($p = 0,02$). Šādu sakarību konstatēja arī pētnieku grupas no Amerikas savienotām valstīm un Čehijas ($n = 2206$), savā starpā salīdzinot KNL un EKO pienu. Tunick veiktajā pētījumā EKO pienā bija ievērojami zemāks laktozes saturs nekā KNL pienā, attiecīgi $4,74\%$ un $4,90\%$ ($p < 0,05$) (Tunick et al., 2015), kas attiecīgi ir līdzīgi maģistra darbā iegūtajiem rezultātiem.

Dažādu faktoru ietekme uz laktozes saturu pienā

Faktori		Laktozes saturs, %	S	CV, %	p-vērtība
Saimniekošanas veids	BLS	4,71	± 0,06	1,0	0,02
	KNL	4,78	± 0,02	< 0,1	
Termiskās apstrādes metodes	Svaigpiens	4,69	± 0,07	2,0	0,02
	Pasterizēts	4,78	± 0,02	< 0,1	
Sezona	Vasara	4,68	± 0,08	2,0	0,73
	Ziema	4,70	± 0,07	2,0	
BLS – bioloģiskā saimniekošana, KNL – konvencionālā saimniekošana; S – Standartnovirze, CV - variācijas koeficients					

Kuczynska et al. pētījumā KNL pienā noteikts lielāks laktozes saturs nekā EKO pienā ($p < 0,001$) (Kuczynska et al, 2014). Tomēr vairākās publikācijās ir norādīti arī pretēji rezultāti, kurās, savā starpā salīdzinot dažādas saimniekošanas sistēmas, netika ziņots par būtiskām laktozes satura atšķirībām bioloģiskajā un konvencionālajā lauksaimniecībā iegūtā pienā (Roesch et al., 2005; Nauta et al., 2006; Bilik un Lopuszanska-Rusek, 2010). Savukārt, Polijā veiktajā pētījumā BLS iegūtā pienā laktozes saturs bija lielāks nekā KNL, attiecīgi 4,79% un 4,74% ($p \leq 0,01$) (Brodziak, 2021).

Izvērtējot laktozes satura izmaiņas atkarībā no termiskās apstrādes, tika konstatētas nozīmīgas atšķirības. Pasterizētā pienā laktozes saturs bija augstāks ($4,78 \pm 0,02\%$) nekā svaigpienā – $4,69 \pm 0,07\%$ ($p = 0,02$). Šādas atšķirība starp analizētajām paraugu grupām var skaidrot ar to, ka normalizācijas jeb standartizācijas laikā pienā tiek regulēts tauku saturs un pārsvarā notiek tauku satura samazināšana, uz šī rēķina attiecīgi palielinās beztauku sausnas saturs, tai skaitā arī laktozes saturs.

Savukārt, veicot laktozes satura analīzi atkarībā no sezonas, netika konstatētas būtiskas atšķirības. Abās sezonās laktozes saturs bija līdzīgs, un to vidējais saturs bija $4,68 \pm 0,08\%$ vasarā un $4,70 \pm 0,07\%$ ($p = 0,73$) ziemas periodā. Tomēr, Zviedrijā veiktajos pētītos KNL un EKO piena paraugos, neatkarīgi no saimniekošanas veida, vasaras periodā laktozes saturs bija nedaudz augstāks (4,74 %), kad govīs ganījās ganībās, nekā ziemā (4,65 %) ($p < 0,01$) (Priyashantha et al., 2021). Savukārt pretējus rezultātus ieguva Kuczynska et al., kas novēroja lielāku laktozes saturu ziemas periodā, kad govīs pārgāja no ganību zāles uz iekštelpu barību (Kuczynska et al., 2012).

Tāpat pētījumā analizētajos piena paraugos vidējais laktozes saturs mainījās atkarībā no saimniekošanas veida un termiskās apstrādes metodes, bet šīs svārstības neietekmēja sezona.

Kopumā viens no iespējamiem rezultātu izskaidrojumiem ir saimniecības ēdināšanas stratēģija un barības sastāvs. Tomēr, Stergiadis u.c. secināja, ka primārais faktors, kas ietekmē laktozes saturu pienā, varētu būt govju šķirne, jo tika konstatētas atšķirības starp Holšteinas, Džersijas un Šveices Brūnās šķirnēm BLS sistēmas ietvaros (Stergiadis et al., 2021). Pie tam, vērts atzīmēt, ka laktozes saturs var mainīties ne tikai no saimniekošanas veida (t.sk. barības atšķirības saimniecības vadīšanas ietvaros) vai govju šķirnes, bet arī no šo faktoru savstarpējās mijiedarbības (Sabbioni et al., 2012).

3.2.3. Sūkalu olbaltumvielas

Sūkalu olbaltumvielas ir šķīstošā frakcija, kas veido 20 % no visam pienā olbaltumvielām un ietver sevī – α -laktalbumīnu, β -laktoglobulīnu, seruma albumīnu, imūnglobīnus, laktoferīnu, lizocīmu, laktoperoksidāzi, transferīnu (Pareira, 2014). Sūkalu olbaltumvielu satura izmaiņas ņemot vērā dažādus faktorus ir apkopotas 3.4. tabulā.

Ņemot vērā saimniekošanas veidu un izvērtējot sūkalu olbaltumvielu saturu pienā, tika noteikts, ka BLS iegūtā pienā to skaitliskā vērtība bija nedaudz augstāka ($0,45 \pm 0,18$ %) nekā KNL pienā ($0,40 \pm 0,07\%$), tomēr šīs atšķirības nebija būtiskas ($p = 0,63$). Poļu zinātnieku grupa, pētot bioaktīvo komponentu saturu pienā, arī nekonstatēja saimniekošanas sistēmas ietekmi uz sūkalu olbaltumvielu saturu pienā. Tomēr, būtiskas atšķirības tika konstatētas sūkalu olbaltumvielu sastāvā, konkrēti, β -laktoglobulīna ($p = 0,001$), laktoferīna ($p = 0,001$) un lizocīma ($p = 0,001$) saturā, kas bija augstāks BLS piena paraugos ($p < 0,05$) (Brodziak et al., 2018).

Termiskās apstrādes metode būtiski ietekmēja sūkalu olbaltumvielu saturu piena paraugos. Pasterizētā pienā sūkalu olbaltumvielu saturs bija zemāks $0,40 \pm 0,07\%$, nekā svaigpiena paraugos, kuros sūkalu olbaltumvielu saturs bija $0,51 \pm 0,08\%$ ($p = 0,02$). Saistībā ar termisko apstrādi un sūkalu olbaltumvielu saturu pienā, literatūrā minēta informācija, kas norāda uz nosacīti nelielu sūkalu olbaltumvielu satura samazināšanos (< 10 %) pasterizācijas laikā, ko apstiprināja arī konkrētajā pētījumā iegūtie rezultāti (Wijayanti et al., 2014, Lucey, 2015).

