

## RAPSŲ ALIEJAUS OKSIDACINIS STABILUMAS EMULSIJOSE IR KAITINIMO METU

Rita Kazernavičiūtė, Dainora Gruzdienė

*Kauno technologijos universitetas, Maisto produktų technologijos katedra, Radvilėnų pl. 19, LT – 3028 Kaunas; tel. 8 37 30 01 88; el. paštas: [Rita.Kazernaviciute@ktu.lt](mailto:Rita.Kazernaviciute@ktu.lt)*

**Santrauka.** Tirtas rapsų aliejaus oksidacinis stabilumas emulsijose ir kaitinant aukštoje temperatūroje su natūralių antioksidantų – stumbražolių (*Hierochloe odorata Walhnb.*), šalavijų (*Salvia officinalis* L.) bei gelsvių (*Levisticum officinale* Koch) oleorezinais – su priedais ir be jų. Lyginta su sintetiniais antioksidantais *tert*-butilhidrochinonu (*TBHQ*), *L*-askorbil-6-palmitatu (*AP*) ir komerciniu „Oil-Master“ priedu.

Tyrimai atlikti *Schaal Oven* metodu (80°C), tiesioginio tipo emulsijose (40°C), instrumentiniais *Oksipreso* (100°C, 110°C, 130°C, 150°C) ir *Rancimato* (120°C) metodais bei modifikuotu, pusiau gamybiniu bulvių lazdelių gruzdinimu 180°C temperatūros rapsų aliejuje.

Nustatyta, kad iš *stumbražolių AO* išskirtas grynas junginys – 5,8-dihidroksikumarinas (HOK, 0,1%) – ne tik sulėtino rapsų aliejaus oksidaciją (*Oksipreso* metodas), bet ir pagerino kepinamo 180°C temperatūroje rapsų aliejaus skonį ir kvapą, kurie labai svarbūs vartotojui. Taip pat nustatyta, kad rapsų aliejaus stabilumas oksidacijai su *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) mišinio priedu yra artimas plačiai pasaulyje gruzdinti naudojamo palmių aliejaus stabilumui. Gruzdinimo metu (po 5 dienų) rapsų aliejuje su *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) priedu išlieka 83,7% jame esančių tokoferolių – natūralių antioksidantų.

**Raktažodžiai:** rapsų aliejus, oksidacinis stabilumas, gruzdinimas, stumbražolė, šalavijas, gelsvė, augalų ekstraktai, tokoferoliai.

## OXIDATIVE STABILITY OF RAPESEED OIL IN EMULSION AND DURING DEEP FRYING

**Summary.** Research object – to evaluate oxidative stability of rapeseed oil in emulsion (at 40 °C) and during deep frying (at 180 °C) with and without antioxidants. There were used sweet grass (*Hierochloe odorata Walhnb.*), sage (*Salvia officinalis* L.), lovage (*Levisticum officinale* Koch.) plant extracts) and 5,8-hydroxycoumarin (separated fraction from sweet grass plant extract), rapeseed and palm oil, synthetic antioxidants *tert*-butylhydroquinone (*TBHQ*) and *L*-ascorbyl-6-palmitat (*AP*), and commercial supplement for deep frying Oi-Master.

Oxidative stability of rapeseed oil were tested applying the *Schaal Oven* Test (weight gain methods) at 80 °C , instrumental (*Oxipres* (100 °C, 110 °C, 130 °C, 150 °C) and *Rancimat* (120 °C)) and sensory methods.

It is proof, that 5,8- dihydroxycoumarin (HOK 0.1% in edible oil) not only slows down oxidation in rapeseed oil (*Oxipres* method), but it also improves taste and flavour quality of fried rapeseed oil at 180 °C temperature. It is proof, that stability of rapeseed oil with addition of sweet grass plant extract is approximate to stability of palm oil, which is used world-wide for deep frying. After 5 days of deep frying of rapeseed oil with addition of sweet grass and lovage plant extracts mix there was left 83.7 % of initial tocopherols amount – naturals antioxidants.

**Keywords:** rapeseed oil, oxidative stability, deep frying, sweet grass, sage, lovage, plant extracts.

**Įvadas.** Riebalai, savo sudėtyje turintys nesočiųjų riebalų rūgščių, veikiami oro deguonies, oksiduojasi. Vykstant šiai cheminei reakcijai, jie tampa netinkami vartoti. Lipidų oksidacija daro didelę įtaką maisto produktų kokybei (Frankel, 1998). Siekiant sumažinti lipidų oksidaciją, naudojami antioksidantai. Riebalų oksidacijos procesui sulėtinti plačiausiai naudojami sintetiniai antioksidantai: efektyvūs, nebrangūs, ilgina produkto vartojimo laiką, tačiau kelia vis didesnę susirūpinimą dėl galimo kancerogeninio ir toksiško poveikio (Frankel, 1998).

Vieni iš perspektyviausių natūralių aromatizatorių, antioksidantų ir konservantų šaltinių yra augalai, biologiškai gaminantys svarbius antrinio metabolizmo produktus (Akoh, Min, 1997; Frankel, 1998). Iš augalų išskirti eteriniai aliejai – puiki aromatizatorių žaliava, augalų ekstraktuose taip pat randama flavonų, flavanonų ir dihidroflavonolių, kurie veikia kaip riebalų ir aliejaus oksidaciją lėtinantys junginiai.

KTU Maisto produktų technologijos katedroje, bendradarbiaujant su kitų šalių tyrėjais, atlikta daug

darbų, susijusių su natūralių antioksidantų išskyrimu iš aromatinių augalų, nustatant gautų ekstraktų antioksidacinį efektyvumą aliejuje ir riebaluose (Bandoniene et al., 2000, 2001, 2002; Dapkevičius et al., 1998; Gruzdienė ir kt., 2002; Kazernavičiūtė ir kt., 2002a, 2002b; Miskusova et al., 2000; Povilaityte, Venskutonis, 2000; Pukalskas ir kt., 1999, 2002; Ueyama et al., 1991; Zainuddin et al., 2002).

Pageidautina, kad gruzdinimo (gilus kepinimo) riebaluose būtų apie 80% mononesočiųjų riebalų rūgščių (oleino) ir ne daugiau kaip 10% linolo rūgšties (Akoh, Min, 1997). Anksčiau buvo naudojami tik hidrinti riebalai, t. y. cheminiu būdu sutirštinti aliejaus mišiniai arba aliejus. Tyrimais nustatyta, kad hidrinti riebalai savo sudėtyje turi didžiausią kiekį transizomerinių riebalų rūgščių (20–50%) (Akoh, Min, 1997; Frankel, 1998), kurios ateityje turėtų būti reglamentuojamos ir mūsų šalyje. Alternatyva hidrintiems riebalams yra palmių aliejus ir jo frakcijos (oleinas, superoleinas) arba jų mišiniai su kitos kilmės aliejumi. Kepimo metu riebalams kontaktuojant su atmosferos deguonimi ir drėgme įvyksta

keletas cheminių reakcijų: hidrolizė, oksidacija, terminis skilimas ir polimerizacija. Įvairūs šių reakcijų skilimo bei polimerizacijos produktai neigiamai veikia skonines ir aromatines tiek riebalų, tiek juose kepamų produktų savybes.

Gruzdinant, kai visas produktas panardinamas riebaluose (pvz., bulvių lazdelės), daug labiau tinka mažiau sotūs riebalai. Šiuo atveju vienas iš perspektyviausių mūsų šalyje yra rapsų aliejus, gautas iš *Brassica napus* L. sėklų. Mūsų krašte plačiai rapsus auginti pradėta šio amžiaus aštuntajame dešimtmetyje: iš pradžių pašarui, o nuo 1986 m. ir maistiniam aliejui gaminti. Mitybos specialistai pripažįsta, kad rapsų aliejuje geriausiai subalansuota riebalų rūgščių sudėtis, kuri išskiria jį iš kitų augalinių aliejų. Jo sudėtyje yra pakankamai nepakeičiamų polinesočiųjų riebalų rūgščių (apie 30%), kurios nesintetinos žmogaus organizme, mažiausiai ribojamų sočiųjų riebalų rūgščių (8,22%) ir pakankamai fononesočiųjų (62,40%), kurios išgarsino ir toliau tebegarsina alyvuogių aliejų (78%) (Gruzdienė ir kt., 2001; Gruzdienė, Bagdonaitė, 2003). Didelis kiekis stabilios oksidacijai oleino riebalų rūgšties leidžia jį naudoti kepimui (Akoh, Min, 1997). Žaliajame rapsų aliejuje bendrasis tokoferolių (natūralių antioksidantų) kiekis siekia 1245 mg/kg (Gruzdienė ir kt., 2001), o rafinuotame – apie 800 mg/kg tokoferolių, tačiau įvertinus tai, kad gruzdinama aukštoje temperatūroje, būtina papildomai jį stabilizuoti (Gruzdienė ir kt., 2001; Gruzdienė, Bagdonaitė, 2003). Kaip rodo praktika, rapsų aliejus naudojamas tiek kepinti, tiek emulsijoms gaminti (majonezas, sviestas, margarinas), todėl labai svarbu įvertinti šio unikalaus aliejaus patvarumą oksidacijos procesams įvairiose maisto sistemose, skirtingomis sąlygomis.

