



## Lopbarībā esošo karotinoīdu raksturojums un loma piena ieguvē Carotenoids in Feedstuffs and Their Role in Milk Production

Unigunde Antone, Aleksandrs Jemeljanovs, Baiba Ošmane, Vita Šterna  
LLU Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskais institūts „Sigra”  
Research Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine „Sigra”, LLU  
e-mail: vitasterna@inbox.lv

**Abstract.** Carotenoids are involved in the sensory and nutritional values of dairy products. The milk used for consumption or dairy processing should have a high antioxidative capacity to achieve high-quality products. Feeding is one of the most significant factors influencing cow productivity, and composition and quality of milk. It is expected that milk from cows fed silage has higher concentration of  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol than milk from cows fed hay. In grazing systems herbage maturity stage affects the amount of carotenoids ingested and may affect carotenoid concentrations in milk. In the present study, the content of total carotenes in different forages was analysed, and the content of  $\beta$ -carotene, vitamin A and vitamin E in milk samples was investigated. It was detected that the average content of total carotenes in feed samples of silage, haylage, hay, grass, clover, rapeseed cake, and carrots was respectively 87.64, 7.57, 1.78, 24.06, 47.13, 2.96, and 138.95 mg kg<sup>-1</sup> of dry matter. The results of investigations showed that the content of total carotenes in pasture grass, clover and stem-grass samples decreased from June till August. Correlation between the protein and total carotenes content in pasture grass samples was calculated ( $r=0.49$ ,  $p<0.05$ ). The content of  $\beta$ -carotene (131  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), vitamin A (44  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), and vitamin E (48  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) in milk samples was higher when the feed of cows had higher content of total carotenes, e.g. 830 mg per cow per day. The milk samples demonstrated an average content of  $\beta$ -carotene (40  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), vitamin A (37  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), and vitamin E (35  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) when cows were not provided with an optimal content of total carotenes.

**Key words:** cows, milk, forages, antioxidants, vitamins.

### Ievads

Augu valstī karotinoīdi ir plaši pārstāvēti; augi un aļģes sintezē vairāk nekā 600 dažādu karotinoīdu. Tie veido galveno dabīgo pigmentu grupu. Karotinoīdus var iedalīt divās lielās grupās atkarībā no to ķīmiskās uzbūves. Pirmo grupu veido karotīni, kas ir ogļūdeņraži, kuru struktūra veidota uz tetraterpenoīdu skeleta bāzes ar 40 oglekļa atomiem ķēdē, bet otrajā grupā ietilpst ksantofīli, kuru struktūrās vēl papildus ietilpst skābeklis hidroksil-, metoksil-, karboksil-, keto- vai epoksīdgrupu formā (Osītis, 2005; Wilska-Jeszka, 1997). Pigmentu krāsa rodas, pateicoties šajos savienojumos ietilpstošo konjugēto dubultsaišu klātbūtnei. Jo vairāk dubultsaišu, jo sarkanāka krāsa. Ksantofīli, karotīni un likopēns veido attiecīgi dzelteno, oranžo un sarkano krāsrojumu (Wilska-Jeszka, 1997). No augiem tie lielākā vai mazākā mērā pāriet dzīvnieku valsts produktos – vairāk olu dzeltenumā, mazāk atgremotājdzīvnieku pienā un ķermeņa taukos. Karotinoīdi organismā pilda vairākas

bioloģiskas funkcijas. Piemēram,  $\beta$ -karotīns, kas ir viens no visnozīmīgākajiem karotinoīdiem, ir gan provitamīns A vitamīnam, gan imūnsistēmas stiprinātājs, un tam piemīt arī pretvēža un antioksidatīva iedarbība (Kumaresan, Murugan et al., 2008). Tas ir pieskaitāms pie tiešajiem antioksidantiem, reaģē ar peroksidradikāļiem, veidojot produktus, kuri nespēj turpināt oksidācijas procesu ķēdē, kā arī saista singleto jeb aktivēto skābekli, tādējādi palīdzot aizkavēt fotooksidācijas izraisītu pārtikas u.c. produktu bojāšanos (Chow, 1991). Pietiekams nodrošinājums ar karotinoīdiem barībā sekmē govju veselību. Atsevišķi pētījumi apstiprina ciešu korelāciju starp A vitamīna un  $\beta$ -karotīna saturu govju asinīs un veselību (Chew, Hollen et al., 1982), bet citi būtiskas sakarības nenovēro (Oldham, Eberhart, Muller, 1991). Veiss (Weiss, 2010) skaidro, ka pēc patogēno mikroorganismu iekļūšanas tesmenī sākas iekaisuma reakcija; tās laikā būtiski palielinās imūnsūnu izdalīto

reaģētspējīgo skābekļa metabolītu daudzums, kas imūnšūnām palīdz iznīcināt patogēnos mikroorganismus. Ja imūnšūnās antioksidantu kapacitāte nav pietiekama, samazinās to dzīvotspēja un sākas infekcija, vai arī tā pastiprinās.

