

MAŁGORZATA STRYJECKA

SKŁAD CHEMICZNY OLEJU Z NASION POMIDORÓW UPRAWIANYCH NA TERENIE WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO

W zakładach przetwórstwa owocowo-warzywnego jednym z odpadów jest miąższ pomidora, który składa się ze skórki, miąższu i nasion. Ten ostatni składnik wyłoków pomidorowych uważa się za bardzo dobre źródło oleju jadalnego¹. Olej ten ma wysoką zawartość kwasów nienasyconych, w tym ponad 50% kwasu linolowego² i może być stosowany w kuchni. Ponadto makuch z nasion pomidora zawiera około 40% białka o dobrych właściwościach funkcjonalnych i odżywczych³. Badania potwierdziły również, że nasiona pomidora wykazują właściwości przeciwutleniające⁴.

¹ M. Dąbrowska, *Utilization of tomato seeds for oil production*, „Prace Instytutów i Laboratoriów Badawczych Przemysłu Spożywczego” 1970, t. 20 (4), s. 511–522; M.M. Morad, A.H. EI-Tamimi, A.H. Rady, S.S. Ibrahim, *Tomato seed oil. II. Evaluation of the Egyptian tomato seed oil and the residual meal*, „Fette Seifen Anstrichmittel” 1980, Vol. 82, Iss. 3, s. 122–124; A.H. EI-Tamimi, M.M. Morad, M.S. Raof, A.H. Rady, *Tomato seed oil. I. Fatty acid composition, stability and hydrogenation of the oil*, „Fette Seifen Anstrichmittel” 1979, Vol. 81, Iss. 7, s. 281–284; E.S. Lazos, P. Kalathenos, *Composition of tomato processing wastes*, „International Journal of Food Science & Technology” 1988, Vol. 23, s. 649–652; J. Takasova, M. Drdak, I. Minarovicova, *Characteristics of lipids in tomato seeds*, „Die Nahrung” 1995, Vol. 39, Iss. 3, s. 244–245; D. Shao, G.G. Atungulu, Z. Pan, T. Yue, A. Zhang, X. Li, *Study of optimal extraction conditions for achieving high yield and antioxidant activity of tomato seed oil*, „Journal of Food Science” 2012, Vol. 77, s. 202–208.

² A.H. EI-Tamimi, M.M. Morad, M.S. Raof, A.H. Rady, *Tomato seed oil. I. Fatty acid composition*, „Fette Seifen Anstrichmittel” 1979, Vol. 81, Iss. 7, s. 281–284; D. Shao, Ch. Vebkitasamy, X.Li, Z. Pan, J. Shi, B. Wang, H.E. The, T.H. McHugh, *Thermal and storage characteristic of tomato seed oil*, „Food Science and Technology” 2015, Vol. 63, s. 191–197.

³ A. Kramer, W.H. Kwee, *Functional and nutritional properties of tomato protein concentrations*, „Journal of Food Science” 1977a, Vol. 42, s. 207–211; A. Kramer, W.H. Kwee, *Utilization of tomato processing wastes*, „Journal of Food Science” 1977b, Vol. 42, s. 212–215; J.S. Latlief, D. Knorr, *Tomato seed protein concentrates: effects of methods of recovery upon yield and compositional characteristics*, „Journal of Food Science” 1983, Vol. 48, s. 1583–1586.

⁴ E. Szanto-Nemeth, *Inhibition of rancidity of fats by paprika and tomato seeds*, „Acta Alimentaria” 1980, Vol. 9, s. 173–187; S.P.S. Guleria, P. Vasudevan, K.L. Madhok, S.V. Patwardhan, *Use of tomato seed powder as an antioxidant in butter and ghee*, „Journal of Food Science and Technology India” 1983, Vol. 20, s. 79–80.

Natomiast w składzie oleju z nasion pomidora zimnotłoczonego znajdziemy również niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT): linolenow, linolowy, oleinowy oraz tokoferole, fitosterole, flawonoidy, aminokwasy. Olej z nasion pomidora jest również cennym źródłem miedzi, żelaza, manganu i cynku. W składzie tego oleju możemy także znaleźć likopen. Substancja ta ma bardzo cenne działanie, m.in. zapobiega starzeniu się skóry, chroni przed promieniowaniem UV, wpływa korzystnie na układ krwionośny, chroni przed nowotworami, wpływa na gęstość kości, zapobiegając osteoporozie. Olej ten jest również pomocny przy pielęgnacji skóry suchej, tłustej i dojrzałej. Nadaje się do pielęgnacji włosów i chroni skórę przed szkodliwym promieniowaniem UV- A i UV- B⁵.

