

## WPLYW WILGOTNOŚCI NASION RZEPAKU I TEMPERATURY PRZECHOWYWANIA NA ZMIANY ICH JAKOŚCI TECHNOLOGICZNEJ\*

*Marzena Gawrysiak-Witulska<sup>1</sup>, Jolanta Wawrzyniak<sup>1</sup>, Robert Rusinek<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

<sup>2</sup>Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk

ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

e-mail: wima@up.poznan.pl

**Streszczenie.** Celem pracy było zbadanie wpływu niewłaściwych warunków przechowywania nasion rzepaku na przyrost wolnych kwasów tłuszczowych w wyekstrahowanym oleju. Materiałem badanym były nasiona rzepaku odmiany Californium przechowywane w komorze termostaticznej (25 i 30±1°C) wyposażonej w trzy aparaty higrostatyczne służące do utrzymania wilgotności względnej powietrza na stałym poziomie. Przed rozpoczęciem eksperymentu rzepak nawilżano do wilgotności 10, 12,5, 15,5% (w.b). Nasiona przechowywano do czasu, aż ich zdolność kiełkowania obniżyła się poniżej 75%. Wykazano, że podczas przechowywania nasion o wilgotności 15,5% w temperaturze 25 i 30°C wzrost liczby kwasowej powyżej poziomu 3 mg KOH g<sup>-1</sup> następował wcześniej niż obniżenie energii kiełkowania poniżej 75%. W przypadku nasion o wilgotności 10 i 12,5% nie odnotowano takiej zależności. Ponadto wzrost temperatury przechowywania z 25 do 30°C powodował ponad dwukrotny wzrost stałej przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych dla nasion o wilgotności 10% oraz prawie trzykrotny dla nasion o wilgotności 15,5%.

**Słowa kluczowe:** rzepak, olej, przechowywanie, jakość, liczba kwasowa

### WSTĘP

Rzepak należy do podstawowych roślin oleistych uprawianych na świecie. W ciągu ostatnich 20 lat jego roczna produkcja wzrosła do poziomu 65 mln ton. Polska z produkcją na poziomie 2 mln ton jest jednym z czołowych producentów rzepaku w Europie (<http://www.faostat.fao.org>). Rzepak od wielu lat jest przedmiotem wielu programów badawczych, których zadaniem jest jego udoskonalenie.

---

\* Pracę wykonano w ramach projektu nr PBS2/A8/22/2013, finansowanego przez NCBiR w latach 2013-2016.

Prowadzone badania pozwoliły na uzyskanie odmian o pożądanej proporcji kwasów tłuszczowych oraz zwiększonej zawartości związków biologicznie aktywnych, takich jak sterole i tokoferole. Olej rzepakowy, wśród innych olejów, charakteryzuje się najbardziej zbliżoną do zalecanej przez dietetyków proporcją kwasów z rodziny n-6 i n-3 (Booth i in. 2004, Möllers 2004). Obecnie rzepak stanowi cenny surowiec do produkcji oleju, natomiast uzyskane podczas jego wytwarzania produkty uboczne mogą być wykorzystane jako wartościowa pasza wysokobiałkowa.