Vairākos pētījumos secināts, ka tādi antioksidanti kā  $\alpha$ -tokoferols un karotinoīdi var tikt iesaistīti piena sintēzē, tādējādi uzlabojot piena oksidatīvo stabilitāti (Graneli, Barrefors et al., 1998; Havemose, Weisbjerg et al., 2004). Ēdināšana ir galvenais faktors, kas nosaka karotinoīdu saturu govju pienā un asinīs, tomēr to ietekmē arī govju šķirne, laktācija, fizioloģiskais stāvoklis, produktivitāte un laktācijas periods (Noziere, Grolier et al., 2006), kā arī ģeogrāfiskā atrašanās vieta un sezona (Weller, Marley, Moorby, 2007). Neskatoties uz to, ka augos ir sastopama liela karotinoīdu dažādība, atgremotājdzīvnieku barībā tie noteikti ne vairāk kā desmit, un kvantitatīvi vissvarīgākie ir  $\beta$ -karotīns un luteīns (Noziere, Graulet et al., 2006).

Zinātniskajā literatūrā publicēto pētījumu rezultāti par slaucamām govīm izēdinātās barības ietekmi uz piena karotinoīdu un tokoferolu sastāvu apkopoti 1. tabulā. Jāsecina, ka ļoti atšķiras karotinoīdu saturs līdzīgos barības līdzekļos, kas atkarīgs gan no augu augšanas apstākļiem un barības līdzekļu sagatavošanas veida, gan pētījumā izmantotās analīzes metodes. Piemēram, noteikts, ka  $\beta$ -karotīna saturs sienā kūstures perioda beigās veidojis 11 mg kg<sup>-1</sup> sausas (Noziere, Grolier et al., 2006) un 41.6 mg kg<sup>-1</sup> sausas, kas izmēģinājuma divos mēnešos samazinājies līdz 20.8 mg kg<sup>-1</sup> sausas (Havemose, Weisbjerg et al., 2006). Attiecīgi pienā  $\beta$ -karotīna saturs bijis 62  $\mu$ g L<sup>-1</sup>, bet otrā pētījumā tas samazinājies no 445 līdz 264  $\mu$ g L<sup>-1</sup>. Bieži vien antioksidantu saturs pienā tiek analizēts, nenosakot karotinoīdu saturu barībā, vien norādot, kādi barības līdzekļi tiek izēdināti. Pētījumi veikti dažādās valstīs ar tajās turētajām govju šķirnēm un izēdinot atšķirīgus barības līdzekļus, tādēļ arī  $\beta$  karotīna saturs pienā ļoti atšķiras. Pamatojoties uz iepriekš teikto, dati nav pilnībā piemērojami Latvijas apstākļiem barības karotinoīdu satura izvērtēšanai un barības devu aprēķināšanai.

Karotīna diennakts normatīvi: cietstāvošām govīm – 50 mg katrā kilogramā barības sausas; slaucamām govīm – 30 mg uz 100 kg dzīvmasas un 15–20 mg kg<sup>-1</sup> slauktā piena (Ostis, 2005). Nacionālā Zinātņu Padome (ASV) iesaka ar barību govij nodrošināt vismaz 300 mg  $\beta$ -karotīna dienā, jo optimālai tesmeņa veselībai  $\beta$ -karotīna saturam asinīs vajadzētu būt vairāk nekā 3 mg L<sup>-1</sup> (Nutrient Requirements ..., 2001). Karotīna

izmantošanās salīdzinošā efektivitāte dzīvniekiem mainās atkarībā no A vitamīna līmeņa barības devās, kā arī no karotīna avota un citiem faktoriem. Liela nozīme karotīnu bioloģiskajā aktivitātē ir arī to ķīmiskajai struktūrai. Ievērojami aktīvāki ir trans- nekā cis-izomēri (ģeometriskie izomēri) (Beķers, Jākobsons u.c., 1973). Neapstrādātos augu produktos karotinoīdiem parasti sastopama visu dubultsaišu trans-konfigurācija. Pārstrādes un uzglabāšanas laikā var notikt saišu izomerizācija un, veidojoties cis- konfigurācijas saitēm, produkti pakāpeniski var zaudēt krāsu (Wilska-Jeszka, 1997).

Tiek uzskatīts, ka ganību zālē karotinoīdu saturs ir pietiekams, lai nodrošinātu govīs ar tik ļoti nepieciešamajiem bioloģiski aktīvajiem savienojumiem; diemžēl kūstures periodam sagatavotajos barības līdzekļos to saturs nav pietiekams. Bieži vien, sastādot barības devas slaucamajām govīm, karotīnu saturs barībā vispār netiek izvērtēts. Tādēļ mūsu pētījumu mērķis bija izvērtēt slaucamo govju ēdināšanā biežāk izmantoto barības līdzekļu kopējo karotīnu saturu un to ietekmi uz piena sastāvu.

## Materiāli un metodes

Lopbarības un piena analīzes tika veiktas LLU Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskā institūta „Sigra” Bioķīmijas un mikrobioloģijas zinātniskajā laboratorijā no 2009. gada līdz 2010. gadam. Analizēti slaucamām govīm sagatavotie barības līdzekļi no sešām Latvijas saimniecībām Siguldas, Smiltenes un Ogres novados.