**Darbo tikslas** – įvertinti rapsų aliejaus oksidacinį stabilumą emulsijose ir kaitinant (gruzdinant) aukštoje temperatūroje su priedais ir be jų taikant cheminius, instrumentinius bei sensorinius tyrimo metodus.

**Medžiagos ir metodai.** Tirtas rafinuotas, balintas ir dezodoruotas (RBD) rapsų (*RA*) („Obelių aliejus“, Lietuva, „Setuza“, Čekija), palyginimui naudotas RBD palmių (*PA*, cheminis rafinavimas), superpalmių aliejus (*SPA*, fizinis rafinavimas), RBD raudonasis palmių superoleinas (*PrSO* – molekulinė distiliacija, dvikartinis frakcionavimas), palmių oleinas (*PO*, vienkartinis frakcionavimas) bei jų mišiniai. Palmių aliejus ir jo frakcijos gautos iš „Golden Jomalina Food Industries SDN“ (Malaizija), o raudonasis *PrSO* – iš „Carotino“ (Malaizija) kompanijų.

Augalai gauti iš Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto bei Kauno botanikos sodo Vytauto Didžiojo universiteto kolekcijų.

Acetono ekstraktai – oleorezinai (*AO*) išskirti iš aromatinių prieskoninių augalų – stumbrazolės (*Hierochloe odorata Wahn*), gelsvės (*Levisticum officinale* L.) ir šalavijo (*Salvia officinalis* L.) – ekstrahuojant acetonu Soksleto aparate. Gauti ekstraktai sukonzentruoti rotaciniu vakuuminiu garintuvu (BÜCHI, „Rotovator R-114“, Šveicarija) ir baigti džiovinti vakuuminėje džiovykloje („Horizont“, Lenkija) (Kavernavičiūtė ir kt., 2002, a).

Chromatografinės kolonėlės metodu išskirta aktyvi stumbrazolės oleorezino frakcija-5,8-dihidroksikumarinas (Pukalskas ir kt., 2002).

Palyginimui naudoti komerciniai sintetiniai antioksidantai askorbilpalmitatas (*AP*) ir tretbutilhidroksichinonas (*TBHQ*) („Sigma“, Vokietija) ir aukštoje temperatūroje oksidacijos procesą lėtinantis komercinis priedas „Oil-Master“ (firma „Top Veget“, Čekija).

Bandiniai ruošti ekstraktus ir sintetinius antioksidantus (*TBHQ*, *AP*) 7 min. tirpinant rapsų aliejuje ultragarsu (prietaisas „Ultrasonics ASTRANORM<sup>TM</sup>“, *JAV*) (Kavernavičiūtė ir kt., 2002, a ir b).

Rapsų aliejaus oksidacinis stabilumas tirtas šiais metodais:

- tiesioginio tipo emulsijose 40°C temperatūroje, įvertinant pirminių oksidacijos produktų (UV-absorbicija, prie  $\lambda=234$  nm, IUPAC 2,505) (Miskusova et al., 2000; Zainuddin et al., 2002) oksidacijos kinetiką;

- modifikuotu *Schaal Oven* metodu 80°C temperatūros rapsų ir palmių aliejuje, matuojant bandinių masės priaugį per laiko vieneta (Kavernavičiūtė ir kt., 2002, b; Trojakova et al., 1999; Pokorny, 1981; Pokorny et al., 1997);

- *Rancimato* metodu (prietaisas „Rancimat 679“, „Metrohm AG“, Šveicarija) 120°C temperatūroje, nustatant indukcijos periodą (*IP*) (Pokorny, 1981; Laubli, Bruttel, 1986; Mendez et al., 1997);

- *Oksipreso metodu* (prietaisas „ML Oxipres“, „Mikrolab Aarhus A/S“, Danija) 100°C, 110°C, 130°C ir 150°C temperatūros rapsų aliejuje, nustatant indukcijos periodą (*IP*) (Trojakova et al., 1999);

- modifikuotu, pusiau gamybiniu bulvių lazdelių kepimu 180°C temperatūros rapsų aliejuje gruzdintuvėje „Moulinex Micro-filter System“ („Moulinex“, Prancūzija), nustatant p-anizidino skaičiaus (p-An, LST ISO 6885:2001), tokoferolių (didelio efektyvumo skysčių chromatografija (*DESC*) su elektrocheminiu detektoriumi (HP 1047A, „Hewlett Packard“, *JAV*) (SOP B157/1:2000) bei polimerinių junginių (polimerinių triacilgliceridų ir triacilgliceridų dimerų suma) – TAG (*DESC*, refraktometrinis detektorius (HP 1047A, „Hewlett Packard“, *JAV*) su mobilia tetrahidrofurano faze (Parkanyiova et al., 1999) kiekio kitimą, lygiagrečiai atliekant rapsų aliejaus bandinių sensorinę analizę (ISO 6658:1985; ISO 8589:1988; ISO 8586:1989).

Tyrimų rezultatai apdoroti matematinės statistikos metodais (*Excel*): apskaičiuotas kiekvienos fiksuotos reikšmės vidurkis (tris kartus), dispersija ( $d<0,003$ ), standartinis nuokrypis ( $STDEV<0,05$ ), matavimo paklaida (patikimumas visais atvejais buvo  $p<0,05$ ) ir variacijos koeficientas bei tiesinės regresijos koreliacijos koeficientas ( $R^2$ ) (2 lentelė). Kai kurių bandinių standartinio nuokrypio reikšmės pavaizduotos grafikuose (1 ir 3 pav.).

Visi naudoti reagentai analitinio grynumo klasės: tokoferolio standartas, p-anizidinas ir sojų lecitinas gautas iš „Merck“ (Vokietija); acetonas, n-heksanas, ledinė acto rūgštis, kalio jodidas, natrio tiosulfatas, bevandenis natrio sulfatas, natrio chloridas, etanolis, bevandenis vario acetatas ir chloroformas – iš „Lachema“ (Čekija); acetonitrilas, ličio perchloratas, metanolis ir tetrahidrofuranas (*DESC* švarumo, „Merck“, Vokietija).

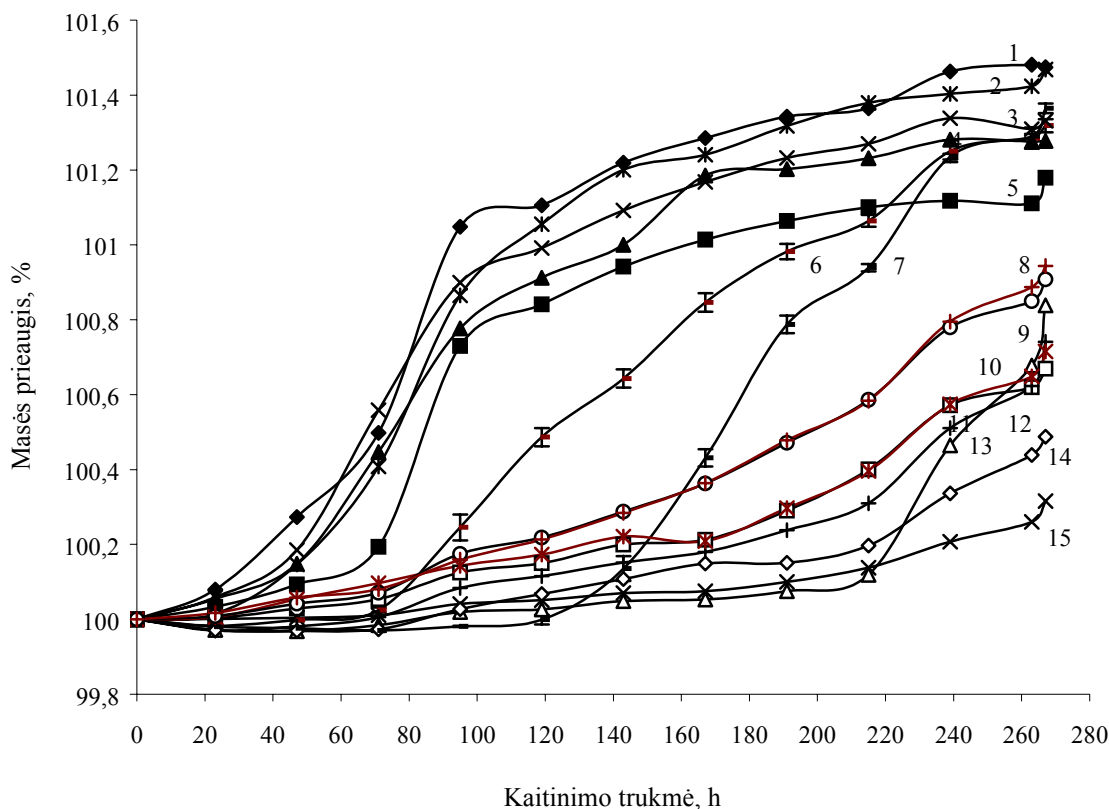
**Rezultatai ir aptarimas.** Rapsų aliejaus oksidacijos kinetika *Schaal Oven* metodu. Oksidacijos kinetikos tyrimai atlikti bandinių masės priaugio metodu, laikant aliejaus bandinius 80°C temperatūroje. Paruošta 15 bandinių (1 pav.), po tris pakartojimus kiekvieno (iš viso

45 bandiniai). Oksidacijos kinetikos kreivės pateiktos 1 pav.