Celem niniejszej pracy była ocena składu chemicznego otrzymanego oleju z nasion pomidorów uprawianych na terenie Lubelszczyzny.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy stanowiły nasiona pomidorów, które były uprawiane w województwie lubelskim, w powiecie chełmskim. Surowiec ten pochodzi ze zbiorów w 2020 roku. Pestki wyodrębniono jedynie z pomidorów zdrowych i dojrzałych. Owoce pomidora rozcięto na pół, pestki wraz z otoczką delikatnie wyciągnięto łyżeczką. Pestki zalano wodą i pozostawiono w słoiku na 7 dni. Po upływie tygodnia zawartość słoika została przelana na sito, nasiona przemyte wodą destylowaną, następnie zostały rozłożone na szalki Petriego i suszone w suszarce elektrycznej (Apex Construction Ltd., Anglia) w temperaturze 60°C. Następnie wysuszone pestki zmielono w mikserze. Średnia wielkość cząstek mielonych nasion pomidora wynosiła 0,64 mm, a zawartość wilgoci 8,4%. Kolejnym krokiem było przeprowadzenie przyspieszonej ekstrakcji n-heksanem. Wielkość próbki użyta do ekstrakcji wynosiła 0,6 g, a warunki ekstrakcji były następujące: temp. 100°C, czas: 7 min, wykonano trzy cykle, czas oczyszczania: 60 sekund. Ekstrakty zostały wysuszone pod łagodnym strumieniem azotu do stałej masy.

Wolne kwasy tłuszczowe (FFA), liczbę nadtlenkową (PV) oraz absorpcję promieniowania ultrafioletowego przy 232 i 270 nm oznaczono zgodnie z metodami IUPAC (ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry*, Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej)⁶. Wartość liczby jodowej oznaczono metodą

⁵ D. Shao, G.G. Atungulu, Z. Pan, T. Yue, A. Zhang, X. Chen, *Separation methods and chemical and nutritional characteristics of tomato pomace*, „Transactions of the ASABE” 2013, Vol. 56, s. 261–268.

⁶ C. Paquat, *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives*, Oxford 1987, s. 20–80.

Wijsa zgodnie z opisem Pearsona⁷, z niewielkimi modyfikacjami. Współczynnik załamania światła oleju mierzono w temperaturze 40°C za pomocą refraktometru Abbego z regulacją temperatury. Natomiast lepkość mierzono za pomocą viskozymetru rotacyjnego Brookfield LVT, wyposażonego we wrzeciono nr 2 obracające się z prędkością 60 obr./min w temperaturze 21°C, a temperaturę dymienia metodą zaadaptowaną z metody opisanej w BS (British Standards Methods of Analysis) 648:sekcja 1.8⁸. Stabilność oleju oceniano metodą Rancimat przy użyciu urządzenia Rancimat 679 do momentu osiągnięcia przez partię oleju temperatury 120°C i przy natężeniu przepływu powietrza ustalonym na 20 L/godz. Kwasy tłuszczowe oznaczono techniką chromatografii gazowo-cieczowej (GLC). Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) przygotowywano według następującej metody: do zakręcaniej probówki odważono 25 mg badanego oleju, dodano 1,5 mL 0,5M metanolowego wodorotlenku sodu, wymieszano i ogrzewano w 100°C przez 7 minut. Po schłodzeniu dodano 2 mL trifluorku boru i ogrzewano w 100°C przez 5 minut. Probówkę schłodzono do 30–40°C i dodano 1 mL izooktanu, zakręcono i wytrząsano za pomocą vortexu przez 30 sekund. Po tym czasie natychmiast dodano 5 mL nasyconego roztworu chlorku sodu i ponownie wytrząsano probówkę. Zawartość probówki rozdzieliła się na dwie warstwy, górną usunięto (izooktan zawierający FAME), a dolną warstwę ponownie ekstrahowano dodatkowym 1 mL izooktanu. Dwa ekstrakty izooktanowe połączono, wysuszono nad bezwodnym siarczanem sodu i zateżono do około 1 mL, stosując strumień azotu. Roztwór wzorca wewnętrznego do oznaczania FAME został przygotowany przez rozpuszczenie 100 mg kwasu pentadekanowego (C 15:0) w 50 mL izooktanu. Do 1 mL oleju dodawano 500 µL roztworu wzorca wewnętrznego i poddawano obróbce, tak jak wcześniej opisano. Analizy FAME przeprowadzono za pomocą chromatografu gazowo-cieczowego Carlo Erba 5600 wyposażonego w kolumnę kapilarną BPx70 o długości 50 m, ID 0,22 mm, grubość 0,25 µm. Warunki pracy chromatografu były następujące: natężenie przepływu helu 25,6 mL/min; temperatura iniektora i detektora (FID z przepływem wodoru 40 mL/min i przepływem powietrza 450 mL/min) wynosiły 235°C. Program temperaturowy wynosił 160–210°C z szybkością 1,5°C/min, czas początkowy w 160°C wynosił 0,0 min, a końcowy w 210°C 5,0 min. Estry metylowe były identyfikowane i oznaczane ilościowo poprzez porównanie czasu retencji i piku nieznanymi substancjami z wzorcami FAME (Greyhound, Chromatography and Allied Chemicals).