Jakość oleju pozyskiwanego z rzepaku zależy przede wszystkim od stanu nasion wykorzystanych do jego produkcji. Nasiona rzepaku zbierane w Polsce mają wilgotność zależną od terminu i sposobu zbioru oraz panujących wówczas warunków atmosferycznych. Rzekapak zbierany w optymalnym czasie, podczas słonecznej pogody, zawiera 7-9% wody, natomiast zbierany podczas deszczy nawet do 20% wilgoci. W Polsce zaleca się suszenie nasion przeznaczonych do długotrwałego przechowywania do wilgotności 7% (Kasprzycka i in. 2010). Po zakończeniu procesu suszenia nasiona należy schłodzić. W celu zapewnienia ciągłości produkcji zakładów tłuszczowych nasiona te należy następnie bezpiecznie przechowywać. Najczęściej odbywa się to w zbiornikach i silosach, w których nasiona tworzą pewien ekosystem. Podczas długotrwałego przechowywania rzepaku bardzo istotne jest zachowanie odpowiednich warunków temperaturowo-wilgotnościowych, dlatego konieczne jest ciągle monitorowanie stanu nasion (Rusinek i Kobyłka 2014). Wysuszenie i schłodzenie nasion nie gwarantuje ich bezpiecznego przechowywania. Podczas długotrwałego przechowywania nasion w silosach może dochodzić do migracji wilgoci wywołanej ogrzewaniem południowych ścian magazynu. W rezultacie cieplejsze warstwy nasion są nieznacznie suszone, natomiast zimniejsze ulegają powtórnemu nawilżeniu. Powtórne nawilżenie nasion może wynikać również z zaniedbań w okolicy wlotu powietrza do silosu (Ryniecki 2005). Podwyższona zawartość wody w nasionach intensyfikuje proces oddychania nasion, zwiększa aktywność zawartych w nich enzymów oraz sprzyja rozwojowi mikroflory, co w określonych warunkach powoduje zagrzewanie się mas nasiennych (Pronyk 2006). Następstwem wzrostu temperatury jest przyspieszenie przebiegu zachodzących w nasionach niekorzystnych przemian chemicznych i biochemicznych. Wzrost temperatury przechowywania przyczynia się do wzrostu zawartości produktów hydrolizy i utleniania lipidów w nasionach rzepaku oraz wpływa na profil kwasów tłuszczowych (Krasucki i in. 2002). W przypadku rzepaku zjawiska te potęguje delikatniejsza niż w zbożach okrywa nasenna oraz wysoka zawartość tłuszczu, który szczególnie w uszkodzonych nasionach wzmacnia intensywność niekorzystnych procesów biologicznych i chemicznych (Tys i Rybacki 2001). W uszkodzonych nasionach zwiększa się aktywność drobnoustrojów i enzymów, co prowadzi do obniżenia jakości, a nawet do zniszczenia surowca. Zjawiska te są szczególnie niebezpieczne w nasionach wilgotnych,

nadmiernie obciążonych oraz przechowywanych w zbyt wysokiej temperaturze, w których lokalne wysokie gradienty mogą wynikać z braku możliwości przewietrzania (Tys i Rybacki 2001).

Celem pracy było zbadanie wpływu niekorzystnych warunków przechowywania nasion rzepaku na przyrost wolnych kwasów tłuszczowych w wyekstrahowanym oleju. W tym celu przechowywano nasiona o wilgotności powyżej 9% w temperaturach powyżej 20°C.

### MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano nasiona rzepaku odmiany Californium. Eksperymenty prowadzono dla trzech różnych poziomów wilgotności nasion: 10, 12,5 i 15,5%. Przed rozpoczęciem każdego doświadczenia nasiona nawilżano. W tym celu 3 kg próbki nasion zraszano odpowiednią ilością wody, pakowano w worki polietylowe i przechowywano w chłodni o temperaturze 5°C przez 24 h. Po tym zabiegu, przed rozpoczęciem eksperymentu, powtórnie kontrolowano wilgotność nasion. Ilość wody wykorzystanej do zraszania próbek rzepaku w celu uzyskania założonych wilgotności nasion  $\Delta_{mw}$  określano zgodnie z zależnością:

$$\Delta_{mw} = m \frac{W_1 - W_0}{100 - W_1} \quad (1)$$

gdzie:  $\Delta_{mw}$  – masa dolanej wody (kg),  $m$  – masa materiału o wilgotności  $W_0$  (kg),  $W_1$  – wilgotność oczekiwana (%),  $W_0$  – wilgotność początkowa (%).

Wilgotność materiału przed i po nawilżaniu wyznaczano metodą suszarkową.

Próbki rzepaku przechowywano w stałych warunkach wilgotnościowo-temperaturowych. Aby zapobiec osuszaniu nasion lub dalszemu ich nawilżaniu, umieszczono je w specjalnie do tego celu skonstruowanej komorze termostatu higrostatycznej. Komora na swym wyposażeniu miała trzy aparaty higrostatyczne wyposażone w wentylatory, w których znajdowały się nasycone roztwory soli. Wentylatory wymuszały stały przepływ powietrza z nad roztworów soli przez warstwę rzepaku. W doświadczeniach użyto nasyconych roztworów soli: NaCl, KCl and BaCl<sub>2</sub>. Wybrane i użyte nasycone roztwory soli pozwoliły na utrzymanie w przestrzeniach międzynasiennych rzepaku wilgotności względnej powietrza na poziomie 75, 85 i 91%, co odpowiadało w przybliżeniu zadanej wilgotności równowagowej nasion rzepaku na poziomie 10, 12,5 i 15,5%.

