Novatoriska iepakojuma ietekme uz piena pomādes konfekšu – šerbeta – kvalitāti uzglabāšanas laikā Influence of Innovative Packaging on the Quality of Milk Pomade Sweets – Sherbet – during Storage

Eva Ungure*, Sandra Muzniece-Brasava, Lija Dukalska

LLU Pārtikas tehnoloģijas katedra
Department of Food Technology, LLU

Abstract. The objective of the research was to evaluate the quality of milk pomade sweet – sherbet – packaged in different packaging materials, using various packaging technologies. Four packaging materials were employed: two biodegradable films (Ceramis®-PLA coated with a barrier of pure silicon oxide [SiO_x], and metallised NatureFlex 23NM), and two conventional films (metallised BOPET/PE, and Multibarrier 60 HFP as a control). Samples of sherbet were packaged using several technologies: active packaging (with incorporated iron-based oxygen scavenging sachets), modified atmosphere packaging consisting of 100% CO₂, and surrounding air ambience (control). The physicochemical properties – moisture, hardness, and colour – were analysed before packaging and after 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, and 16 storage weeks. The samples were stored at room temperature – +21±1 °C. At the beginning of the experiment, the quality of sherbet was excellent in terms of taste, smell, colour, moisture content, and hardness expressed by cutting force. During the storage, those properties changed and the quality of the product decreased. The research suggests this can be explained by the loss of moisture in some samples leading to hardening of the product, which in its turn directly influenced the colour stability expressed by total colour difference ΔE^* .

Key words: Quality, milk pomade sweets, packaging technologies, shelf life.

Ievads

Konditorejas ražošanas un tirdzniecības tīkli ir ļoti plaši, sākot no mājražotājiem, mazajiem veikaliem un filiālēm un beidzot ar lielākiem uzņēmumiem. Konditorejas rūpniecība piedāvā daudzveidīgu izstrādājumu sortimentu, izmantojot apmēram 200 dažādu izejvielu (Quinton & Kennedy, 2002; Manley, 1998).

Neskatoties uz daudzu cukura konditorejas izstrādājumu vienkāršību, tiem bieži vien ir sarežģīta struktūra. Tās nodrošināšanai liela nozīme ir cukura fizikālajam stāvoklim un produkta mitruma saturam. Piemēram, ūdens saturs cietās konfektēs ir minimāls – aptuveni no 1.5% līdz 5% (Reinheimer, Mussati, Scenna, & Pérez, 2010). Šāds ūdens saturs nepieciešams, lai izgatavotu konfektes ar noteiktu realizācijas termiņu (Reinheimer, Mussati, & Scenna, 2010).

Cukura konditorejas izstrādājumi pēc definīcijas ir produkti, kas galvenokārt satur viena veida cukuru vai vairāku cukuru veidu

kombinācijas: saharozi (parasti cukurniedru vai cukurbiešu cukurs), dekstrozi (glikoze), fruktozi (bieži minēta kā augļu cukurs) vai laktozi (piena cukurs) (Ergun, Lietha, & Hartel, 2010; Labuza *et al.*, 2004; Zumbé, Lee, & Storey, 2001; Barbiroli & Mazzaracchio, 1994). Cukura konditorejas izstrādājums – šerbets – pieder pie Austrumu saldumiem, kam galvenās sastāvdaļas ir cukurs, glikozes sīrups un iebiezinātais piens. Visas šīs sastāvdaļas tiek vārītas, veidojot viendabīgu masu, kuru pēc tam saputo, lai iegūtu piena pomādes konfektes. Tikko gatavots šerbets ir mīksts un gards, bet pēc vairāku dienu uzglabāšanas gaisa vidē tas pamazām sacietē, zaudē vizuālo izskatu un garšu un kļūst nepievilcīgs tirdzniecībai. Šī problēma ierobežo realizācijas laiku, tāpēc šerbetu iespējams pārdot tikai vietējā tirgū (Vaclavik & Christian, 2008; Ben-Yoseph & Härtel, 2006; Labuza *et al.*, 2004).

Šobrīd konditorejas izstrādājumus tirdzniecībā realizē divos veidos – kā sveramus produktus, kurus izsver tirdzniecības vietās, un kā produkciju,

* Corresponding author's email:
Eva.Ungure@gmail.com

kas jau ražotāju uzņēmumos safasēta noteikta izmēra iepakojumos un ar noteiktu svaru, izmantojot vienslāņa iepakojuma materiālus bez barjerīpašībām; līdz ar to šādā iepakojumā netiek nodrošināta produkta kvalitāte.

Palielinoties globālā tirgus apjomam un pieprasījumam, konditorejas ražotājiem savu produkciju nākas eksportēt arvien lielākā attālumā, kas savukārt aizņem vairāk laika. Uzglabājot pārtikas produktus, to kvalitāti būtiski ietekmē vide, kura apņem produktu. Daudzos produktos kritisks process ir oksidācija. Skābekļa klātbūtnē pārtikas produktos notiek neatgriezeniskas izmaiņas, piemēram, tauki un eļļas oksidējas, produkti kļūst rūgti, tajos samazinās vitamīnu daudzums, mainās krāsa, zūd aromātvielas un palielinās mikroorganismu kopskaits. Savukārt pārāk liels mitruma saturs izraisa hidrolītiski piesātināto tauku sasmakšanu (piemēram, riekstos), kā arī negatīvi ietekmē pārtikas produktu struktūru un garšu. Pārtikas produktu kvalitātes pazemināšanos skābekļa klātbūtnē veicina arī paaugstināta temperatūra, mitrums, ūdens aktivitāte un gaisma (Sucharzewska, Stochmal, & Oleszek, 2003; Manley, 1998; Mexis, Badeka, Riganakos, & Kontominas, 2010).

Lai produktus varētu uzglabāt un lietot ilgāku laika periodu un lai tie spētu apmierināt gan ražotāju, gan patērētāju vēlmes un prasības, jāpievērš uzmanība trīs faktoriem: paša produkta īpašībām; videi, kurā produkts atrodas izplatīšanas laikā; un iepakojuma materiāla īpašībām (Labuza *et al.*, 2004; Raisi & Aroujalian, 2007).