Dažādu faktoru ietekme uz sūkalu olbaltumvielu saturu pienā

Faktori		Sūkalu olbaltumvielu saturs, %	S	CV, %	p-vērtība
Saimniekošanas veids	BLS	0,45	± 0,18	41,0	0,63
	KNL	0,40	± 0,07	19,0	
Termiskās apstrādes metode	Svaigpiens	0,51	± 0,08	16,0	0,02
	Pasterizēts	0,40	± 0,07	19,0	
Sezona	Vasara	0,45	± 0,07	15,0	0,74
	Ziema	0,50	± 0,04	16,0	
BLS – bioloģiskā saimniekošana, KNL – konvencionālā saimniekošana; S – Standartnovirze, CV - variācijas koeficients					

Vērtējot sezonas ietekmi uz sūkalu olbaltumvielu saturu pienā, netika konstatētas būtiskas atšķirības. Vasaras periodā piena paraugos sūkalu olbaltumvielu saturs bija nedaudz zemāks nekā ziemā, jeb attiecīgi ($p = 0,74$) $0,45 \pm 0,07\%$ un $0,50 \pm 0,04\%$. Pretēji iegūtajiem rezultātiem, Brodziak u.c. veiktajā pētījumā tika konstatēts augstāks sūkalu olbaltumvielu saturs pavasara-vasaras sezonā ($0,83 \pm 0,12\%$), salīdzinot ar rudens-ziemas periodu ($0,75 \pm 0,07\%$) ($p \leq 0,01$). Šo zinātnieku uztrādītās skaitliskās vērtības ir būtiski augstākas nekā konkrētajā pētījumā iegūtie rezultāti (Brodziak et al., 2020). Nīderlandē un Polijā veiktajos pētījumos tika konstatēts, ka sezona būtiski ietekmēja visu bioaktīvo proteīnu saturu, izņemot seruma albumīnu. Īpaši tika atzīmēts laktoferīna saturs, novērojot sezonālās atšķirības 15% robežās ($p \leq 0,01$). Augstāks sūkalu olbaltumvielu saturs (abās saimniekošanās sistēmās) novērots pavasarī-vasarā, kad dzīvnieki uzturējās ganībās (Heck et al. 2009, Brodziak et al., 2018). To apstiprina arī cita Polijas zinātnieku grupa, kas atklāja, ka pienam, kas iegūts no govīm ar iekštelpu barošanas sistēmu un ēdināšanā izmantoja optimizētas kopējās jauktās barības devas, bija lielāks kopējais olbaltumvielu un tauku saturs, kā arī izslaukums. Turpretim to govju pienam, kas uzturējās ganībās, ir konstatēta labākā olbaltumvielu un tauku attiecība, augstāks sūkalu olbaltumvielu (īpaši β -laktoglobulīna un laktoferīna) saturs, kā arī tas ir vairāk piemērots siera ražošanai (Barlowska et al., 2012).

Kā redzams no iegūtajiem rezultātiem, tad analizēto piena paraugu vidējo sūkalu olbaltumvielu saturu neietekmēja divi no izvērtētajiem faktoriem: saimniekošanas veids un sezona. Iegūtie rezultāti daļēji sakrīt ar citu zinātnieku veiktajiem pētījumu rezultātiem.

Apkopojot iepriekš minēto faktoru ietekmi uz izvērtētajām piena sastāvdaļām, redzams, ka piena ķīmisko sastāvu ietekmē saimniekošanas veids. KNL saimniekošanas sistēmā iegūtā pienā ir lielāks laktozes un kalcija saturs. Savukārt BLS saimniecībās iegūtā pienā ir augstāks sūkalu olbaltumvielu saturs, kur izšķirošs faktors ir ganāmpulka piekļuve zaļai zālei un ganībās pavadītais laiks, kas parasti ir augstāks BLS saimniekošanas sistēmās. Ietekmi uz pētījumā apskatītajām piena sastāvdaļām, uzrāda arī termiskās apstrādes veids. Lielāks laktozes saturs ir pasterizētā pienā, savukārt sūkalu olbaltumvielu saturs – svaigpiena paraugos. Sezonai nav būtiskas ietekmes uz izvērtētajiem rādītājiem: kalciju, laktozi un sūkalu olbaltumvielu saturu.

Balstoties uz Latvijā iepriekš veiktajiem pētījumiem (Zagorska, 2007), tika noteikts lielāks kalcija un laktoferīna saturs bioloģiskajā lauksaimniecībā iegūtā pienā. Turklāt, šī saimniekošanas sistēma ir nozīmīga alternatīva dabas resursu izmantošanā un to ilgtspējības uzturēšanā. Nākamajā pētījuma sadaļā tika padziļināti izvērtēti EKO pienā esošā kalcija saturs un tā biopieejamību ietekmējošie faktori: kalcija, fosfora, laktozes, laktoferīna un sūkalu olbaltumvielu saturs. Pētījuma rezultāti ļaus izprast bioloģiskā piena ietekmi uz cilvēka veselību, prognozējot iespējamo kalcija biopieejamību. Kā ir atzīmēts vairākos pētījumos, kalcija uzsūkšanās un izmantošana cilvēka organismā ir atkarīga ne tikai no kalcija satura produktā, bet arī no citiem faktoriem.

3.3. Kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru izvērtējums ekoloģiskajā svaigpienā

Bioloģiski ražotu produkciju tirdzniecības vietās var atšķirt pēc atbilstošas zīmes uz iepakojuma – “zaļas ekolapiņas” jeb BLS marķējuma. “Ekolapiņa” ir vienots Eiropas Savienības marķējums, ko piešķir produktam. Marķējums norāda, ka ražošanas uzņēmumā ir veikts sertifikācijas process un šis produkts tiek ražots saskaņā ar likumdošanas prasībām. Šī zīme norāda uz atbilstošu BLS produktu kvalitāti (EU, Padomes regula Nr. 2018/848). Patlaban bioloģiski ražotas produkcijas popularitāte palielinās, kas varētu būt skaidrojama ar vairākiem iemesliem – patērētāji izvēlas veselīgākus produktus ar mazāku pesticīdu, herbicīdu saturu; produktus bez ģenētiski modificētiem organismiem; produktus, kas iegūti izmantojot videi draudzīgas tehnoloģijas (Hill & Lynchehaun, 2002; Stolz et al. 2011). Vienlaicīgi ir jāatceras, ka BLS produkcijai, neskatoties uz dažādiem ierobežojumiem (mēslojums, barības piedevas, mazgāšanas un dezinfekcijas līdzekļi, medikamenti utt.), ir jānodrošina patērētāji ar produktiem, kas satur nepieciešamās uzturvielas un minerālvielas. Tāpēc šīs nodaļas ietvaros,

tiks izvērtēts kalcija un citu uzturvielu saturs dažādas BLS saimniecībās. Kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru salīdzinājums EKO pienā redzams 3.5. tabulā.

