

Katarzyna OLESIŃSKA¹⁾, Katarzyna LUCHOWSKA¹⁾, Danuta SUGIER¹⁾, Kamil WILCZYŃSKI²⁾

¹⁾ Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych,

²⁾ Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wpływ sposobu pozyskiwania oleju konopnego na wybrane jego właściwości

Streszczenie

Celem pracy była ocena jakości i właściwości antyoksydacyjnych olejów konopnych, tłoczonych na zimno oraz oleju rafinowanego. Przebadano dwa oleje tłoczone na zimno, z których jeden został zakupiony u lokalnego producenta, a także jego rafinowany odpowiednik. Oznaczono liczbę kwasową i nadtlenkową oraz zdolności przeciwutleniające. Stwierdzono statystycznie istotne różnice jakości i właściwości antyoksydacyjnych badanych olejów tłoczonych na zimno, gdzie liczba kwasowa wahała się w zakresie od 0,5 do 4,3 mg KOH/g, liczba nadtlenkowa od 4,1 do 20,5 meq O₂/kg dla poszczególnych olejów. Analizie poddano także właściwości antyoksydacyjne w oparciu o metodę wykorzystującą wolny rodnik DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylohydrazyl). Wszystkie badane oleje charakteryzowały się niskimi zdolnościami zmiatania wolnych rodników. Ponadto wykazano, że oleje rafinowane i tłoczone na zimno pochodzące ze sprzedaży detalicznej miały zbliżone właściwości przeciwutleniające.

Słowa kluczowe: olej konopny, liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa, aktywność przeciwutleniająca

The effect of processing method on the selected properties of hemp oil

Summary

The aim of the study was to evaluate the quality and antioxidant properties of hemp oils, cold-pressed and refined. Two cold-pressed oils were tested, one of which was purchased from a local manufacturer, and its refined equivalent. The acid value, peroxide value and antioxidant capacity were determined. Significant differences in the quality and antioxidant properties of cold-pressed oils were stated, for example, acid value (0.5–4.3 mg KOH/g), peroxide value (4.1–20.5 meq O₂/kg). Antioxidant properties were also analyzed using the DPPH radical scavenging method. All tested oils were characterized by a low scavenging capacity of free radicals. Furthermore, it has been shown that the refined and cold-pressed oils from retail sales have similar antioxidant properties.

Key words: hemp oil, acid value, peroxide value, antioxidant activity

Wprowadzenie

Sposób pozyskiwania oleju roślinnego wpływa na jego właściwości organoleptyczne, fizykochemiczne i biologiczne. Decyduje także o stabilności oksydacyjnej oraz możliwościach wykorzystania i trwałości tłuszczów roślinnych. Oleje roślinne uzyskiwane są na trzy sposoby, do których zaliczamy: tłoczenie, ekstrakcję, lub dwuetapowy proces łączący tłoczenie oraz ekstrakcję rozpuszczalnikami (głównie heksanem) pozostałości tłuszczu z wycieków. W celu poprawienia właściwości fizykochemicznych oleje poddawane są procesowi oczyszczania, np. z zastosowaniem filtrowania lub rafinacji.

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w Codex Standard (19–1981, 2015) oleje tłoczone na zimno otrzymywane są w wyniku procesów mechanicznych, w których nie wykorzystuje się ogrzewania. Uzyskany olej nie podlega modyfikacjom, np. mieszaniu z innymi olejami o korzystniejszym składzie tłuszczów (Wroniak i Rękas, 2016), zaś może natomiast być oczyszczany przez płukanie wodą, osadzanie, filtrowanie i wirowanie. Proces rafinacji oleju jest bardziej złożony. Obejmuje on odśluzowywanie (pozbawienie oleju substancji tworzących roztwory koloidalne oraz zawiesiny),

odkwaszanie (usunięcie wolnych kwasów tłuszczowych), odbarwianie oraz odwadnianie, czyli deodoryzację, podczas której usunięte zostają substancje smakowe i zapachowe (Niewiadomski, 1993). Ponadto w czasie otrzymywania oleju rafinowanego wydobywanie tłuszczu może być poprzedzone kondycjonowaniem w temperaturze wyższej niż 50°C oraz odbywać się z wykorzystaniem ekstrakcji, przez co następuje wzrost wydajności procesu (Górecka i in., 2003).