Daudzi zinātnieki mūsdienās pēta dažādus veidus, kā saglabāt konditorejas izstrādājumu kvalitāti un pagarināt to uzglabāšanas laiku (López-Carballo, Catalá, Gavara, & Hernández-Muñoz, 2011; Ergun, Lietha, & Hartel, 2010; Restuccia *et al.*, 2010; Raisi & Aroujalian, 2007; Labuza *et al.*, 2004). Tādējādi novatoriskas iepakojšanas metodes, piemēram, daži biodegradējamie materiāli ar atbilstošām īpašībām un aktīvais iepakojums, varētu aizsargāt produktus no atkārtota sekundārā, fizikālā, ķīmiskā un mikrobioloģiskā piesārņojuma, realizācijas laikā nodrošinot produktu kvalitāti tirdzniecības vietās un pagarinot realizācijas termiņu, kā arī samazinot izlietotā iepakojuma iespējamo kaitīgo ietekmi uz vidi un samazinot produktu zudumus (Arella, Buzarovska, Errico, Gentile, & Grozdanov, 2009; Farris, Schaich, Liu, Piergiovanni, & Yam, 2009).

Iepakojums ne tikai aizsargā pārtikas produktus no jebkāda fizikālā, ķīmiskā vai mikrobioloģiskā

piesārņojuma, bet arī apvieno sevī gan mākslu, gan zinātni vienlaicīgi, līdz ar to nodrošinot patērētājam atraktīvu produktu pasniegšanu (Mathlouthi, 1994). Iepakojšana ir viens no efektīvākajiem un mūsdienās pieejamākajiem tirgus veicināšanas paņēmieniem. Atbilstošam un kvalitatīvam iepakojumam ir liela nozīme gan produkta kvalitātes saglabāšanā, gan arī pievienotās vērtības radīšanā precei.

Lai nodrošinātu nemainīgu produkta kvalitāti tā uzglabāšanas laikā, jāizvēlas piemērotākā iepakojšanas tehnoloģija un atbilstošākais iepakojuma materiāls. Starp iepakojuma materiālu attīstības tendencēm un pārtikas produktu realizācijas termiņu pagarināšanu pastāv cieša mijiedarbība. Līdz šim pārtikas iepakojumam galvenokārt lietoja no fosilām izejvielām ražotus polimērus, taču situācija ar katru brīdi mainās. Biopolimēru ražotāji paredz ražošanas apjomu palielināšanos un līdz ar to arī augsto dabā atjaunojamām izejvielām ražoto biopolimēru izmaksu pakāpenisku samazināšanos (Farris, Schaich, Liu, Piergiovanni, & Yam, 2009; Avella *et al.*, 2005; Tharanathan, 2003).

Pētījumi par bioloģiski noārdāmo materiālu lietošanu pārtikas iepakojumam tiek veikti nepārtraukti. Biopolimēri salīdzinājumā ar tradicionāli lietotajiem polimēriem, ko iegūst no naftas produktiem, ir dabai draudzīgi. Tos izgatavo no dabā regulāri atjaunojamām izejvielām, to ražošanas procesā tiek patērēts salīdzinoši mazāk enerģijas, un tie augsnē esošo mikroorganismu, mitruma, saules gaismas un atbilstošas temperatūras ietekmē sadalās par CO₂ un H₂O un iekļaujas materiālu aprites dabiskajā slēgtajā ciklā (Funabashi, Ninomiya, & Kukioka, 2009; Silagyi, Kimn, Lo, & Wei, 2009; Vorman & Tighzert, 2009; Siracusa, Rocculi, Romani, & Rosa, 2008; Narayan, 2001).

Interese par bioloģiski noārdāmo iepakojuma materiālu izmantošanu pēdējo gadu laikā palielinās (Mitrus, Wojtowicz, & Moscicki, 2009; Talja, Helen, Roos, & Jouppila, 2008; Veiga-Santos, Suzuki, Nery, Cereda, & Scamparini, 2008; Avella *et al.*, 2005; Tharanathan, 2003).

Neskatoties uz to, ka biopolimēru ražotāji piedāvā vairākus speciāli konditorejas izstrādājumu iepakojumam paredzētus biodegradējamus materiālus, zinātniskajā literatūrā ir maz informācijas par bioloģiski noārdāmo materiālu izmantošanu cukura konditorejas izstrādājumu iepakojšanai.

Firma *Innovia Films* 2006. gadā sāka tirgot metalizētu biodegradējamu plēvi *NatureFlex NM*, kas iegūta no koksnes celulozes. Tā bioloģiski sadalās, ir sertificēta pēc EN 13432 protokola,

atbilst standartam ASTM D6400, un tai ir ļoti augsta mitruma barjera (Innovia Films, 2006). Plēve skaisti mirdz un atstaro gaismu, labi izskatās veikalā plauktos un ir piemērota dāvanu iesaiņošanai, tādēļ to iesaka konfekšu iepakojšanai. Turklāt plēvei piemīt antistatiskas īpašības, tā ir piemērota lietošanai jebkurā iepakojšanas iekārtā un, pats galvenais, tā novērš konfekšu pielipšanu pie iepakojuma (Mitrus, Wojtowicz, & Moscicki, 2009). Vieni no galvenajiem saldumu ražotājiem pasaulē *Cadbury* (NatureFlex ..., 2010) un Lielbritānijas konfekšu ražotāji *Thorntons* (Innovia Films, 2010), kā arī Kanādas uzņēmēji (Innovia Films, 2009) šo plēvi izvēlējušies savas produkcijas prezentēšanai – galvenokārt lai veicinātu *Zaļo programmu*. Plēvei ir labas gāzu un mitruma barjerīpašības, to var gan labi sakaustēt, gan arī savīt, kas nepieciešams konfekšu ietīšanai. *NatureFlex NM* plēvē metāla jonu saturs nepārsniedz 0.02%, kas nedaudz palēnina plēves sadalīšanās procesu, taču tam arī netraucē.

Mūsdienās izgatavoti vairāki jaunākās paaudzes biomateriāli ar uzlabotām barjerīpašībām, piemēram, *Ceramis®-PLA* plēve. Tās barjerīpašības uzlabo silīcija oksīda (SiO_2) pārklājums, tā ir izgatavota no dabā regulāri atjaunojamām izejvielām ar enerģiju taupošu tehnoloģiju, ir sertificēta DIN CERTCO un ir rūpnieciski kompostējama 47 dienu laikā. Šai plēvei paredz ļoti plašu lietošanas spektru pārtikas iepakojšanai, īpaši aizsarggāzu vidē (Glaw, 2007; Europe's packaging ..., 2007; Alkan packaging, 2006). Kompānija *VC999* ir pirmais ražotājs, kas lietojis šādu ar SiO_2 pārklātu PLA plēvi pārtikas produktu iepakojšanai aizsarggāzu vidē un sasniedzis līdzīgu ietekmi uz derīguma termiņu PP iepakojumā ar EVOH barjerslāni (Meyer, 2007).