Norėdami įvertinti oleorezinų (AO), jų mišinių ir kitų priedų poveikį rapsų aliejaus oksidacijai, rapsų aliejų palyginome su plačiai pasaulyje gruzdinti naudojamu palmių aliejumi, jo frakcijomis bei jų mišiniais.

Iš gautų rezultatų matyti (1 pav.), kad *stumbražolių* AO 0,1% priedas rapsų aliejaus stabilumą oksidacijai

padidino 4 kartus ( $p < 0,006$ ); jis buvo identiškasis mūsų klimatinėmis sąlygomis priimtinių riebalų mišinių (*Akoh*, *Min*, 1997) stabilumui: *RA* su *SPA* (fizinio rafinavimo produktas) 30% ir 20% priedais ( $p < 0,05$ ), o geriausiai 80°C temperatūros rapsų aliejų stabilizavo *stumbražolių* AO (0,05%) ir *šalavijų* AO (0,05%) bei *AP* (0,02%) mišinio priedas ( $p < 0,02$ ).



1 pav. **Bandinių masės pokyčiai 80°C temperatūroje, priklausomai nuo priedo:** 1) *RA* – rapsų aliejus be priedo; 2) *RA+AP* (0,02%) – rapsų aliejus su sintetinio antioksidanto palmitato priedu, 0,02%; 3) *RA+PA* (80:20) – rapsų ir palmių aliejaus mišinys (procentinė sudėtis); 4) *RA+PA* (70:30) – rapsų ir palmių aliejaus mišinys (procentinė sudėtis); 5) *RA+PA* (50:50) – rapsų ir palmių aliejaus mišinys (procentinė sudėtis); 6) *RA+šalavijų* AO (0,1%) – rapsų aliejus su šalavijų acetono ekstrakto priedu, 0,1%; 7) *RA+TBHQ* (0,02%) – rapsų aliejus su sintetinio antioksidanto TBHQ priedu, 0,02%; 8) *RA+SPA* (80:20) – rapsų ir superpalmių (fizinis rafinavimas) aliejaus mišinys (procentinė sudėtis); 9) *RA+SPA* (70:30) – rapsų ir superpalmių aliejaus mišinys (procentinė sudėtis); 10) *RA+SPA* (50:50) – rapsų ir superpalmių aliejaus mišinys (procentinė sudėtis); 11) *PrSO* – raudonasis palmių superoleinas (dvikartinis frakcionavimas) be priedo; 12) *RA+stumbražolių* AO (0,1%) – rapsų aliejus su *stumbražolių* acetono ekstrakto priedu, 0,1%; 13) *PA* – palmių aliejus (cheminis rafinavimas) be priedo; 14) *RA+šalavijų* AO (0,05%) + *stumbražolių* AO (0,05%) + *AP* (0,02%) – rapsų aliejus su *stumbražolių* ir šalavijų acetono ekstraktų (0,05%) bei sintetinio antioksidanto palmitato, 0,02%, mišinio priedu; 15) *SPA* – superpalmių aliejus (fizinis rafinavimas) be priedo

Palyginus su rapsų aliejumi be priedo, *RA* su *SPA* 50% priedu padidino pastarojo stabilumą oksidacijai 3,8 karto ( $p < 0,05$ ) ir atitiko *PrSO* (molekulinės distiliacijos produkto) stabilumą; *RA* su *SPA* priedu, atitinkamai 30% ir 20% – apie 3 kartus ( $p < 0,05$ ); rapsų aliejus su cheminiu būdu rafinuotu *PA* priedu įvairiais santykiais buvo mažiau stabilus laiko atžvilgiu. Pagal gautus rezultatus galima teigti, kad riebalų atsparumas oksidacijai priklauso ne tik nuo riebalų rūgščių sudėties, bet ir nuo jų gamybos būdo. Parenkant riebalus ar aliejų, būtina atsižvelgti į gamybos technologiją.

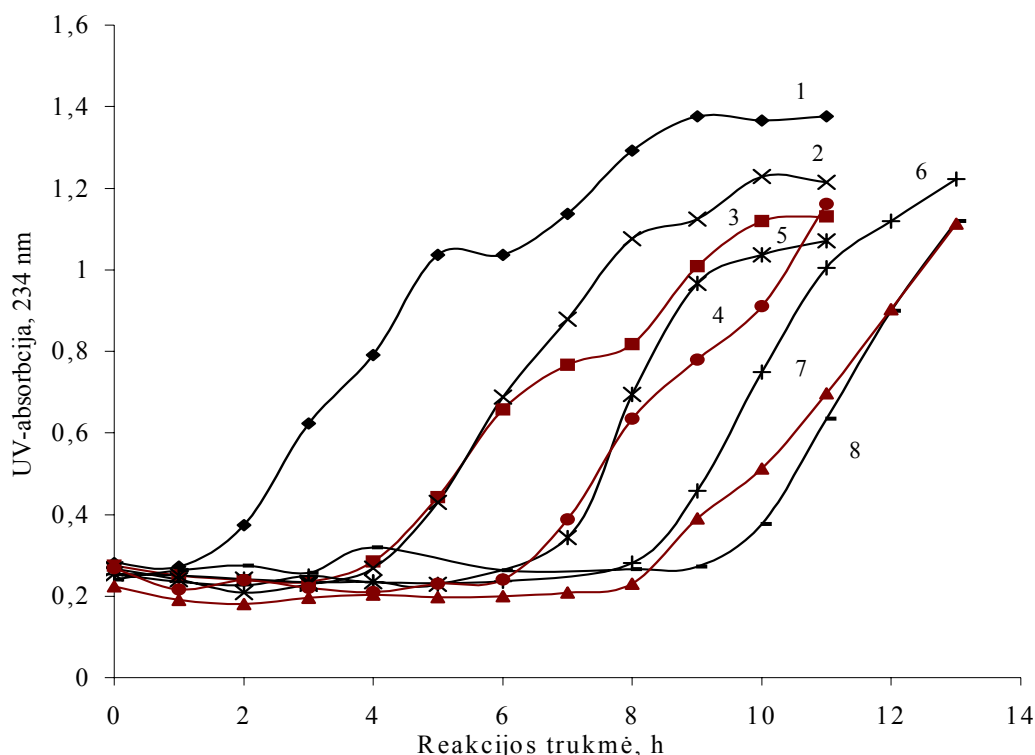
Oksidacijos kinetikos tyrimas 40°C temperatūros rapsų aliejaus emulsijose (*RAE*). Atsižvelgiant į tai, kad

bulvyčių gruzdinimo metu aliejuje susidaro emulsijos, atliktas rapsų aliejaus emulsijų oksidacijos kinetikos tyrimas. Naudotos tiesioginio tipo emulsijos (R/V), reakcija vykdyta purtyklėje 40°C temperatūroje, tamsoje. Tirtų emulsijų sudėtis (25 ml): 0,2 g rapsų aliejaus (su antioksidantų priedais ir be jų), bidistiliuotas vanduo (25 ml), sojų lecitinas (emulsiklis, 0,8%) ir lipidų oksidacijos katalizatorius – vario acetatas (15 mg/25 ml).

Remdamiesi rezultatais, gautais *Schaal Oven* metodu (1 pav.), emulsijų (*RAE*) oksidacijos kinetikos tyrimams pasirinkome efektyviausią oksidacijos atžvilgiu *stumbražolių* AO, sintetinio antioksidanto – sinergiklio

AP bei jų mišinių priedus. Paruošti 8 bandiniai (2 pav.), po du pakartojimus kiekvieno (iš viso 16 bandinių).

Pirminiai oksidacijos produktai nustatyti UV-absorbicijos metodu, kai bangos ilgis  $\lambda=234$  nm. Tyrimų rezultatai pateikti 2 paveiksle.