Górecka i in. (2003) w swoich badaniach wykazali, że olej tłoczony na zimno charakteryzuje się lepszą jakością od oleju tłoczonego na gorąco, którego jakość jest wyższa w porównaniu z olejem otrzymywanym metodą ekstrakcji. Proces rafinacji oleju obniża zawartość substancji pożądanых z żywieniowego punktu widzenia (np. polifenoli, karotenoidów), co wpływa na jego przydatność konsumpcyjną. Stosowane w przemyśle olejarskim sposoby rafinacji nie są selektywne, dlatego też pożądane substancje, które zostały usunięte podczas oczyszczania, często wprowadzane są z powrotem w dalszych etapach uszlachetniania (Niewiadomski, 1993). Nadrzędnym celem rafinacji jest eliminacja substancji sprzyjających samoutlenianiu, np. związków miedzi i żelaza (Radziemska i in., 2009), metali ciężkich i pestycydów, wielopierścieniowych węglowodorów aro-

matycznych i polichlorowanych bifenyli (Jankowski i in., 1998). Jednakże w olejach rafinowanych występować mogą izomery trans kwasów tłuszczowych powstające w wyniku obróbki termicznej. Różnice między olejami tłoczonymi na zimno i rafinowanymi nie ograniczają się jedynie do składu. Barwa oleju tłoczonego na zimno jest wyraźnie ciemniejsza, często zielonkawa (w związku z obecnością chlorofili) w odróżnieniu od słomkowego, jasnego koloru oleju rafinowanego. Rafinacja pozbawia także oleje swoistego dla nich smaku i zapachu (Wroniak i Krygier, 2006; Zychnowska i in., 2013), przez co zwiększają się kulinarne i przemysłowe możliwości ich zastosowania.

Właściwości oleju w dużej mierze zależą od jakości nasion. Tłuszcze uzyskane z niedojrzałych, uszkodzonych, skiełkowanych czy też suszonych w zbyt wysokiej temperaturze lub przechowywanych w niewłaściwych warunkach nasion charakteryzują się m.in. wysoką zawartością wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) oraz pogorszeniem właściwości sensorycznych (Niewiadomski, 1993; Radziemska i in., 2009; Masłowski i in., 2013).

Badając olej konopny Teh i Brich (2013) wykazali, na dominację w jego składzie chemicznym nienasyconych kwasów tłuszczowych (ponad 90%). Wśród wielonienasyconych kwasów tłuszczowych przeważa kwas linolowy (56,8%), α -linolowy (18,8%), oleinowy (9,6%) oraz gamma linolenowy (4,8%). Z kolei inne analizy nie dowiodły obecności w oleju konopnym kwasu erukowego i laurynowego (Uluata i Ozdemir, 2012). Ponadto wykazano, że zawartość związków fenolowych wynosi w oleju konopnym 4,11 mg/100 g oleju. Mińkowski i in. (2013) oraz Teh i Brich (2013) zbadali również zawartość związków o działaniu antyoksydacyjnym γ -tokoferolu (56 mg/100 g oleju) oraz związków fenolowych ogółem (188 mg/100g oleju). Oomah i in. (2002) podają, że zawartość karotenoidów występuje na poziomie między 2 a 5,3 mg/100 g oleju. Olej konopny w związku z przeważającą ilością nienasyconych kwasów tłuszczowych łatwo ulega samoutlenianiu, co przyczynia się do skrócenia czasu jego przechowywania (Pawlonka, 2011). Dzięki obecności związków o działaniu przeciwutleniającym (np. związki fenolowe, tokoferole, karotenoidy) osłabione zostaje działanie wolnych rodników, co potwierdziły testy z wykorzystaniem DPPH (Dymitros, 2006).

Cel badań

Celem badań było porównanie właściwości przeciwutleniających olejów tłoczonych na zimno oraz ich rafinowanych odpowiedników. Wartości parametrów decydujących o ich jakości technologicznej poddano ocenie na podstawie oznaczenia liczby kwasowej i nadtlenkowej.

Materiał i metoda

Materiał badawczy stanowiły trzy oleje konopne: dwa tłoczone na zimno, z których jeden został zakupiony u lokalnego producenta (rok produkcji 2017), a drugi pochodził ze sprzedaży detalicznej (data przydatności do spożycia 10.09.2017) oraz olej rafinowany, który najlepiej zużyć przed 17.10.2018. Wszystkie przechowywano w oryginalnych opakowaniach w lodówce, bez dostępu światła. Butelki

zawierające oleje otwarto tuż przed ich analizą. Olej rafinowany oraz pochodzący od komercyjnego producenta były szczelnie zamknięte w ciemnych, szklanych butelkach i zaplombowane. Próbkę zakupioną u lokalnego producenta zapakowana była w przezroczystą, szklaną butelkę z zerwaną plombą. Jest to niewłaściwe opakowanie dla wrażliwego na promieniowanie UV oraz łatwo utleniającego się oleju konopnego.

