



Aromātveidojošo vielu dinamika Krievijas siera nogatavināšanā **The Dynamics of Aroma Compounds during** **Krievijas Cheese Ripening**

Alla Miķelsone, Inga Ciproviča
LLU Pārtikas tehnoloģijas katedra
Department of Food Technology, LLU
e-mail: Inga.Ciprovica@llu.lv

Abstract. Glycolysis, proteolysis and lipolysis occur during cheese ripening, liberating chemical compounds that impart cheese with characteristic flavour notes. It is generally accepted that there is no individual compound which defines cheese flavour completely, and the flavour sensation is the result of numerous compounds in the correct proportions. Manipulation with ripening conditions such as temperature and time changes rates of biochemical reaction of main cheese components and influences formation of product flavour due to changing of diversity, proportions and concentrations of aroma compounds. Hence the aim of the paper was to analyse diversity and concentrations of aroma compounds during Krievijas cheese ripening at the temperature of 6 °C and 12 °C. Aroma compounds were detected using solid phase GC/MS. The extraction of headspace volatiles was carried out using 75 µm CAR-PDMS fibre. Helwett-Packard G 1530A with a J&W Scientific DB-Wax column (30 m×0.25 mm×0.25 µm) coupled with massspectrometer Hewlett-Packard 5973 was used for aroma compound isolation and identification. In total, 26 aroma compounds were detected in commercial and experimental Krievijas cheeses. Analysing the concentrations of aroma compounds, differences were observed between the cheeses and between the samples ripened at 6 °C and 12 °C. This only points to differences in biochemical processes which are influenced also by the temperature and the qualitative and quantitative content of microflora. As a result, the sensory properties of analysed cheeses differed considerably.

Key words: aroma compounds, Krievijas cheese, ripening conditions.

Ievads

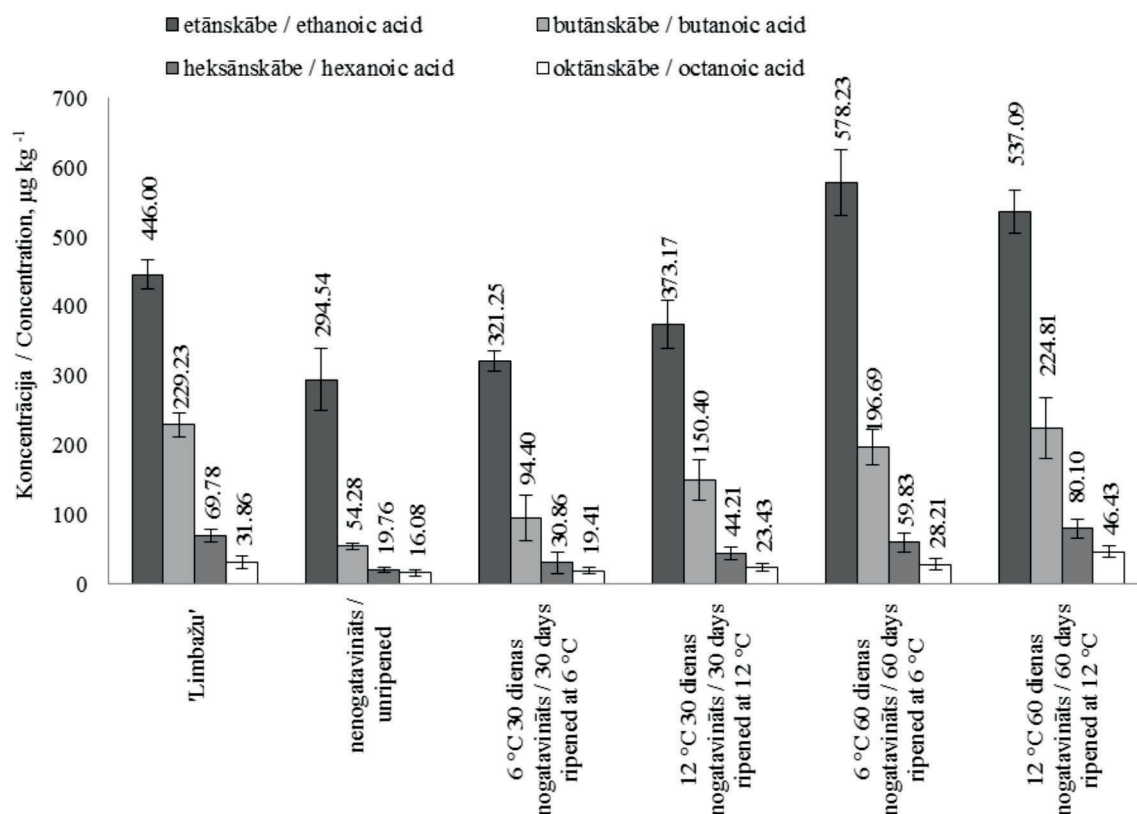
Olbaltumvielu, laktozes un tauku pārvērtību rezultātā veidojas vairāki simti dažādu ķīmisku vielu, kuras piedalās siera garšas un aromāta veidošanā. Šo vielu daudzveidība, koncentrācija un savstarpējā mijiedarbība nosaka siera sensorās īpašības un to intensitāti. Turklāt siera vides faktori, proti, pH, ūdens aktivitāte, sāls saturs un oksidēšanās–reducēšanās potenciāls, ietekmē bioķīmisko reakciju norises ātrumu siera nogatavināšanas laikā, t.sk. mikrofloras iniciētās izmaiņas. Mazākās novirzes no siera tehnoloģijā noteiktajiem parametriem, t.sk. nogatavināšanas temperatūra un ilgums, var novest pie garšas un smaržas nesabalansētības produktā, kā arī konsistences atšķirībām (Singh, Drake, Cadwallader, 2003). Siera sensoro īpašību veidošanās galvenokārt notiek nogatavināšanas laikā, līdz ar to bioķīmisko procesu ātrumu un aromātveidojošo vielu daudzveidību un koncentrāciju nosaka izvēlētie nogatavināšanas apstākļi, lietotā ierauga sastāvs un siera mikroflora.