2 pav. Rapsų aliejaus su priedais ir be jų oksidacinis stabilumas 40°C temperatūros tiesioginio tipo emulsijose: 1) RAE – rapsų aliejaus emulsija be priedo; 2) RAE+ AP (0,01%) – rapsų aliejaus emulsija su palmitato priedu, 0,01%; 3) RAE + stumbražolių AO (0,01%) – rapsų aliejaus emulsija su stumbražolių acetono ekstrakto priedu, 0,01%; 4) RAE + stumbražolių AO (0,02%) – rapsų aliejaus emulsija su stumbražolių acetono ekstrakto priedu, 0,02%; 5) RAE + stumbražolių AO (0,005%) + AP (0,005%) – rapsų aliejaus emulsija su stumbražolių acetono ekstrakto (0,005%) ir palmitato (0,005%) mišinio priedu; 6) RAE + stumbražolių AO (0,01%) + AP (0,005%) – rapsų aliejaus emulsija su stumbražolių acetono ekstrakto (0,01%) ir palmitato (0,005%) mišinio priedu; 7) RAE + AP (0,02%) – rapsų aliejaus emulsija su palmitato priedu, 0,02%; 8) RAE + stumbražolių AO (0,01%) + AP (0,01%) – rapsų aliejaus emulsija su stumbražolių acetono ekstrakto (0,01%) ir palmitato (0,01%) mišinio priedu

Stumbražolių AO 0,01% ir stumbražolių AO 0,02% priedai rapsų aliejaus emulsijose turėjo antioksidacinę efektyvumą, artimą sintetinio antioksidanto AP (atitinkamai 0,01% ir 0,02%) aktyvumui (2 pav.). Iš gautų rapsų aliejaus emulsijų oksidacijos kinetikos kreivių (2 pav.) matyti, kad stumbražolių AO (0,01%) priedas stabilizavo emulsijas panašiai kaip ir sintetinio AP (0,01%) priedas ( $p < 0,05$ ). Šiomis sąlygomis stumbražolių AO (0,01%) + AP (0,01%) mišinio priedas žymiai efektyviau stabilizavo RAE nei AP (0,02%) (2 pav., 7 ir 8 kreivės), o stumbražolių AO (0,005%) + AP (0,005%) mišinio priedas RAE buvo efektyvesnis nei stumbražolių AO (0,01%) ir AP (0,01%) priedai (2 pav., 2, 3 ir 5 kreivės). Manome, kad tai susiję su stumbražolių AO ir AP tarpusavio sinergizmu. Šie rezultatai papildo literatūroje rastus duomenis (Bañas et al., 1992; Bonnely, et al., 2000; Cuppet, Haal, 1998) apie rozmarinų ekstrakto (75°C temperatūros rapsų aliejuje) (Bañas et al., 1992) bei stumbražolių ir šalavijų ekstraktų (40°C temperatūros kiaulinių riebalų emulsijose) sinergizmą su AP (Zainuddin et al., 2000). Vykdamas oksidacijos reakciją rapsų aliejaus emulsijose su stumbražolių ir AP mišinių

priedais taip pat pastebėtas jų tarpusavio sinergizmas. Sinergistinis efektas tarp stumbražolių AO (0,005%) ir AP (0,005%) lygus 18,39% ( $p < 0,05$ ) [Bañas, 1992], o tarp stumbražolių AO (0,01%) ir AP (0,01%) – 52,92% ( $p < 0,05$ ) (Bañas et al., 1992).

Rapsų aliejaus oksidacinio stabilumo tyrimai su priedais ir be jų Rancimato (120°C) ir Oksipreso (100°C, 110°C, 130°C ir 150°C) metodais. Remdamiesi ankstesnių oksidacijos kinetikos tyrimų rezultatais rapsų aliejuje (80°C) ir rapsų aliejaus pagrindu sudarytose emulsijose (40°C), pasirinkome didžiausią efektyvumą pademonstravusius augalų ekstraktų ir jų mišinių bei kitos kilmės priedus.

Rancimato metodu tirti 8 bandiniai (1 lentelė), po du pakartojimus kiekvieno (iš viso 16 bandinių). Oksidacija tirta 120°C temperatūroje, aliejaus masė 5 g ( $\pm 0,0001$ ), per bandinį leidžiamo oro greitis – 20 l/h. Prietaisais automatiškai nubrėžia bandinių oksidacijos kinetikos kreives ir išmatuoja aliejaus indukcinį periodą (IP), kuris ir parodo riebalų oksidacijos lygį. Iš gautų IP rezultatų apskaičiuotas stabilumo koeficientas (SK,  $SK = IP_B / IP_K$ ), kur  $IP_B$  – tiriamo bandinio IP;  $IP_K$  – rapsų aliejaus be

priedų IP) (Pokorny et al., 1981; Laubli, Bruttel, 1986; Mendez et al., 1997).

Norėdami įvertinti ekstraktų oleorezinių ir jų mišinių priedų poveikį rapsų aliejaus oksidacijai, palyginimui pasirinkome plačiai pasaulyje gruzdinti naudojamą palmių oleiną (vienkartinis palmių aliejaus frakcionavimas) bei jo mišinius su rapsų aliejumi [Che Man, Jaswir, 2000], kadangi palmių oleinas bei jo mišiniai su kitos kilmės aliejumi pradėti naudoti ir Lietuvos maisto

pramonės įmonėse.

Rezultatams patikslinti rapsų aliejaus stabilumas oksidacijai, priklausomai nuo priedų, tirtas ir instrumentiniu *Oksipreso* metodu. Paruošta 10 bandinių (1 lentelė). Aliejaus oksidacija tirta 100°C, 110°C, 130°C ir 150°C temperatūroje (Trojakova et al., 1999), rapsų aliejaus masė 6 g, deguonies slėgis 0,5 MPa.

*Rancimato* ir *Oksipreso* metodais gauti rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Rapsų aliejaus oksidacinis stabilumas *Rancimato* ir *Oksipreso* metodais

Bandiniai	<i>Rancimato</i> metodas		<i>Oksipreso</i> metodas							
	120°C		100°C		110°C		130°C		150°C	
	IP, h	SK	IP, h	SK	IP, h	SK	IP, h	SK	IP, h	SK
Kontrolinis bandinys (RA)	3,92*/4,56	-	8,0*/9,6	-	4,1*/4,8	-	1,25*/1,37	-	0,59*/0,62	-
Palmių oleinas (PO)	15,47	3,39	-	-	-	-	-	-	-	-
RA+ stumbražolių AO 0,1%	8,06*	2,06	13,80*	1,73	5,30*	1,29	1,88*	1,50	0,75*	1,27
RA+ stumbražolių AO 0,5%	15,10	3,13	-	-	-	-	-	-	-	-
RA+ stumbražolių AO 0,05% + +gelsvių AO 0,05%	8,03*	2,04	10,10	1,26	4,90	1,20	1,04	0,84	0,64	1,08
RA+ stumbražolių AO 0,05% + +gelsvių AO 0,05%+AP 0,05%	7,96*	2,03	10,40	1,30	5,16	1,26	1,40	1,12	0,66	1,12
RA + HOK 0,01%	7,06*	1,80	16,2	1,69	7,9	1,65	1,94	1,42	0,77	1,24
RA + HOK 0,02%	9,00*	2,30	16,25*	2,03	7,2*	1,76	2,06	1,51	0,87	1,40
RA + HOK 0,05%	-	-	30,65	3,19	13,05	2,72	3,3	2,42	1,12	1,81
RA + HOK 0,1%	-	-	33,8*	4,23	-	-	-	-	-	-
RA+ šalavijų AO 0,5%	13,47	2,95	-	-	-	-	-	-	-	-
RA+TBHQ 0,02%	15,40	3,38	-	-	-	-	-	-	-	-
RA+ palmitato 0,02%	8,28	1,82	9,30	0,97	5,00	1,04	1,38	0,29	0,60	0,13
RO+OM 0,4%	-	-	9,60	1,00	4,50	0,94	1,37	0,29	0,51	0,11
RA+PO (70:30)	6,27	1,38	-	-	-	-	-	-	-	-
RA+PO (80:20)	4,70	1,03	-	-	-	-	-	-	-	-

\* - eksperimente naudoti du skirtingi rapsų aliejai, todėl skaičiuojant SK imamos skirtingos kontrolinio bandinio IP vertės

Iš gautų rezultatų (*Rancimato* metodas) matyti, kad visų tirtų ekstraktų ir sintetinių antioksidantų priedai rapsų aliejaus oksidacijos greitį sulėtino 1,8–3,4 ( $p<0,005$ ), o *Oksipreso* metodu – 4,2 karto ( $p<0,005$ ).

Rapsų aliejaus su *stumbražolių AO* 0,5% ir *TBHQ* 0,02% priedu, patvarumas oksidacijai prilygo gruzdinimo aliejaus – palmių oleino patvarumui, o *stumbražolių AO* 0,5% ir šalavijų AO 0,5% priedai geriau stabilizavo rapsų aliejų nei sintetinis AP 0,02% priedas. Rapsų aliejus su *PO* 30% ir 20% priedais palyginti su rapsų aliejumi be priedo tik nežymiai pagerino rapsų aliejaus oksidacinį stabilumą.

Iš literatūros žinome, kad, pakėlus temperatūrą 10°C, reakcijos greitis padidėja du kartus. Riebalų ir aliejaus oksidacijos greitis padvigubėja pakėlus temperatūrą 15°C (27°F) ir 20–60°C (68–140°F). Todėl aliejus, esant tam pačiam oksidacijos laipsniui, 20°C temperatūroje gali būti laikomas keturis kartus ilgiau nei 50°C temperatūroje (O'Brien, 1998). Mūsų atveju tai

akivaizdžiai matyti iš gautų rezultatų (1 lentelė). Pakėlus temperatūrą nuo 100°C iki 110°C, oksidacijos kinetikos greitis padvigubėjo, t. y. visų bandinių IP sutrumpėjo du kartus (pvz., *RA* 100°C temperatūroje IP = 8 h ( $p<0,005$ ), o 110°C temperatūroje jau tik 4,1 h ( $p<0,005$ )).