Kopumā kūstures perioda beigās (februārī–aprīlī) analizēti 37 skābbarības, 13 skābsiena, 6 siena, 3 rapšu raušu un 5 burkānu paraugi, un ganību periodā – 11 ganību zāles, 9 sarkanā āboliņa (*Trifolium pratense*) un 8 stiebrzāļu maisījuma paraugi (jūnijā–septembrī). Stiebrzāļu maisījuma aptuvenais sastāvs: 35% timotiņa (*Phleum pratense*), 35% ganību airenes (*Lolium perenne tetraploid*) un 30% pļavu airenes (*Festuca pratensis*). Lai izvērtētu kopējo karotīnu satura izmaiņas ganību zālē visā ganību perioda laikā, tika ievākti pa vienam paraugam sarkanā āboliņa, stiebrzāļu maisījuma un dabīgo ganību zāles 8., 12., 15., 18., 25. un 29. jūnijā, 8. jūlijā, 31. augustā un 7. septembrī. Barībā noteikts sausas, proteīna, koptauku un kopējo karotīnu saturs.

Lai izvērtētu ar barību uzņemtā karotinoīdu daudzuma ietekmi uz piena antioksidantu sastāvu, kūstures periodā tika analizēti 8 un ganību periodā

**Literatūrā aprakstīto pētījumu apskats par ēdināšanas ietekmi uz piena antioksidantu saturu**  
**Rewiev of the investigations about feed influence on the content of antioxidants in milk**

Izēdinātā barība / Feeding	Antioksidantu saturs barībā / Content of antioxidants in feed		Antioksidantu saturs pienā / Content of antioxidants in milk			Pētījums / Source
	β-karotīns, mg kg <sup>-1</sup> sausnas / β-carotene, mg kg <sup>-1</sup> dry matter	α-tokoferols, mg kg <sup>-1</sup> sausnas / α-tocopherol, mg kg <sup>-1</sup> dry matter	β-karotīns / β-carotene, μg L <sup>-1</sup>	α-tokoferols / α-tocopherol, μg L <sup>-1</sup>	Luteīns / Lutein, μg L <sup>-1</sup>	
Zāles-āboliņa skābbarība / Grass-clover silage	13.1±0.1	11.1±2.3	440±23	472±33	–	Havemose, Weisbjerg et al., 2006
Siens / Hay	41.6–20.8	13.8±0.1	445–246	504±48	–	
Zāles skābbarība / Grass silage	–	–	697±76	854±31	19±1	Havemose, Weisbjerg et al., 2004
Kukurūzas skābbarība / Corn silage	–	–	223±25	375±12	3±1	
Kūstures periodā / Indoor period	–	–	156 (3.9)	–	–	Toledo, Andren, 2003
Ganību periodā / Outdoor period	–	–	232 (5.8)	–	–	
Zāles skābbarība / Grass silage	31	–	133 (3.64)	–	–	Noziere, Grolier et al., 2006
Siens / Hay	11	–	62 (1.7)	–	–	
Kūstures periodā / Indoor period	–	–	(5.5–6.3)	(23.1–23.9)	(0.4–0.5)	Butler, Nielsen et al., 2008
Ganību periodā / Outdoor period	–	–	(6.0–9.3)	(21.4–32)	(0.5–1.1)	
Ganību zāle jūnijā–augustā / Pasture grass, June–August	22.6–79.3	–	154–191	–	0.5–0.7	Calderon, Tornambe et al., 2006
Kukurūzas skābbarība, blakusprodukti, koncentrātu maisījums konvencionālajās saimniecībās / Corn silage, byproducts, concentrate mixture in farms of conventional production system			(3.7±0.2)	(20.3±0.4)		
Ganību zāle, graudaugi, zāles skābbarība bioloģiskajās saimniecībās / Pasture grass, cereals, grass silage in farms of organic production system			(4.3±0.3)	(21.0±0.5)		Slots, Butler et al., 2009
Ganību zāle ekstensīvajās saimniecībās / Pasture grass in farms of extensive production system			(9.3±0.5)	(32.0±0.8)		

Piezīme. Lielums iekavās norādīts μg g<sup>-1</sup> tauku. / Note. The amount in brackets is expressed in μg g<sup>-1</sup> of fat.

4 koppiena paraugi. Koppiena paraugi ņemti divās saimniecībās, kur katrā no tām tika turēts ap simts slaucamo govju. Kūstures periodā vienā saimniecībā no karotinoīdus saturošiem barības līdzekļiem tika izēdināta skābbarība un siens, bet otrā – skābbarība, burkāni un lopbarības saknes. Ganību periodā vienā no saimniecībām govīs atradās ganībās, bet otrā tās tika turētas kūtī un tām izēdināja pievesto barību.

Pienā tika noteikts proteīna, tauku,  $\beta$ -karotīna, A vitamīna un E vitamīna saturs.

#### Analīžu metodes lopbarības paraugiem

Sausnas saturu paraugos noteica, žāvējot tos 60 °C 18 stundas, lai nerastos kopējo karotīnu satura zudumi;

Proteīna satura aprēķināšanai lopbarības paraugos ar Kjeldāla metodi noteica slāpekļa saturu, ko reizināja ar koeficientu 6.25 saskaņā ar LVS EN ISO 5983-1-2005 metodi;

Kopējo tauku saturu noteica ar Soksleta metodi ISO 6492:1999(E);

Kopējo karotīnu saturu noteica, tos ekstrahējot no 3 g parauga ar 50 mL petrolētera un fotometrējot uz FEK-56 M pie viļņa garuma 450 nm saskaņā ar GOST 13496.17-95 metodi.

#### Analīžu metodes piena paraugiem

Piena tauku un olbaltumvielu saturu noteica ar infrasarkanā staru spektrometrijas metodi ISO 9622-1999, izmantojot iekārtu Milcoscan.