Oleje przebadano w kierunku oceny ich jakości, oznaczając metodą miareczkową liczbę kwasową (zgodnie z PN-EN ISO 660:2005) oraz liczbę nadtlenkową, którą wyznaczono metodą jodometryczną (wg PN-ISO 3960:1996).

Analizie poddano także właściwości przeciwutleniające. Pobrane próbki oleju konopnego ekstrahowano z użyciem metanolu, zgodnie z metodologią zaproponowaną przez Szydłowską-Czerniak i in. (2008). W tym celu 2g oleju wstrząsano z 10 cm³ metanolu przez godzinę, bez dostępu światła. Następnie próbki umieszczono w standardowej zamrażarce i wymrażano przez godzinę, aż do rozdzielenia się faz. Ekstrakt oddzielono od oleju, przenosząc go ilościowo do szklanych kolb i przechowywano w temperaturze -18°C do czasu analizy. Do oznaczenia aktywności przeciwutleniającej frakcji niepolarnych olejów, warstwę oleju oddzieloną po ekstrakcji metanolem rozpuszczono w 5 cm³ octanu etylu wg metodyki Espin i in. (2000). Analizę aktywności przeciworodnikowej ekstraktów prowadzono z zastosowaniem odczynnika wolnego rodnika DPPH według metody zaproponowanej przez Sanchez-Moreno i in. (1998) i zmodyfikowanej przez Sielicką i Samotyja (2013). W tym celu użyto roztworu metanolowego DPPH o stężeniu 0,025 mg/ml. Rodnik DPPH jest stabilny w normalnych warunkach, zaś w obecności przeciwutleniacza jest redukowany, czemu towarzyszy zmiana koloru roztworu z fioletowego na żółty. Spadek absorbancji zmierzono za pomocą spektrofotometru przy długości fali 515 nm. Aktywność przeciwutleniacza została wyrażana jako procentowa redukcja rodnika DPPH po inkubacji próbki w czasie 10 minut w stosunku do próby kontrolnej według poniższego równania:

$$\% \text{pozostałości rodnika DPPH} = \frac{[\text{DPPH}]_{\text{rem}}}{[\text{DPPH}]_{\text{T0}}} \cdot 100[\%]$$

w którym:

- $[\text{DPPH}]_{\text{rem}}$ – wartość absorbancji roztworu po dodaniu ekstraktu metanolowego oleju,
- $[\text{DPPH}]_{\text{T0}}$ – wyjściowa wartość absorbancji roztworu rodnika.

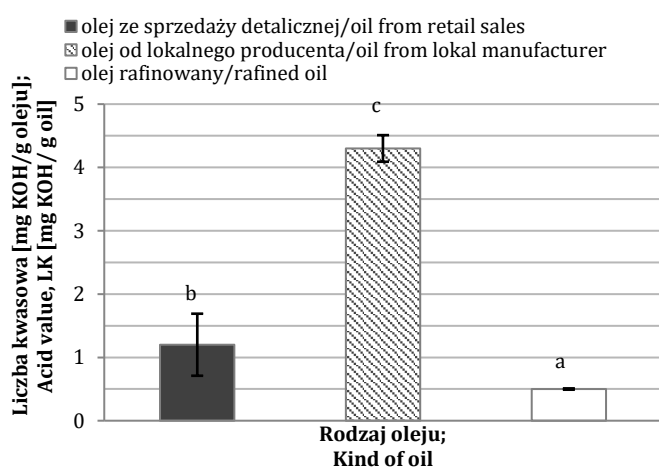
Stężenie rodnika w próbce w trakcie inkubacji wyznaczono na podstawie zmiany absorbancji.