Apkopojot iepriekšminēto, darba mērķis bija analizēt aromātveidojošo vielu daudzveidību un koncentrācijas, nogatavinot Krievijas sieru 6 °C un 12 °C temperatūrā.

Materiāli un metodes

Darbā analizēts Krievijas siers. Komerciālais Krievijas siers „Limbažu” iegādāts mazumtirdzniecībā. Savukārt eksperimentālā nenogatavinātā Krievijas siera paraugi saņemti no a/s „Rīgas piena kombināts” un pēc sālīšanas nogādāti LLU Pārtikas tehnoloģijas katedras Piena un gaļas produktu kvalitātes laboratorijā, kur tos tālāk sagatavoja nogatavināšanai – iepakoja termosaraukuma plēvē vakuumiepakojumā.

Eksperimentālie paraugi 60 dienas tika nogatavināti 6 °C un 12 °C temperatūrā LLU Pārtikas tehnoloģijas katedras laboratorijās. Izvēlētais nogatavināšanas temperatūras pamatots ar Latvijas sieru ražošanas tradīcijām un pētniecisko rakstu atziņām (Fox, McSweeney et al., 2004)



1. att. Krievijas siera paraugos identificētās brīvās taukskābes un to koncentrācijas.

Fig. 1. Free fatty acids and their concentrations identified in Krievijas cheese samples.

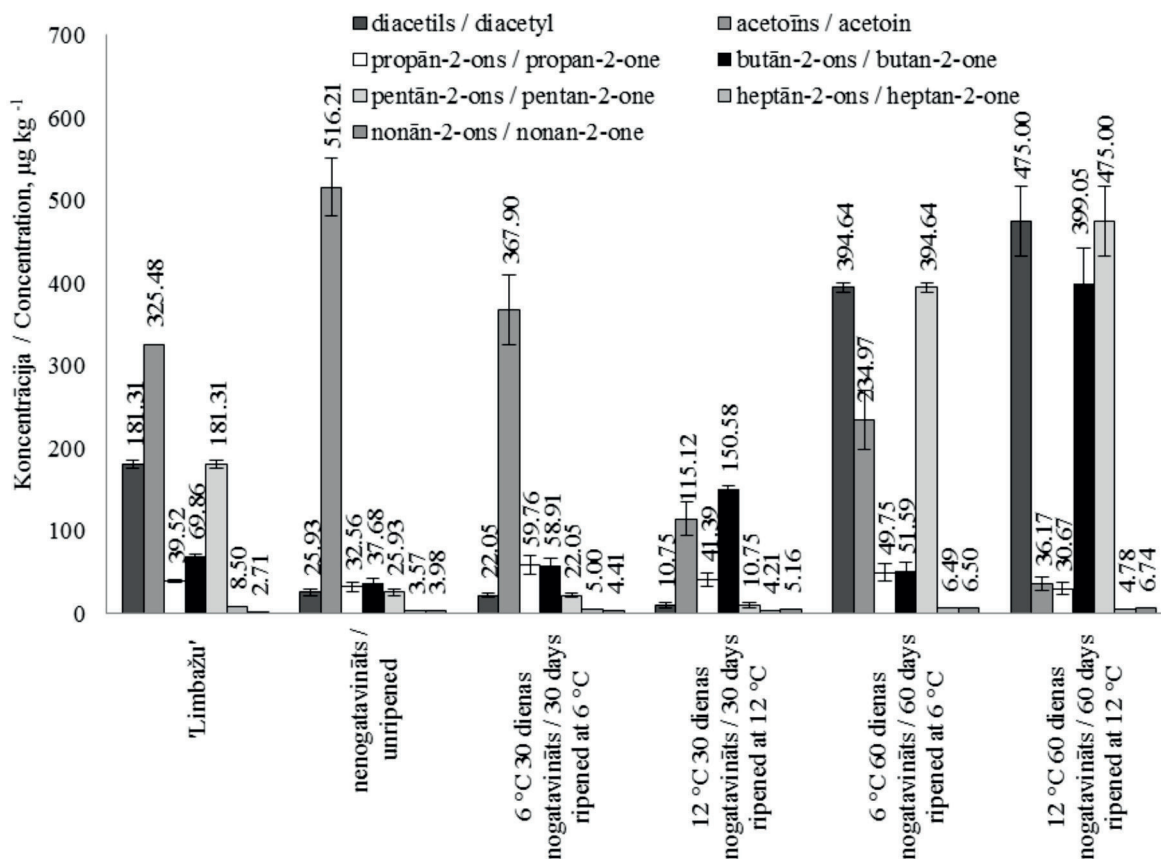
par mikrofloras mainību un tās ietekmi uz bioķīmisko procesu norises ātrumu (6 °C) un Krievijas siera ražošanas tehnoloģijā ieteiktajiem nogatavināšanas režīmiem (10–12 °C).