3.5. tabula

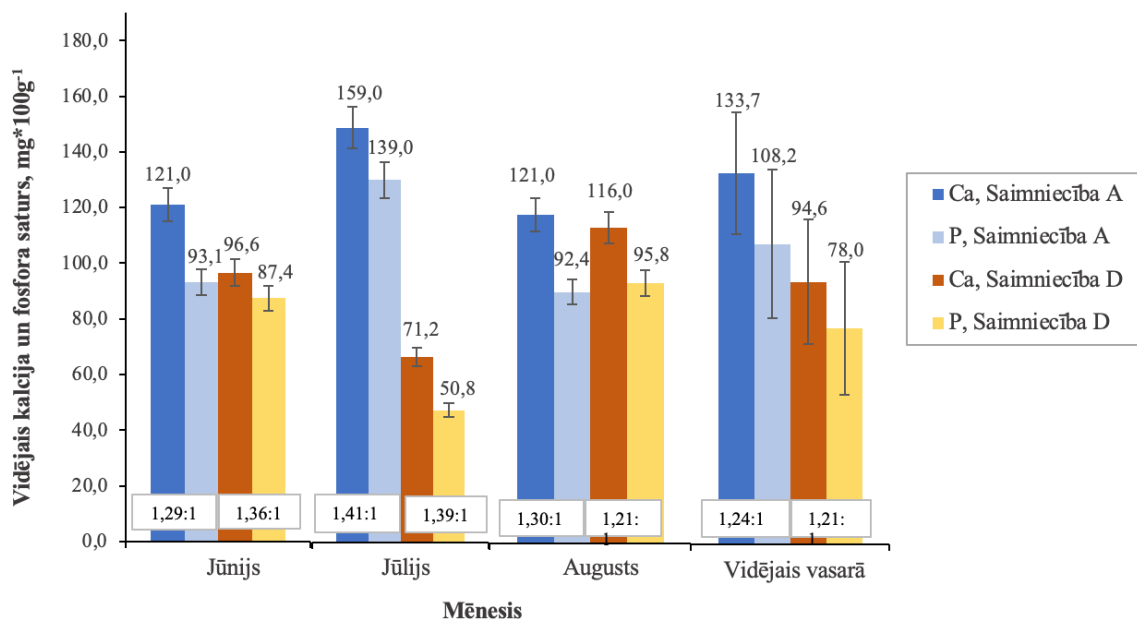
Kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru salīdzinājums bioloģiskajās saimniecībās

Sastāvdaļas	Saimniecības		Saimniecība ar labākiem radītājiem
	Saimniecība A	Saimniecība D	A vai D
Kalcijs (Ca), mg*100 g ⁻¹	133,67 ± 21,94	94,60 ± 22,47	A
Fosfors (P), mg*100 g ⁻¹	108,17 ± 10,70	78,00 ± 10,93	A
Ca : P attiecība	1,24 : 1	1,21 : 1	A
Laktoze, %	4,73 ± 0,08	4,64 ± 0,06	A
Sūkalu olbaltumvielas, %	0,49 ± 0,04	0,40 ± 0,09	A
Laktoferīns, mg*l ⁻¹	10,62 ± 11,67	4,11 ± 2,68	A

No 3.5. tabulas datiem redzams, ka arī BLS saimniekošanas ietvaros starp atsevišķiem radītājiem pastāv būtiskas atšķirības. Respektīvi, arī BLS saimniecībās, neskatoties uz ierobežojumiem, var iegūt pienu ar augstu kalcija un citu uzturvielu saturu.

3.3.1. Kalciji, fosfors un to savstarpējā attiecība

Analizētajos piena paraugos, kalcija saturs vasaras mēnešos saimniecībā A iegūtā pienā vidēji ir 133,67±21,94 mg*100 g⁻¹, bet saimniecībā D iegūtā pienā tas bija zemāks – 94,60±22,47 mg*100 g⁻¹. Savukārt, Tunick u.c. ASV veiktajā pētījumā vasaras periodā kalcija saturs BLS pienā bija būtiski lielāks – 147 mg*100 g⁻¹. Kalcija saturu pienā var ietekmēt dažādi faktori, kas ir aprakstīti iepriekšējās nodaļas ietvaros. Tomēr jāatzīmē, ka viens no noteicošajiem faktoriem ir barības kvalitāte un uzturvielu līdzsvars tajā. Saimniecībā A iegūtie piena paraugi uzrādīja augstākus rezultātus visos vasaras mēnešos, ar augstāku kalcija saturu 159,0 mg*100 g⁻¹ jūlijā. Arī saimniecībā D jūlijā tika iegūts piens ar augstāku kalcija saturu (skat. 3.1. att.).



3.1. att. Kalcija un fosfora saturs ekoloģiskā svaigpienā.

Kalcija ieteicamā dienas deva (IDD) vidēji svārstās robežās no 800 līdz 1200 mg (SKPC, 2017). Savukārt veselīga uztura ieteikumi Latvijas iedzīvotājiem iesaka lietot 2-3 piena un piena produktus dienā, kur **viena porcija ir viena glāze jeb 250 ml piena**. Tā ar vienu glāzi saimniecībā A iegūto EKO pienu var uzņemt 334,18 mg jeb 28 - 42 %. Savukārt, lietojot 2-3 porcijas, var uzņemt 668,34 mg - 1002,51 mg jeb 56 - 125% no kalcija IDD Latvijas iedzīvotājiem. Saimniecībā D iegūta viena porcija EKO piena var nodrošināt 236,50 mg jeb 20-30% no kalcija IDD. Tātad, 2-3 porcijas spēj nodrošināt 473,0 – 709,50 mg kalcija jeb 39 – 89 % no bērnu, pieaugušo vai vāco cilvēku IDD, kas ir būtiski mazāk (SPKC, 2020).

Ņemot vērā to, ka lielāka daļa Eiropas iedzīvotāju pasarsti nerasniedz kalcija IDD, piena uzņemšana, ar augstāku kalciju saturu, ir vēlama. It īpaši jāņem vērā tas aspekts, cik būtiska ir kalcija pietiekama uzņemšana osteoporozes, SAAS un aptaukošanās profilaksē un ārstēšanas procesā. Tā Saimniecībā A iegūtais EKO piens tiek vērtēts kā uztura rekomendācijās ieteicamais produkts, un to lietošana tiek vērtēta kā pozitīvs, veselību veicinošs uztura aspekts (EFSA, 2009; Pereira, 2013; Schulze et al, 2013).

Veiktie in vivo un in vitro pētījumi norāda, ka augstāka kalcija biopieejamība ir saistīta ar augstāku kalcija saturu pienā. Piemēram, Unal u.c. pētījumā, pienā, kura kalcija saturs bija $108,50 \pm 1,22 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, kalcija biopieejamība bija $25,87 \pm 2,35\%$, bet pienā ar lielāku kalcija saturu ($114,00 \pm 1,22 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), tā biopieejamība bija nedaudz lielāka – $28,19 \pm 2,35\%$ ($p > 0,05$) (Unal et al., 2005). Tomēr jāatzīmē, ka kalcija saturs nav vienīgais noteicošais faktors.

Ir pierādīts, ka arī citas pienā esošās sastāvdaļas ir būtiskas un nosaka kalcija biopieejamību (Nickel et.al. 1996; Unal et al., 2005; Cámara-Martos, 2002).