Neskatoties uz aktīvu pētniecisko darbu par bioloģiski noārdāmo materiālu piemērošanu konditorejas izstrādājumu iepakojšanai, trūkst zinātniski pamatotu datu, kas saistīti ar produktu kvalitātes izmaiņām iepriekšminētajos iepakojumos, kā arī vērojama arvien pieaugoša interese par jaunu iepakojuma tehnoloģiju izstrādi, attīstību un ieviešanu ražošanā.

Aktīvais iepakojums ir novatoriska iepakojuma tehnoloģija, ar kuras palīdzību iespējams pagarināt pārtikas produktu derīguma termiņu (Ahvenainen, 2003). Tas ražotāju un patērētāju interesi arvien plašāk piesaista pārtikas produktu kvalitātei un drošībai, galvenokārt iepakojumā uzglabāšanas laikā (Scussel et al., 2010; Rooney, 1995; 2005a; Vermeiren, Devleghere, van Beest, de Kruijf, & Debevere, 1999; Taub & Singh, 1998). Aktīvais

iekpojums var sniegt risinājumu, lietojot materiālus vai ķīmiskus savienojumus, kuri absorbē vai atbrīvo īpašus maisījumus gāzes fāzē. Savienojumi, kurus var absorbēt, ir oglekļa dioksīds, skābeklis, ūdens tvaiks, etilēns vai gaistošās vielas, kuras ietekmē pārtikas produktu garšu un aromātu (Thippeswamy, Venkateshaiah, & Patil, 2011; Lagaron & López-Rubio, 2010; Mexis, Badeka, Riganakos, & Kontominas, 2010; Lopez-Rubio et al., 2004).

Skābekļa aizvadišanu no iepakojuma iespējams kombinēt ar gaisa vidi, aizsarggāzu vidi vai vakuumiekpojumu. To parasti izmanto savstarpēji papildinošā veidā (Lagaron & López-Rubio, 2010; Scussel et al., 2010; Rooney, 2005b).

Saldumu tirgū īpaši piemērotas ir divas absorbentu tehnoloģijas – skābekļa un mitruma satura regulētāji. Skābekļa absorbenti iepakojumā samazina skābekļa saturu ($>0.01\%$), tādējādi pasargājot produktus no sasmakšanas un tauku oksidēšanās un kavējot mikroorganismu augšanu. Savukārt mitruma aizvācēju tehnoloģija samazina mitruma saturu iepakojuma vidē līdz tādām līmenim, kas nomāc hidrolīzi taukos un eļļās, tādējādi izmainot pārtikas produktu organoleptiskās īpašības. Minētie absorbenti (skābekļa un mitruma aizvācēji) ļauj saldumu ražotājiem saglabāt produkcijas aromātu un krāsu, uzturēt atbilstošu tās struktūru un līdz ar to pagarināt produktu vispārējo derīguma termiņu.

Produktu garšas izjūtu, struktūru un organoleptisko kvalitāti nelabvēlīgi ietekmē mitruma zudums saldumos. Mitruma regulēšanu iepakojumā iespējams apvienot ar skābekļa absorbentiem, vienlaicīgi arī saglabājot optimālu relatīvo mitrumu iepakojumā. Šāda pieeja konditoriem ļauj optimizēt vai samazināt emulgatoru, virsmaktīvo vielu un citu piedevu izmantošanu (Rooney, 1995; Scussel et al., 2010; Vermeiren, Devleghere, van Beest, de Kruijf, & Debevere, 1999).

Visbiežāk izmantotās skābekļa absorbētāju tehnoloģijas pamatojas uz dzelzs (Fe) reakciju ar skābekli, kā rezultātā veidojas dzelzs oksīds. Zinātnieki Jensen, Sorensen, Brockhoff un Bertelsen (2003) valriekstu realizācijas laika pagarināšanai sekmīgi izmantojuši skābekļa absorbētājus. Savukārt zinātnieku grupai Pastorelli (Pastorelli et al., 2007) vadībā, veicot pētījumus par smalcinātu lazdu riekstu uzglabāšanu aktīvajā iepakojumā, izdevies pagarināt riekstu realizācijas laiku. Pētnieki akcentē, ka paralēli aktīvajam elementam skābekļa daudzumu iepakojumā būtiski var kontrolēt arī ar tādiem iepakojuma materiāliem, kuriem ir augstas gāzu barjerīpašības (t.i., zema skābekļa caurlaidība)

(Mexis, Badeka, Riganakos, & Kontominas, 2010; Rooney, 2005b).

Biopolimēru materiālu un aktīvā iepakojuma tehnoloģiju izmantošana konditorejas izstrādājumu realizācijas termiņa pagarināšanai Latvijā nav pētīta, kā arī literatūras avotos nav atrodamā informācija par to ietekmi uz cukura konditorejas izstrādājumu kvalitāti uzglabāšanas laikā.

Pētījuma mērķis bija novērtēt piena pomādes konfekšu – šerbeta – kvalitātes izmaiņas, tās ilgstoši uzglabājot dažādos jauna veida iepakojuma materiālos (konvencionālos, ar augstām barjerīpašībām un no dabīgām izejvielām ražotos bioloģiski sadalāmos), kā arī izmantojot progresīvās iepakojuma tehnoloģijas – aktīvo iepakojumu ar skābekļa absorbentiem un aizsarggāzes.

Materiāli un metodes

Eksperimenti veikti Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas katedras laboratorijās. Pētījuma objekts: neglazētas piena pomādes konfektes – zemesriekstu šerbets. To pagatavošanai izmantoja šādas izejvielas: cukuru, grauzdētus zemesriekstus, iebiezinātu pienu ar cukuru, glikozes sīrupu, sāli, vafeles. Šerbeta viena

gabala izmēri vidēji bija 40×40×8 mm, un masa – 30±1 g.

Paraugu sagatavošana un uzglabāšana.

Šerbetu iepakojā maisiņos, pa diviem gabaliņiem katrā; maisiņa izmēri – 80×120 mm; kopējā produkta masa vienā iepakojumā – 60±2 g. Iepakojuma maisiņi bija izgatavoti no dažādiem polimēra materiāliem ar atšķirīgām barjerīpašībām un biežumu: no metalizētas konvencionālās BOPET/PE plēves un no divu veidu biodegradējamām plēvēm (*Ceramis®-PLA* plēve [*VC999 BioPack PLA*], kas pārklāta ar SiO₂ barjerslāni, un metalizēta *NatureFlex 23NM* plēve, kas izgatavota uz celulozes bāzes). Par kontroles iepakojumu tika izmantota laminēta *Multibarrier 60HFP* plēve ar augstām barjerīpašībām. Lietoto materiālu raksturojums dots 1. tabulā.