Iš gautų rezultatų (*Oksipreso* metodas) matyti, kad, lyginant su rapsų aliejumi be priedo, *stumbražolių AO* priedas (0,1%) rapsų aliejaus stabilumą padidino 1,73 (100°C), 1,29 (110°C), 1,5 (130°C) ir 1,27 kartus 150°C temperatūroje. Matome, kad *stumbražolių AO* priedo stabilumo koeficientas, keliant temperatūrą, kinta nežymiai ( $p<0,005$ ). Vadinasi, šis priedas yra efektyvus stabilizuojant rapsų aliejų įvairioje temperatūroje.

Komercinis *OM* (0,4%) priedas neturėjo poveikio 100°C ir 130°C temperatūros rapsų aliejaus stabilumui, o kitokioje temperatūroje veikė kaip prooksidantas.

Iš gautų rezultatų (*Oksipreso* metodas) taip pat matyti, kad didžiausiu efektyvumu išsiskyrė visi

stumbražolių AO frakcijos *HOK* 0,1%, *HOK* 0,02%, *HOK* 0,05% ir *HOK* 0,1% priedai.

Anksčiau atlikti modifikuoto rapsų aliejaus kaitinimo 180°C temperatūroje (Kazernavičiūtė ir kt., 2002, a) ir sinergizmo (Kazernavičiūtė ir kt., 2002, b) tyrimai parodė, kad augalinių ekstraktų priedai ir jų mišiniai gali būti veiksmingi stabilizuojant rapsų aliejų ir gruzdinimo temperatūroje (140–180°C). Tai leistų ženkliai sumažinti sintetinių antioksidantų koncentraciją riebaluose ir pakeisti juos natūraliais ekstraktais ar jų mišiniais. Anksčiau atliktų tyrimų rezultatai rodo (Kazernavičiūtė ir kt., 2002, b), kad aukštoje temperatūroje geriausiai rapsų aliejų stabilizavo *stumbražolių AO* ir *gelsvių AO* mišinių priedai: *stumbražolių AO* 0,5% + *gelsvių AO* 0,5% – 120°C temperatūroje buvo artimas palmių oleino (*PO*) stabilumui be priedo, *stumbražolių AO* 0,5% + *gelsvių AO* 0,5% ir *stumbražolių AO* 0,4% + *gelsvių AO* 0,4% – 180°C temperatūroje viršijo palmių oleino stabilumą be priedų (Kazernavičiūtė ir kt., 2002, a).

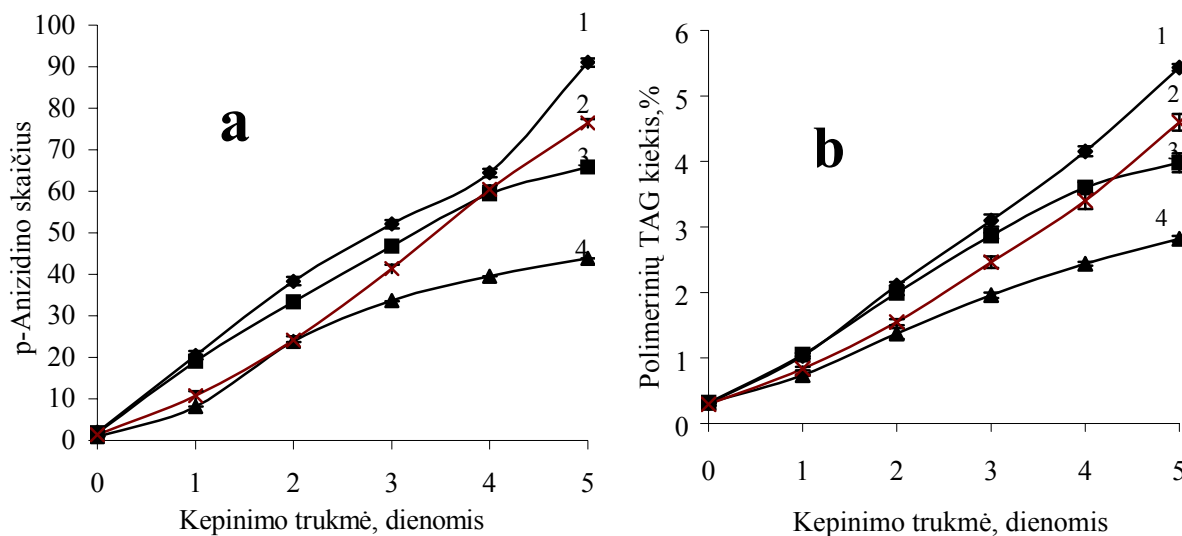
Šiame darbe *Rancimato* ir *Oksipreso* metodais gauti rezultatai patvirtino ankstesnių tyrimų duomenis, tai leido atrinkti efektyviausius priedus tolimesniems rapsų aliejaus kepinimo tyrimams.

Modifikuotas bulvyčių lazdelių gruzdinimas 180°C temperatūros rapsų aliejuje su priedais ir be jų. Kepimui naudota gruzdintuvė „Moulinex Micro-filter System“.

Paruošti 4 bandiniai (3 pav.), bulvytės kepinamos 5 dienas devynis kartus per dieną 180°C temperatūros rapsų aliejuje, kas kart po 100 g, kepinimo trukmė – 7 min. Kiekvieną dieną 50 ml kepinamo aliejaus mėginyje nustatomas p-anizidino skaičius (p-An), UV – absorbcija ( $\lambda = 234$  nm ir 268 nm), tokoferolių bei polimerų junginių kiekis ir lygiagrečiai atliekama sensorinė analizė (5–10 degustatorių). Gruzdinta nepapildant aliejaus. Atliktų cheminių ir sensorinių tyrimų rezultatai pateikti 3 pav. (a, b), 4 pav. ir 5 pav. (a, b, c).

Iš gautų p-An kinetikos kreivių (3 pav., a) matyti, kad *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) mišinio priedas geriausiai stabilizavo rapsų aliejų gruzdinimo metu ( $R^2=0,963$ ), o *stumbražolių oleorezino frakcijos (HOK, 0,02%)* priedo koncentracija (ekvivalentiška sintetiniams) buvo pasirinkta per maža ir didelio efekto nedavė (3 kreivė, 3 pav.) ( $R^2=0,984$ )

Literatūroje yra duomenų (Akoh, Min, 1997; Frankel, 1998), kad kepinimo metu polimeriniai ir poliniai junginiai (geriausiai parodantys kepinamo aliejaus kokybę) susidaro lygiagrečiai ir yra nustatyta jų tarpusavio koreliacija (15% polimerinių atitinka 28% polinių junginių kiekį). Taip pat nustatyta, kad žmogaus sveikatai nepavojinga polinių junginių koncentracija gruzdinimo riebaluose yra 10–20% (Akoh, Min, 1997; Frankel, 1998) ir tai atitinka 6–10% polimerinių junginių.



3 pav. p-anizidino skaičiaus (antriniai oksidacijos produktai) (a) ir polimerinių junginių kiekio (b) kaita, priklausomai nuo priedo, 180°C temperatūros rapsų aliejuje: 1) RA – rapsų aliejus be priedo; 2) RA + OM (0,4%) – rapsų aliejus su komerciniu „Oil-Master“ (0,4%) priedu, 0,4%; 3) RA+HOK (0,02%) – rapsų aliejus su *stumbražolių oleorezino frakcijos 5,8-dihidroksikumarino* priedu, 0,02%; 4) RA+ *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) – rapsų aliejus su *stumbražolių* (0,05%) ir *gelsvių* (0,05%) oleorezinių mišinio priedu

Anksčiau gautuose modifikuoto kepinimo rezultatuose (Kazernavičiūtė ir kt., 2002, a) buvo pateikta tik polinių junginių kiekio kaita kaitinamame rapsų aliejuje su *stumbražolių AO* (0,5%) + *gelsvių AO* (0,5%) mišinio priedu. Tąsų poliniai junginiai neviršijo leistinos normos (Frankel, 1998) kaitinus net 26 val. ir buvo mažiau nei 6% (tai atitiktų 3% polimerinių junginių).

Šiuo gruzdinimo eksperimentu rapsų aliejuje su *stumbražolių AO* (0,05%) ir *gelsvių AO* (0,05%) mišinio

priedu kepinus 5 dienas 180°C temperatūroje (3 pav., b) nustatyta 2,82% polimerinių junginių ( $p<0,03$ ). Galima daryti prielaidą, kad polinių junginių kiekis atitinkamai būtų apie 5,26%. Tai neviršija leistinos ir sveikatai nepavojingos normos.