Vitamīna A, vitamīna E un  $\beta$ -karotīna satura noteikšanai veica lipīdu ekstrakciju: 10 mililitriem piena pievienoja 10 mL izopropanola un 5 mL heksāna/toluola maisījuma (10/8), centrifugēja 5 min ar 2800 apgr. min<sup>-1</sup> 4 °C temperatūrā. Augšējo lipīdu slāni pārnesa mēģenē un atlikušajam paraugam pievienoja 3 mL heksāna/toluola maisījuma; centrifugēja un atdalīja augšējo slāni un atlikušajam paraugam vēlreiz pievienoja 3 mL heksāna/toluola maisījuma. Mēģenē savāko ekstraktu ietvaicēja ar slāpekli 40 °C temperatūrā. Mēģenei ar sauso atlikumu pievienoja 5 mL butilētā hidroksitoluola

2. tabula / Table 2

**Kopējo karotīnu saturs barības līdzekļos**  
**The content of total carotenes in feedstuffs**

Barības līdzekļi / Forage	n	Kopējo karotīnu saturs, mg kg <sup>-1</sup> sausnas / Content of total carotenes, mg kg <sup>-1</sup> dry matter				Tauku saturs / Fat content, %	Proteīna saturs / Protein content, %
		vidējā vērtība / average	standart-novirze / STD	minimālā vērtība / minimum	maksimālā vērtība / maximum		
64 Kūstures periods / Indoor period							
Skābbarība / Silage	37	87.64	55.47	7.54	163.57	5.39	11.03
Skābsiens / Haylage	13	7.57	7.13	0.42	12.84	3.74	12.00
Siens / Hay	6	1.78*	1.82	0.01	3.60	1.87	6.58
Rapšu rauši / Rapeseed cake	3	2.96	3.36	0.01	6.62	13.26	31.68
Burkāni / Carrots	5	138.95	83.04	13.35	221.75	0.24	0.87
28 Ganību periods / Outdoor period							
Ganību zāle / Pasture grass	11	24.06	15.58	10.28	46.34	3.12	12.79
Sarkanais āboliņš / Red clover	9	47.13	30.23	10.05	88.21	3.56	17.82
Stiebrzāļu maisījums / Stem-grass mixture	8	25.17	11.59	11.44	39.36	2.76	9.20

Piezīme. Kopējo karotīnu saturs četros no sešiem analizētajiem paraugiem bija zemāks par noteikšanas robežu – 0.01. / Note. In four of six samples the content of total carotenes was lower than detection limit – 0.01.

metanolā ( $2 \text{ g L}^{-1}$ ) un  $5 \text{ mL } 2 \text{ M}$  kālija hidroksīda šķīduma metanolā (Graneli, Helmerston, 1996); ekstraktu ietvaicēja  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā ar slāpekli. Sauso atlikumu izšķīdināja  $2 \text{ mL}$  metanola, filtrēja un analizēja ar augstas efektivitātes šķidrums hromatogrāfu (Waters) ar fotodiožu detektoru (Waters), lietojot apgrieztās fāzes kolonnu RP C18 ( $150 \times 4.6 \text{ mm}$ ). Vitamīna A saturu noteica pie viļņa garuma  $325 \text{ nm}$ , vitamīna E saturu – pie viļņa garuma  $292 \text{ nm}$ , un  $\beta$ -karotīna saturu – pie viļņa garuma  $475 \text{ nm}$ .

Datu statistiskā apstrāde tika veikta ar datu apstrādes programmu SPSS 11.0.