⁷ H. Egan, R.S. Kirk, R. Sawyer, *Pearson's Chemical Analysis of Foods*, Edinburgh 1981, s. 520–547.

⁸ *British Standards Methods of Analysis. Fats and Fatty Oils*, cz. 1, Physical Methods, Section 1.8. Determination of smoke point 1976, s. 17–20.

W celu oznaczenia zawartości tokoferoli odważono 60 mg oleju z nasion pomidorów do probówek i dodawano 1 ml heksanu. Zawartość probówki mieszano przy użyciu vortexu przez 60 sekund, następnie przefiltrowano przez filtr 0,45 µm (Chrom Tech, Inc., Apple Valley, MN, USA), a otrzymane próbki były natychmiast analizowane techniką HPLC (wysokosprawnej chromatografii cieczowej). Analizy przeprowadzono za pomocą urządzenia Thermo Separation Products (San Jose, CA, USA) z pompą SpectraSYSTEM i autosamplerem, połączonych z detektorem fluorescencji SpectraSYSTEM FL. Próbki (50 µl) były wstrzykiwane na kolumnę YMC-Pack-Diol-NP, 5 µm, wymiary kolumny: 4,6 x 250 mm (YMC, Wilmington, NC, USA). Faza ruchoma składała się z heksanu 98:2 v/v: 2-propanol z ciągłym przepływem 1,5 mL/min. Tokoferole były identyfikowane na podstawie podobieństwa czasu retencji ze znanymi standardami przy użyciu detekcji fluorescencyjnej (absorbancja: 292 nm, emisja: 344 nm). Kwantyfikację przeprowadzono przy użyciu kalibracji zewnętrznej z czystymi wzorcami wstrzykiwanymi w stężeniach od 5 do 50 µg (stężenia od 5 do 50 µg/ml dla α- i γ-tokoferoli oraz od 0,5 do 20 µg/ml dla δ-tokoferolu).

W celu analizy β-karotenu i likopenu w ekstraktach oleju z nasion pomidorów rozcieńczono je do 50 mg/ml w 50:50 (v/v) eterze metanol :eter metyloowo-tert-butyłowy (MTBE) i wstrzykiwano na system HPLC firmy Shimadzu (Columbia, MD, USA) wyposażony w pompę LC20AT HPLC, SIL-10AF autosampler i detektor diodowy SPD-M20A. Rozdzielanie β-karotenu i likopenu prowadzono z zastosowaniem gradientu rozpuszczalników opisanego przez Sass-Kiss i współautorzy⁹ przy użyciu kolumny YMC (Kyoto, Japan), kolumna C30 (3µm, 250 x 4,6mm, id). Szczyty były skanowane od 200 do 550 nm, długość fali detekcji wynosiła 450 nm. Karotenoidy były identyfikowane na podstawie czasu retencji. Analizę ilościową przeprowadzono metodą wzorca zewnętrznego, stosując wzorzec β-karotenu w zakresie od 13,3 ng/ml do 1,3 µg/ml, oraz roztwór likopenu w zakresie od 0,5 do 2,5 µg/ml. Stężenia początkowych roztworów podstawowych zostały określone przy użyciu współczynników ekstynkcji dla każdego wzorca. Wzorzec likopenu (czystość 90%) wykazał podczas analizy HPLC, że miał trzy piki oprócz izomeru all-trans-likopenu, który stanowił 70% całkowitej powierzchni piku, również zidentyfikowano izomery cis-likopenu na podstawie ich widma i charakterystyki retencji w porównaniu z innymi doniesieniami analizy izomerów cis-likopenu metodą HPLC.