Wilgotność względną powietrza, równowagową dla zadanej wilgotności nasion przeznaczonych do przechowywania, ustalono na podstawie równania Halsey'a (ASAE Standards 2000).

$$\varphi = \exp\left[-\frac{\exp(3,489 - 0,010553 \cdot t)}{(100u)^{1,86}}\right] \quad (2)$$

gdzie:  $\varphi$  – wilgotność równowagowa powietrza (uł.),  $t$  – temperatura, ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $u$  – zawartość wody w nasionach, ( $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)

Zależność ta umożliwiła ustalenie równowagowej wilgotności względnej powietrza dla wilgotności nasion rzepaku w określonej temperaturze oraz dobranie odpowiedniego roztworu soli nasyconej.

Podczas trwania doświadczeń przez cały czas kontrolowano temperaturę w warstwach nasion oraz ich wilgotność. Temperaturę w warstwach nasion rzepaku mierzono przy użyciu termoelementów Cu-Konstantan (typ EE21-FT6B53/T24), natomiast wilgotność względną powietrza mierzono za pomocą sond z czujnikami pojemnościowymi. Termoelementy i czujniki wilgotności podłączono do komputerowego systemu akwizycji danych I-7018 firmy ICP-CON. Przeprowadzono dwa eksperymenty. Nawilżone nasiona rzepaku przechowywano w temperaturze 25 i 30 $^{\circ}\text{C}$ . Podczas przechowywania nasion co 6 dni pobierano próbki do analiz. W nasionach oznaczano zdolność kiełkowania oraz ekstrahowano z nich olej. W uzyskanym oleju oznaczano liczbę kwasową. Każde z doświadczeń prowadzono do czasu, gdy zdolność kiełkowania nasion obniżyła się poniżej 75%.

#### **Oznaczenie zdolności kiełkowania**

W celu oznaczenia zdolności kiełkowania pobierano 50 losowo wybranych nasion rzepaku, które umieszczano na bibule filtracyjnej znajdującej się na płytce Petriego i zalewano wodą destylowaną. Następnie próby inkubowano w temperaturze 25 $^{\circ}\text{C}$  przez 4 dni. Po tym czasie płytki otwierano i inkubowano przez kolejne 3 dni. Po zakończeniu czasu inkubacji liczono wykiełkowane nasiona. Wynik wyrażano w procentach wykiełkowanych nasion (Pronyk i in. 2006)

#### **Oznaczanie wilgotności nasion**

Wilgotność nasion określano za pomocą wagosuszarki (MA150 Sartorius Mechatronics, Polska). Podczas pomiaru próbki zmielonego rzepaku o masie 5 g suszono w temperaturze 115 $^{\circ}\text{C}$  do stałej masy. Dokładność pomiaru wagosuszarki wynosiła 0,05% (w.b). Wagosuszarka wcześniej została skalibrowana za pomocą metody suszarkowej zgodnie z PL-EN SO 665 (2004).

#### **Ekstrakcja oleju**

Olej z nasion rzepaku ekstrahowano, stosując procedurę zaproponowaną przez Folcha i in. (1957). Nasiona rozdrabniano i homogenizowano z mieszaniną

chloroform:metanol (2:1 v / v). Rozpuszczalnik przemywano wodą, wytrząsano przez kilka sekund, po czym wirowano (2000 obrotów na minutę) w celu rozdzielania dwóch faz. Warstwę chloroformową zbierano i odparowywano pod zmniejszonym ciśnieniem z użyciem wyparki próżniowej Buchi R 215 (Büchi Labor-technik AG, Flawil, Szwajcaria).

#### **Oznaczanie liczby kwasowej**

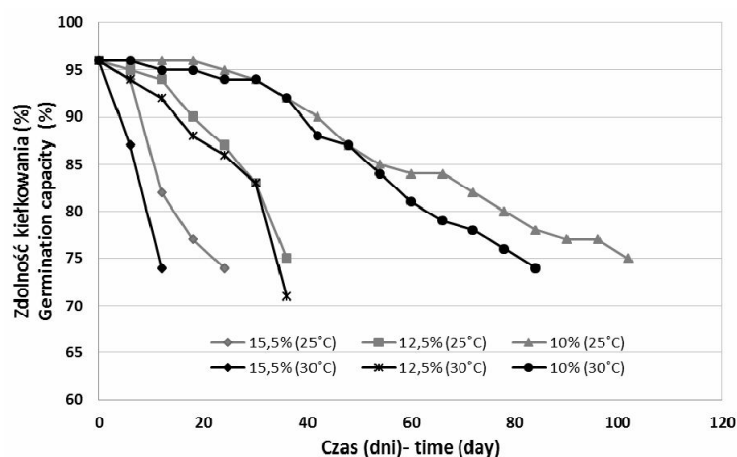
Liczbę kwasową w wyekstrahowanym z nasion oleju oznaczano zgodnie z normą PN-ISO 660 „Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości”. Wartość liczby kwasowej wyrażono jako ilość KOH (w miligramach) wobec fenoloftaleiny, konieczną do zobojętnienia wolnych kwasów tłuszczowych zawartych w 1 g oleju.