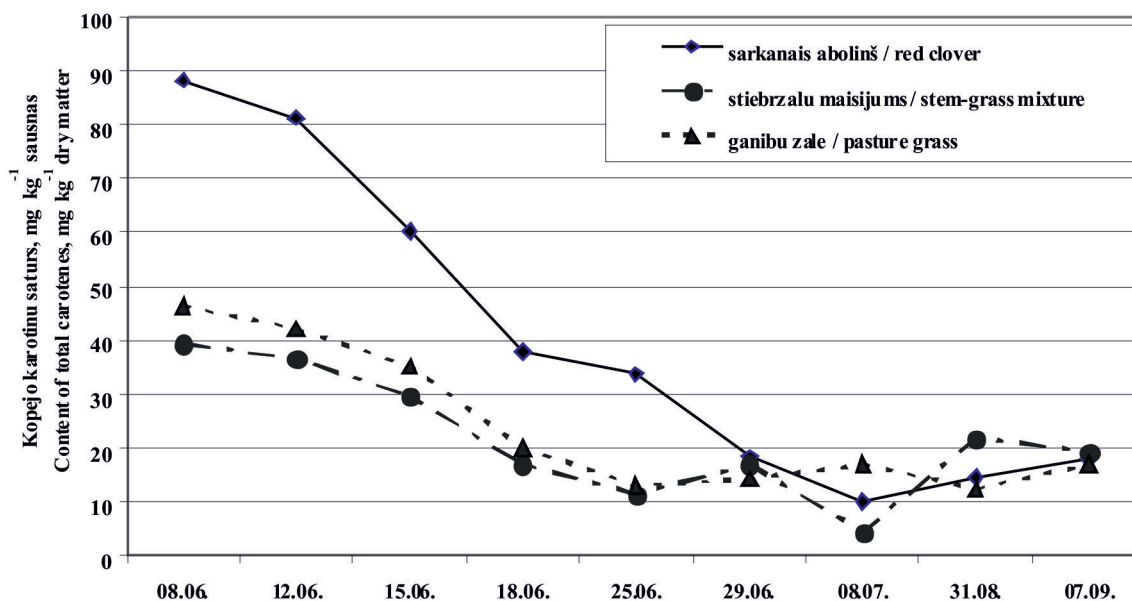
### Rezultāti un diskusija

Mūsu pētījumā analizēto skābbarības, skābsiena, siena, kā arī ganību zāles, āboliņa, stiebrzāļu maisījuma, rapšu raušu un burkānu kopējo karotīnu, proteīna un tauku saturs atspoguļots 2. tabulā. Barības līdzekļu pilnīgākai raksturošanai norādītas arī noteiktā kopējo karotīnu satura minimālās un maksimālās vērtības. No 2. tabulas var secināt, ka kūstures perioda beigās kopējo karotīnu saturs skābbarībā svārstījies no  $7.54$  līdz  $163.67 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas. Līdzīgi rezultāti iegūti arī ārzemju zinātnieku pētījumos:  $\beta$ -karotīns āboliņa skābbarībā veidojis  $30\text{--}150 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas (Jensen, 2003), bet ganību airesnes –  $31 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas (Noziere, Grolier et al., 2006). Saskaņā ar Viljamsa pētījumiem par literatūras datiem skābbarībā  $\beta$ -karotīns vidēji veido  $81 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas (Williams, Ballet, Robert, 1998).

Mūsu pētījumu rezultāti liecina, ka ievērojami mazāk kopējo karotīnu satur skābsiens ( $0.42\text{--}12.84 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas), kā arī siens, kur četros no sešiem martā analizētajiem paraugiem kopējo karotīnu saturs bija mazāks par  $0.01 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas. Jāsecina, ka kūstures perioda beigās martā un aprīlī, izēdinot tikai skābbarību un sienu, slaucamām govīm nevar nodrošināt pietiekamu kopējo karotīnu daudzumu barībā. Arī rapšu rauši satur salīdzinoši maz kopējo karotīnu – vidēji  $2.96 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas. Pētījuma rezultāti ļauj secināt, ka burkānos karotīnu saturs arī martā vēl ir salīdzinoši augsts – vidēji  $138.95 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas, vienīgi jāņem vērā, ka  $\beta$ -karotīns veido aptuveni  $60\%$  no kopējo karotīnu satura burkānos (Osītis, 2005).

Ganību zāles paraugos kopējo karotīnu saturs vidēji bija  $24.06 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas. Sezonas laikā tas mainījās no  $46.34 \text{ mg kg}^{-1}$  jūnija sākumā līdz  $12.42 \text{ mg kg}^{-1}$  augustā un bija salīdzinoši zems (1. att.). Karotīna saturs augos, kuri tiek izmantoti skābbarības sagatavošanai, var sasniegt pat  $200\text{--}800 \text{ mg kg}^{-1}$  sausas (Osītis, 2005). Savukārt saskaņā ar Calderon un līdzautoru (Calderon, Tornambe et al., 2006) pētījumiem Alpu ganību zālēs  $\beta$ -karotīna saturs no jūnija līdz oktobrim ir svārstījies  $22.6\text{--}79.3 \text{ mg kg}^{-1}$  robežās. Šie rezultāti ir līdzīgi mūsu pētījumā iegūtajiem un varētu būt izskaidrojami ar to, ka zāles paraugi ņemti dabīgās ganībās.

Kopējo karotīnu satura izmaiņas ganību zāles, āboliņa un stiebrzāļu maisījuma paraugos sezonas



1. att. Kopējo karotīnu satura izmaiņas zāles lopbarībā 2009. gada ganību periodā.  
Fig. 1. Changes in the content of total carotenes in grass forage in the 2009 outdoor period.

laikā parādītas 1. attēlā. Var secināt, ka āboliņa paraugos karotīna saturs jūnija sākumā bija aptuveni divas reizes lielāks nekā stiebrzāļu maisījuma paraugos, bet jūlijā šo bioloģiski aktīvo savienojumu saturs būtiski neatšķīrās. Mūsu pētījuma rezultāti liecina, ka visaugstākais kopējo karotīnu saturs augos bija jūnija sākumā, bet pēc tam pakāpeniski samazinājās. Literatūras dati liecina, ka sarkanais āboliņš satur par 25% vairāk karotīna nekā kamolzāle vai ganību airene (Chauveau-Duriot, Thomas et al., 2005).

Attiecībā uz karotinoīdu saturu augos sezonas laikā literatūras dati ir pretrunīgi, jo to būtiski ietekmē augu veģetācijas fāze un ar to saistītās zaļmasas bioķīmiskā sastāva izmaiņas, kā arī laika apstākļi un augsne. Tā, piemēram, augsnes ielabošana ar slāpekļa mēslojumu palielina kā proteīna, tā arī kopējo karotīnu saturu zaļajos augos. Iespējams, proteīni sekmē karotinoīdu sintēzes procesu (Park, Anderson et al., 1983). Literatūrā minēts, ka starp kopējo karotinoīdu un proteīna saturu zāles paraugos pastāv cieša korelācija ( $r=0.71$ ), bet starp kopējo karotinoīdu un kokšķiedru saturu – cieša negatīva korelācija ( $r=-0.73$ ) (Calderon, Tornambe et al., 2006).