Wyniki dotyczące liczby kwasowej, liczby nadtlenkowej oraz aktywności przeciwutleniającej frakcji polarnej i niepolarnych opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica 12. Otrzymane wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA) oraz zbadano istotność różnic wykorzystując test Tukey'a. Wartości oznaczone na wykresach różnymi literami różnią się istotnie statystycznie na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Do stwierdzenia zależności między wybranymi

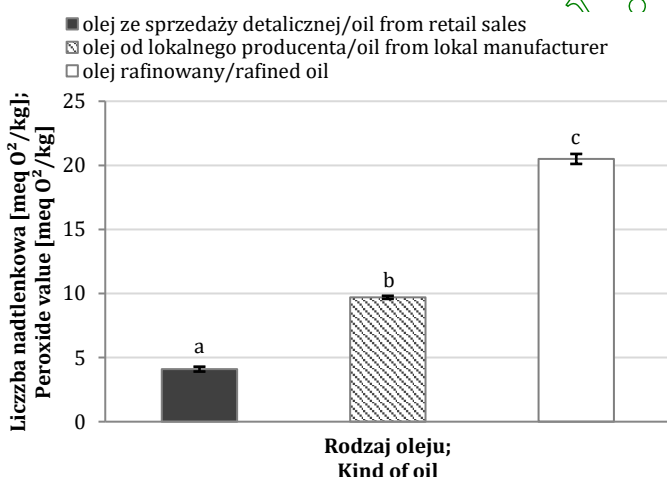
właściwościami olejów konopnych zastosowano współczynnik korelacji liniowej (Pearsona).

Wyniki i ich omówienie

Badane oleje konopne otrzymywane podczas tłoczenia na zimno charakteryzowały się swoistym orzechowym zapachem oraz zielonkawą barwą, przy czym olej od lokalnego producenta był ciemniejszy, miał mniejszą klarowność, zawierał osad, a w jego zapachu wyczuwalne były „rybie nuty”. Ciemniejsza barwa może wynikać ze stosowania zbyt wysokiej temperatury podczas tłoczenia (Maniak i in., 2012) lub autoutleniania oleju. Natomiast zmiany zapachu mogą być związane z autooksydacją i starzeniem się tłuszczu. Olej rafinowany pozbawiony był aromatu i zielonkawego odcienia, co jest właściwe dla olejów otrzymywanych tą metodą.



Rys. 1. Średnia liczba kwasowa w analizowanych próbkach olejów
Fig. 1. The average of acid value on analyzed oil samples



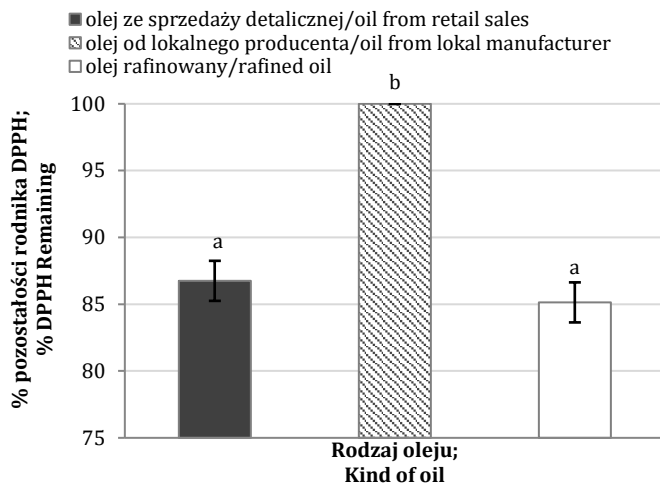
Rys. 2. Średnia liczba nadtlenkowa w analizowanych próbkach olejów
Fig. 2. The average of peroxide value on analyzed oil samples

Na rysunku 1 przedstawiono uśrednioną liczbę kwasową w zależności od rodzaju analizowanego oleju. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że liczba kwasowa (LK), odpowiadająca ilości wolnych kwasów tłuszczowych w oleju wahała się od 0,5 (dla oleju rafinowanego) do 4,3 mg KOH/g oleju (dla oleju tłoczonego na zimno, pochodzą-

cego od lokalnego producenta) (rys. 1). Zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie maksymalna wartość liczby kwasowej dla oleju tłoczonego na zimno wynosi 4,0 mg KOH/g tłuszczu, natomiast dla tłuszczu roślinnego rafinowanego wartość ta jest niższa i nie może przekraczać 0,3 mg KOH/g tłuszczu (PN-EN ISO 660:2005).