Komerčiālam, nenogatavinātajam eksperimentālajam, kā arī 30 un 60 dienas nogatavinātajiem eksperimentālajiem siera paraugiem tika noteiktas aromātveidojošās vielas trijos atkārtojumos Kopenhāgenas universitātes Dabas zinātņu fakultātes Pārtikas zinātnes katedras laboratorijās ar gāzu hromatogrāfu Hewlett Packard 1530A tandēmā ar masspektrometru Hewlett-Packard 5973.

Analīzes gaita: stikla pudelītē ar tilpumu 15 mL ievēra četrus gramus siera, pievienoja 0.1 mL iekšējās standartvielas – 4-metilpentān-1-ola (50 µL L⁻¹) – un cieši noslēdza ar alumīnija vāciņu. Līdz analīzei paraugus turēja 5 °C temperatūrā automātiskā parauga ievadišanas sistēmā „Combi Pal autosampler” (CTC Analytics, Switzerland). Parauga kušana un līdzsvara sasniegšana tvaika fāzē 60 °C ilga 15 min, bet aromātveidojošo vielu ekstrakcija uz cietās fāzes mikroekstrakcijas 75 µm šķiedras ar CAR/PDMS pārklājumu (Sulpeco, Bellafonte,

PA) – 50 min. Tvaika fāzē esošo aromātveidojošo vielu izdalīšanai lietoja gāzu hromatogrāfu Hewlett-Packard 1530A (Palo Alto, CA), kas aprīkots ar kapilāro kolonnu „J&W Scientific DB-Wax column” (30 m×0.25 mm×0.25 µm). Krāsns temperatūru no 40 °C un parauga izturēšanu divas minūtes pakāpeniski palielināja līdz 160 °C ar kāpumu 6 °C min⁻¹ un no 160 °C līdz 210 °C ar kāpumu 10 °C min⁻¹. Detektora temperatūra bija 250 °C. Nesējgāzes (hēlija) plūsmas ātrums – 1 mL min⁻¹ bez plūsmas dalīšanas režīma. Izolēto aromātveidojošo vielu desorbciņa ilga divas minūtes 250 °C temperatūrā. Izdalītās aromātveidojošās vielas identificēja, lietojot masas selektīvo detektoru Hewlett-Packard 5973. Jonizāciju veica ar 70 eV enerģiju 250 °C temperatūrā. Vielas identificēja pēc vielas masas spektru līdzības ar masu spektru bibliotēkām, un aptuvenās aromātveidojošo vielu koncentrācijas noteica, dalot iekšējās standartvielas koncentrācijas un aromātveidojošās vielas smailes laukuma reizinājumu ar iekšējās standartvielas smaileslaukumu.

Lai noskaidrotu pastāvošās atšķirības starp komerciālā un eksperimentālā, dažādās temperatūrās



2. att. Krievijas siera paraugos identificētie ketoni un to koncentrācijas.
Fig. 2. Ketones and their concentrations identified in Krievijas cheese samples.

nogatavinātā Krievijas siera paraugiem, lietota dispersijas analīze. Datu apstrādei izmantota Microsoft Excel programma. Lai varētu salīdzināt iegūtos rezultātus, attēlos apkopoti tikai komerciālā un eksperimentālā nogatavinātā, 30 un 60 dienas nogatavinātā siera paraugu aromātveidojošo vielu koncentrāciju dati.

Rezultāti un diskusija

Siera aromāta veidošanā neaizstājamas ir gaistošās taukskābes. Tās rodas tauku metabolisma rezultātā. Gaistošās taukskābes var ietekmēt siera garšu un smaržu tieši vai netieši, tādējādi kalpojot par prekursoriem citu aromātveidojošo vielu radīšanā. Sieros konstatētās gaistošās taukskābes ir apkopotas 1. attēlā.