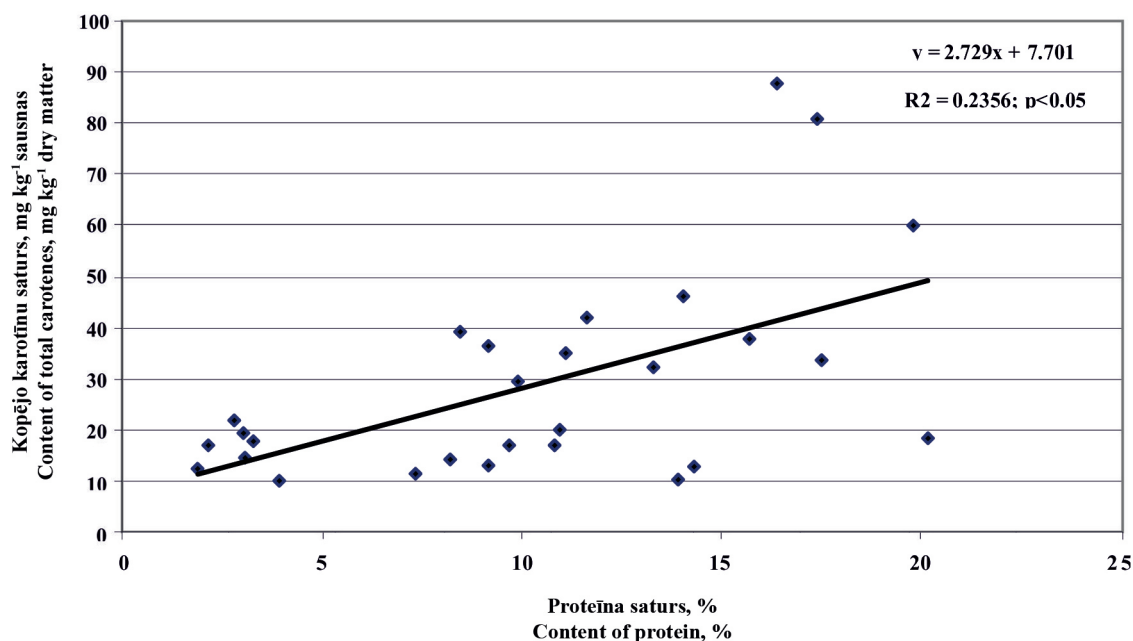
Sakarība starp kopproteīna un kopējo karotīnu saturu Latvijas ganību zāles paraugos parādīta 2. attēlā. Analīžu rezultāti liecina par vidēji ciešu ( $r=0.49$ ,  $p<0.05$ ) kopējo karotīnu satura korelāciju ar proteīna saturu paraugos. Analizējot datus par skābbarības paraugu sastāvu, tika secināts, ka

kopējo karotīnu satura atšķirības nav saistāmas ne ar tauku, ne proteīna saturu paraugos. Tas varētu būt skaidrojams ar atšķirīgām skābbarības sagatavošanas tehnoloģijām un atšķirīgu vides pH, kas lielā mērā ietekmē šo bioloģiski aktīvo savienojumu zudumus uzglabāšanas laikā.

No augiem absorbētie karotinoīdi sarežģītu bioķīmisku procesu rezultātā nonāk asins plazmā, pēc tam uzkrājas aknās un rezerves taukaudos, no kurienes  $\beta$ -karotīns var tikt iesaistīts pašas govju veselības nodrošināšanas procesos vai piena sintēzē gadījumā, ja tā saturs barībā kādu laiku ir nepietiekams (Noziere, Graulet et al., 2006). Tomēr  $\beta$ -karotīna pārneses procesi no barības pienā vēl nav pilnībā izpētīti (Slots, Butler et al., 2009). Neskatoties uz lielo ksantofīlu un karotīnu dažādību lopbarībā, liellopu asinīs un pienā noteikti tikai  $\beta$ -karotīns,  $\alpha$ -karotīns un luteīns (Noziere, Grolier et al., 2006).

Pasaulē veiktie pētījumi apliecina, ka, ēdinot govus ar barību, kas bagātāka ar karotinoīdiem, to saturs parasti palielinās arī pienā, kaut gan šīs pārejas intensitāte lielā mērā ir atkarīga arī no dzīvnieku šķirnes, barības tauku satura un veida un vairākiem citiem faktoriem (Havemose, Weisbjerg et al., 2006; Noziere, Graulet et al., 2006). To apstiprina arī mūsu veikto pētījumu rezultāti.

Kūstures periodā analizētajos piena paraugos noteiktā  $\beta$ -karotīna, A un E vitamīna saturs atspoguļots 3. tabulā. Rezultāti liecina, ka, izēdinot skābbarību un sienu (kopējo karotīnu daudzums dienā –



2. att. Sakarība starp proteīna un kopējo karotīnu saturu ganību zāles paraugos.  
Fig. 2. The coherence between protein and total carotene content in the samples of pasture grass.