Viena no pienā esošām sastāvdaļām, kas ietekmē kalcija biopieejamību, ir fosfors. No vienas puses, fosfors spēj kavēt kalcija uzsūkšanu, saistot kalciju slikti sagremojamos, nešķīstošos savienojumos, bet no otras puses, tas spēj veicināt kalcija reabsorbciju nefrona distālajā daļā un nokļūšanu kaulos (Melse-Boonstra, 2020). Literatūrā dotais vidējais fosfora saturs pienā ir $95 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Wiley&Sons, 2013). Saimniecībā D iegūtā pienā vidējais fosfora saturs bija zemāks $78,00 \pm 10,93 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$, bet saimniecībā A iegūtā pienā būtiski lielāks – $108,17 \pm 10,70 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Turpretim būtiski lielāks pienā noteiktais fosfora saturs tika konstatēts ASV veiktajā pētījumā – $165 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, salīdzinot ar konkrētajā pētījumā iegūtajiem datiem (Tunick et.al., 2015).

Zināms, ka optimālai kalcija uzsūkšanai, cilvēkam ir jāuzņem noteikta kalcija un fosfora (turpmāk – Ca:P) attiecība. Kalcija un fosfora satura izmaiņas, un to savstarpējās proporcijas vasaras mēnešos ir atspoguļotas 3.1. attēlā.

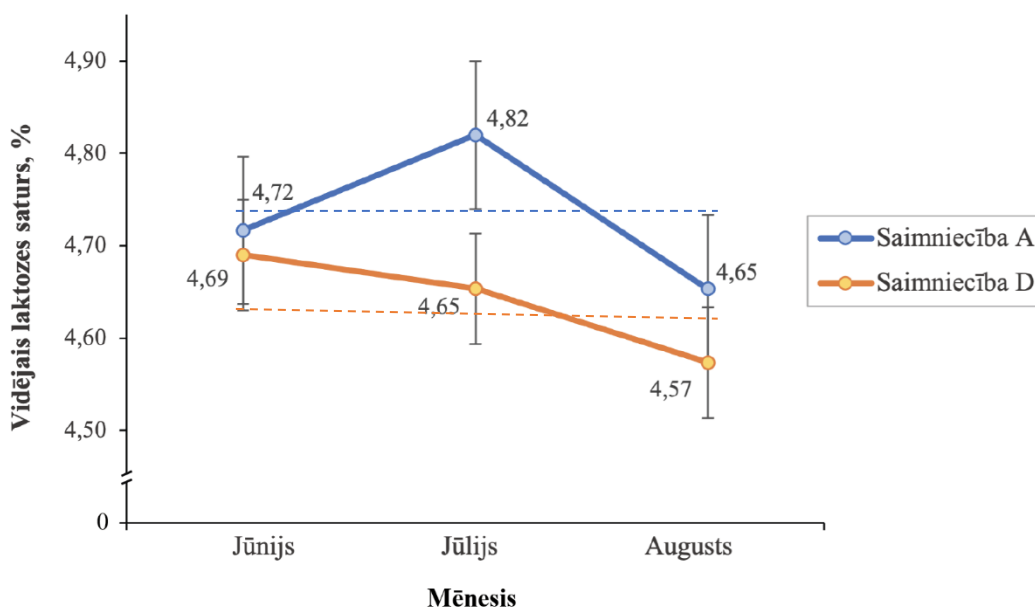
Saskaņā ar vairākiem citu zinātnieku veiktajiem pētījumu rezultātiem, govju piens nodrošina kalciju un fosforu atbilstošā, sabalansētā attiecībā $\sim 1,20:1$, un tā tiek uzskatīta par optimālu kalcija biopieejamības nodrošināšanai (Melse-Boonstra, 2020, Loughrill et al., 2017, Kansal et al., 2002). Tas sakrīt ar konkrētajā pētījumā iegūtiem rezultātiem, kur saimniecībā A vidēja Ca:P attiecība bija $1,24:1$, bet saimniecībā D nedaudz zemāka – $1,21:1$.

Citi autori uzskata, ka attiecībai ir jābūt $1,3:1$, tātad augstākai. Kopumā, pētījumos tiek atzīmēts, ka augstāka Ca:P attiecība uzturā novērš KMB samazināšanos, un tas ir svarīgs kalcija līdzsvara faktors. Turklāt, pamatojoties uz epidemioloģisko pētījumu rezultātiem, kas saistīti ar gurnu-vidukļa mērījumiem, optimāls kalcija un piena patēriņš ir negatīvi saistīts ar taukainas aknas slimību un centrālo aptaukošanos. Šo pētījumu rezultātā tiek secināts, ka uzņemot pienu, kurā ir augstāka Ca:P attiecība, tiek kavēta centrālās aptaukošanās izplatība (Pereira, 2013, Kemi et al., 2010). Salīdzinājumam, ASV veiktajā pētījumā, bija noteikta zemākā Ca:P attiecība – $0,89:1$ (Tunick et al., 2015), ko var vērtēt kā negatīvu faktoru. Jo attiecīgi pārmērīga P uzņemšana palielina parathormona sekrēciju, kas savukārt mazina KMB pie nosacījuma, ja Ca uzņemšana ir zema (Kemi et al., 2010).

3.3.2. Laktoze

Zinātniskajā literatūrā ir minēts, ka laktoze uzlabo kalcija uzsūkšanos, lai gan tās mehānisms pilnībā nav izpētīts (Cámara-Martos, 2002). Visticamāk, ka, tāpat kā citi cukuri, arī laktoze paplašina paracelulārās telpas zarnu šūnās, tādējādi uzlabojot pasīvo difūziju. Gan ja zinātniskie pētījumi liecina, ka šādas izmaiņas galvenokārt notiek pie salīdzinoši lielām

laktozes koncentrācijām (ap 50 g), un līdz ar to var apgalvot, ka pienā un piena produktos esošais laktozes daudzums mazāk veicina kalcija uzsūkšanos (A.Melse-Boonstra, 2020, Nickel et al. 1996), tāpat var spriest, ka lielāks laktozes saturs pienā ir pozitīvs faktors kalcija uzsūkšanās veicināšanai cilvēka organismā. Laktozes saturs analizētajos EKO svaigpiena paraugos vasaras periodā ir atspoguļots 3.2. attēlā.



3.2. att. Laktozes saturs ekoloģiskā svaigpienā.