Do analiz fitosteroli użyto 100 mg oleju z nasion pomidorów, który został zmydlony, za pomocą 2 mol/dm³ KOH w etanolu w temperaturze 60°C przez 45 minut. Fitosterole ekstrahowano dwukrotnie 2 ml heksanu. Połączone frakcje heksanowe

⁹ A. Sass-Kiss, J. Kiss, P. Milotay, M.M. Kerek, M. Toth-Markus, *Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables*, „Food Research International” 2005, Vol. 38, s. 1023–1029.

suszono pod azotem. Pochodne trimetylosililowe (TMS) fitosteroli zostały wykonane przez dodanie po 100 µl pirydyny i N,O-bis (trimetylosililo)-fluoroacetamidu z 1% trimetylochlo-ro-silanu (Regis Tech., Morton Grove, IL, USA) i podgrzewanie w temperaturze 60°C przez 1 h na bloku grzejnym. W celu kwantyfikacji 1 µl każdej próbki był ręcznie wstrzykiwany na chromatograf gazowy Varian (Palo Alto, CA) 3400 (GC) wyposażony w detektor jonizacji płomienia (FID) i detektor SPB TM – 1701 firmy Supelco (Bellefonte, PA, USA) (30 m, 9 x 0,25 mm) kolumna kapilarna. Hel był używany jako gaz nośny, z szybkością przepływu 1 ml/min i 1:50 w iniektorze. Temperatura iniektora wynosiła 270°C, a temperatura detektora wynosiła 290°C. Temperatura początkowa pieca kolumny wynosiła 250°C przez 0,5 minuty, wzrastała z prędkością 10°C/min do 270°C i była utrzymywana przez 27 min, a następnie zwiększona o 10°C/min do 280°C i utrzymywana przez 3,5 min. Zbieranie danych i integrację przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Varian Galaxie Chromatography Software Ver. 1.9.3.2. Poszczególne fitosterole zostały zidentyfikowane przez porównanie ich czasów retencji (RT) i potwierdzono metodą chromatografii gazowej spektrometrii mas (GC-MS). Kwantyfikację przeprowadzono metodą wzorca wewnętrznego (IS) przy użyciu 50 µg cholesterolu jako wzorca wewnętrznego z minimum czterema poziomami dla każdego standardu.

Wszystkie powyższe analizy zostały wykonane w trzech powtórzeniach.

Przy pomocy programu Microsoft Excel 2010 obliczono odchylenie standardowe próby.

WYNIKI I DISKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zawartość oleju w nasionach pomidora wynosiła 20,5% i jest to wartość zbliżona do tych, jakie uzyskiwali inni badacze¹⁰.

¹⁰ M.M. Morad, A.H. El-Tamimi, Rady, S.S. Ibrahim, *Tomato seed oil...*, *op. cit.*, s. 122–124; E.S. Lazos, P. Kalathenos, *Composition of tomato processing wastes*, *op. cit.*, s. 649–652; J. Takasova, M. Drdak, I. Minarovicova, *Characteristics of lipids in tomato seed*, „Die Nahrung” 1995, Vol. 39, Iss. 3, s. 244–245; A.M. Gad, H.M. El-Khalafy, M.M. Hassan, Z.E. Shueb, *Chemical investigations on Egyptian vegetable fats and oils. XIII. The chemical constitution of some Rosaceae, Solanaceae and Oleaceae seed oils*, „Grasas y Aceites” 1968, Vol. 19, Iss. 4, s. 139–145.