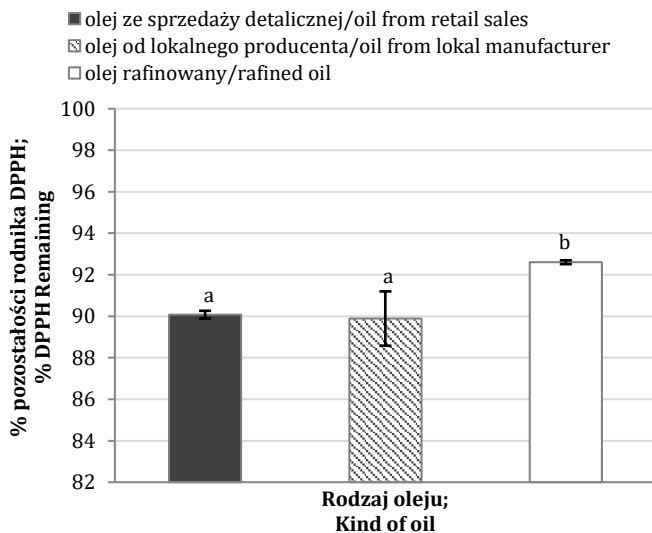
Na rysunku 2 zestawiono średnie wartości dla liczby nadtlenkowej każdego rodzaju oleju. Liczba nadtlenkowa (LOO) określająca ilość pierwotnych produktów utlenienia (nadtlenków i wodoronadtlenków) wahała się od 4,1 (w przypadku komercyjnego oleju tłoczonego na zimno) do 20,5 milirównoważników tlenu/kg oleju (dla oleju rafinowanego). Według normy liczba nadtlenkowa nie powinna przekraczać 15, a w przypadku oleju rafinowanego 10 milirównoważników tlenu/kg oleju.

Wymagania stawiane przez Polską Normę (PN-EN ISO 660:2005) w zakresie ilości wolnych kwasów tłuszczowych i zawartości nadtlenków spełnił tylko olej tłoczony na zimno pochodzący z komercyjnego źródła. Przeprowadzona analiza wyników wskazuje na istotne statystycznie różnice w zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w badanych próbkach. W przypadku oleju tłoczonego na zimno przez lokalnego producenta, liczba kwasowa była istotnie wyższa od pozostałych i przekroczyła nieznacznie o 0,3 mg KOH/g oleju dopuszczalną wartość (4 mg KOH/g oleju) określoną przez Polski Komitet Normalizacyjny. Natomiast olej konopny rafinowany nie spełniał wymogów stawianych tej grupie tłuszczów pod względem liczby kwasowej (oznaczona wartość była wyższa o 0,2 mg KOH/g oleju od dopuszczalnej) i nadtlenkowej (dwukrotnie wyższa niż wskazana w PN-EN ISO 660:2005). Wartości liczby nadtlenkowej określone dla poszczególnych prób różniły się istotnie statystycznie. Znacząco wyższa od pozostałych była zawartość pierwotnych produktów utlenienia w oleju rafinowanym. Natomiast komercyjny olej tłoczony na zimno charakteryzował się istotnie niższą wartością liczby nadtlenkowej w porównaniu do oleju tłoczonego przez lokalnego producenta. Trudno jednoznacznie wskazać przyczynę przekroczenia dopuszczalnych wartości liczby kwasowej i nadtlenkowej. Na wysoki poziom wolnych kwasów tłuszczowych w oleju mają wpływ zmiany oksydacyjne i hydrolityczne tłuszczu, będące wynikiem wzrostu aktywności enzymów lipolitycznych wskutek uszkodzenia nasion (Krygier i in., 2000). Również użycie do tłoczenia nasion suszonych w zbyt wysokich temperaturach przekłada się na zwiększenie ilości nasion uszkodzonych, zmiany barwy i składu chemicznego co powoduje wzrost ilości nasyconych kwasów tłuszczowych oraz podwyższenie liczby kwasowej i nadtlenkowej (Kachel i in., 2005). Tańska i Rotkiewicz (2003) wykazały w swoich badaniach, że wyższe wartości liczby nadtlenkowej występują w olejach przechowywanych w bezbarwnym szkle w porównaniu do tych przechowywanych w butelkach z ciemnego szkła. Porównanie LOO analizowanego oleju od lokalnego producenta i z komercyjnego źródła sugerują wpływ opakowania na autooksydację tłuszczu. Również Maniak i in. (2012) analizując próbki pochodzących z Lubelszczyzny olejów tłoczonych na zimno odnotowali podwyższenie liczb kwasowej i nadtlenkowej. Jako przyczynę tego stanu wskazali długi okres lub niewłaściwe warunki przechowywania.