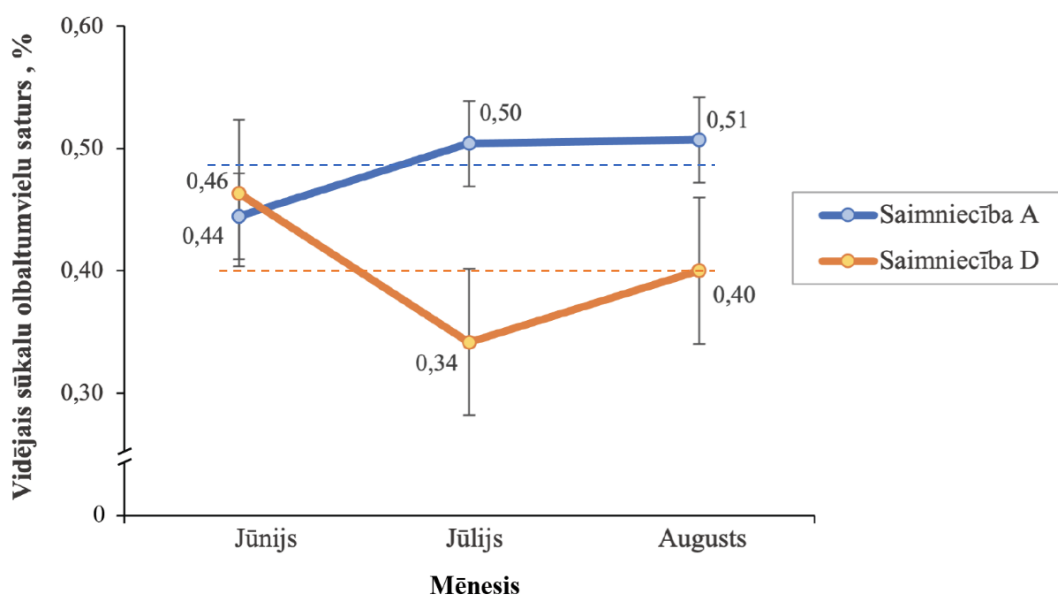
Analizētajos paraugos noteiktais laktozes saturs saimniecībā A iegūtā pienā bija $4,73 \pm 0,08\%$, bet saimniecībā D iegūtā pienā – $4,64 \pm 0,06\%$, kas ir nedaudz zemāk nekā citos pētījumos (Kourimska u.c. 2014; Tunick u.c., 2015). Bioloģiskajā pienā, kas bija analizēts Čehijā, vidējais laktozes saturs gada griezumā bija $4,80 \pm 0,11\%$ (Kourimská et al., 2014). Rezultāti sakrīt ar ASV iegūtajiem datiem, kur vasaras laikā EKO pienā noteiktais vidējais laktozes saturs bija $4,80\%$ (Tunick et al., 2015).

Cits izskaidrojums kalcija uzsūkšanās veicināšanai ir tas, ka līdzīgi kā galakto-oligosaharīdi, laktoze darbojas kā prebiotīks, pastiprinot bifidobaktēriju augšanu un tādējādi, nodrošina zemu zarnu pH skaitlisko vērtību, palielinot Ca^{2+} šķīdību un transcelulāro uzsūkšanos. Šo hipotēzi apstiprina pētījumi, kuros tika iekļauti pacienti ar laktāzes deficītu, kuriem laktoze gremošanas traktā netiek (pilnīgi vai daļēji) sašķelta ar fermentu palīdzību, bet tiek šķelta ar zarnu mikrobiomas starpniecību. Tomēr arī šiem pacientiem tiek novērota efektīva kalcija uzsūkšana. Savukārt citos pētījumos ir minēts, ka laktozei nav noteicošā loma kalcija uzsūkšanās procesā. Ir pierādīts, ka kalcija uzsūkšanās norit veiksmīgi, arī uzņemot uzturā produktus ar zemu laktozes saturu (ar daļēji vai pilnībā hidrolizētu laktozi fermentācijas

procesā) tādus kā jogurts un siers. Savukārt tiek uzsvērts, ka laktozei ir svarīga loma kalcija uzsūkšanās procesā tajos gadījumos, ja ir augsta kalcija koncentrācija un zema tā šķīdību, kā piemēram, zīdaiņiem un gados vecākiem cilvēkiem (Melse-Boonstra, 2020; Fardet et al., 2019, Bielik et al., 2021).

3.3.3. Sūkalu olbaltumvielas

Sūkalu olbaltumvielas, it īpaši α -laktalbumīns, β -laktoglobulīns un laktoferīns, kā arī to sastāvā ietilpstošās aminoskābes (L-lizīns, L-arginīns), spēj veicināt pasīvu kalcija difūziju. Pateicoties ķīmiskai uzbūvei, vispirms tās saista kalciju kompleksos, un tad lēni atbrīvo to sālskābes šķīdumā, tādējādi uzlabojot kalcija uzsūkšanu un tā biopieejamību (Melse-Boonstra, 2020, Huang et al., 2015). Šobrīd informācija par konkrētu sūkalu olbaltumvielu saturu pienā, kas veicinātu kalcija biopieejamību, ir limitēta. Tomēr, ņemot vērā informāciju, ka tieši sūkalu olbaltumvielas tiek uzskatītas par efektīvu kalcija biopieejamību veicinošo faktoru, var uzskatīt, ka augstāks to saturs pienā ir vērtējams pozitīvi (Pareira, 2014). Sūkalu olbaltumvielu saturs analizētajos piena paraugos ir atspoguļots 3.3. attēlā.



3.3. att. Sūkalu olbaltumvielu saturs ekoloģiskā svaigpienā.

Analizētajos piena paraugos lielāks sūkalu olbaltumvielu saturs tika noteikts saimniecībā A iegūtā pienā, kur to vidējais saturs vasarā bija – $0,49 \pm 0,04\%$, savukārt saimniecībā D iegūtā pienā – $0,40 \pm 0,09\%$. Brodziak u.c. veiktajā pētījumā sūkalu olbaltumvielu saturs BLS pienā bija izteikti lielāks – $0,72 \pm 0,10\%$ (Brodziak et al., 2018). Sūkalu olbaltumvielu saturu ietekmē vairāki faktori, t.sk. sezona, laktācijas periods, vecums un govju šķirne (Kuscynska et al., 2011). To saturs var palielināties akūta stresa gadījumā un ir pierādīts, ka dzīvnieka veselības stāvoklis

ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē sūkalu olbaltumvielu saturu. Mastīta gadījumā sūkalu olbaltumvielu saturs palielinās, bet kalcija saturs samazinās (Bobbo, 2017, Tanamati, 2020). Savukārt pazemināts šo olbaltumvielu saturs, var būt saistīts ar nekvalitatīvu, uzturvielām nabadzīgāku un nepietiekamu barības daudzumu (Gellerich, 2014).