Paraugus iepakojā gaisa vidē, aizsarggāzu vidē (100% CO₂) un aktīvajā iepakojumā, kurā bija ievietotas *Mitsubishi Gas Chemical Europe Ageless®* uz dzelzs (Fe) bāzes gatavotas skābekļa aizvācēju paketes ar 100 cm³ absorbcijas spēju (1. att.). Lai panāktu efektīvāku skābekļa aizvākšanu, skābekļa absorbentus iepakojumos kombinēja ar aizsarggāzu vidi (100% CO₂).

Paraugus uzglabāja istabas temperatūrā

1. tabula / Table 1

Eksperimentos lietoto materiālu raksturojums
Characteristics of materials used in the experiments

Parauga Nr. / Sample No.	Materiāla nosaukums / Packaging material	Raksturojums un sastāvs / Characteristics and composition	Biezums / Thickness, δ, μm
1.	Multibarrier 60 HFP plēve, kontrole / pouch, control	Lamināts, APA/TIE/PA/EVOH/PA/TIE/PE/PE, caurspīdīgs / Laminate, APA/TIE/PA/EVOH/PA/TIE/PE/PE, transparent	60±2
2.	Ceramis®-PLA plēve / pouch	PLA pārklāts ar SiO ₂ – ar augstām barjerīpašībām / PLA coated with SiOx – with high barrier properties	60±2
3.	Metalizēta NatureFlex 23NM plēve / Metallised NatureFlex 23NM pouch	Metalizēta virsma/starpkārtā/caurspīdīga celulozes plēve Metallised surface/coating/transparent celulose film	23±2
4.	Metalizēta BOPET/PE plēve / Metallised BOPET/PE pouch	BOPET/ALU/PE lamināts / laminate	65±2

1. att. Veikto eksperimentu struktūra.

Fig. 1. Structure of the performed experiments.

(+21.0±1.0 °C) un analizēja pirms iepakojšanas (0. dienā) un pēc 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 un 16 uzglabāšanas nedēļām.

Produktu fizikāli ķīmisko rādītāju noteikšanas metodes

Mitruma satura noteikšana. Mitruma saturu piena pomādes konfekšiem noteica ar mitruma svariem *XM 120 Precisa*, karsējot produktu paraugus 110 °C temperatūrā līdz konstantai masai; rezultāta mērījumu nolasīja tad, kad trīs mērījumi ik pēc 20 sekundēm bija nemainīgi. Mitruma svaros ievietotā parauga masa bija 3.000±0.002 g. Pēc žāvēšanas uz svaru displeja nolasīja produkta mitrumu %, kaltēšanu veicot trīs atkārtojumos.

Cietības noteikšana. Piena pomādes konfekšu cietību noteica ar struktūras analizatoru *TA.XTplus*, izmantojot speciāli paredzētu mērīšanas uzgali HDP/BSK ar nazi. Mērīšanas laikā paraugu novietoja uz struktūras analizatora galda un mērīja griešanas spēku (N), ja naža pārvietošanās ātrums bija 10 mm s⁻¹. Šādā ātrumā, asmenim iespiežoties produkta paraugā 17 mm dziļumā, noteica piena pomādes konfektes

cietības maksimālo griešanas spēku. Šerbeta cietību katram paraugam noteica 10 atkārtojumos.

Krāsas L*a*b* mērījumi. Lai raksturotu šerbeta kvalitāti uzglabāšanas laikā, ar krāsas analizatoru *ColorTec-PCM CIE* pētījumiem paraugiem L*a*b* krāsu sistēmā noteica krāsas komponentes. Katram iepakojumam atkārtoti veica 10 mērījumus 10 dažādos parauga punktos, lai aprēķinātu vidējo vērtību un standartnovirzi un iegūtu pēc iespējas precīzāku rezultātu. Datu apstrāde tika veikta *ColorSoft QCW* datu programmā.

Produkta krāsas komponentu kopējās izmaiņas uzglabāšanas laikā raksturo to diferencu kvadrātu summa – kopējā difference ΔE^* , ko iegūst, izmantojot L*a*b* vērtību (1) (MacDougall, 2002):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}, \quad (1)$$

kur

ΔE^* – kopējā krāsas komponentu difference, kas raksturo produkta krāsas izmaiņas 16 nedēļu uzglabāšanas laikā;

- L^* – produkta krāsas intensitāti raksturojošā vērtība eksperimenta pēdējā dienā;
- L_0^* – produkta krāsas intensitāti raksturojošā vērtība eksperimenta sākumā;
- a^* – produkta krāsas komponenti „zaļš–sarkans” raksturojošā vērtība eksperimenta pēdējā dienā;
- a_0^* – produkta krāsas komponenti „zaļš–sarkans” raksturojošā vērtība eksperimenta sākumā;
- b^* – produkta krāsas komponenti „zils–dzeltens” raksturojošā vērtība eksperimenta pēdējā dienā;
- b_0^* – produkta krāsas komponenti „zils–dzeltens” raksturojošā vērtība eksperimenta sākumā.

Sensorā novērtēšana

Šerbeta sensoro īpašību novērtējums produkta uzglabāšanas laikā. Lai izvērtētu šerbeta cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā dažādos iepakojuma materiālos un dažādās uzglabāšanas vidēs, izmantojot 5 punktu hedonisko skalu (5 – viegli sakožams, mīksts; 1 – ļoti ciets) (ISO 4121:2003), tika noteikta paraugu cietības pakāpe. Vērtēšanā piedalījās seši apmācīti vērtētāji, kuru vidējais vecums – 37 gadi.

Datu matemātiskā apstrāde

Dati apstrādāti ar matemātiskās statistikas metodēm, izmantojot SPSS programmas SPSS 16 paketi, Microsoft Excel for Windows 7.0 programmas; p vērtība raksturo iegūto datu būtiskuma zemāko līmeni ($p > 0.05$ – dati būtiski neatšķiras; $p < 0.05$ – dati būtiski atšķiras). Iegūtajiem rezultātiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartnovirze. Datu interpretācijai veikta vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīze (ANOVA) ar atkārtojumiem (Bower, 2009).

Rezultāti un diskusija

Mitrumi ir viens no galvenajiem rādītājiem, pēc kura patērētājs novērtē piena pomādes konfekšu kvalitāti. Uzglabāšanas laikā mitruma saturs konfektēs samazinās, kas izraisa to sacietēšanu. Iepakotā produkta mitruma zudumi lielā mērā atkarīgi no iepakojumam lietotā materiāla barjerīpašībām – ūdens tvaika caurlaidības.