Rys. 3. Średnia aktywność przeciwutleniająca frakcji niepolarniej olejów konopnych

Fig. 3. The average antioxidant activity of the nonpolar fraction of hemp oils



Rys. 4. Średnia aktywność przeciwutleniająca frakcji polarnej olejów konopnych

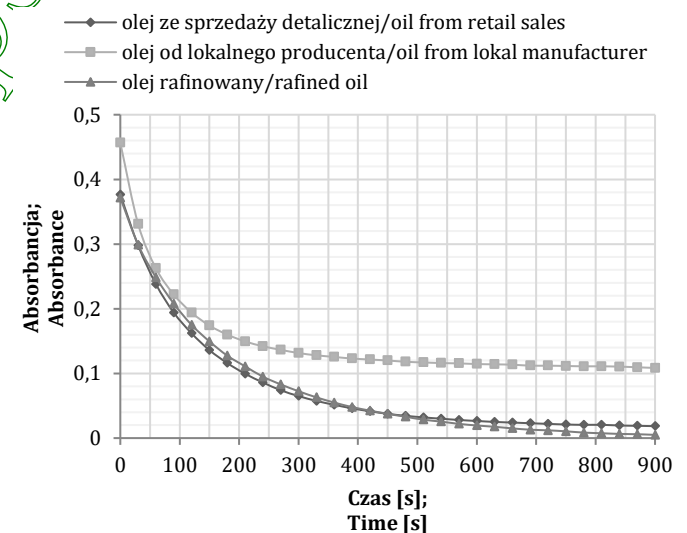
Fig. 4. The average antioxidant activity of the polar fraction of hemp oils

Właściwości antyoksydacyjne wskazują na niską zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym we wszystkich badanych próbkach oleju konopnego (rys. 3 i 4). Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono istnienie silnej korelacji ($r=0,83$) między wartością liczby nadtlenkowej frakcji polarnej oleju konopnego a procentem niezredukowanego rodnika DPPH. Wskazuje to zmniejszanie właściwości antyoksydacyjnych przez nadtlenki i wodorotlenki obecne w badanej frakcji oleju. W badaniach przeprowadzonych przez Mińkowskiego i in. (2013) oznaczono wysoką zawartość związków fenolowych w oleju konopnym. Analizując olej konopny, feniankowy, lniany i żmijowcowy, największe stężenie fenoli autorzy uzyskali właśnie w oleju konopnym. Inne analizy wykazały, że próbka tłoczona na zimno oleju konopnego cechowała się zawartością blisko 60% niezredukowanego rodnika (Yu i in., 2005).

Ze względu na rozmieszczenie związków przeciwrodnikowych w dwóch różnych frakcjach (polarnej i niepolarniej),

które ekstrahowane były przy użyciu różnych rozpuszczalników (odpowiednio metanol i octan etylu) nie właściwym jest jednostkowe zestawienie ich potencjału antyoksydacyjnego. Porównując zdolność do neutralizacji rodnika DPPH frakcji niepolarniej olejów konopnych wykazano, że próbka pochodząca z oleju tłoczonego na zimno zakupiona od lokalnego wytwórcy cechowała się istotnie niższą aktywnością od pozostałych. Analizy aktywności przeciwutleniających frakcji polarnej wykazały istotnie większe stężenie niezredukowanego rodnika DPPH w próbce oleju rafinowanego. Arranz i in. (2008) zaobserwowali, że aktywność antyrodnikowa frakcji polarnej była wyższa niż aktywność przeciwutleniająca frakcji niepolarniej tego samego oleju. Odmienne wyniki, świadczące o większych zdolnościach antyoksydacyjnych uzyskano badając olej z pestek dyni (Espin i in., 2000).

Uzyskane wyniki nie pozwalają na jednoznaczne określenie, który ze sposobów pozyskiwania oleju (tłoczenie na zimno czy rafinacja) pozwala na uzyskanie produktu o większych właściwościach przeciwutleniających. Wroniak i Krygier (2006) wykazali, że oleje rafinowane cechują się większą stabilnością oksydacyjną, co związane jest z procesem produkcji, podczas którego usuwane są związki sprzyjające autoutlenianiu (np. metale, barwniki chlorofilowe). Jednakże w przypadku oliwy z oliwek podczas rafinacji, poza niepożądanymi i sprzyjającymi utlenianiu związkami ekstrahowane są związki fenolowe o wysokim potencjale antyoksydacyjnym. W wyniku zmian w składzie chemicznym oliwa rafinowana jest mniej stabilna oksydacyjnie od oliwy extra virgin.