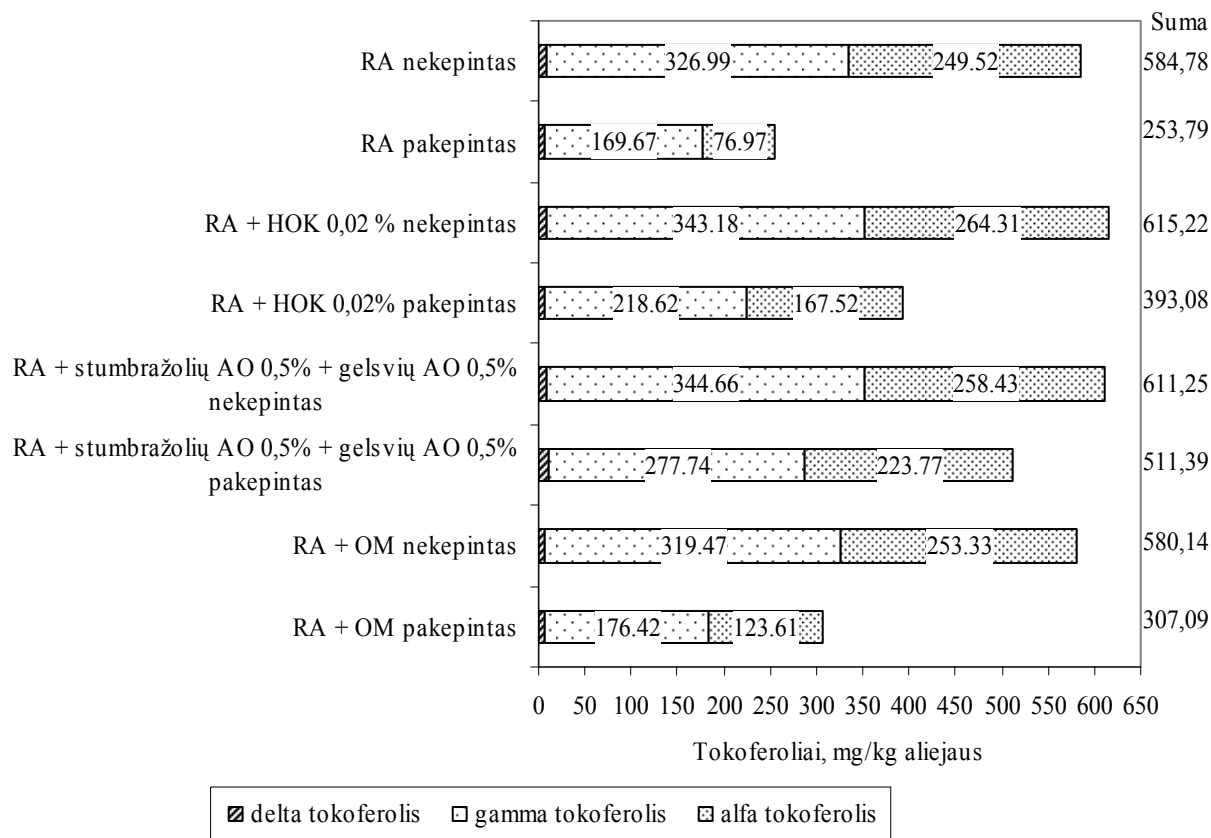
Iš 3a ir 3b pav. pateiktų oksidacijos kinetikos kreivių matome, kad, lyginant su bandiniu be priedo (1 kreivė), *stumbražolių AO* (0,05%) ir *gelsvių AO* (0,05%) mišinio

priedas (4 kreivė) efektyviausiai stabilizavo rapsų aliejų bulvių lazdelių gruzdinimo metu ( $p < 0,04$ ).

Rapsai išsiskiria dideliu natūralių antioksidantų tokoferolių kiekiu (380–850 mg/kg) (Pokorny, 1999; Gruzdienė ir kt., 2001). Taikant šiuolaikines technologijas po rafinavimo išlieka apie 80% (841 mg/kg) tokoferolių (Gruzdienė ir kt., 2001; Gruzdienė, Bagdonaitė, 2003) –

natūralių riebaluose tirpių antioksidantų, turinčių tokią pat fenolinę struktūrą kaip ir sintetiniai. Tuo ir paaiškinamas jų efektyvumas stabilizuojant riebalus (O'Brien, 1998).

Rapsų aliejuje esančių tokoferolių kiekio kaita gruzdinamame aliejuje nustatyta didelio efektyvumo skysčių chromatografijos metodu su elektrocheminiu detektoriumi. Tyrimų rezultatai pateikti 4 paveiksle.



4 pav. Alfa, gamma ir delta tokoferolių koncentracijos pokyčiai 5 dienas kepintame 180°C temperatūros rapsų aliejuje su priedais ir be jų

Nustatytas bendras tokoferolių kiekis nekepintame rapsų aliejuje su priedais ir be jų – 580,14–615,22 mg/kg ( $p < 0,05$ ). Didžiausią dalį visų tokoferolių sudaro gamma tokoferolis. Rapsų aliejuje be priedų jo yra 326,99 mg/kg ( $p < 0,05$ ), o su stumbražolių AO ir gelsvių AO mišinio priedu – 344,66 mg/kg (4 pav.) ( $p < 0,05$ ). Gamma tokoferolis labai stiprus antioksidantas, pasižymintis didesniu stabilumu nei alfa tokoferolis (Lampi, Kamal-Eldin, 1998). Tirtuose bandiniuose jo nustatyta 249,51–264,33 mg/kg (4 pav.) ( $p < 0,05$ ). Delta tokoferolių rasti nedideli kiekiai (6,93–10 mg/kg) ( $p < 0,05$ ). Gauti rezultatai sutampa su literatūros šaltiniuose pateiktais duomenimis (Lampi, Kamal-Eldin, 1998; Gruzdienė ir kt., 2001).

Iš gautų rezultatų matome (4 pav.), kad daugiausia tokoferolių 5 dienas kepintame aliejuje neteko bandiniai RA ir RA+OM. Rapsų aliejaus be priedų bendras tokoferolių kiekis sumažėjo iki 253,79 mg/kg (t. y. 56,6%) ( $p < 0,05$ ), rapsų aliejaus su OM priedu – 47,07% ( $p < 0,05$ ). Aliejus su HOK (0,02%) priedu neteko 36,12% tokoferolių ( $p < 0,05$ ). Bandiniuose su stumbražolių AO (0,05%) + gelsvių AO (0,05%) mišinio priedu 5 dienas kepintame 180°C temperatūroje rapsų aliejuje tokoferoliai išsilaikė stabiliausiai. Jų nuostoliai sudarė tik 16,34% ( $p < 0,05$ ), o bandinyje be priedų – 56,6%.

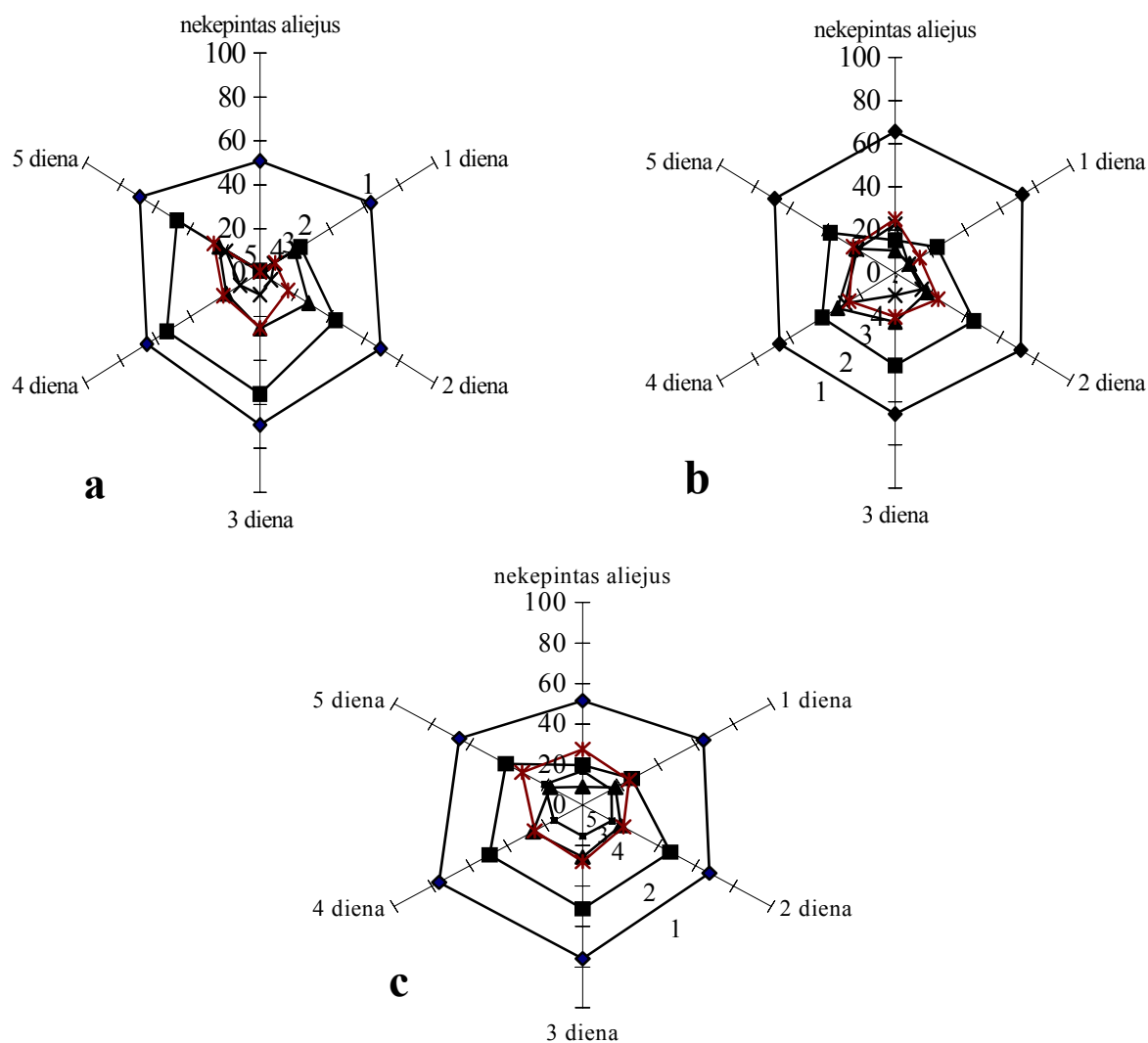
Daugelis maistinių riebalų ir aliejaus laikymo, perdirbimo ir stabilizavimo būdų buvo atrasti atlikus aromato stabilumo tyrimus. Nustatyta, kad egzistuoja priklausomybė tarp peroksidų skaičiaus ir pasikeitusio aromato rezultatų (O'Brien, 1998), todėl kartu su cheminiais tyrimais atlikta kepinamų aliejaus bandinių sensorinė analizė (5 pav., a, b ir c). Sensorinė analizė atlikta pagal Europos Sąjungos reikalavimus įrengtoje specializuotoje laboratorijoje (Prahos chemijos institutas, Čekija) dalyvaujant dešimčiai degustatorių. Sensorinės analizės metu pagal tam tikrus produkto kvapo ir skonio apibūdinimus (deskriptorius) įvertinta kepinamo rapsų aliejaus be priedų ir su priedais kokybė. Deskriptorių intensyvumas įvertintas grafiškai. Vertinta taip: nežymus prieskonis – 0%, labai stiprus – 100% (5 pav., a, b ir c).