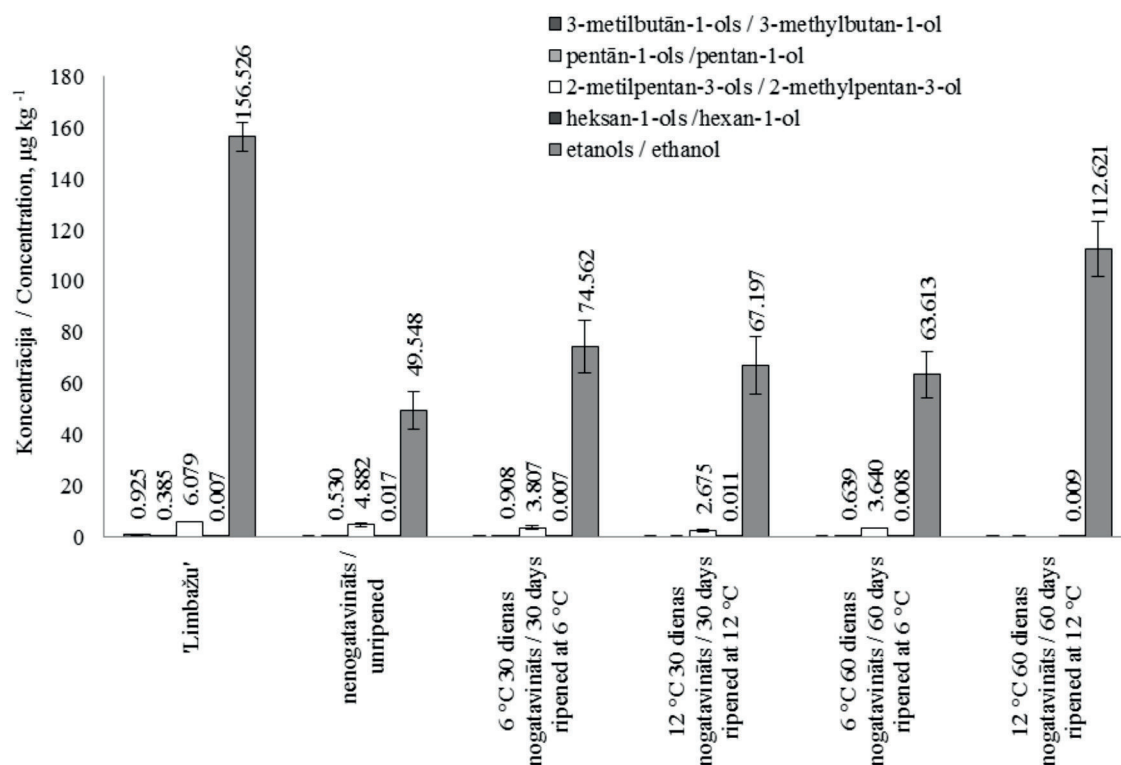
Paraugos noteiktas etānskābe, butānskābe, heksānskābe un oktānskābe. Tā kā oglekļa atomu skaits taukskābēs nepārsniedz 12, pamatojoties uz Acree un Arn (2004) datiem, jāatzīmē to loma siera sensoro īpašību veidošanā. Nogatavināšanas laikā tauku hidrolīzes ietekmē palielinās brīvo taukskābju koncentrācija, tādēļ 12 °C temperatūrā nogatavinātajos Krievijas siera paraugos tika konstatēts lielāks

butānskābes, heksānskābes un oktānskābes saturs nekā 6 °C temperatūrā nogatavinātajā sierā.

Salīdzinot komerciālajā un eksperimentālajā sierā noteiktās gaistošās taukskābes un to koncentrācijas, noskaidrots, ka butānskābes koncentrācijā nepastāvēja būtiskas atšķirības ($p > 0.05$). Atšķirības konstatētas tikai heksānskābes un oktānskābes saturā.

Bez taukskābēm sieros noteikti ketonu pārstāvji, to vidū – propān-2-ons, butān-2-ons, pentān-2-ons, diacetils, acetoīns, heptān-2-ons un nonān-2-ons (2. att.). Tie siera smaržu papildina ar ziedu un augļu notīm (Fox, McSweeney et al., 2004).

Lielākā daļa noteikto ketonu veidojas no β -ketoskābēm, un to uztveršanas sliekšnis ir no 0.01 līdz 10 mg kg⁻¹ (Tunick, 2007; Acree, Arn, 2004). Diacetiļa veidošanās laktozes un citrātu pārvērtībās notiek ierauga pienskābes baktēriju ietekmē. Diacetils ir viens no nozīmīgākajiem aromātveidojošiem savienojumiem Čederas sierā. Tas produkta garšu papildina ar riekstu un sviesta aromāta niansēm (Curioni, Bosset, 2002). Diacetils ir arī prekursors acetoīna veidošanā. Wilkinson un Kilcawley (2007) uzsver ierauga un netipisko pienskābes baktēriju spēju veidot diacetilu, acetoīnu



3. att. Krievijas siera paraugos identificētie spirti un to koncentrācijas.

Fig. 3. Alcohols and their concentrations identified in Krievijas cheese samples.

un butān-2-onu Goudas sierā citrātu pārvērtību rezultātā.