Kontroles paraugam gaisa vidē iepakojuma materiālā *Multibarrier 60 HFP* (2. att. – 1) mitruma

saturs 16 nedēļu uzglabāšanas laikā samazinājās no $3.4 \pm 0.02\%$ līdz $2.26 \pm 0.01\%$. Uzglabāšanas laikā aizsarggāzu vidē ($100\% \text{ CO}_2$) un aktīvajā iepakojumā dažādos iepakojuma materiālos analizētajiem paraugiem lielākos mitruma satura zudumus novēroja biodegradējamos iepakojuma materiālos. Biodegradējamā *Ceramis®-PLA* (2. att. – 4 un 5) un metalizētā *NatureFlex 23NM* plēvē (2. att. – 6 un 7) mitruma saturs paraugos līdz uzglabāšanas laika beigām samazinājās līdz $1.21 \pm 0.01\%$. Mazāki mitruma satura zudumi bija *Multibarrier 60 HFP* materiālā iepakotajam šerbetam, bet *Multibarrier 60 HFP* ($100\% \text{ CO}_2$) un *Multibarrier 60 HFP* ($[100\% \text{ CO}_2] + \text{O}_2$ absorbents, 100 cm^3) materiālā iepakotajiem šerbeta paraugiem mitruma saturs samazinājās attiecīgi līdz 2.59 ± 0.01 un $2.76 \pm 0.01\%$.

Savstarpēji salīdzinot paraugus, konstatējām, ka metalizētā *BOPET/PE* (2. att. – 8 un 9) materiālā iepakotie paraugi būtiski atšķīrās no visiem pārējiem pētītajiem paraugiem ($p < 0.05$). Mitruma satura izmaiņas tajos bija minimālas – sākotnējais mitruma saturs ($3.4 \pm 0.02\%$) šerbeta paraugos pēc 16 nedēļu uzglabāšanas bija pazeminājies tikai attiecīgi līdz 3.2 ± 0.01 un $3.3 \pm 0.01\%$. Būtisku ietekmi nebija devis arī iepakojumā ievietotais skābekļa absorbents.

Šerbeta mitruma satura izmaiņas skaidrojamas ar piena pomādes konfekšu uzglabāšanas laikā notiekošo mitruma migrāciju no produkta uz apkārtējo vidi: jo ilgāks uzglabāšanas laiks, jo lielāka apkārtējās vides ietekme. Izmantojot iepakojuma materiālus ar augstākām barjerīpašībām, mitruma samazināšanos produktā iespējams ierobežot. Savstarpēji salīdzinot paraugus, redzams, ka aizsarggāzu iepakojumā ($100\% \text{ CO}_2$) ar un bez skābekļa absorbentiem uzglabāšanas laikā līdz 16 nedēļām paraugiem aktīvajā iepakojumā (2. att. – 3, 5, 7 un 9) bija mazāki mitruma zudumi.

Izmaiņas dažādi iepakoto piena pomādes konfekšu struktūrā, ko raksturo cietība N , uzglabāšanas laikā parādītas 3. attēlā. Kā rāda eksperimenta rezultāti, šerbeta struktūra uzglabāšanas laikā mainās un atbilstoši mitruma zudumam konfektes pakāpeniski sacietē. Pirmajās divās nedēļās visiem paraugiem cietība palielinājās un sasniedza no 174.30 ± 8.71 līdz $204.63 \pm 11.25 \text{ N}$. Būtiskākas cietības izmaiņas bija novērojamas, uzglabājot paraugus ilgāk par četrām nedēļām. Pēc 16 nedēļu uzglabāšanas paraugam *Ceramis®-PLA* plēvē ($100\% \text{ CO}_2$) cietība bija $680.59 \pm 19.62 \text{ N}$, bet aktīvajā iepakojumā ($100\% \text{ CO}_2 + \text{O}_2$ absorbents) – $660.44 \pm 18.47 \text{ N}$. Starp *Ceramis®-PLA* plēvē iepakotajiem

2. att. Šerbeta mitruma satura izmaiņas uzglabāšanas laikā, %:

- 1 – Multibarrier 60 HFP (kontrolē gaisa vidē); 2 – Multibarrier 60 HFP (vide – 100% CO₂);
 3 – Multibarrier 60 HFP (vide – 100% CO₂)+O₂ absorbents, 100 cm³; 4 – Ceramis®-PLA plēve
 (vide – 100% CO₂); 5 – Ceramis®-PLA plēve (vide – 100% CO₂)+O₂ absorbents, 100 cm³;
 6 – metalizēts NatureFlex 23NM (vide – 100% CO₂); 7 – metalizēts NatureFlex 23NM
 (vide – 100% CO₂)+O₂ absorbents, 100 cm³; 8 – metalizēts BOPET/PE (vide – 100% CO₂);
 9 – metalizēts BOPET/PE (vide – 100% CO₂)+O₂ absorbents, 100 cm³.

Fig. 2. The dynamics of moisture content in milk pomade sweets during storage time, %:

- 1 – Multibarrier 60 HFP pouches (control, air ambience); 2 – Multibarrier 60 HFP pouches
 (MAP 100% CO₂); 3 – Multibarrier 60 HFP pouches (MAP 100% CO₂)+O₂ scavenger, 100 cm³;
 4 – Ceramis®-PLA pouches (100% CO₂); 5 – Ceramis®-PLA pouches (100% CO₂)+O₂ scavenger, 100 cm³;
 6 – metallised NatureFlex 23NM (MAP 100% CO₂); 7 – metallised NatureFlex 23NM
 (MAP 100% CO₂)+O₂ scavenger, 100 cm³; 8 – metallised BOPET/PE (MAP 100% CO₂);
 9 – metallised BOPET/PE (MAP 100% CO₂)+O₂ scavenger, 100 cm³.

paraugiem – gan ar absorbentu, gan bez tā – netika novērotas būtiskas atšķirības. Šerbeta cietība pēc 16 nedēļu uzglabāšanas metalizētā *NatureFlex* 23NM (100% CO₂) materiālā bija 684.00±17.57 N, bet metalizētā *NatureFlex* 23NM (100% CO₂+O₂ absorbents) – 604.34±18.56 N. Iepriekšminētie biodegradējamie materiāli ierobežo šerbeta uzglabāšanas laiku, tādēļ produktu ilglaicīgai uzglabāšanai tie nav ieteicami – produkta cietība strauji palielinās un tā rezultātā netiek nodrošināta šerbeta kvalitāte.

Kontroles parauga cietība *Multibarrier* 60 HFP iepakojumā uzglabāšanas laikā pakāpeniski palielinājās līdz 356.26±8.53 N. Lietojot aizsargāzu iepakojuma tehnoloģiju (100% CO₂) un aktīvā iepakojuma tehnoloģiju (100% CO₂+O₂ absorbents), cietība starp *Multibarrier* 60 HFP materiālā iepakotajiem paraugiem būtiski neatšķīrās un līdz

uzglabāšanas 16. nedēļai palielinājās attiecīgi līdz 295.83±8.21 N un 261.18±11.21 N.