Sensorinės analizės metu visi degustatoriai užfiksavo intensyvių „žolės“ prieskonį nekepintame rapsų aliejuje su stumbražolių AO (0,05%) + gelsvių AO (0,05%) mišinio priedu. Šis prieskonis buvo pripažintas kaip nepageidautinas ir nepriimtinas vartotojui. Tačiau visi degustatoriai atkreipė dėmesį, kad po pirmos kepinimo dienos „žolės“ prieskonis susilpnėjo, tačiau išlieko. Manome, kad aliejus šį prieskonį įgavo dėl ekstraktuose esančio žaliojo chlorofilo, kuriam suskilus

aukštoje temperatūroje nepageidautinas prieskonis susilpnėjo, tačiau ir toliau išliko nepriimtinas.

Sensorinės analizės rezultatai leidžia teigti, kad aukštoje temperatūroje kepinamiems riebalams stabilizuoti labiau priimtinos grynosios žaliųjų ekstraktų

frakcijos, atskiriant chlorofilus ir kitus, antioksidacinių savybių neturinčius, komponentus. Tuo tikslu koloninės chromatografijos metodu iš *stumbražolių AO* išskirta gryna efektyvi 5,8-dihidroksikumarino frakcija (HOK) (Pukalskas et al., 2002).



5 pav. Sensorinis 180°C temperatūroje kepinamo rapsų aliejaus be priedų (a) ir su *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) mišinio (b) bei *HOK* 0,02% (c) priedais įvertinimas pagal produkto kvapo ir skonio deskriptorius: 1 – aliejinis; 2 – kepinato keptuvėje; 3 – skrudinto ant žarijų arba orkaitėje; 4 – apkartęs, gaižus; 5 – degusių, prisvilęs; nežymus prieskonis – 0%, labai stiprus – 100%

Atlikti tyrimai su *stumbražolių* ekstrakto frakcija *HOK* parodė, kad lyginant su *stumbražolių AO* (0,05%)+*gelsvių AO* (0,05%) mišinio priedu, 5,8-dihidroksikumarino (šviesiai gelsvos spalvos milteliai) priedas (0,02%) labai nežymiai pakeitė aliejaus spalvą ir kvapą prieš kepinimo procedūrą. Oksidacijos procesą sulėtino nežymiai (matyti per maža koncentracija), tačiau ženkliai pagerino kaitinamo rapsų aliejaus skonį ir kvapą.

Sensorinės analizės rezultatai rodo, kad, lyginant su grynu rapsų aliejumi (5 pav., a) bei *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) mišinio priedu (5 pav., b), hidroksikumarino (*HOK* 0,02%) priedas, nors ir mažos koncentracijos, pakankamai efektyviai stabilizavo rapsų aliejų. Gauti rezultatai matyti tinklainėje (5 pav., c),

kurioje deskriptorių intensyvumas mažai kinta, t. y. atskiros tinklainės yra simetriškos viso kepinimo proceso metu.

Norėdami geriau įvertinti esminius skirtumus tarp gruzdinimui naudotų rapsų aliejaus bandinių su priedais ir be jų, nustatėme kai kurių deskriptorių tiesinės regresijos lygties parametrus ir koreliacijos koeficientą. Gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje. Kadangi kai kurių deskriptorių intensyvumo reikšmės smarkiai išsibarstė, būtų tikslinga atskirais atvejais panaudoti kitas regresijos kreives. Tačiau šiuo atveju, kaip tik tiesine regresija, analizuojant reikšmių kitimą didėjimo ar mažėjimo linkme, galima sėkmingai nustatyti esminius skonio ir kvapo skirtumus bandiniuose.



2 lentelė. Kvapo ir skonio deskriptorių intensyvumo kaitos tiesinės regresijos lygtys ir koreliacijos koeficientai 180°C temperatūros rapsų aliejuje, priklausomai nuo priedo

Deskriptoriai	Bandiniai					
	RA		RA + stumbražolių AO (0,05%) + gelsvių AO (0,05%)		RA + HOK 0,02%	
	Regresijos lygtis	R <sup>2</sup>	Regresijos lygtis	R <sup>2</sup>	Regresijos lygtis	R <sup>2</sup>
Aliejinis	y = 2,7059x + 57,601	0,5096	y = -0,3175x + 69,088	0,037	y = 3,2954x + 58,434	0,4612
Kepinto keptuvėje	y = 9,5871x + 13,276	0,7171	y = 4,5602x + 22,828	0,5043	y = 5,1254x + 26,108	0,5409
Skrudinto ant žarijų arba orkaitėje	y = 3,111x + 11,661	0,3646	y = 3,9647x + 9,175	0,6743	y = 2,0959x + 14,062	0,3702
Apkartęs, gaižus	y = 4,9876x + 3,839	0,8632	y = 0,8056x + 20,327	0,1075	y = 0,894x + 24,294	0,2203
Degėsių, prisvilęs	y = 3,1402x + 1,3896	0,8577	y = 1,5172x + 13,922	0,1298	y = 0,4793x + 15,196	0,2067

R<sup>2</sup> – koreliacijos koeficientas;  
regresijos lygtis – y = ax + b

2 lentelėje pateikti statistiniai rezultatai rodo, kad egzistuoja skirtumai tarp atskirų aliejaus bandinių. Matome, kad „prieskonio“ *aliejinio*, *degėsių* ir *apkartimo* deskriptorių intensyvumas beveik vienodai juntamas rapsų aliejuje be priedų ir su HOK 0,02% priedu. Tą apsprendžia koeficiento b reikšmė regresijos lygtyje. *Skrudinto* produkto skonis mažiausiai juntamas rapsų aliejuje su stumbražolių AO (0,05%) + gelsvių AO (0,05%) mišinio priedu. *Kepinto keptuvėje* produkto prieskonio intensyvumas didėjo visuose bandiniuose (koeficiento a vertė). Mažiausiai jis buvo jaučiamas rapsų aliejuje be priedo, ir tai sutampa su statistiškai apskaičiuotu didžiausią vertę turinčiu koreliacijos koeficientu (R<sup>2</sup>=0,72). *Skrudinto ant žarijų arba orkaitėje* produkto skonio intensyvumas mažiausiai juntamas rapsų aliejuje su stumbražolių AO (0,05%) + gelsvių AO (0,05%) priedu (koeficientas b=9,18, R<sup>2</sup>=0,67).

Iš gautų p-anizidino skaičiaus (antriniai oksidacijos produktai) (3 pav., a) ir polimerinių triacilglicerolių (TAG) kiekio (3 pav., b) kitimo kreivių bei iš gautų sensorinius rezultatus apibendrinančių tinklainių pobūdžio (5 pav.), priklausomai nuo priedų, matyti, kad 180°C temperatūros rapsų aliejuje šiais metodais gauti rezultatai sutampa: rapsų aliejaus su *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) mišinio ir *HOK* (0,02%) priedais oksidacija iki trečios kepinimo dienos buvusi intensyvi, vėliau sulėtėjo, o rapsų aliejaus su *OM* (0,4%) priedu oksidacija buvo intensyvi viso kepinimo metu.

Atlikti statistiniai skaičiavimai, lyginant tarpusavyje pagal gautas koreliacijos koeficiento vertes p-anizidino skaičiaus ir polimerinių junginių kiekio nustatymo metodus (3 pav. a ir b) (R<sup>2</sup>>0,99) bei p-anizidino skaičiaus (3 pav., a), polimerinių junginių kiekio (3 pav., b) ir sensorinės analizės (pagal degėsio intensyvumą) metodus (R<sup>2</sup>>0,92), rodo visų taikytų metodų tarpusavyje koreliaciją.