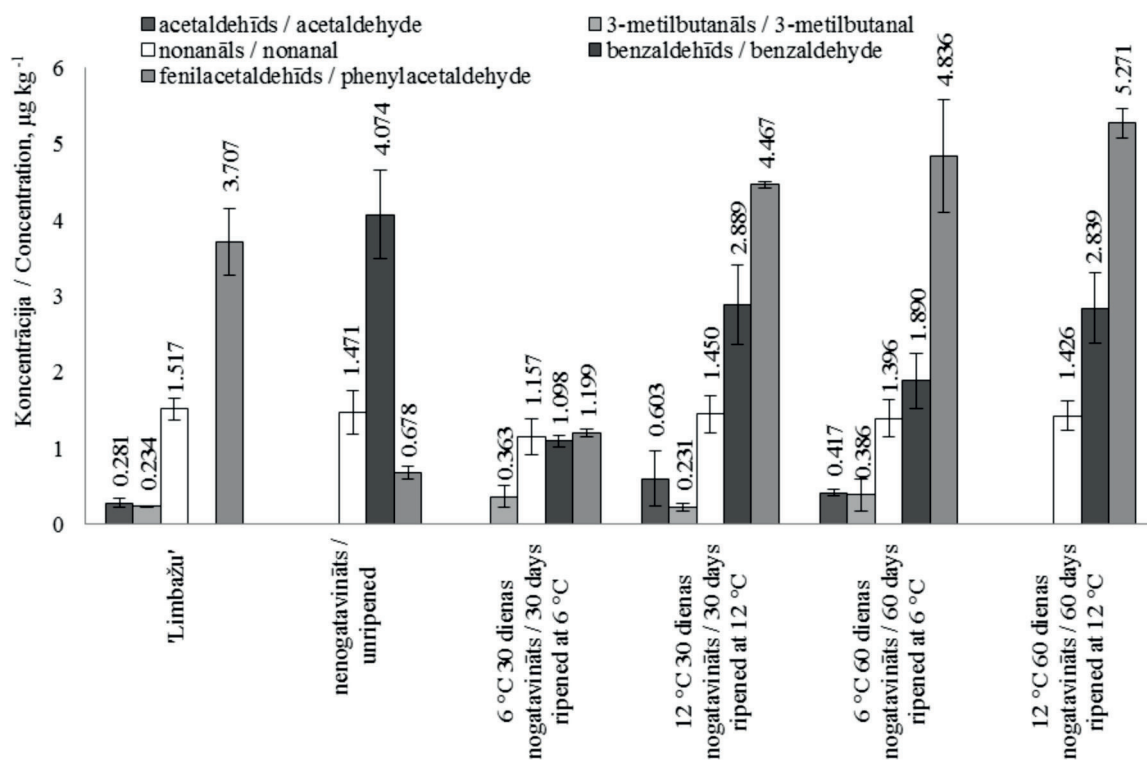
Heptān-2-ons un nonān-2-ons sieros var veidot augļu, ziedu vai pelējuma aromātu koncentrācijās no 0.01 līdz 10 mg kg⁻¹ (Curioni, Bosset, 2002). 12 °C temperatūrā nogatavinātajā Krievijas sierā konstatēta lielāka nonān-2-ona koncentrācija, bet 6 °C nogatavinātajā paraugā – lielāka heptān-2-ona koncentrācija. Analizētajos sieros noteiktās heptān-2-ona (4.70 līdz 8.49 µg kg⁻¹) un nonān-2-ona (2.71 līdz 6.74 µg kg⁻¹) koncentrācijas bija ļoti mazas, līdz ar to iepriekšminētās sensorās īpašības sieriem nodrošināt nevar. Collins ar līdzautoriem (Collins, McSweeney, Wilkinson, 2004) konstatējuši pakāpenisku heptān-2-ona un nonān-2-ona koncentrācijas pieaugumu Čederas siera nogatavināšanā.

Mūsu pētījumā būtiskas atšķirības ($p < 0.05$) analizētajos sieros noteiktas arī diacetila un pentān-2-ona koncentrācijās. Acetoīna, propān-2-ona un butān-2-ona koncentrācijās netika konstatētas atšķirības starp komerciālo sieru un 6 °C temperatūrā nogatavināto paraugu. Tas nozīmē, ka komerciālā siera nogatavināšana netika praktizēta 60 dienas vai arī nogatavināšana veikta temperatūrās, kas zemākas par 10–12 °C.

Paraugos tika noteikti arī dažādi spirti. Tie veidojas ogļhidrātu, olbaltumvielu un tauku pārvērtībās un piešķir sieram saldu, tauku, alkohola vai rūgtenu smaržu (Singh, Drake, Cadwallader, 2003; Fox, Guinee et al., 2000; Molimard, Spinnler, 1996).

Krievijas siera paraugos identificētie spirti parādīti 3. attēlā. 3-metilbutān-1-olu konstatēja tikai komerciālajā Krievijas sierā. Savukārt pentān-1-ola klātbūtne noteikta komerciālajā un 6 °C temperatūrā nogatavinātajā Krievijas sierā.