Tabela 1. Fizykochemiczna charakterystyka oleju z nasion pomidora (wynik $\pm$ odchylenie standardowe) [badania własne]

Parametry fizykochemiczne	Olej z nasion pomidora
Gęstość 25°C	0,9167 $\pm$ 0,0002
Współczynnik refrakcji, 40°C	1,4608 $\pm$ 0,0003
Lepkość (21°C), mPa.s	76 $\pm$ 0,5774
Temperatura dymienia, °C	179 $\pm$ 1,5275
Czas indukcji:	5,20 $\pm$ 0,0252
Liczba nadtlenkowa, meq/kg	9,25 $\pm$ 0,0252
Kwasowość % w przeliczeniu na kwas oleinowy	1,05 $\pm$ 0,0208
Liczba jodowa	106 $\pm$ 1,5275
E ^{1%} _{1cm} 232	2,47 $\pm$ 0,0252
E ^{1%} _{1cm} 270	0,61 $\pm$ 0,0153
R = E ^{1%} _{1cm} 232/ E ^{1%} _{1cm} 270	4,05 $\pm$ 0,0500

W temperaturze pokojowej olej z nasion pomidora miał kolor czerwono-żółtawy i zapach przypominający zapach owoców pomidora. W tabeli 1 zostały przedstawione właściwości fizyczne i chemiczne oleju z nasion pomidorów. Zaobserwowano wzrost temperatury dymienia w wyniku obniżenia zawartości wolnych kwasów tłuszczowych, gdyż są one znacznie bardziej lotne niż glicerydy, a zatem punkt dymienia zależy od zawartości wolnych kwasów tłuszczowych¹¹. Uzyskane wartości gęstości i współczynnika załamania światła są zgodne z wartościami podawanymi w literaturze tematu¹². Wartości lepkości były zbliżone do wartości uzyskiwanych dla oliwy z oliwek i oleju bawełnianego oraz znacznie wyższe niż w przypadku olejów kukurydzianych, arachidowych, sojowych¹³. Wartość liczby nadtlenkowej oleju z nasion pomidorów była niższa niż 20 meq/kg i mieściła się w zakresie przyjętym jako zadowalający. Olej z nasion pomidora ma wartości ekstynkcji właściwej w UV przy 232 i 270 nm podobne do innych olejów roślinnych, takich jak oliwa z oliwek i olej słonecznikowy¹⁴. Otrzymany olej z nasion pomidorów charakteryzował się wysoką wartością liczby jodowej, co świadczy o wysokiej zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych¹⁵.

W tabeli 2 przedstawiony jest profil kwasów tłuszczowych w otrzymanym oleju z nasion pomidora. Całkowita zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych wynosiła 80%, głównym kwasem tłuszczowym był kwas linolowy (C 18:2) w stężeniu 53,22%, a następnie oleinowy (C 18:1 cis ω9) 21,88%. Ogólnie poziom kwasu

¹¹ D. Swern, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Vols. 1–2, New York 1979.

¹² M.M. Morad, A.H. El-Tamimi, A.H. Rady, S.S. Ibrahim, *Tomato seed oil. II. Evaluation of the Egyptian tomato seed oil and the residual meal*, „Fette Seifen Anstrichmittel” 1980, Vol. 82, Iss. 3, s. 122–124.

¹³ M.J. Lewis, *Physical Properties of Foods and Food Processing Systems*, London 1987.

¹⁴ V.V. Markovic, L.V. Bastic, *Characteristics of pumpkin seed oil*, „Journal of the American Oil Chemists' Society” 1976, Vol. 53, s. 42–44.

¹⁵ E.S. Lazos, P. Kalathenos, *Composition of tomato processing wastes*, *op. cit.*, s. 649–652.

linolowego mieści się w przedziale 50–60%, podczas gdy Swem¹⁶ podaje stężenie kwasu oleinowego jest wyższe (46%) niż linolowego (35%). Kwas palmitynowy (C 16:0) okazał się dominującym nasyconym kwasem tłuszczowym i była ona zgodna z wartościami podawanymi w innych doniesieniach¹⁷. Wyższe stężenia kwasu palmitynowego, w zakresie 20,28–24,81%, zostały odnotowane przez El-Tamimi i współautorów¹⁸. Wymienieni autorzy również podali niższe stężenia kwasu stearynowego (C 18:0) 2,36–2,96% oraz stosunkowo wysokie stężenia kwasu arachidowego (C20:0) 1,93–2,20%. Stężenia C 20:0 stwierdzone w niniejszych badaniach były zgodne z tymi podanymi przez Lazosa i Kalathenos¹⁹.