#### **Analiza statystyczna**

Przedstawione wyniki stanowią średnią z trzech równoległych oznaczeń zdolności kiełkowania oraz liczby nadtlenczkowej. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej, wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Wszystkie obliczenia i analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem programu komputerowego STATISTICA 10.

### **WYNIKI I DYSKUSJA**

Zdolność kiełkowania jest dobrym wskaźnikiem ogólnej jakości nasion rzepaku. Podczas przechowywania nasion o wilgotności powyżej 9% wskaźnik ten może ulec obniżeniu. Dzieje się tak, gdyż zawarta w nasionach woda powoduje wzmożoną aktywność enzymów, zwiększa intensywność oddychania, rozwój mikroorganizmów oraz wystąpienie zjawiska samonagrzewania. Graniczna wilgotność 9% jest niższa niż w przypadku zbóż. Dzieje się tak, gdyż tłuszcz zawarty w nasionach nie wchłania wody. Oznacza to, że w nasionach o wilgotności 9% i zawartości tłuszczu 45% wilgotność substancji beztłuszczowych wynosi 16%, natomiast w nasionach o wilgotności 10% już 18% (Tys i Rybacki 2001). Zdolność kiełkowania podczas przechowywania nasion rzepaku na skutek niekorzystnych przemian chemicznych i biochemicznych może ulegać obniżeniu i dlatego może być stosowana jako wyznacznik czasu ich bezpiecznego przechowywania (Pronyk 2006). Zmiany zdolności kiełkowania podczas zaaranżowanych niekorzystnych warunków przechowywania poszczególnych próbek nasion przedstawiono na rys. 1, natomiast równania regresji opisujące te zmiany w tabeli 1. Użyte w doświadczeniu nasiona odmiany Californium bezpośrednio po zbiorze posiadały energię kiełkowania na poziomie 96%.



**Rys. 1.** Zmiany zdolności kiełkowania w rzepaku przechowywanym w temperaturze 25 i 30°C w zależności od wilgotności nasion

**Fig. 1.** Change of the germination capacity in rapeseed stored at 25 and 30°C depending on the seed moisture content

**Tabela 1.** Równania regresji liniowej opisujące zmiany zdolności kiełkowania nasion rzepaku przechowywanych w temperaturze 25 i 30°C w zależności od ich wilgotności

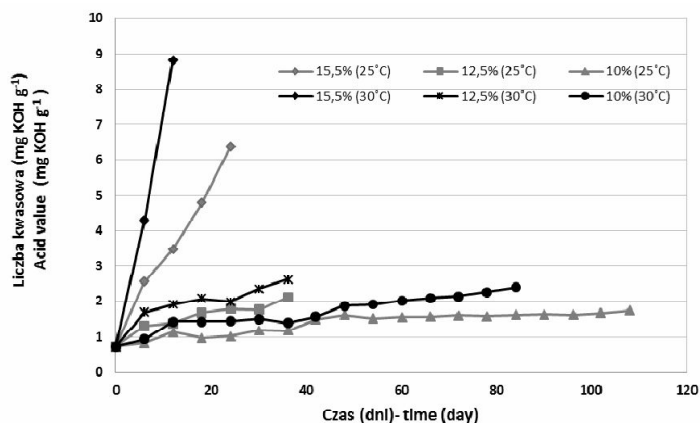
**Table 1.** Equations of linear regression describing the changes in germination of rapeseeds stored at 25 and 30°C depending on their moisture content

Wilgotność Moisture content (%)	Temperatura / Temperature (°C)	
	25	30
10	$y = -0,24 x + 98,87$	$y = -0,29 x + 99,44$
12,5	$y = -0,56 x + 98,65$	$y = -0,61 x + 98,18$
15,5	$y = -1,02 x + 96,80$	$y = -1,83 x + 96,67$