Etanols, kas tika konstatēts visos Krievijas siera paraugos, bieži vien uzskatāms par pamatspirtu produktā. Tā nozīme siera garšas un smaržas veidošanā ir ierobežota. Visbiežāk etanols kalpo par izejvielu tālākajās esterifikācijas reakcijās. Dispersijas analīze parādīja, ka starp Krievijas sieriem pastāv būtiskas atšķirības etanola koncentrācijās. Lielākais etanola saturs noteikts komerciālajā sierā. Eksperimentālajam sieram lielākā etanola koncentrācija konstatēta 12 °C temperatūrā nogatavinātajā paraugā. Savukārt butān-2-ols tika uztverts tikai 12 °C temperatūrā nogatavinātos Krievijas siera paraugos. Daži autori norāda uz netipisko pienskābes baktēriju spēju no acetoīna veidot butān-2-onu un butān-2-olu (Hannon, Kilcawley et al., 2006). Augsta noteiktā



4. att. Krievijas siera paraugos identificētie aldehīdi un to koncentrācijas.

Fig. 4. Aldehydes and their concentrations identified in Krievijas cheese samples.

butān-2-ola koncentrācija apliecina netipisku pienskābes baktēriju strauju vairošanos sieros, nogatavinot tos 12 °C temperatūrā (Miķelsone, Ciproviča, 2009).

Mūsu pētījumā sieros tika identificēti arī aldehīdi, to vidū – acetaldehīds, nonanāls, 3-metilbutanāls, benzaldehīds un fenilacetaldehīds (4. att.).

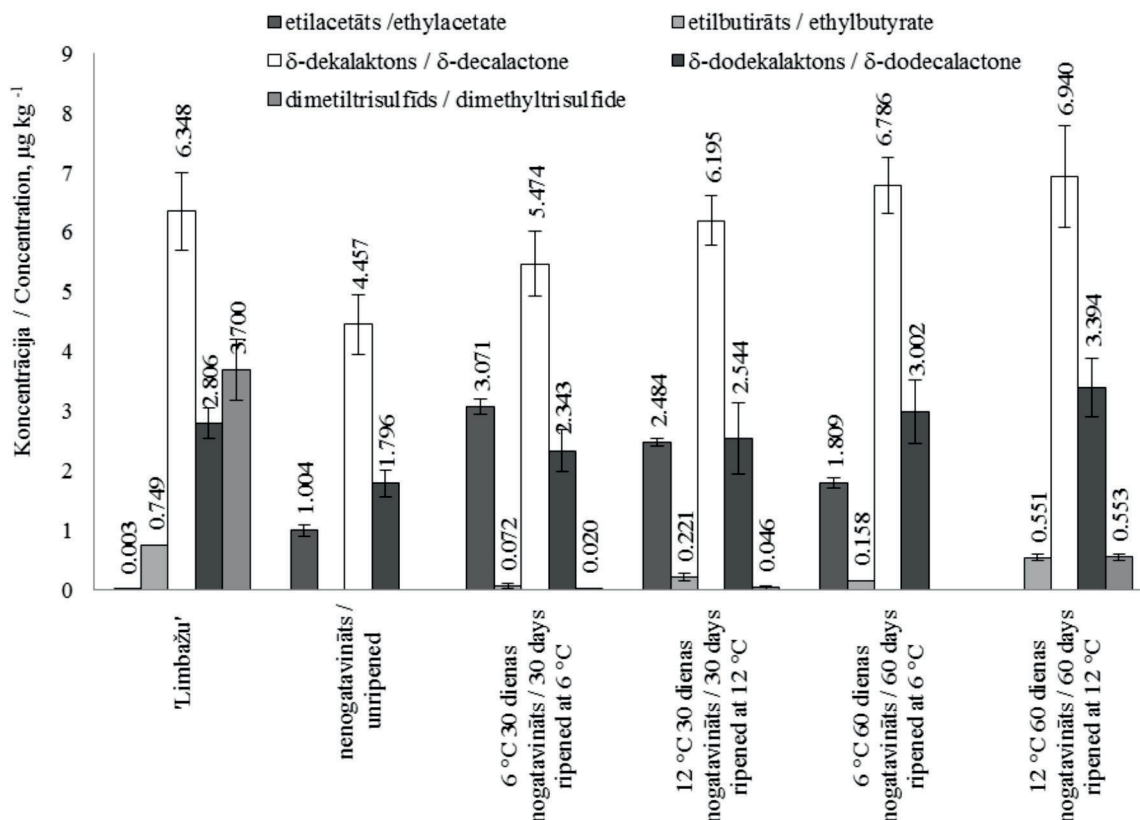
Saskaņā ar Qian un Burbank (2007) datiem aldehīdi veidojas taukskābju autooksidēšanās ceļā, bet daži sazarotās ķēdes aldehīdi – no aminoskābēm *Strecker* degradācijā. Saskaņā ar Acree un Arn (2004) pētījumiem aldehīdiem ir zems uztveršanas sliekšnis, tāpēc tie uzskatāmi par galvenajiem aromāta veidotājiem sierā.

Sieros konstatētais 3-metilbutanāls veidojas no leicīna, piedaloties *Lactococcus lactis* fermentiem (Christensen, Dudley et al., 1999; McSweeney, Sousa, 2000). Avsar, Karagul-Yuceer et al. (2004) ziņo, ka 3-metilbutanāls sieros asociējas ar riekstu smaržu. Mūsu pētījumā siera nogatavināšanas beigās 3-metilbutanāls netika konstatēts 12 °C temperatūrā nogatavinātā paraugā, bet starp komerciālā un 6 °C temperatūrā nogatavinātā eksperimentālā siera koncentrācijām būtiskas atšķirības nepastāvēja ($p > 0.05$).