**Antioksidantu saturs govju pienā atkarībā no kopējo karotīnu satura barībā kūtstures periodā**  
**The content of antioxidants in cow's milk depending on total carotenes content in feed in the indoor period**

Barības līdzekļi / Forage	Kopējo karotīnu saturs barībā, mg govij dienā / Content of total carotenes in feed, mg per cow per day	Antioksidantu saturs pienā / Content of antioxidants in milk		
		β-karotīns / β-carotene, μg L <sup>-1</sup>	A vitamīns / Vitamin A, μg L <sup>-1</sup>	E vitamīns / Vitamin E, μg L <sup>-1</sup>
Skābbarība, burkāni, lopbarības saknes / Silage, carrots, forage roots	830±16	131±6 (3.74)	44±4 (1.26)	48±6 (1.03)
Skābbarība, siens / Silage, hay	220±10	40±5 (1.2)	37±5 (1.1)	35±2 (0.87)

Piezīme. Lielums iekavās norādīts μg g<sup>-1</sup> tauku. / Note. The amount in brackets is expressed in μg g<sup>-1</sup> of fat.

220±10 mg) un nenodrošinot optimālu kopējo karotīnu saturu barībā, β-karotīna saturs pienā bija tikai 40±5 μg L<sup>-1</sup>, A vitamīna saturs – 37±5 μg L<sup>-1</sup>, bet E vitamīna saturs – 35±2 μg L<sup>-1</sup>. Papildinot barības devu ar lopbarības saknēm un burkāniem un tādējādi nodrošinot 830±14 mg kopējo karotīnu govij dienā, β-karotīna saturs pienā sasniedza 131±6 μg L<sup>-1</sup>, savukārt A vitamīna saturs bija tikai nedaudz augstāks – 44±4 μg L<sup>-1</sup>, un E vitamīna saturs – 48±6 μg L<sup>-1</sup>. Noziere ar līdzautoriem (Noziere, Grolier et al., 2006) secinājuši, ka, izēdinot slaucamām govīm sienu (β-karotīna daudzums dienā – 116.6 mg), pienā noteiktais β-karotīna saturs ir 62 μg L<sup>-1</sup> un A vitamīna saturs – 141 μg L<sup>-1</sup>. Iespējams, ka šie rādītāji ir augstāki tādēļ, ka šajā pētījumā govīm papildus tika izēdināta arī minerālvielu piedeva, kas varēja veicināt uzņemto bioloģiski aktīvo vielu izmantošanos organismā, lai tiktu nodrošināta dzīvnieku vajadzība pēc vitamīniem A, D<sub>3</sub> un E.

Ganību periodā veiktā pētījuma rezultāti liecina, ka ganībās esošo govju piena paraugos β-karotīns vidēji ir 58.2±5 μg L<sup>-1</sup>, bet kūtī turēto govju piena paraugos – tikai 26.6±2 μg L<sup>-1</sup>. Ganībās esošo govju piena paraugos ievērojami vairāk ir arī E vitamīns – vidēji 254±7 μg L<sup>-1</sup> piena (kūtī turēto govju piena paraugos – vidēji 16.8±2 μg L<sup>-1</sup>). Kopumā jāatzīmē, ka barības sastāvā esošie ļoti dažādie karotinoīdi katrs savā veidā uzlabo govju veselību un vielmaiņu, un tie tiek iesaistīti sarežģītos bioķīmiskos procesos, kā rezultātā palielinās gan β-karotīna, gan arī A vitamīna saturs pienā. Tādēļ, runājot par piena sastāvu, būtu jāvērtē šo komponentu summa.

### Secinājumi

1. Skābbarības paraugos noteiktais kopējo karotīnu saturs bija 7.54 līdz 163.57 mg kg<sup>-1</sup> sausas, bet siena paraugos – 0.01 līdz 3.60 mg kg<sup>-1</sup> sausas, tāpēc optimālai slaucamo govju nodrošināšanai ar β-karotīnu jāmeklē iespējas, kā ar to papildināt barību.
2. Jūnija sākumā sarkanā āboliņa paraugos kopējo karotīnu saturs bija 88.21 mg kg<sup>-1</sup> sausas, bet stiebrzāļu maisījuma paraugos – 39.36 mg kg<sup>-1</sup> sausas; savukārt jūlijā šo bioloģiski aktīvo savienojumu saturs būtiski ( $p < 0.05$ ) neatšķīrās.
3. Dabīgu ganību zāles paraugos tika konstatēta vidēji cieša korelācija ( $r = 0.49$ ,  $p < 0.05$ ) starp kopējo karotīnu saturu un proteīna saturu.
4. Kūstures periodā veiktā pētījuma rezultāti liecina, ka, izēdinot skābbarību un sienu un nenodrošinot optimālu kopējo karotīnu saturu barībā (kopējo karotīnu daudzums dienā – 220 mg), β-karotīna saturs pienā veidoja tikai 40 μg L<sup>-1</sup>. Papildinot barības devu ar lopbarības saknēm un burkāniem un nodrošinot 830 mg kopējo karotīnu daudzuma govij dienā, β-karotīna saturs pienā sasniedza 131 μg L<sup>-1</sup>.
5. Ganībās esošo govju piena paraugos tika konstatēts ievērojami vairāk E vitamīna (vidēji 254 μg L<sup>-1</sup>) un β-karotīna (58.2 μg L<sup>-1</sup>) nekā ganību periodā kūtī turēto govju piena paraugos (attiecīgi 168 μg L<sup>-1</sup> un 26.6 μg L<sup>-1</sup>).