Tabela 2. Procentowa (% $\pm$ odchylenie standardowe) zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w otrzymanym oleju z nasion pomidorów [badania własne]

Kwasy tłuszczowe	Olej z nasion pomidora
C 14:0	0,25 $\pm$ 0,032
C 16:0	13,8 $\pm$ 0,229
C 16:1 cis ω 9	0,45 $\pm$ 0,050
C 16:1 cis ω 7	0,15 $\pm$ 0,025
C17:0	0,28 $\pm$ 0,036
C18:0	0,56 $\pm$ 0,040
C 18:1 cis ω 9	21,88 $\pm$ 0,053
C 18:1 cis ω 7	0,58 $\pm$ 0,025
C18:2	53,22 $\pm$ 0,025
C 18:2 trans	0,12 $\pm$ 0,012
C 18:3	1,98 $\pm$ 0,053
C20:0	0,27 $\pm$ 0,020
C20:1	0,1 $\pm$ 0,001
C22:0	0,1 $\pm$ 0,001
C24:0	0,1 $\pm$ 0,001

W tabeli 3 przedstawiona jest zawartość tokoferoli. W badanym oleju z nasion pomidora stwierdzono obecność α -, γ -, δ -tokoferoli. Najwięcej było γ -tokoferoli (1,06 mg/g). Natomiast badania przeprowadzone przez Dąbrowską²⁰ oraz Nadirov i inni²¹ wykazali całkowitą zawartość tokoferoli na poziomie od 418 do 767 mg/kg.

¹⁶ D. Swern, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Vols. 1 & 2. John Wiley & Sons, New York 1979.

¹⁷ J. Takasova, M. Drdak, I. Minarovicova, *Characteristics of lipids in tomato seeds*, „Die Nahrung” 1995, Vol. 39, Iss. 3, s. 244–245; I. Carol, *Composition of tomato seed oil*, „Industria Alimentara” 1968, Vol. 18, s. 489; M. Salim, D. Muhammad, M. Ahmad, M.Y. Raie, S.A. Khan, M.K. Bhatti, *The fatty acids of indigenous resources for possible industrial applications. VI. Investigations of the species of Solanaceae family*, „Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research” 1981, Vol. 24, Iss. 1, s. 21–23.

¹⁸ A.H. El-Tamimi, M.M. Morad, M.S. Raof, A.H. Rady, *Tomato seed oil. I...*, *op. cit.*, s. 281–284.

¹⁹ E.S. Lazos, P. Kalathenos, *Composition of tomato processing wastes*, *op. cit.*, s. 649–652.

²⁰ M. Dąbrowska, *Utilization of tomato seeds for oil production*, *op. cit.*, s. 511–522.

²¹ N.K. Nadirov, R.Kh. Khafizov, Kh.Z. Gareeva, R.F. Sakaveva, N.I. Dzhura, *Issledovanie tokoferolov i sterinov nekotorykh rastitelnykh masel*, „Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya” 1975, Vol. 11, Iss. 5, s. 805–807.

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki dla tokoferoli mieszczą się w tym samym zakresie co większość surowych olejów roślinnych, takich jak olej sojowy i słonecznikowy²². Evangelos S. Lazos i współautorzy²³ podali podobną ilość całkowitych tokoferoli (to jest ok. 1,26 mg/g), jednak wskazali znacznie większą ilość δ -tokoferolu.

Tabela 3. Zawartość tokoferoli i likopenu (wyniki $\pm$ odchylenie standardowe) w oleju z nasion pomidora [badania własne]

Oznaczony składnik	jednostka	Zawartość
α -tokoferol	mg/g	0,05 $\pm$ 0,015
γ -tokoferol	mg/g	1,06 $\pm$ 0,012
δ -tokoferol	mg/g	0,03 $\pm$ 0,012
β -karoten	μ g/g	4,21 $\pm$ 0,045
Likopen cis-1	μ g/g	1,37 $\pm$ 0,020
Likopen cis-2	μ g/g	3,08 $\pm$ 0,025
Likopen trans	μ g/g	12,14 $\pm$ 0,036
Likopen cis 3	μ g/g	9,49 $\pm$ 0,025

Stężenie β -karotenu i likopenu przedstawiono w tabeli 3. Stężenie β -karotenu w otrzymanym oleju z nasion pomidora wynosiło 4,21 mg/g. Uzyskana wartość była zbliżona do wyniku uzyskanego przez Eller i innych²⁴.