Acetaldehīds ir uzskatāms par piruvāta metabolisma produktu sierā, un tas var veidoties arī no triptofāna *Lactococcus* spp. darbības rezultātā. Tālāk acetaldehīds var tikt reducēts līdz etanolam (Christensen, Dudley et al. 1999; Fox, Guinee et al., 2000). Vielas koncentrācija būtiski atšķirās komerciālajam un zemākā temperatūrā nogatavinātajam eksperimentālajam sieram, bet 12 °C nogatavinātajā sierā acetaldehīds konstatēts netika. Acetaldehīdam atkarībā no koncentrācijas piemīt saldo vai aso, bet nonanālam – zaļas zāles aromāts (Singh, Drake, Cadwallader, 2003; Fox, Guinee et al., 2000).

Nonanāls veidojas no nepiesātinātām taukskābēm β -oksidēšanās laikā. Tā koncentrācija eksperimentālo paraugu nogatavināšanas laikā praktiski nemainījās, kā arī netika konstatētas būtiskas atšķirības nonanāla koncentrācijā starp komerciālo un eksperimentālo sieru.

Benzaldehīdam un fenilacetaldehīdam sierā ir raksturīga mandeļu un rožu smarža. To veidošanā piedalās triptofāns un fenilalanīns (Christensen, Dudley et al., 1999). Fenilacetaldehīda koncentrācijas pieaugums bija vērojams abās temperatūrās nogatavinātajos sieros. Koncentrācija mainījās straujāk 12 °C temperatūrā nogatavinātajos Krievijas



5. att. Krievijas siera paraugos identificēto esteru, laktonu un sēru saturošās vielas un to koncentrācijas.

Fig. 5. Esters, lactons, sulphur compounds and their concentrations identified in Krievijas cheese samples.

siera paraugos. Tas norāda uz proteolīzes ātrumu, kas palielinās, pieaugot nogatavināšanas temperatūrai (Guinee, Wilkinson et al., 2001).

Krievijas siera identificētie esteri, laktoni un sēru saturošie savienojumi parādīti 5. attēlā.

Esteri, kuru veidošanā piedalās taukskābes un etanols, tika identificēti visos analizētajos Krievijas siera paraugos. Esteri sieram piešķir ziedu vai augļu garšu (Singh, Drake, Cadwallader, 2003; Molimard, Spinnler, 1996).

Lielākā etilacetāta koncentrācija tika noteikta siera nogatavināšanas vidū. Tālāku etilacetāta koncentrācijas samazinājumu līdz nogatavināšanas beigām var skaidrot ar tā izmantošanu citās reakcijās. Eksperimentālo siera nogatavināšanas beigās etilacetāts netika konstatēts. Savukārt komerciālajā Krievijas sierā etilacetāta koncentrācija bija 0.003 µg kg⁻¹.

Pretēji etilacetātam, etilbutirāta koncentrācija siera nogatavināšanas laikā pakāpeniski palielinājās. Straujāku pieaugumu novēroja augstākā temperatūrā nogatavinātā sierā, kas norāda uz izvēlētas temperatūras nozīmi bioķīmisko procesu regulēšanā.

Nogatavināšanas beigās nepastāvēja būtiskas atšķirības etilbutirāta koncentrācijā starp komerciālā un 12 °C temperatūrā nogatavinātā eksperimentālā Krievijas siera paraugiem.

Paraugos tika konstatēts arī dimetiltrisulfīds, kas veidojas metāniola oksidēšanas rezultātā (Bonnarme, Psoni, Spinnler, 2000; McSweeney, Sousa, 2000) un produktā asociējas ar ķiploku smaržu. Zemā uztveršanas sliekšņa dēļ dimetiltrisulfīds ietekmē siera garšu un smaržu veidošanos (Curioni, Bosset, 2002). Vislielākā dimetiltrisulfīda koncentrācija tika noteikta komerciālajā Krievijas sierā. 12 °C temperatūrā nogatavinātajos Krievijas siera paraugos tā palielinājās nogatavināšanas laikā, bet 6 °C nogatavinātajā sierā – samazinājās.

δ-dekalaktons un δ-dodekalaktons tika identificēti visos paraugos. Siera laktoni veidojas no hidroksiskābēm intramolekulārā esterifikācijā. Saskaņā ar Acree un Arn (2004) datiem δ-dekalaktons un δ-dodekalaktons ir uzskatāmi par svarīgākajiem laktoniem sierā. Pētnieki uzsver, ka to uztveršanas sliekšnis svārstās no

0.1 līdz 3 mg kg⁻¹. Produkta smaržas buķeti laktoni papildina ar augļu notīm.

Laktonu koncentrācija siera nogatavināšanas laikā pakāpeniski palielinājās: palielinoties nogatavināšanas dienu skaitam, paaugstinājās arī laktonu koncentrācija. Savukārt siera nogatavināšanas temperatūras ietekme uz laktonu koncentrācijas paaugstināšanos nebija būtiska. Nogatavināšanas beigās laktonu koncentrācijas analizētajos sieros bija līdzvērtīgas.