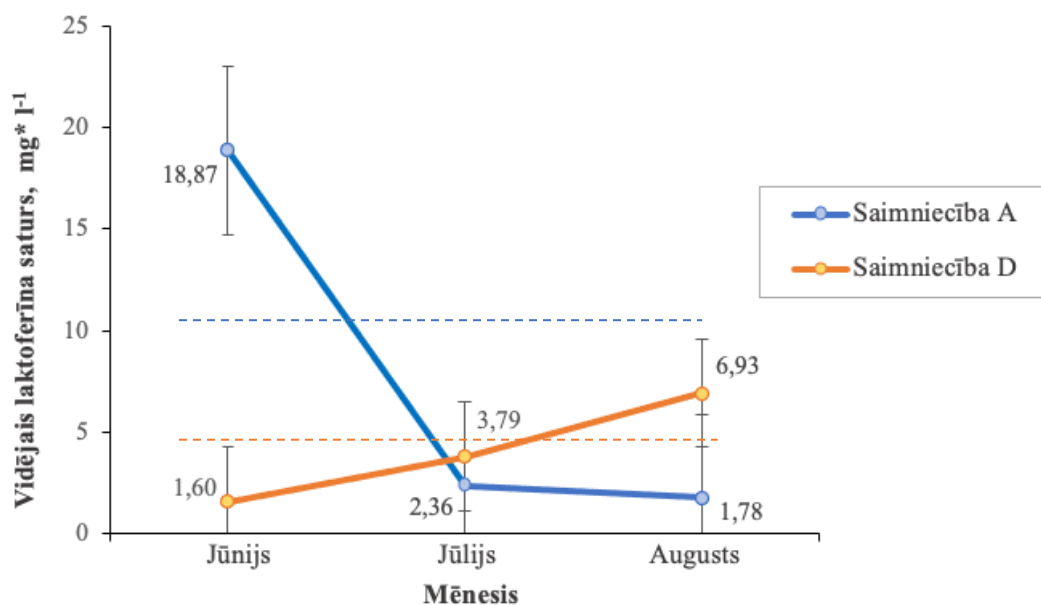
3.3.4. Laktoferīns

Laktoferīns ir dzelzi saistošs glikoproteīns, kas pieder transferīna saimei un to bioaktivitāte ir atkarīga no dzelzi saistošajām aktīvajām molekulām. Laktoferīns dažādās koncentrācijās ir atrodams zīdītāju sekrēciju produktos t.sk. mātes vai govju pienā un tiek pastiprināti sintezēts, reaģējot uz organismā iekļuvušām infekcijām (piem. mastīts) (Kuczyńska et al., 2012; Grigorieva et al., 2019). Laktoferīna homeostatiskā koncentrācija cilvēku asinīs ir salīdzinoši zema ($0,2\text{--}0,6 \mu\text{g ml}^{-1}$) un tā pastiprinātas sekrēcijas rezultātā jeb iekaisuma gadījumā palielinās līdz $200 \mu\text{g ml}^{-1}$ (Grigorieva et al., 2019).

Kā jau minēts iepriekš, tad laktoferīns, tāpat kā citas sūkalu olbaltumvielas, spēj veicināt pasīvu kalcija difūziju, tādējādi uzlabojot kalcija uzsūkšanos un biopieejamību. Tomēr ir jāatzīmē, ka laktoferīns ir daudzfunkcionāls un tas ir iesaistīts ne tikai imūnomodulējošās reakcijās un dzelzs homeostāzes regulēšanā, bet tam piemīt arī antikancerogēnas, pretmikrobu, pretiekaisuma un antioksidantu īpašības (Britigan et al., 1994; Kanwar et al., 2015; Legrand, 2016). Jaunākie pētījumi izceļ laktoferīnu kā kaulu augšanas faktoru jeb tas veicina kaulu anabolisko aktivitāti. Osteoblastu aktivitātes veicināšana ir viens no svarīgākajiem aspektiem osteoporozes attīstības kavēšanā. Savukārt, laktoferīns fizioloģiskajās koncentrācijās, spēj veicināt osteoblastu proliferāciju un to diferenciāciju, kavējot osteoklastu veidošanos (Shi et al., 2020; Zhang et al., 2018).

Analizētajos piena paraugos vidējais laktoferīna saturs saimniecībā A iegūtā pienā bija $10,62\pm 11,67 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, kas ir augstāks, nekā saimniecībā D iegūta pienā – $4,11\pm 2,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Zhang u.c. ziņoja, ka $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ govju pienā esošā laktoferīna uzņemšana veicināja osteoblastu proliferāciju un kaulu blīvuma uzturēšanu. Dotais proliferācijas efekts bija augstāks nekā $10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ un samazinājās, kad laktoferīna koncentrācija sasniedza $1000 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Zhang et al., 2018). Ņemot vērā Zhang pētījuma rezultātus, saimniecībā A iegūtais piens veicinātu labāku osteoblastu proliferāciju un kaulu blīvuma uzturēšanu, salīdzinot ar saimniecībā D iegūto pienu. Iepriekšējos Latvijā veiktajos pētījumos BLS iegūtā pienā laktoferīna saturs bija augstāks – $30 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Zagorska, 2007). Savukārt, Polijā iegūtā BLS svaigpienā laktoferīna saturs bija izteikti lielāks – $123,8\text{--}125,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Brodziak et al., 2018). Analizētajos piena paraugos, augstāks laktoferīna saturs bija noteikts jūnijā saimniecībā A – $18,87\pm 11,67 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, tomēr vasaras beigu

posmā tas būtiski samazinājās līdz sasniedza $1,78 \pm 1,67 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Savukārt saimniecībā D iegūtā svaigpienā novēroja pretēju tendenci, augstākais laktoferīna saturs bija konstatēts augustā – $6,93 \pm 2,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, bet zemākais jūnijā – $1,60 \pm 2,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (sk. 3.4. att.), bet šajā gadījumā svārstības nebija tik izteiktas.



3.4. att. Laktoferīna saturs ekoloģiskā svaigpienā.

Laktoferīna saturu pienā ietekmē govju šķirne. Polijā, pētot govju šķirnes ietekmi uz bioaktīvo proteīnu saturu, tika konstatēts, ka lielāks laktoferīna saturs ir Polijas sarkano ($130,62 \pm 20,18 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) un Simentālas govju pienā ($126,09 \pm 15,03 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) (Brodziak et al., 2020). Vēl viens faktors, kas ietekmē laktoferīna saturu pienā, ir sezona. Vasaras sezonā laktoferīna saturs BLS iegūtā pienā bija $334,99 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, bet ziemā tā saturs būtiski samazinās – $185,27 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Abi rezultāti ir būtiski augstāki nekā konkrētajā pētījumā iegūtie. Savukārt, vienas sezonas (vasaras laikā) un jaukto šķirņu ganāmpulka ietvaros, atšķirīgu laktoferīna saturu pienā var skaidrot ar govju imunizācijas pakāpi. Kuczyńska u.c. pētījumā noteikts, ka palielināts laktoferīna saturs bioloģiskajā pienā nav saistīts ar mastītu, bet to izraisa citi pozitīvi faktori, tādi kā govju turēšanas apstākļi un imunitātes stiprināšanas profilaktiskie pasākumi (Kuczyńska et al., 2012). Ņemot vērā to, ka laktoferīns un tā peptīdi (laktofericīns un laktoferramīns) ir bioloģiski aktīvi savienojumi, kas pozitīvi ietekmē cilvēka veselību, būtu svarīgi nodrošināt govju imunitāti veicinošus apstākļus, tādējādi nodrošinot augstāku piena un piena produktu bioloģisko vērtību (Alotham et al., 2019).