W przypadku likopenu zidentyfikowano w badanym oleju z nasion pomidora: likopen cis-1, likopen cis-2, likopen trans, likopen cis-3. Łącznie likopen w badanym materiale był na poziomie 26,08 μ g/g. Najwięcej w analizowanym oleju zanotowano likopenu trans (12,14 μ g/g). Inni autorzy również w produktach pomidorowych uzyskali dominującą formę likopenu izomer all-trans²⁵. Ishida i współautorzy²⁶ wykazali, że w czystym trans-likopenie wyizolowanym z pomidorów, cis-izomery tworzyły się podczas przechowywania.

Wyniki jakościowe i ilościowe oznaczeń fitosteroli w olejach z nasion pomidora przedstawiono w tabeli 3. Frakcja sterolowa oleju z nasion pomidora składa się głównie z: β -sitosterol, campesterol, stigmasterol, cholesterol, Δ^7 -avenasterol, wśród których najbardziej dominował β -sitosterol. W śladowych ilościach w otrzymanym oleju

²² F.D. Gunstone, J.L. Harwood, F.B. Padley, *Major vegetable oils*, New York 1986, s. 55–112.

²³ E.S. Lazos, J. Tsaknis, S. Lalas, *Characteristics and composition of tomato seed oil*, „Grasas y Aceites” 1998, Vol. 49, s. 440–445.

²⁴ F.J. Eller, J.K. Moser, J.A. Kenar, S.L. Taylo *Extraction and Analysis of Tomato Seed Oil*, „Journal of the American Oil Chemists’ Society” 2010, Vol. 87, s. 755–762.

²⁵ S.K. Clinton, C. Emenhisier, S.J. Schwartz, D.G. Bostwick, A.W. Williams, B.J. Moore, J.W. Erdman. *Cis–trans Lycopene isomers, carotenoids, and retinol in the human prostate*, „Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention” 1996, Vol. 5, s. 823–833.

²⁶ B.K. Ishida, J. Ma, B. Chan, *A simple, rapid method for HPLC analysis of lycopene isomers*, „Phytochemical Analysis” 2001, Vol. 12, s. 194–198.

z nasion pomidora występują również inne sterole, takie jak: 24-metylenecholesterol, Δ^7 -campesterol, brassicasterol, $\Delta^{7,24}$ stigmastadienol, Δ^7 -stigmastenol, erythrodiol.

M. Yamamoto i G. Mackinney²⁷ stwierdzili w swoich badaniach obecność stigmasterolu, β -sitosterolu i prawdopodobnie campesterolu w owocach i nasionach pomidora. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy dotyczące zawartości w oleju z nasion pomidora cholesterolu, były zbliżone do wyników uzyskanych przez innych badaczy²⁸. Bardzo wysokie stężenie (do 41%) cholesterolu zanotowali w swoich badaniach B. Kiosseoglou i D. Boskou²⁹. Natomiast M. Ismail i inni³⁰ podali, że stężenie cholesterolu całkowitego wynosi 30 mg/100 g dla jadalnej części pomidorów.

Tabela 4. Skład jakościowy i ilościowy (% $\pm$ odchylenie standardowe) fitosteroli zawartych w oleju z nasion pomidora [badania własne]

Sterole	Olej z nasion pomidora [%]
Cholesterol	14,5 $\pm$ 0,2
Brassicasterol	1,3 $\pm$ 0,2
24-Methylenecholesterol	1,1 $\pm$ 0,1
Campesterol	6,5 $\pm$ 0,06
Stigmasterol	14,15 $\pm$ 0,01
Δ^7 -Campesterol	0,2 $\pm$ 0,01
β -Sitosterol	54 $\pm$ 1,5
Δ^7 -Avenasterol	6,8 $\pm$ 0,25
$\Delta^{7,24}$ Stigmastadienol	0,6 $\pm$ 0,05
Δ^7 -Stigmastenol	0,45 $\pm$ 0,06
Erythrodiol	0,1 $\pm$ 0,001

PODSUMOWANIE

Otrzymany i analizowany olej z nasion pomidora charakteryzował się wysoką stabilnością termiczną i bardzo dobrym profilem fizykochemicznym. Wysoki poziom tokoferoli przyczynił się do wysokiej stabilności termicznej oleju z nasion pomidorów. Wyniki badań pokazały, iż należy olej z nasion pomidorów powinien być pakowany przy jak najmniejszej ekspozycji na światło i przechowywany w niskiej temperaturze.