Būtiski mazākas cietības izmaiņas novēroja, ja par iepakojuma materiālu bija izmantots metalizēts *BOPET/PE*. Aizsargāzu vidē (100% CO₂) iepakotā parauga cietība pēc 16 uzglabāšanas nedēļām palielinājās tikai līdz 195.88±7.42 N. Savukārt *BOET/PE* iepakojumā ar ievietotu O₂ absorbentu šerbeta cietība pēc uzglabāšanas četrām nedēļām palielinājās līdz 186.92±8.63 N; paraugu uzglabājot līdz 16 nedēļām, neskatoties uz to, ka šerbeta mitrums turpināja nedaudz samazināties, produkta cietība nevis palielinājās, bet pakāpeniski samazinājās līdz 146.01±7.54 N, t.i., par 21.5%. Salīdzinot ar šerbeta sākuma cietību 55.80±2.96 N, pēc 16 uzglabāšanas nedēļām produkta cietība bija palielinājusies aptuveni trīs reizes, taču tas neatstāja būtisku ietekmi uz vērtētāju sajūtām, šerbetu sakožot.

Lai izvērtētu šerbeta cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā dažādos iepakojuma materiālos un dažādās vidēs, izmantojot 5 punktu hedonisko skalu, tika noteikta paraugu cietības robeža, kura rāda, kad produkts vēl ir pieņemams lietošanai. Salīdzinot sensoro vērtējumu rezultātus ar instrumentāli veiktajiem cietības mērījumiem, konstatējām, ka produktu var uzskatīt par lietojamu (pieņemama cietības pakāpe) līdz cietības robežai 300 N (3. att.).

Vērtējumā iegūto datu analīze ļauj secināt, ka, izmantojot dažādas iepakojšanas tehnoloģijas un dažādus iepakojuma materiālus, ieteicamais uzglabāšanas laiks piena pomādes konfektēm – šerbetam – var būt atšķirīgs (2. tabula).

Nozīmīgs kvalitātes rādītājs ir krāsa, jo tā parasti ir pirmā pazīme, pēc kuras patērētājs novērtē produktu. Pētītajiem paraugiem krāsu noteica

gan eksperimenta sākumā, gan visā uzglabāšanas laikā, kā arī aprēķināja krāsas parametru kopējo diferenci ΔE^* .

Šerbeta kopējā krāsas difference ΔE^* uzglabāšanas laikā dažādos iepakojuma materiālos būtiski atšķīrās ($p < 0.05$) (4. att.). Kontroles paraugam (gaisa vidē) *Multibarrier 60 HFP* iepakojumā (4. att. – 1) kopējā krāsas difference ΔE^* uzglabāšanas laika beigās bija 4.96 vienības. Šajā materiālā aizsargāzu vidē (100% CO_2) iepakotajam šerbetam kopējā krāsas difference ΔE^* bija 6.45 vienības, bet iepakojumā ar skābekļa absorbentu – 7.31.

Salīdzinot krāsu šerbeta paraugiem, kas iepakoti *Multibarrier 60 HFP* (4. att. – 3) un metalizētā *BOPET/PE* (4. att. – 9) iepakojumā, redzams, ka 16 nedēļu uzglabāšanas laikā aktīvajā iepakojumā (ar skābekļa absorbentu) esošie paraugi bija

3. att. Šerbeta cietības (N) izmaiņas uzglabāšanas laikā:

- 1 – Multibarrier 60 HFP (kontrolē gaisa vidē); 2 – Multibarrier 60 HFP (vide – 100% CO_2);
 3 – Multibarrier 60 HFP (vide – 100% CO_2) + O_2 absorbents, 100 cm^3 ; 4 – Ceramis®-PLA plēve
 (vide – 100% CO_2); 5 – Ceramis®-PLA plēve (vide – 100% CO_2) + O_2 absorbents, 100 cm^3 ;
 6 – metalizēts NatureFlex 23NM (vide – 100% CO_2); 7 – metalizēts NatureFlex 23NM
 (vide – 100% CO_2) + O_2 absorbents, 100 cm^3 ; 8 – metalizēts BOPET/PE (vide – 100% CO_2);
 9 – metalizēts BOPET/PE (vide – 100% CO_2) + O_2 absorbents, 100 cm^3 ,

— – sensori noteiktā paraugu cietības robeža.

Fig. 3. The dynamics of texture (N) changes in milk pomade sweets during storage time:

- 1 – Multibarrier 60 HFP pouches (control, air ambience); 2 – Multibarrier 60 HFP pouches
 (MAP 100% CO_2); 3 – Multibarrier 60 HFP pouches (MAP 100% CO_2) + O_2 scavenger, 100 cm^3 ;
 4 – Ceramis®-PLA pouches (100% CO_2); 5 – Ceramis®-PLA pouches (100% CO_2) + O_2 scavenger, 100 cm^3 ;
 6 – metallised NatureFlex 23NM (MAP 100% CO_2); 7 – metallised NatureFlex 23NM
 (MAP 100% CO_2) + O_2 scavenger, 100 cm^3 ; 8 – metallised BOPET/PE (MAP 100% CO_2);
 9 – metallised BOPET/PE (MAP 100% CO_2) + O_2 scavenger, 100 cm^3 ,

— – sensory estimated maximum hardness level.

kļuvuši tumšāki par aizsarggāzu vidē iepakotajiem paraugiem. Būtiskas ($p < 0.05$) krāsu izmaiņas varēja novērot paraugiem, kas iepakoti biodegradējamā

Ceramis®-PLA un metalizētā *NatureFlex 23NM* plēvē bez skābekļa absorbenta – to krāsa bija kļuvusi gaišāka (paraugs bālē).