Rys. 5. Wygaszenie rodnika DPPH przez ekstrakty metanolowe frakcji niepolarniej olejów konopnych

Fig. 5. Scavenging of the DPPH radical by methanol extracts of the nonpolar fraction of hemp oils

Badanie wiązania rodników DPPH przez układ przeciwutleniaczy zawarty w testowanych olejach konopnych wykazało, że kinetyka reakcji w poszczególnych próbkach różniła się (rys. 5). Najlepszymi właściwościami wygaszającymi rodnik DPPH wykazała się próbka zawierająca rafinowany olej konopny. W czasie 15 minut prowadzenia analizy przeciwutleniacze w niej zawarte zneutralizowały rodnik

w blisko 100%. Zbliżoną aktywnością cechowała się próbka oleju ze sprzedaży detalicznej. Najmniejsze zdolności do zmiatania wolnego rodnika charakteryzowały próbkę oleju od lokalnego producenta. Ponadto olej z lokalnego rynku poza najniższą efektywnością wiązania rodnika w czasie 15 min. (czas badania) miał najwyższy udział niezredukowanego rodnika DPPH podczas pierwszego pomiaru (rys. 3). Górnaś i in. (2005) podają, że rafinowany olej sojowy miał wyższą efektywność wiązania rodnika DPPH od oleju sojowego tłoczonego na zimno, natomiast wyniki analiz uzyskane podczas badań oleju słonecznikowego tłoczonego na zimno i rafinowanego wykazały zbliżoną kinetykę wiązania DPPH.

Wnioski

Poddając analizie próbki olejów konopnych tłoczonych na zimno (zakupionych od lokalnego producenta i w handlu detalicznym) oraz oleju rafinowanego wykazano, że:

1. Spośród testowanych olejów jedynie olej konopny tłoczony na zimno pochodzący ze sprzedaży detalicznej spełniał wymagania stawiane przez normy dotyczące zawartości wolnych kwasów tłuszczowych (LK) oraz ilości pierwotnych produktów utleniania (LOO). W pozostałych analizowanych próbkach liczba kwasowa i nadtlenkowa zostały przekroczone.
2. Wszystkie badane oleje konopne charakteryzowały się niską zdolnością do redukcji rodnika DPPH.
3. Najefektywniej rodnik DPPH usuwany był z roztworu przez związki przeciwutleniające zawarte we frakcji niepolarniej oleju konopnego rafinowanego oraz jego odpowiednika tłoczonego na zimno pochodzącego z rynku detalicznego.
4. Nie można jednoznacznie ocenić, który ze sposobów otrzymywania oleju konopnego pozwala na uzyskanie produktu o najlepszych właściwościach przeciwutleniających.

Bibliografia

Arranz, S., Perez-Jimenez, J., Saura-Calixto, F. (2008). Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. *European Food Research and Technology*, 227, 425–431. DOI: [10.1007/s00217-007-0737-2](https://doi.org/10.1007/s00217-007-0737-2).

Codex Standard, (2015). *19–1981 Standard for edible fats and oils not covered by individual standards*. Codex Alimentarius International Food Standards.

Dymitros, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidant. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 505–512. DOI: [10.1016/j.tifs.2006.04.004](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.004).

Espin, J.C., Soler-Rivas, C., Wichers, H. J. (2000). Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 648–656. DOI: [10.1021/jf9908188](https://doi.org/10.1021/jf9908188).

Górecka, A., Wroniak, M., Krygier, K. (2003). Wpływ ogrzewania nasion rzepaku na jakość wyłoczonego oleju. *Rośliny Oleiste*, 24, 567–576.

Górnaś, P., Siger, A., Nogala-Kałużka, M., Polewski, K. (2005). Porównanie zmian oksydacyjnych i efektywności wiązania wolnych rodników w trakcie przechowywania olejów roślinnych tłoczonych na zimno oraz ich

rafinowanych odpowiedników. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(43) Supl., 41–51.

Kachel, M., Szpryngiel, M., Rybacki, R., Tys, J. (2005). Wpływ temperatury suszenia na jakość nasion rzepaku. *Inżynieria Rolnicza*, 6, 275–285.