Analizējot aromātveidojošo vielu koncentrācijas komerciālajā un eksperimentālajā sierā, atšķirības bija vērojamas gan noteikto savienojumu koncentrācijā, gan to satura dinamikā dažādu nogatavināšanas temperatūru ietekmē. Tas tikai norāda uz bioķīmisko procesu norises atšķirībām, ko sekmē gan izvēlēta nogatavināšanas temperatūra, gan ilgums. Tā rezultātā radušies savienojumi ievērojami ietekmē siera sensoros rādītājus. Turklāt jāuzsver, ka radušos savienojumu koncentrācijā neatsverama loma ir mikrofloras daudzveidībai un kvantitatīvajiem rādītājiem, kas, tāpat kā aktualizētā nogatavināšanas temperatūra, ietekmē aromātveidojošo savienojumu pārstāvniecību un saturu tajos.

Secinājumi

1. Būtiskas atšķirības starp komerciālo un eksperimentālo sieru konstatētas brīvo taukskābju – heksānskābes un oktānskābes – saturā.
2. Atšķirības starp komerciālo un eksperimentālo sieru ketonu saturā norāda, ka mazumtirdzniecībā iegādātais produkts bija nogatavināts Krievijas sieram neatbilstošā temperatūrā vai nepietiekamu laiku.
3. Atšķirības aldehīdu, esteru un sēru saturošo savienojumu saturā konstatētas ne tikai starp komerciālo un eksperimentālo sieru, bet arī starp dažādās temperatūrās nogatavinātajiem Krievijas siera paraugiem.
4. Atšķirības noteikto aromātveidojošo vielu sastāvā un koncentrācijā skaidrojamas ar bioķīmisko procesu norises ātrumu ierauga un siera mikrofloras producēto fermentu ietekmē nogatavināšanas laikā dažādās temperatūrās. Atšķirības izpaudās siera garšas, smaržas un konsistences intensitātē un radīja atšķirīgu sensoro rādītāju buķeti Krievijas sierā.

Literatūra

1. Acree, T., Arn, H. (2004) Flavornet and human odor space: <http://www.flavornet.org>. – Resurss aprakstīts 2011. gada 10. janvārī.
2. Avsar, Y.K., Karagul-Yuceer, Y., Drake, M.A., Singh, T.K., Yoon, Y., Cadwallader, K.R. (2004) Characterization of Nutty Flavor in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87, 1999–2010.
3. Bonnarne, P., Psoni, L., Spinnler, H.E. (2000) Diversity of L-methionine catabolism pathways in cheese-ripening bacteria. *Applied Environmental Microbiology*, 66, 5514–5517.
4. Christensen, J.E., Dudley, E.G., Pederson, J.A., Steele, J.L. (1999) Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 76, 217–246.
5. Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G. (2004) Lipolysis and catabolism of fatty acids in cheese. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 3rd ed. Eds P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P. Guinee. Elsevier, Amsterdam, 373–389.
6. Curioni, P.M.G., Bosset, J.O. (2002) Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography–olfactometry. *International Dairy Journal*, 12, 959–984.
7. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2000) *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg, MD, Aspen, 587 pp.
8. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P. (2004) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 3rd ed. Academic Press, Amsterdam, 617 pp.
9. Guinee, T.P., Wilkinson, M.G., Mulholland, E.O., Fox, P.F. (2001) Influence of ripening temperature, added commercial enzyme preparations and attenuated mutant (Lac⁻) *Lactococcus lactis* starter on the proteolysis and maturation of Cheddar cheese. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 15, 27–52.
10. Hannon, J.A., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M., Beresford, T.P. (2006) Production of ingredient-type cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-

- modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, Vol. 89, 3749–3762.
11. McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J. (2000) Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: a review. *Lait*, 80, 293–324.
 12. Miķelsone, A., Ciproviča, I. (2009) Diversity of non-starter lactic acid bacteria in Latvian semi-hard cheeses. *Annual 15th International Scientific Conference Proceedings "Research for rural development 2009"*, 103–107.
 13. Molimard, P., Spinnler, H.E. (1996) Compounds involved in the flavor of surface mould-ripened cheeses: origins and properties. *Journal of Dairy Science*, 79, 69–184.
 14. Qian, M., Burbank, H.M. (2007) Hard Italian cheeses. *Improving the Flavour of Cheese*. Ed. B.C. Weimer. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 421–443.
 15. Singh, T., Drake, M.A., Cadwallader, K.R. (2003) Flavor of Cheddar cheese: a chemical and sensory perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 139–162.
 16. Tunick, M.H. (2007) Origins of cheese flavor. *Flavor of Dairy Products*. Eds K.R. Cadwallader, M.A. Drake, R.J. McGorin. American Chemical Society, Washington, 155–173.
 17. Wilkinson, M.G., Kilcawley, K.N. (2007) Carbohydrate metabolism and cheese flavour development. *Improving the Flavour of Cheeses*. Ed. B.C. Weimer. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 55–69.