Kā redzams no iegūtajiem rezultātiem, tad kalcija biopieejamību ietekmējošo sastāvdaļu saturs atšķiras BLS saimniecībās. Mainoties saimniecībai, t.sk. dzīvnieka barībai, govju imunitātes veicinošiem pasākumiem un slimības profilaksei, būtiski mainās arī piena sastāvdaļu saturs un savstarpējā proporcija. Maģistra darba ietvaros analizētajos piena paraugos, kas iegūti no saimniecības A, noteiks augstāks kalcija, fosfora, laktozes, laktoferīna un sūkalu olbaltumvielu saturs, salīdzinot ar saimniecībā D iegūtu EKO pienu. Saimniecībā A iegūtā pienā kalcija biopieejamību veicinošu sastāvdaļu saturs daļēji vai pilnīgi atbilst literatūrā minētiem daudzumiem. Saimniecībā A kalcija biopieejamību ietekmējošo sastāvdaļu saturs bija lielāks, nekā saimniecībā D iegūtā pienā, kas ļauj secināt par atšķirīgu kalcija biopieejamību dažādās saimniecībās iegūtā pienā. Kopumā, var secināt, ka, Latvijas tirgū esošais ekoloģiskais piens ir bioloģiski pilnvērtīgs produkts, kas nodrošina patērētāju kalcija pieprasījumu līdz pat 42-125% no IDD, pie nosacījuma, ja dienā uzturā tiek patērēti vismazs viena porcija piena, vai ieteicamas 2-3 piena un piena produktu porcijas.

SECINĀJUMI

1. Piena ķīmiskais sastāvs, tai skaitā minerālvielu saturs, svārstījās plašās robežās. Gan minimālā (0,59%), gan maksimālā (0,94%) minerālvielu satura vērtība noteikta ekoloģiskā pienā, kas liecina par atšķirībām vienas saimniekošanas sistēmas ietvaros.
2. Vērtējot saimniekošanas sistēmas ietekmi uz svaigpiena ķīmisko sastāvu noteikts, ka būtiski lielāks ($p=0,02$) vidējais kalcijs ($122 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) un laktozes (4,78%) saturs noteikts konvencionālajā lauksaimniecībā iegūtā svaigpienā.
3. Vērtējot kalcijs biopieejamību ietekmējošos faktorus bioloģiskās saimniekošanas sistēmas ietvaros, noteikts, ka lielāks kalcijs, ka arī fosfora, laktozes, sūkalu olbaltumvielu, laktoferīna saturs bija saimniecībā A iegūtajā pienā, bet to saturs svārstījās vienas sezonas ietvaros.
4. Viena glāze saimniecībā A iegūtā ekoloģiskā piena dienā var nodrošināt 28 - 42 %, bet ieteicamas 2-3 porcijas, var nodrošināt 56 - 125% no Latvijas iedzīvotāju kalcijs IDD.
5. Darba izvirzītā hipotēze – ekoloģisks piens ir labs kalcijs avots - apstiprinājās, tomēr tas ir būtiski atkarīgs no saimniecības, kurā piens ir iegūts.

PATEICĪBAS

Darba autors izsaka savu pateicību LLU asoc.prof., Dr.sc.ing. Jeļenai Zagorskai par maģistra darba vadīšanu, vērtīgajiem norādījumiem un atbalstu darba izstrādē.

Kā arī,

Patiecība LLU pētniekam Dr.sc.ing. Vitālijam Radenkovam par laktoferīna satura noteikšanas metodikas aprobāciju.

Patiecība LU pētniekam Dr.chem. Jorenam Kviesim par laktoferīna satura noteikšanas metodikas aprobāciju.

Patiecība RSU lektorei Vinitai Caucei par palīdzību datu apstrādē.

Patiecība LLU vecākai laborantei Tatjanai Lapšenkovai par palīdzību laboratorijas darbu metodikas apgūvē.

Darba autors izsaka savu pateicību asoc.prof. Idai Jakobsonei par studijas programmas vadīšanu un atbalstu studiju laikā.

Darba autors izsaka savu pateicību draugam M.eng. Danielam Frederikam Steinwegam un visai autora ģimenei par atbalstu darba izstrādēs laikā.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Balk, E. M., Adam, G. P., Langberg, et al., (2017). Global dietary calcium intake among adults: a systematic review. *Osteoporosis International*, 28(12), 3315–3324. <https://doi.org/10.1007/s00198-017-4230-x>
2. Capozzi, A., Scambia, et al., (2020). Calcium, vitamin D, vitamin K2, and magnesium supplementation and skeletal health. *Maturitas*, 140, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.05.020>
3. Caroli A., Poli A., Ricotta D., et al., (2011). Invited review: Dairy intake and bone health: A viewpoint from the state of the art, *Journal of Dairy Science*, Volume 94, Issue 11, Pages 5249-5262, ISSN 0022-0302.
4. Chiodini, I., & Bolland, M. J. (2018). Calcium supplementation in osteoporosis: useful or harmful? *European Journal of Endocrinology*, 178(4), D13–D25. <https://doi.org/10.1530/eje-18-0113>
5. Cluskey M. et al., (2015). Dietary Sources of Calcium Among Parents and Their Early Adolescent Children in the United States by Parent Race/Ethnicity and Place of Birth *Journal of Immigrant & Minority Health*, vol. 17, no. 2, Apr., pp. 432–440. EBSCOhost, doi:10.1007/s10903-014-0026-7.
6. D. Paige, (2005). Lactose intolerance, Editor(s): Benjamin Caballero, *Encyclopedia of Human Nutrition* (Second Edition), 113-120, ISBN 9780122266942, <https://doi.org/10.1016/B0-12-226694-3/02175-X>.
7. EU Register of nutrition and health claims made on foods, Calcium, pieejams: https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=search, skatīts 18.01.2022
8. Gueguen L., Pointillart A. Et al., (2000). The bioavailability of dietary calcium. *Journal of the American College of Nutrition* vol. 19, 2 Suppl 119S-136S. doi:10.1080/07315724.2000.10718083
9. Ieteicamās enerģijas un uzturvielu devas Latvijas iedzīvotājiem, 2017.gads. iegūts no: <https://www.spkc.gov.lv/lv/media/2839/download>, skatīts: 20.01.2022
10. Ilesanmi-Oyelere, B. L., & Kruger, M. C. (2020). The Role of Milk Components, Pro-, Pre-, and Synbiotic Foods in Calcium Absorption and Bone Health Maintenance. *Frontiers in Nutrition*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.578702>