### Literatūra

1. Beķers, M., Jākobsons, J., Krauze, I., Andersons, P. (1973) *Karotīns*. Rīga, Zinātne, 48 lpp.

2. Butler, G., Nielsen, J.H., Slots, T., Seal, C., Eyre, M.D., Sanderson, R., Leifert, C. (2008) Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(8), 1431–1441.
3. Calderon, F., Tornambe, G., Martin, B., Pradel, P., Chauveau-Duriot, B., Noziere, P. (2006) Effects of mountain grassland maturity stage and grazing management on carotenoids in sward and cow's milk. *Animal Research*, 55, 533–544.
4. Chauveau-Duriot, B., Thomas, D., Portelli, J., Doreau, M. (2005) Carotenoids content in forages: variation during conservation. *Renc. Rech. Ruminants*, 12, 117.
5. Chew, B.P., Hollen, L.L., Hillers, J.K., Herlugson, M.L. (1982) Relationship between vitamin A and beta-carotene in blood plasma and milk and mastitis in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 65, 2111–2118.
6. Chow, C.K. (1991) Vitamins and related dietary antioxidants. In: *Trace Elements, Micronutrients, and Free Radicals*. Ed. I.E. Dreosti. Humana Press, Totowa, New Jersey, 129–147.
7. Granelli, K., Barrefors, P., Bjoerck, L., Appelqvist, L.-A. (1998) Further studies on lipid composition of bovine milk in relation to spontaneous oxidised flavour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(2), 161–171.
8. Granelli, K., Helmersson, S. (1996) Rapid high-performance liquid chromatographic method for determination of  $\beta$ -carotene in milk. *Journal of Chromatography A*, 723, 355–358.
9. Havemose, M.S., Weisbjerg, M.R., Bredie, W.L.P., Nielsen, J.H. (2004) Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *International Dairy Journal*, 14, 563–570.
10. Havemose, M.S., Weisbjerg, M.R., Bredie, L.P., Poulsen, H.D., Nielsen, J.H. (2006) Oxidative stability of milk influenced by fatty acids, antioxidants and copper derived from feed. *Journal of Dairy Science*, 89, 1970–1980.
11. Jensen, S.K. (2003) Absorbtion og omsætning af vitaminer. *Kvægets ernæring og fysiologi. Report No. 53*. Eds. T. Hvelplund, P. Nørgaard. Danish Institute of Agricultural Research, Foulum, Denmark, 375–387.
12. Kumaresan, G., Murugan, B., Saravanakumar, K., Ramasamy, D., Selvaraj, P., Sivakumar, K. (2008) Carotene fortification of flavoured milk. *Indian Veterinary Journal*, 85, 904–905.
13. Noziere, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., Doreau, M. (2006) Carotenoids for ruminants: from forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 418–450.
14. Noziere, P., Grolier, P., Durand, D., Ferlay, A., Pradel, P., Martin, B. (2006) Variations in carotenoids, fat-soluble micronutrients, and color in cow's plasma and milk following changes in forage and feeding level. *Journal of Dairy Science*, 89, 2634–2648.
15. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition. (2001) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture and Natural Resources, National Research Council: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9825&page=R1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9825&page=R1) – Resurss apraksts 2011. gada 24. janvārī.
16. Oldham, E.R., Eberhart, R.J., Muller, L.D. (1991) Effects of supplemental vitamin A and  $\beta$ -carotene during the dry period and early lactation on udder health. *Journal of Dairy Science*, 74, 3775–3781.
17. Osītis, U. (2005) *Dzīvnieku ēdināšana kompleksā skatījumā*. LLU, Jelgava, 320 lpp.
18. Park, Y.M., Anderson, M.J., Walters, J.L., Mahoney, A.W. (1983) Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 66, 235–245.
19. Slots, T., Butler, G., Leifert, C., Kristensen, T., Skibsted, L.H., Nielsen, J.H. (2009) Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. *Journal of Dairy Science*, 92, 2057–2066.
20. Toledo, P., Andren, A. (2003) Content of  $\beta$ -carotene in organic milk. *Food, Agriculture & Environment*, 1(2), 122–125.
21. Weiss, W.P. (2010) Antioxidant nutrients and milk quality: [http://www.extension.org/pages/Antioxidant\\_Nutrients\\_and\\_Milk\\_Quality](http://www.extension.org/pages/Antioxidant_Nutrients_and_Milk_Quality) – Resurss apraksts 2011. gada 24. janvārī.
22. Weller, R.F., Marley, C.L., Moorby, J.M. (2007) Effects of organic and conventional feeding regimes and husbandry methods on



- the quality of milk and dairy products. In: *Handbook of organic food safety and quality*. Eds. J. Cooper, U. Niggli, C. Leifert. CRC Press, Cambridge, UK, 97–103.
23. Williams, P.E.V., Ballet, N., Robert, J.C. (1998) A review of the provision of vitamins for ruminants. *Proceedings of the Preconference Symposium of the Cornell Nutrition Conference* 1998. *Provision of Vitamins and Amino Acids for Ruminants*. Rhône Poulenc Animal Nutrition, Antony, France, 7–37.
24. Wilska-Jeszka, J. (1997) Food Colorants. In: *Chemical and Functional Properties of Food Components*. Ed. Z.E. Sikorski. Technomic publishing company, Lancaster, USA, 191–197.