²⁷ M. Yamamoto, G. Mackinney, *Sterols from the fruit and seed of tomato*, „Nature” 1967, Vol. 213, s. 799–800.

²⁸ E.S. Lazos, P. Kalathenos, *Composition of tomato processing wastes*, op. cit., s. 649–652; E. Tiscornia, F. Camurati, P. Gastaldo, M.A. Pagano, *La frazione sterolica dell'olio di pomodoro (Lycopersicon esculentum Miller)*, „Rivista Italiana Sostanze Grasse” 1976, Vol. 53, s. 119–129; G. Lercker, *Short capillary columns in the analysis of lipids*, „Journal of Chromatography” 1983, Vol. 279, s. 543–548; E.T.S. Chow, J.J. Jen, *Phytosterol biosynthesis in ripening tomatoes*, „Journal Food Science” 1978, Vol. 43, s. 1424–1426.

²⁹ B. Kiosseoglou, D. Boskou, *On the level of esterified sterols in cottonseed, tomato seed, wheat germ and safflower oils*, „Oléagineux” 1987, Vol. 42, Iss. 4, s. 169–170.

³⁰ M. Ismail, G. Samwel, T. Kamel Eel-Azhari, *Studies on the physical and chemical properties of tomato seed oil*, „Agricultural. Research Review” 1972, Vol. 50, Iss. 5, s. 285–292.

SŁOWA KLUCZOWE:

olej z nasion pomidora, nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), tokoferole, likopen, fitosterole

Изложение

Химический состав масла из семян томатов, выращиваемых в Люблинском воеводстве

Масло получали из семян томатов, выращенных на Любелщизне и подвергали оценке качества. Свойства полученного продукта соответствовали стандартам. Было обнаружено, что масло семян томатов содержит большое количество линолевой кислоты, затем олеиновой кислоты, а преобладающими насыщенными кислотами были пальмитиновая и стеариновая. Полученное масло богато токоферолами (α -токоферол, γ -токоферол, δ -токоферол), преобладал γ -токоферол. Анализ также показал наличие в масле β -каротина. Доминирующий фитостерин в анализируемом масле семян томата был β -ситостерол. Выявлен высокий процент (14,5%) холестерина. Остальные стерольные фракции масла семян томатов: кампестерол, стигмастерол, холестерин, $\Delta 7$ -авенастерол, 24-метилен холестерол, $\Delta 7$ -кампестерол, брассикастерин, $\Delta 7$, 24-стигмастодиенол, $\Delta 7$ -стигмастенол, эритродиол.

Ключевые слова:

масло семян томатов, ненасыщенные жирные кислоты (НЖК), токоферолы, ликопин, фитостеролы

ABSTRACT

CHEMICAL COMPOSITION OF OIL FROM TOMATO SEEDS CULTIVATED IN LUBELSKIE PROVINCE

Oil was obtained from tomato seeds grown in the Lublin region and subjected to quality assessment. The properties of the obtained product were in line with the standards. Tomato seed oil was found to contain high levels of linoleic acid, then oleic acid, and the dominant saturated acids were palmitic and stearic. The obtained oil was rich in tocopherols (α -tocopherol, γ -tocopherol, δ -tocopherol), γ -tocopherol was dominant. The analysis also showed the presence of β -carotene in the oil.

The dominant phytosterol in the analyzed tomato seed oil was β -sitosterol. A high percentage (14.5%) of cholesterol was detected. The remaining sterol fractions of tomato seed oil are: campesterol, stigmasterol, cholesterol, Δ^7 -avenasterol, 24-methylenecholesterol, Δ^7 -campesterol, brassicasterol, Δ^7 , 24 stigmastadienol, Δ^7 -stigmastenol, erythrodiol.

KEYWORDS:

tomato seed oil, unsaturated fatty acids (EFA), tocopherols, lycopene, phytosterols

AUTOR:

dr Małgorzata Stryjecka – adiunkt w Instytucie Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie Państwowej Akademii Nauk Stosowanych w Chełmie.



Wręczenie dyplomu uznania panu prof. dr. hab. Robertowi Kozyrskiemu.
Od lewej: Robert Kozyrski, Andrzej Rybak, Małgorzata Chmielewska