Jankowski, P. S., Karpiński, R., Cozel, A., Krygier, K., Cieślak, B., Bartnikowska, E., Obiedziński, M.W. (1998). Badania porównawcze wybranych skażeń chemicznych w olejach roślinnych. *Rośliny Oleiste*, 19, 279–289.

Krygier, K., Wroniak, M., Grześkiewicz, S., Obiedziński, M. (2000). Badanie wpływu zawartości nasion uszkodzonych na jakość oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste*, 21, 587–596.

Maniak, B., Zdybel, B., Bogdanowicz, M., Wójcik, J. (2012). Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych tradycyjnych olejów roślinnych produkowanych na ziemi lubelskiej. *Inżynieria Rolnicza*, 3(138), 101–107.

Masłowski, A., Andrejko, D., Ślaska-Grzywna, B., Sagan, A., Szmigielski, M., Mazur, J., Rydzak, L., Sobczak, P. (2013). Wpływ temperatury i czasu przechowywania na wybrane cechy jakościowe oleju rzepakowego, lnianego i lniankowego. *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), 1, 115–124.

Mińkowski, K., Zawada, K., Ptasznik, S., Kalinowski, A. (2013). Wpływ związków fenolowych nasion na stabilność oksydacyjną i aktywność antyrodnikową wytłoczonych z nich olejów bogatych w PUFA n–3. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(89), 118–132.

Niewiadomski, H. (1993). *Technologia tłuszczów jadalnych*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN 83-204-1484-9.

Omah, D.B., Busson, M., Godfrey, D.V., Drover, J.C.G. (2002). Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry*, 76, 33–43. DOI: [10.1016/S0308-8146\(01\)00245-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00245-X).

PN-A-86908:2000. *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce-Rafinowane oleje roślinne*.

PN-EN ISO 660:2005. *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce-Oznaczenie liczby kwasowej i kwasowości*.

PN-ISO 3960:1996. *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce-Oznaczenie liczby nadtlenkowej*.

Pawłonica, M. (2011). Nowoczesne technologie w produkcji rzepaku. *Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie*, Falenty.

Radziemska, E., Lewandowski, W., Szukalska, E., Tynek, M., Pustelnik, A., Ciunel, K. (2009). Biopaliwa z rzepaku. Przygotowanie surowca do otrzymywania biodiesla w warunkach gospodarstwa rolnego oraz pilotowe metanolizy. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia*, 14 (1–2), 79–84.

Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J., Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 270–276. DOI: [10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9).

Sielicka, M., Samotyja, U. (2013). Solvent influence on antioxidant activity assay of selected cold-pressed plant oils. *PhD Interdisciplinary Journal*, 1, 67–74.

Szydłowska-Czerniak, A., Karlovits, G., Dianoczki, C., Recseg, K., Szyłyk, E. (2008). Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oil. *Journal of the American Oil Chemists'*

- Society*, 85, 141–149. DOI: [10.1007/s11746-007-1178-6](https://doi.org/10.1007/s11746-007-1178-6).
- Tańska, M., Rotkiewicz, D. (2003). Stopień przemiany lipidów wybranych olejów roślinnych i konsumpcyjnych nasion oleistych. *Tłuszcze Jadalne*, 38, 3–4, 147–155.
- Teh, S.S., Brich, J. (2013). Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), 26–31. DOI: [10.1016/j.jfca.2013.01.004](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.01.004).
- Uluata, S., Ozdemir, N. (2010). Antioxidant activities and oxidative stabilities of some unconventional oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89, 551–559. DOI: [10.1007/s11746-011-1955-0](https://doi.org/10.1007/s11746-011-1955-0).
- Wroniak, M., Krygier, K. (2006). Oleje tłoczone na zimno. *Przemysł Spożywczy*, 7, 30–34.
- Wroniak, M., Rękas, A. (2016). Trendy w produkcji tłuszczów roślinnych, *Innowacyjne rozwiązania w technologii żywności i żywieniu człowieka*. Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków, ISBN 978-83-937001-8-9.
- Yu, L.L., Zhou, K.K., Parry, J. (2005). Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils. *Food Chemistry*, 91, 723–729. DOI: [10.1016/j.foodchem.2004.06.044](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.044).
- Zychnowska, M., Pietrzak, M., Krygier, K. (2013). Porównanie jakości oleju rzepakowego tłoczonego na zimno i rafinowanego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 575, 131–138.

Katarzyna Olesińska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Katedra Roślin Przemysłowych i Lecznicych

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

e-mail: katarzynaolesinska@tlen.pl