2. tabula / Table 2

Ieteicamais uzglabāšanas laiks piena pomādes konfekstēm – šerbetam

The recommended shelf life of milk pomade sweets – sherbet

Paraugs / Sample	Iepakojšanas tehnoloģija / Packaging technologies		
	Gaisa vide / Air ambience	Aizsarggāzu vide / Modified atmosphere packaging	
		100% CO ₂	100% CO ₂ + O ₂ absorbents / 100% CO ₂ +O ₂ scavenger
	Ieteicamais uzglabāšanas laiks, nedēļas/cietība The recommended storage time, weeks/force		
Multibarrier 60 HFP, kontrolē / control	10–12 / 268–311 N	16 / 295 N	16 / 260 N
Ceramis®-PLA	–	4–6 / 209–340 N	4–6 / 274–320 N
Met. NatureFlex 23NM	–	6 / 310 N	6 / 305 N
Met. BOPET/PE	–	16 / 195 N	16 / 146 N

4. att. Iepakojšanas tehnoloģiju un materiālu ietekme uz šerbeta

kopējo krāsas diferenci ΔE^* 16 uzglabāšanas nedēļu laikā:

- 1 – Multibarrier 60 HFP (kontrolē gaisa vidē); 2 – Multibarrier 60 HFP (vide – 100% CO₂);
 3 – Multibarrier 60 HFP (vide – 100% CO₂) + O₂ absorbents, 100 cm³; 4 – Ceramis®-PLA plēvē
 (vide – 100% CO₂); 5 – Ceramis®-PLA plēvē (vide – 100% CO₂) + O₂ absorbents, 100 cm³;
 6 – metalizēts NatureFlex 23NM (vide – 100% CO₂); 7 – metalizēts NatureFlex 23NM
 (vide – 100% CO₂) + O₂ absorbents, 100 cm³; 8 – metalizēts BOPET/PE (vide – 100% CO₂);
 9 – metalizēts BOPET/PE (vide – 100% CO₂) + O₂ absorbents, 100 cm³.

Fig. 4. The influence of packaging material on

the total colour difference ΔE^* of sherbet samples during 16 storage weeks:

- 1 – Multibarrier 60 HFP pouches (control, air ambience); 2 – Multibarrier 60 HFP pouches
 (MAP 100% CO₂); 3 – Multibarrier 60 HFP pouches (MAP 100% CO₂) + O₂ scavenger, 100 cm³;
 4 – Ceramis®-PLA pouches (100% CO₂); 5 – Ceramis®-PLA pouches (100% CO₂) + O₂ scavenger, 100 cm³;
 6 – metallised NatureFlex 23NM (MAP 100% CO₂); 7 – metallised NatureFlex 23NM
 (MAP 100% CO₂) + O₂ scavenger, 100 cm³; 8 – metallised BOPET/PE (MAP 100% CO₂);
 9 – metallised BOPET/PE (MAP 100% CO₂) + O₂ scavenger, 100 cm³.

Secinājumi

Ilgstošai (līdz 16 nedēļām) šerbeta uzglabāšanai, nodrošinot nebūtiskas produkta kvalitātes izmaiņas, par labāko var rekomendēt metalizēto BOPET/PE iepakojuma materiālu.

Iepakojšanas tehnoloģiju salīdzinājums liecināja, ka piena pomādes konfekšu – šerbeta – kvalitāti iespējams nodrošināt ilgāku uzglabāšanas laiku, ja iepakojuma materiālos – metalizētā BOPET/PE un Multibarrier 60 HFP – izmanto skābekļa absorbentu. Savukārt dabai draudzīgajos iepakojuma materiālos – Ceramis®-PLA plēvē un metalizētā NatureFlex 23NM – ieteicamais šerbeta uzglabāšanas laiks bija līdz sešām nedēļām. Salīdzinot pētījumā iekļautos biodegradējamos materiālus, būtiskas atšķirības starp izmantotajām iepakojšanas tehnoloģijām netika novērotas.

Literatūra

- Ahvenainen, R. (2003). An introduction: Active and intelligent packaging. In R. Ahvenainen (Ed.), *Novel food packaging technologies* (pp. 5–21). Cambridge, U.K.: Woodhead Publishing.
- Alcan packaging. (2006). *Alcan Ceramis®-PLA, biodegradable barrier film*. Retrieved from http://www.flexpack.org/MEMONL/mo_sustainable_packaging/sp_member_initiatives/Alcan/Alcan.pdf
- Arella, M., Buzarovska, A., Errico, M.E., Gentile, G., & Grozdanov, A. (2009). Eco-challenges of bio-based polymer composites. *Journal of Materials*, 2(3), 911–925.
- Avella, M., De Vlieger, J.J., Errico, M.E., Fischer, S., Vacca, P., & Volpe, M.G. (2005). Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications. *Food Chemistry*, 93(3), 467–474.
- Barbiroli, G., & Mazzaracchio, P. (1994). Classification and standardization of bakery products and flour confectionery in relation to quality and technological progress. *Food Control*, 5(1), 33–38.
- Ben-Yoseph, E., & Hartel, R.W. (2006). Computer simulation of sugar crystallization in confectionery products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7(3), 225–232.
- Bower, J.A. (2009). *Statistical methods for food science: Introductory procedures for the food practitioner*. Oxford, UK: Ames, Iowa: Wiley-Blackwell.
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R.W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162–192.
- Europe's packaging magazine *Packaging today*. (2007, September). Plastic fantastic. Retrieved from <http://www.packagingtoday.co.uk/story.asp?storycode=51652>
- Farris, S., Schaich, K.M., Liu, L.S., Piergiovanni, L., & Yam, K.L. (2009). Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications. *Trends in Food Science and Technology*, 20(8), 316–322.
- Funabashi, M., Ninomiya, F., & Kukioka, M. (2009). Biodegradability evaluation of polymer by ISO 14855-2. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(8), 3635–3654.
- Glaw, T. (2007, May). *Transparent inorganic barrier properties*. Retrieved from <http://www.tappi.org/content/events/07europlace/presentation/07eurol46.pdf>
- Innovia Films. (2006, July). *First metallised Natureflex film launched*. Retrieved from <http://www.ferret.com.au/c/Innovia-Films/First-metallised-natureflex-film-launched-n696221>
- Innovia Films. (2009, September). *Sustainable, compostable NatureFlex™ film selected to package nutritional Canadian products*. Retrieved from <http://www.packaging-int.com/article/sustainable-compostable-natureflex-film-selected-to-package-nutritional-canadian-products.html>
- Innovia Films. (2010, March). *Metallised NatureFlex™ wraps Thorntons Melts*. Retrieved from <http://www.packaging-int.com/article/metallised-natureflex-wraps-thorntons-melts.html>
- Jensen, P.N., Sørensen, G., Brockhoff, P., & Bertelsen G. (2003). Development of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 4941–4947.
- Labuza, T., Roe, K., Payne, C., Panda, F., Labuza, T.J., Labuza, P.S., & Krusch, L. (2004). Storage stability of food systems: Influence of state changes during drying and storage. In *Proceedings of the 14th International Drying*