**Išvados.** Nustatyta, kad, pakėlus temperatūrą nuo 100°C iki 110°C, bandinio su *stumbražolių AO* priedu (0,1%) stabilumas oksidacijai kinta nežymiai, kai tuo tarpu bandinio be priedo stabilumas oksidacijai sumažėjo net du kartus (pvz., *RA* 100°C temperatūroje IP = 8 h, o

110°C – tik 4,1 h (p<0,005)). Šis priedas yra efektyvus stabilizuojant rapsų aliejų įvairioje temperatūroje.

Nustatyta, kad išskirtas iš *stumbražolių AO* grynas junginys – 5,8-dihidroksikumarinas (HOK, 0,02%) yra stiprus antioksidantas kepinant riebalus aukštoje temperatūroje ir palyginti su AO pagerino kepinamo 180°C temperatūroje rapsų aliejaus sensorines savybes. Jo ir stumbražolių AO (0,05%) + gelsvių AO (0,05%) mišinio priedai po 5 dienų kepinimo sulėtino natūralių tokoferolių skilimą rapsų aliejuje (tokoferolių nuostoliai siekė – 36,12% ir 16,34%, atitinkamai), kai kontroliniame bandinyje (be priedų) – net 56,6% (p<0,05).

Taip pat nustatyta, kad rapsų aliejaus stabilumas oksidacijai su *stumbražolių AO* (0,05%) + *gelsvių AO* (0,05%) mišinio priedu yra artimas plačiai pasaulyje gruzdinti naudojamo palmių aliejaus stabilumui.

Nustatyta, kad tiek cheminiai, tiek cheminiai ir sensoriniai metodai gerai tarpusavyje koreliuoja (R<sup>2</sup>>0,99 ir R<sup>2</sup>>0,92).

#### Literatūra

1. Akoh C. C., Min D. B. Food Lipids. Chemistry, nutrition and biotechnology. New York: Marcel Dekker, 1997, P. 816.
2. Bandoniene D., Gruzdiene D., Venskutonis P. R. Antioxidant Activity of Sage Extracts in Rapeseed Oil Irradiated with UV-rays. *Nahrung*, 2001, Vol. 45, No. 2. P. 105–108.
3. Bandoniene D., Murkovic M., Pfannhauser W., Venskutonis P. R., Gruzdiene D. Detection and Activity Evaluation of Radical Scavenging Compounds by Using DPPH Free Radical and On-line HPLC-DPPH Methods. *European Food Research and Technology*, 2002. No. 214. P. 143–147.
4. Bandoniene D., Pukalskas A., Venskutonis P. R. and Gruzdiene D. Preliminary Screening of Antioxidant Activity of Some Plant Extracts in Rapeseed Oil. *Food Research International*, 2000. No. 33. P. 785–791.
5. Baniias, C., Oreopoulou, V. and Thomopoulos, C.D. The effect of primary antioxidants and synergists on the activity of plant extracts in lard. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1992. Vol. 69. No.6. P. 520–524.
6. Bonnely, S., Peyrat-Maillard M.N., Rondini L., Masy D., Berst C.. Antioxidant activity of malt rootlet extracts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2000. Vol. 48, P. 2785–2792.
7. Che Man Y.B., Jaswir I. Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 2000. No. 69. P.301–307.

8. Cuppett S. L., Haal C.A. Antioxidant activity of the Labiatae. *Food Nutrition*, 1998. Vol. 42. P. 245–271.
9. Dapkevicius A., Venskutonis P. R., van Beek T. A. and Linssen J. P. H. Antioxidant Activity of Extracts Obtained by Different Isolation Procedures From Some Aromatic Herbs Grown in Lithuania. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1998. No. 77. P. 140–146.
10. Frankel E. N. *Lipid Oxidation*. Dundee, 1998. P. 303.
11. Gruzdienė D., Venskutonis P. R., Kazernavičiūtė R., Čičinskienė L. Gelsvės (*Levisticum officinale Koch*) aliejinių ekstraktų priedų įtaka rapsų aliejaus aromatumui ir stabilumui. *Maisto chemija ir technologija*, ISSN 1392-0227, Kaunas, 2002. T 36. P. 12–20.
12. Gruzdienė D., Venskutonis P. R., Šileika G. Lietuvoje auginamų rapsų sėklų ir aliejaus cheminė sudėtis bei ekstraktų antioksidacinės savybės. *Maisto chemija ir technologija*, ISSN 1392-0227, Kaunas, 2001. T 35. P. 27–34.
13. Gruzdienė D. Bagdonaitė K. Lietuvoje auginami tradiciniai ir netradiciniai aliejiniai augalai: sėklų ir aliejaus cheminė sudėtis ir savybės. Antroji Lietuvos–Vokietijos aliejinių augalų diena. Tarptautinė mokslinė–gamybinė konferencija, straipsnių rinkinys, Kaunas, 2003. P. 31–37.
14. Kazernavičiūtė R., Gruzdienė D., Venskutonis P. R. Auginamųjų riebalų bei jų mišinių stabilumas aukštoje temperatūroje. *Maisto chemija ir technologija*, ISSN 1392-0227, Kaunas, 2002a, T. 36. P. 33–43.
15. Kazernavičiūtė R., Gruzdienė D., Venskutonis P. R., Murkovic M. Auginamųjų ekstraktų antioksidacinio aktyvumo ir sinergizmo tyrimai rancimato metodu aliejuje. *Cheminė technologija*, ISSN 1392-1231, Kaunas, 2002, b. Nr. 2 (19). P. 84–88.
16. Lampi A.-M., Kamal-Eldin A., Effect of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -Tocopherols on Thermal Polymerization of Purified High-Oleic Sunflower Triacylglycerols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1998. Vol. 75. No. 12. P. 1699–1703.
17. Laubli M.W. and Bruttel P.A. Determination of the oxidative stability of fats and oils; comparison between the active oxygen method (AOCS Cd 12-57) and the rancimat method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1986. Vol. 63, P. 792–795.
18. Mendez E., Sanhueza J., Speisky H., Valenzuela A. Comparison of two Rancimat evaluation modes in the assessment of the relative stability of fish oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1997. Vol. 74, P.331–332
19. Miskusova M., Reblova Z., Trajakova L., Nguzen H.T.T., Zainuddin A., Venskutonis R., Gruzdiene D., Pocorny J. Antioxidant Activity of Sweet Grass (*Hierochloe odorata Wahlenb.*) Extract in Lard, Rapeseed Oils and Emulsions. *Czech Journal Food Science*, 2000. No. 18. P. 148–149.
20. Parkanyiova L., Trojakova L., Reblova Z., Zainuddin A., Nguzen H. T. T., Sakurai H. and Pokorny J. Resistance of High-Oleic Acid Peanut Oil against autoxidation under Storage and Deep Frying Conditions. *Czech Journal Food Science*, 1999. Vol. 18, P.125–126.
21. Pokorny J. Antioxidants in food preservation. *Handbook of food preservation*. New York: Marcel Dekker, 1999. P. 309–337.
22. Pokorny J. Stabilisation of Fats by Phenolic. *Food Technology Journal*, 1981. No. 4. P. 68.
23. Pokorny J., Nquyen H. T. T. and Korczak J. Antioxidant Activities of Rosemary and Sage Extracts in Sunflower Oil. *Nahrung*, 1997. No. 41. P. 176–177.
24. Povilaityte V., Venskutonis P. R. Antioxidant Activity of Purle Peril (*Perilla frutescens L.*), Moldavian Dragonhead (*Dracocephalum moldavica L.*), and Roman Chamomile (*Antehemis nobilis L.*) Extracts in Rapeseed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2000. Vol. 77, No. 9. P. 105–108.
25. Pukalskas A., Gruzdienė D., Venskutonis P. R., Weel K. Stumbražolės (*Hierochloe odorata*), balzamitos (*Chryzantemus balsamita tenacetoides*) ir šantros (*Marabium vulgare*) ekstraktų įtaka rapsų aliejaus stabilumui. *Maisto chemija ir technologija*. Konferencijos pranešimų medžiaga, Kaunas: Technologija, 1999. P. 7–14.
26. Pukalskas A., Van Beek T. A., Venskutonis P. R., Linssen J. P. H., Van Veldhuizen A. and at., Identification of Radical Scavengers in Sweet grass (*Hierochloe odorata*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2002. No. 50. P. 2914–2919.
27. O'Brien R. D. *Fats and Oils. Formulating and Processing for Applications*. U.S.A., 1998, P. 651.
28. Trojakova L., Reblova Z., Pokorny J. Determination of the Oxidative Stability of Fats and Oils using the Oxipres Apparatus. *Czech Journal Food Science*, 1999. Vol. 17. No. 2. P. 68–72.
29. Ueyama Y., Arai T., Hashimoto S. Volatile Constituents of Ethanol Extracts of *Hierochloe odorata L.* *Flavour and Fragrance Journal*, 1991. Vol. 6, P. 63–68.
30. Zainuddin A., Pokorny J., Venskutonis R. Application of Plants Extracts as Antioxidants in Fats, Oils and Emulsions. *Nahrung*, 2002. Vol. 46, No. 1. P. 15