W trakcie prowadzenia eksperymentów obserwowano obniżenie zdolności kiełkowania dla wszystkich przechowywanych próbek. Czas, w którym zdolność kiełkowania obniżyła się poniżej 75%, był tym krótszy, im wyższa była wilgotność nasion i temperatura ich przechowywania. Dla nasion o wilgotności 15,5% przechowywanych w temperaturze 25°C zdolność kiełkowania obniżyła się poniżej 75% po 24 dniach, dla nasion o wilgotności 12,5% zdolność kiełkowania obniżyła się po 36 dniach, a dla nasion o wilgotności 10% spadek zdolności kiełkowania odnotowano po 108 dniach. Podczas przechowywania nasion w temperaturze 30°C czas obniżania zdolności kiełkowania był krótszy i wynosił odpowiednio 12, 36 i 84 dni. We wcześniejszych badaniach Gawrysiak-Witulskiej i in. (2015) czas zmniejszenia zdolności kiełkowania do poziomu 75% był również

tym krótszy, im wyższa była wilgotność nasion i temperatura przechowywania. Przeprowadzone badania dla nasion o wilgotności 10% ukazują, że obniżenie zdolności kiełkowania poniżej 75% trwało o 6 dni dłużej niż w przypadku wyników uzyskanych przez Gawrysiak-Witulskiej i in. w 2015 roku.

We wszystkich pobranych podczas prowadzenia eksperymentów próbkach analizowano zawartość wolnych kwasów tłuszczowych. Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ zarówno wilgotności nasion, jak i temperatury przechowywania na przyrost wolnych kwasów tłuszczowych w ekstrahowanym z nasion oleju. Zmiany zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w oleju z nasion rzepaku, przechowywanych w temperaturze 25 i 30°C, przedstawiono na rys. 2, natomiast równania regresji liniowej opisujące te zmiany w tabeli 2. W oleju uzyskanym z nasion rzepaku zebranych z pola liczba kwasowa wynosiła 0,74 mg KOH·g<sup>-1</sup> oleju. W badaniach Gawrysiak-Witulskiej i in. (2007) przeprowadzonych dla trzech odmian rzepaku pochodzących z województwa wielkopolskiego liczba kwasowa była wyższa. Jednak zważywszy, iż zgodnie z PN-90 R-66151, w nasionach rzepaku przeznaczonego na cele spożywcze liczba kwasowa powinna być mniejsza od 3 mg KOH·g<sup>-1</sup>, stwierdzono, że były to nasiona dobrej jakości.



**Rys. 2.** Zmiany liczby kwasowej w oleju ekstrahowanym z rzepaku przechowywanego w temperaturze 25 i 30°C w zależności od wilgotności nasion

**Fig. 2.** Change of the acid value of oil extracted from rapeseed stored at 25 and 30°C depending on the seed moisture content

Największy przyrost liczby kwasowej do poziomu 6,36 i 8,83 mg KOH·g<sup>-1</sup> odnotowano w nasionach o wilgotności 15,5%, przechowywanych w temperaturze 25 i 30°C. Jednocześnie dla tych samych próbek czas, po którym zdolność kiełkowania nasion obniżyła się poniżej 75%, był najkrótszy i wynosił odpowiednio 24 i 12 dni.

Zauważono, iż podczas przechowywania nasion o wilgotności 15,5% w temperaturze 25°C, zalecana przez normę wartość liczby kwasowej została przekroczona po 12 dniach, natomiast w temperaturze 30°C już po 6 dniach. W nasionach o wilgotności 10 i 12,5% podczas przechowywania w temperaturze 25°C, w których zdolność kiełkowania obniżyła się poniżej 75%, liczba kwasowa wzrosła odpowiednio do poziomu 1,74 i 2,11 mg KOH·g<sup>-1</sup> oleju. W nasionach o wilgotności 10 i 12,5%, przechowywanych w temperaturze 30°C, po zakończeniu doświadczenia (czyli po obniżeniu energii kiełkowania do 75%) wartość liczby kwasowej była wyższa i wynosiła odpowiednio 2,39 i 2,11 mg KOH·g<sup>-1</sup>. W badanych próbkach nie przekroczono jednak dopuszczalnego normą poziomu LK.