- Symposium (IDS 2004), 22–25 August 2004 (pp. 48–68). São Paulo, Brazil.
18. Lagaron, J.M., & López-Rubio, A. (2010). Latest developments and future trends in food packaging and biopackaging. In M.L. Passos & C.P. Ribeiro (Eds.), *Innovation in food engineering new techniques and products* (pp. 485–503). USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
19. López-Carballo, C., Catalá, R., Gavara, D., & Hernández-Muñoz, P. (2011). Food applications of active packaging EVOH films containing cyclodextrins for the preferential scavenging of undesirable compounds. *Journal of Food Engineering*, 104(3), 380–386.
20. Lopez-Rubio, A., Almenar, E., Hernandez-Munoz, P., Lagaron, J.M., Catala, R., & Gavara, R. (2004). Overview of active polymer-based packaging technologies for food applications. *Food Reviews International*, 20(4), 357–387.
21. MacDougall, D.B. (2002). Colour measurement of food: Principles and practice. In D.B. MacDougall (Ed.), *Colour in food. Improving quality* (pp. 33–63). Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.
22. Manley, D. (1998). *Biscuit, cookie and cracker manufacturing: Manual 1 – Ingredients*. Cambridge, UK: Woodhad Publishing Limited.
23. Mathlouthi, M. (Ed.). (1994). *Food packaging and preservation*. London: Blackie Academic and Professional.
24. Meyer, A.R. (2007). Bio-packages to raise organic food's estimation. PLA bio-plastics trays for high-quality fresh foods and convenient foods under MAP. *Fleischwirtschaft International*, 5, 45–48.
25. Mexis, S.F., Badeka, A.V., Riganakos, K.A., & Kontominas, M.G. (2010). Effect of active and modified atmosphere packaging on quality retention of dark chocolate with hazelnuts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(1), 177–186.
26. Mitrus, M., Wojtowicz, A., & Moscicki, L. (2009). Biodegradable polymers and their practical utility. In L. Janssen & L. Moscicki (Eds.), *Thermoplastic starch* (pp. 1–33). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
27. Narayan, R. (2001). Drivers for biodegradable/compostable plastics and role of composting in waste management and sustainable agriculture. Report Paper. *Orbit Journal*, 1(1), 1–9.
28. NatureFlex. (2010, April). *Cadbury Flake uses NatureFlex™*. Retrieved from <http://www.innoviafilms.com/NatureFlex/News/Media-Centre.aspx?id=7>
29. Pastorelli, S., Torri, L., Rodriguez, A., Valzacchi, S., Limbo S., & Simoneau, C. (2007). Solid-phase micro-extraction (SPME-GC) and sensors as rapid methods for monitoring lipid oxidation in nuts. *Food Additives and Contaminants*, 24(11), 1219–1225.
30. Quinton, L.A., & Kennedy, J.F. (2002). Book review: The science of sugar confectionery – W.P. Edwards, The Royal Society of Chemistry, 2000. *Carbohydrate Polymers*, 47(1), 88–89.
31. Raisi, A., & Aroujalian, A. (2007). Reduction of the glucose syrup browning rate by the use of modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 370–373.
32. Reinheimer, M.A., Mussati, S., & Scenna, N.J. (2010). Influence of product composition and operating conditions on the unsteady behavior of hard candy cooling process. *Journal of Food Engineering*, 101(4), 409–416.
33. Reinheimer, M.A., Mussati, S., Scenna, N.J., & Pérez, G.A. (2010). Influence of the microstructure and composition on the thermal-physical properties of hard candy and cooling process. *Journal of Molecular Structure*, 980(1–3), 250–256.
34. Restuccia, D., Spizzirri, U.G., Parisi, O.I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., ... Picci, N. (2010). New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*, 21(11), 1425–1435.
35. Rooney, M.L. (1995). *Active food packaging*. London, UK: Chapman & Hall.
36. Rooney, M.L. (2005a). Introduction to active food packaging technologies. In J.H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (pp. 63–80). Oxford, UK: Elsevier Academic Press.
37. Rooney, M.L. (2005b). Oxygen-scavenging packaging. In J.H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (pp. 123–138). Oxford, UK: Elsevier Academic Press.
38. Scussel, V.M., Tanello, A.C., Giordano, B.N., Manfio, D., Galvão, S., & Rodrigues, M.N.F. (2010). Effect of oxygen reducing atmospheres on the quality and safety of stored shelled Brazil nut packs. In Proceedings of the

- 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June–2 July 2010 (pp. 560–565). Estoril, Portugal.
39. Silagyi, K., Kimn, S.H., Lo, Y.M., & Wei, C. (2009). Production of biofilm and quorum sensing by *Escherichia coli* O157:H7 and its transfer from contact surfaces to meat, poultry, ready-to-eat deli, and produce products. *Journal of Food Microbiology*, 6(26), 514–519.
40. Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Rosa, D. (2008). Biodegradable polymers for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 19(12), 634–643.
41. Sucharzewska, D., Stochmal, A., & Oleszek, W. (2003). The effect of *Yucca schidigera* extract on the physical structure and on the oxidative stability of sugar-candy foam products. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 36(3), 347–351.
42. Talja, R.A., Helen, H., Roos, Y.H., & Jouppila, K. (2008). Effect of type and content of binary polyol mixtures on physical and mechanical properties of starch-based edible films. *Carbohydrate Polymers*, 71(2), 269–276.
43. Taub, I.A., & Singh, R.P. (Eds.) (1998). *Food storage stability*. CRC Press.
44. Tharanathan, R.N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: Past, present, and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14(3), 71–78.
45. Thippeswamy, L., Venkateshaiah, B.V., & Patil, S.B. (2011). Effect of modified atmospheric packaging on the shelf stability of paneer prepared by adopting hurdle technology. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 230–235.
46. Vaclavik, V.A., & Christian, E.W. (2008). Sugar sweeteners, and confections. *Essentials of Food Science* (3rd ed.) (pp. 331–348). New York: Springer Science+Business Media, LLC.
47. Veiga-Santos, P., Suzuki, C.K., Nery, K.F., Cereda, M.P., & Scamparini, A.R.P. (2008). Evaluation of optical microscopy efficacy in evaluating cassava starch biofilms microstructure. *LWT – Food Science and Technology*, 41(8), 1506–1513.
48. Vermeiren, L., Devleghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N., & Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 10(3), 77–86.
49. Vorman, I., & Tighzert, L. (2009). Biodegradable polymers. *Journal of Materials*, 2(2), 307–344.
50. Zumbé, A., Lee, A., & Storey, D. (2001). Polyols in confectionery: The route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, 85, 31–45.

Pateicība

Pētījums veikts ar Eiropas Savienības Sociālā fonda (ESF) projekta atbalstu „Atbalsts doktora studijām LLU”, līguma Nr. 2009/0180/IDP/I.1.2.1.2./09/IPIA/VIAA/017.