11. Julián, C., Mouratidou, T., Vicente-Rodriguez, et al., (2017). Dietary sources and sociodemographic and lifestyle factors affecting vitamin D and calcium intakes in European adolescents: the Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence (HELENA) Study. *Public Health Nutrition*, 20(9), 1593–1601. <https://doi.org/10.1017/s1368980017000532>
12. Kārklīņa, K., Ciproviča, I., (2008). Pārtikas produktu tehnoloģija : starpaugstskolu akadēmiskā, maģistra studiju programma “Uzturzinātne” : mācību materiāls. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
13. Kaushik R., Sachdeva B., et al., (2014). Bioavailability of vitamin D2 and calcium from fortified milk, *Food Chemistry*, Volume 147, Pages 307-311, ISSN 0308- 8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.150>.
14. Latvijas gados vecu iedzīvotāju veselības stāvoklis un to ietekmējošie faktori, Slimību profilakses un kontroles centrs (SPKC), Rīga 2012, iegūts no: <https://www.spkc.gov.lv/lv/sabiedribas-veselibas-datu-analize/latvijas-gados-vecu-iedzivotaju-veselibas-stavoklis-un-to-ietekmejosie-faktori-2012.pdf>, skatīts: 22.01.22
15. Li K., et al., (2018). The good, the bad, and the ugly of calcium supplementation: a review of calcium intake on human health. *Clinical interventions in aging* vol. 13 2443-2452. 28 Nov., doi:10.2147/CIA.S157523
16. Li, R., & et al., (2021). Effects of Different Calcium Intakes on Metabolism in Healthy Adults under Strict Dietary Intervention. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 55(8), 965–972. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112150-20201115-01370>.
17. Melse-Boonstra A., (2020). Bioavailability of Micronutrients From Nutrient-Dense Whole Foods: Zooming in on Dairy, Vegetables, and Fruits. *Frontiers in nutrition* vol. 7 101. 24 Jul., doi:10.3389/fnut.2020.00101
18. Muscariello R., Rendina D., et al., (2021). Calcium daily intake and the efficacy of a training intervention on optimizing calcium supplementation therapy: A clinical audit, *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, Volume 31, Issue 1 , Pages 354-360, ISSN 0939-4753, <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.08.005>.
19. National Institute of Health (NIH): Calcium, atjaunots 17. Novembris 2021., skatīts: 2. Decembris 2021., pieejams <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Calcium-HealthProfessional/#en1>
20. Nguyen B., Murimi W., et al. (2021). Lack of calcium rich foods in the diet, low knowledge on calcium level recommendations and severe food insecurity predicts low

- calcium intake among Vietnamese women, *Appetite*, Volume 163, 105242, ISSN 0195-6663, <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105242>.
21. Osteoporozes klīniskās vadlīnijas, Latvijas Osteoporozes un kaulu metabolo slimību asociācijas (LOKMSA), Rīga 2011, iegūts no: <https://www.spkc.gov.lv/lv/registretas-2012gada/509b5dbc937ee1.pdf>, skatīts: 26.11.2021
 22. Pana, A., Dehghani, M., et al., (2020). Calcium intake, calcium supplementation and cardiovascular disease and mortality in the British population: EPIC-norfolk prospective cohort study and meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 36(7), 669–683. <https://doi.org/10.1007/s10654-020-00710-8>
 23. Pereira P., (2014). Milk nutritional composition and its role in human health” , *Nutrition*, Volume 30 , Issue 6, Pages 619-627, ISSN 0899-9007, <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>.
 24. Peterlik M., et al., (2005). Vitamin D and Calcium Deficits Predispose for Multiple Chronic Diseases. *European Journal of Clinical Investigation*, vol. 35, no. 5, May pp. 290–304. EBSCOhost, doi:10.1111/j.1365-2362.2005.01487.
 25. Pu F., Chen N, Xue S, et al., (2016). Calcium intake, calcium homeostasis and health, *Food Science and Human Wellness*, Volume 5, Issue 1, Pages 8-16, ISSN 2213-4530, <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.01.001>.
 26. Raymond J.L., and Morrow K., (2020). In: Krause and Mahan's Food & the Nutrition Care Process, 15th Edition; Publisher: Elsevier, pp 476-478, 729, 829, 1116-1118.
 27. Rizzoli R., Biver E., (2021). Nutritional intake and bone health, *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, Volume 9, Issue 9, Pages 606-621,ISSN 2213-8587, [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00119-4)
 28. Sabiedrības veselības pamatnostādnes 2021.-2027. gadam, 1.pielikums, Latvijas Republikas Veselības ministrija, iegūts no: <http://tap.mk.gov.lv/lv/mk/tap/?pid=40498718>, skatīts: 20.01.2022
 29. Schulze K.J., (2013). Calcium, *Encyclopedia of Human Nutrition* (Third Edition), Academic Press, Pages 228-234, ISBN 9780123848857, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00034-9>.
 30. Sрни V., (2001). Bioavailability of Nutrients: A Practical Approach to In Vitro Demonstration of the Availability of Nutrients in Multivitamin-Mineral Combination Products,*The Journal of Nutrition*, Volume 131, Issue 4, April, Pages 1349S– 1350S, <https://doi.org/10.1093/jn/131.4.1349S>

31. Straub D. et al., (2007). Calcium supplementation in clinical practice: a review of forms, doses, and indications. *Nutrition in clinical practice* 22.3 pp. 286- 296., <https://doi.org/10.1177/0115426507022003286>
32. Vavrusova M., Leif H., et al., (2014). Calcium nutrition. Bioavailability and fortification, Skibsted, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 59, Issue 2, Part 2, Pages 1198-1204, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.034>.
33. Veselīga uztura ieteikumi pieaugušajiem, Veselības ministrija, Rīga 2020. Iegūts no: <https://www.vm.gov.lv/lv/media/3017/download>, skatīts: 22.01.2
34. Wawrzyniak N, Suliburska J., (2021). Nutritional and health factors affecting the bioavailability of calcium: a narrative review. *Nutr Rev.* Nov 10;79 (12):1307-1320. doi: 10.1093/nutrit/nuaa138. PMID: 33491051.
35. Wu F., Pahkala K., Juonala M., et al., (2021). *Childhood and long-term dietary calcium intake and adult cardiovascular risk in a population with high calcium intake*, *Clinical Nutrition*, Volume 40, Issue 4, Pages 1926-1931, ISSN 0261-5614, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.09.007>.
36. Zariņš Z., Neimane L., Bodnieks E., (2018). Uztura mācība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, , 47.lpp
37. Pārtikas produktu patēriņš vidēji uz vienu māsaimniecības locekli gadā, Centrālā statistikas pārvalde (CPS), Rīga 2019, iegūts no: [https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__POP__MB__MBP/MBP010/table ViewLayout1/](https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__POP__MB__MBP/MBP010/table/table ViewLayout1/), skatīts: 22.01.22

PIELIKUMI

1.pielikums
Dokumentārā lapa

Maģistra darbs „Kalcija biopieejamību ietekmējošo faktoru izvērtējums ekoloģiskā pienā” ir izstrādāts Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autore: Stefanija Šabuņeviča *paraksts* 26.05.2022.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Asoc.prof., Dr.sc.ing., Jeļena Zagorska *paraksts* 26.05.2022.

Recenzents: asoc. prof., Dr. sc. ing. Inga Ciproviča

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē 26.05.2022.

Lietvede: Vita Brusbārde

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

prot. Nr. , vērtējums

Komisijas sekretārs/e: Dr. biol. Vizma Nikolajeva