**Tabela 2.** Równania regresji liniowej opisujące zmiany liczby kwasowej w oleju wyekstrahowanym z nasion rzepaku przechowywanych w temperaturze 25 i 30°C w zależności od ich wilgotności  
**Table 2.** Equations of linear regression describing the change in acid value in the oil extracted from rapeseeds stored at 25 and 30°C depending on their moisture content

Wilgotność Moisture content (%)	Temperatura, Temperature (°C)	
	25	30
10	$y = 0,008 x + 0,93$	$y = 0,017 x + 0,96$
12.5	$y = 0,032 x + 0,96$	$y = 0,042 x + 1,15$
15.5	$y = 0,225 x + 0,89$	$y = 0,674 x + 0,57$

Szczegółowa analiza otrzymanych wyników wykazała, że przyrost wolnych kwasów tłuszczowych najszybciej przebiegał w nasionach o wilgotności 15,5% przechowywanych w temperaturze 30°C. W pierwszych 6 dniach przechowywania odnotowano 6-krotny wzrost LK, natomiast po 12 dniach 12-krotny w stosunku do próby kontrolnej. W tych samych nasionach, przechowywanych w temperaturze 25°C, po 6 dniach przechowywania wzrost LK był 3-krotny, natomiast po 12 dniach 4,5-krotny.

Uzyskane wyniki umożliwiły obliczenie stałych szybkości przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych  $k_{PLK}$  (mg KOH·g<sup>-1</sup>·doba<sup>-1</sup>). Stałe te przedstawiono w tabeli 3. W nasionach przechowywanych w temperaturze 30°C o wilgotności 10%, kinetyka przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych była ponad dwukrotnie większa niż podczas przechowywania w temperaturze 25°C. Dla nasion o wilgotności 15,5% stała ta podczas przechowywania w temperaturze 30°C była prawie trzykrotnie większa niż podczas przechowywania w temperaturze 25°C. W nasionach o wilgotności 12,5% stała ta była większa o 30% dla nasion przechowywanych w temperaturze 30°C. Oprócz wzrostu temperatury przechowywania na wzrost stałej wpływał także wzrost wilgotności przechowywanych nasion. Podczas przechowywania nasion rzepaku w temperaturze 25°C zwiększenie wilgotności nasion z poziomu 10 do 15,5% skutkowało 28-krotnym wzrostem  $k_{PLK}$ . W tych



samych nasionach przechowywanych w temperaturze 30°C,  $k_{\text{PLK}}$  wzrosło prawie 40-krotnie.

**Tabela 3.** Kinetyka przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych w oleju ekstrahowanym z nasion rzepaku, przechowywanych w temperaturze 25 i 30°C w zależności od wilgotności nasion

**Table 3.** Kinetics of increase of free fatty acids in oil extracted from rapeseed stored at 25 and 30°C depending on the seed moisture content

Wilgotność Moisture content (%)	25°C		30°C	
	$k_{\text{PLK}}$	$R^2$	$k_{\text{PLK}}$	$R^2$
	Liczba kwasowa / Acid number			
10	0,008	0,823	0,017	0,926
12,5	0,032	0,892	0,042	0,826
15,5	0,225	0,991	0,674	0,995

$k_{\text{PLK}}$  – stała przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych ( $\text{mg}\cdot\text{KOH g}^{-1}\cdot\text{doba}^{-1}$ ),  $k_{\text{PLK}}$  – rate constant of free fatty acid content ( $\text{mg KOH g}^{-1} \text{ day}^{-1}$ )

Wzrost zainteresowania produkcją rzepaku wynika z faktu, że zawiera on do 49% tłuszczu i ponad 20% białka, przez co stanowi cenny surowiec dla przemysłu tłuszczowego i paszowego. Należy jednak pamiętać, że nasiona rzepaku są żywym materiałem roślinnym, w którym zachodzą procesy fizjologiczne, mogące obniżyć jakość pozyskiwanego z nasion oleju. Intensywność tych zmian warunkuje wilgotność, temperatura i dostęp tlenu. Appelqvist i Loof (1972) stwierdzili, że nasiona dobrej jakości o wilgotności 7% mogą być przechowywane przez okres 3 lat, wykazując tylko niewielki wzrost zawartości wolnych kwasów tłuszczowych. Zastosowane w doświadczeniu warunki odpowiadały takim, które mogą wystąpić podczas wystąpienia zjawiska samonagrzewania. Uzyskane wyniki wskazują, że wzrost wilgotności nasion powyżej 9% znacznie intensyfikuje przyrost wolnych kwasów tłuszczowych, jednak przekroczenie dopuszczalnego normą poziomu w analizowanym okresie przechowywania dotyczyło tylko nasion o wilgotności 15,5%. Należy się spodziewać, że dłuższe przechowywanie nasion o wilgotności 10 i 12,5% będzie również skutkowało przyrostem wolnych kwasów tłuszczowych powyżej dopuszczalnego normą poziomu, ale czas, w którym to nastąpi, będzie dłuży niż miesiąc. Podwyższona wilgotność nasion i zwiększona temperatura sprzyja jednocześnie wzrostowi grzybów pleśniowych oraz degradacji zawartych w nasionach aktywnych związków biologicznych (Gawrysiak-Witulska i in. 2011, 2015).

W podobnych badaniach Gawrysiak-Witulskiej i in. (2015), podczas przechowywania nasion rzepaku, kontrolowano wzrost ich skażenia mikrobiologicznego poprzez pomiar stężenia ergosterolu. Według Pronyka i in. (2006) pomiar stężenia ergosterolu w ziarnie zbóż pozwala zazwyczaj na istotne skorelowanie

jego wyników z obecnością grzybów pleśniowych, natomiast według Schnirra i Jansona (1992) maksymalne stężenie ergosterolu, które może występować w ziarnie zbóż przeznaczonym do spożycia dla ludzi, nie powinno przekraczać  $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . W badaniach tych, tylko podczas przechowywania nasion o wilgotności 15,5% w temperaturze  $30^\circ\text{C}$ , maksymalne stężenie ergosterolu zostało przekroczone po 6 dniach (tak jak dopuszczalny poziom wolnych kwasów tłuszczowych). W pozostałych przypadkach wzrost stężenia ergosterolu powyżej  $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  następował szybciej niż wzrost LK powyżej  $3 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ . Wskazuje to, że podczas wystąpienia zjawiska samonagrzewania przekroczenie przyjętego w literaturze maksymalnego dopuszczalnego stężenia ergosterolu w nasionach rzepaku może następować szybciej niż dopuszczalny normą poziom wolnych kwasów tłuszczowych. Jest to bardzo niebezpieczne, gdyż zanieczyszczenie nasion rzepaku grzybami pleśniowymi stwarza ryzyko skażenia rzepaku wtórnymi metabolitami tych mikroorganizmów, które wykazują toksyczne działanie w stosunku do ludzi i zwierząt (Hussein i Brasel, 2001).

#### WNIOSKI

1. Podczas przechowywania nasion o wilgotności 15,5% w temperaturze  $25$  i  $30^\circ\text{C}$  wzrost LK powyżej poziomu  $3 \text{ mg KOH g}^{-1}$  (zgodnie z PN, granicznego dla nasion przeznaczonych do przerobu) następował wcześniej niż obniżenie energii kiełkowania poniżej 75%. W przypadku nasion o wilgotności 10 i 12,5% nie odnotowano takiej zależności.

2. Wzrost temperatury przechowywania z  $25$  do  $30^\circ\text{C}$  powodował ponad dwukrotny wzrost stałej przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych dla nasion o wilgotności 10% oraz prawie trzykrotny dla nasion o wilgotności 15,5%.

3. W nasionach o wilgotności 15,5% podczas przechowywania w temperaturze  $25^\circ\text{C}$  stała przyrostu wolnych kwasów tłuszczowych była 28-krotnie większa niż w nasionach o wilgotności 10%, natomiast podczas przechowywania w temperaturze  $30^\circ\text{C}$  – ponad 40-krotnie większa.

#### PIŚMIENNICTWO

- Appelqvist L., Loof B., 1972. Post-harvest handling and storage of rapeseed. In: Rapeseed (Eds L. Appelqvist, R. Ohlson). Elsevier, Amsterdam, 60-70.
- ASAE Standards., 2000. Moisture relationship of plant based agricultural products. ASAE– The society for engineering in agricultural, food and biological systems, St Joseph, MI, USA, 508-524.
- Booth E.J., Gunstone F.D., 2004. Rapeseeds and rapeseed oil: agronomy, production, and trade. In: Rapeseed and canola oil. Production, Processing, Properties and Uses (Ed. F.D. Gunstone). Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 1-16.

- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, 726, 497-509.
- Gawrysiak-Witulska M., Rudzińska M., Ryniecki A., 2007. Wpływ metody suszenia oraz przechowywania na wybrane wyróżniki jakościowe nasion rzepaku. *Inżynieria Rolnicza*, 5(93), 153-159.
- Gawrysiak-Witulska M., Siger A., Wawrzyniak J., Nogala-Katucka M., 2011. Changes in tocopherol content in seeds of *Brassica napus* L. during adverse conditions of storage. *J Am Oil Chem. Soc.*, 88, 1379-1385
- Gawrysiak-Witulska M., Wawrzyniak J., Stuper K., Rusinek R., 2015. Kinetyka zmian zawartości ergosterolu podczas przechowywania nasion rzepaku. *Acta Agroph.*, 22(1), 27-37.
- Hussein H.S., Brasel J.M., 2001. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167, 101-134.
- Kasprzycka A., Skiba K., Tys J., 2010. Influence of storage conditions on microbial quality of rapeseed cake and middlings. *Int. Agrophys.*, 24, 261-265.
- Krasucki W., Tys J., Szafran K., Rybacki R., Orlicki Ł., 2002. Wpływ różnych temperatur suszenia nasion rzepaku na ich skład chemiczny. *Rośliny Oleiste*, 23, 427-438.
- Möllers C., 2004. Rapeseeds and rapeseed oil: agronomy, production, and trade. In: Gunstone F.D. (Eds.) *Rapeseed and canola oil. Production, Processing, Properties and Uses*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 186-212.
- PL-EN SO 665, 2004. Nasiona oleiste. Oznaczanie wilgotności i zawartości substancji lotnych.
- Pronyk C., Abramson D., Muir W.E., White N.D.G. 2006. Correlation of total ergosterol levels in stored canola with fungal deterioration. *J. Stored Prod. Res.*, 42, 162-172.
- Rusinek R., Kobyłka R., 2014. Experimental study and discrete element method modeling of temperature distributions in rapeseed stored in a model bin. *J. Stored Prod. Res.*, 4, 254-259.
- Ryniecki A., 2005. *Drying and Cooling Grain in Bulk – Handbook (Part 1)*. Mr Info, Poznań, Poland & KBN Handelsselskab v/Karlo B. Nielsen, Esbjerg, Denmark
- Schnürer J., Jansson A., 1992. Ergosterol levels and mould colony forming units in Swedish grain of food and feed grade. *Acta Agric. Scand., Sect. B. Soil and Plant Sci.*, 42, 240-245.
- Seitz L.M., Mohr H.E., Burroughs R., Sauer D.B., 1977. Ergosterol as an indicator of fungal invasion in grains. *Cereal Chem.*, 54, 1207-1217
- Tys J., Rybacki R., 2001. Rzepak – jakość nasion. Procesy zbioru, suszenia, przechowywania. *Acta Agroph.*, 44, 33-38.

## THE INFLUENCE OF RAPESEED MOISTURE CONTENT AND STORAGE TEMPERATURE ON CHANGES IN THEIR TECHNOLOGICAL QUALITY

*Marzena Gawrysiak-Witulska<sup>1</sup>, Jolanta Wawrzyniak<sup>1</sup>, Robert Rusinek<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Plant Origin Food Technology, Faculty of Food Science and Nutrition  
Poznan University of Life Sciences, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań Poland

<sup>2</sup>Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: wima@up.poznan.pl

**Summary.** The aim of this study was to investigate the effect of adverse storage conditions of rape seeds on increase in free fatty acid content in the extracted oil. Experimental material comprised seeds of rape cv. Californium stored in a thermostat chamber (25±1 and 30±1°C) equipped

with three hygrostats used to maintain constant relative humidity. Prior to the experiment, rape was wetted to moisture contents of 10.5, 12.5 and 15.5%. Seeds were stored until their germination decreased below 75%. It has been shown that during the storage of seeds with moisture content of 15.5% at 25 and 30°C an increase of the acid number above 3 mg KOH g<sup>-1</sup> followed earlier than the reduction in the germination energy below 75%. Such a relationship was not noted in the case of seeds with moisture content of 10 and 12.5%. In addition, an increase in storage temperature from 25 to 30°C caused more than a twofold rise in the constant of increment of free fatty acids for seeds with moisture content of 10%, and almost tripled for seeds with 15.5% moisture content.

**Key words:** rape, oil, storage, quality, acid value