

Wacław Krasucki, Jerzy Tys¹, Katarzyna Szafran, Roman Rybacki², Łukasz Orlicki
Akademia Rolnicza w Lublinie, ¹Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie
²Zakłady Przemysłu Tłuszczowego „Kruszwica” S.A.

Wpływ różnych temperatur suszenia nasion rzepaku na ich skład chemiczny

Influence of drying temperature on chemical composition of seeds of oilseed rape

Słowa kluczowe: nasiona rzepaku, suszenie, skład chemiczny

Key words: rapeseed, drying, chemical composition

Suszenie nasion rzepaku stanowi jeden z bardziej istotnych elementów w kompleksie zabiegów określanych jako obróbka pozbiorowa. W czasie suszenia nasion w zależności od stosowanych zakresów temperatur następują bardzo istotne zmiany w kompleksie białkowo-tłuszczowo-węglowodanowym. Celem podjętych badań było określenie wpływu różnych zakresów temperatury suszenia nasion (80–180°C) rzepaku ozimego na zawartość składników podstawowych: tłuszcz surowy, skład kwasów tłuszczowych, białko ogólne, popiół surowy, włókno pokarmowe i jego frakcje. Uzyskane wyniki badań wskazują, że suszenie nasion rzepaku w zróżnicowanych temperaturach 80–180°C powodowało istotne zmiany zawartości oznaczonych składników. Najistotniejsze dotyczyły tłuszczu surowego po przekroczeniu temperatury suszenia 120°C oraz składu kwasów tłuszczowych. Temperatura suszenia powyżej 150°C powodowała również istotne zmiany w zawartości włókna surowego i jego frakcji (NDF – włókno neutralno-detergentowe, ADF – włókno kwaśno-detergentowe i ADL – lignina kwaśno-detergentowa) przy obniżeniu zawartości związków bezazotowych wyciągowych (BAW). Stosowanie wysokich temperatur suszenia ma wpływ nie tylko na cechy jakościowe uzyskiwanego oleju lecz również na pogorszenie wartości pokarmowej uzyskiwanych produktów ubocznych (śruty poekstrakcyjnej i wycieków).

Rapeseed drying is one of the most essential elements in the group of activities defined as post-crop processing. Important changes appear in a difficult to define protein-fat-carbohydrate complex during the process of rapeseed drying depending on the applied temperature. The objective of this research was to specify the influence of different temperatures of rapeseed drying (80–180°C) on the content and composition of basic chemicals: crude fat, fatty acid, crude protein, ash, crude fibre and its fractions (NDF, ADF, ADL). The results of this research showed that the temperature of rapeseed drying considerably changed the content of basic components. The most important changes refer to crude fat and of fatty acid composition after the temperature of drying was exceeding 120°C. The temperature of drying over 150°C also caused important changes in the content of crude fibre and its fractions (considerable increase of NDF, ADF, ADL) but the total content of nitrogen-free extract (NFE) was lowered. The results of the test showed that high temperatures of rapeseed drying influenced not only the quality of oil but also lowered the food value of obtained side products as well.

Wstęp

Suszenie nasion rzepaku stanowi jeden z bardziej istotnych elementów w kompleksie zabiegów określanych jako obróbka pozbiorowa. Efektywność tego procesu ma wpływ zarówno na poniesione koszty, jak i jakość uzyskiwanego oleju oraz produktów ubocznych (śruty poekstrakcyjnej i wytlóków).

Popelniane w czasie suszenia błędy mogą wynikać zarówno z niewłaściwego obchodzenia się z bardzo wrażliwym materiałem, jakim są nasiona rzepaku bogate w tłuszcz, białko i węglowodany, a więc składniki pokarmowe podatne na zmiany temperatury w czasie suszenia, jak również ze stanu technicznego suszarń używanych przez producentów rzepaku (Rybacki i in. 2001). Wiąże się z tym problem zarówno sprawności technicznej, jak i sposobu kontrolowania i rejestracji temperatury czynnika suszącego. Taka sytuacja stawia pod znakiem zapytania końcową jakość surowca suszonego w tych warunkach. Dodatkowym czynnikiem zagrażającym wartości technologicznej nasion rzepaku jest konieczność stosowania innych parametrów suszenia niż dla ziarna zbóż. Niewłaściwa temperatura suszenia rzutuje bowiem bezpośrednio na wartość technologiczną nasion, szczególnie liczbę kwasową i nadtlenkową (Krasucki i in. 2001; Krygier i in. 1995; Krygier i in. 1995; Tys, Rybacki 2001). Te wyróżniki jakości oleju są szczególnie ważne dla oleju tłoczonego na zimno (Ratusz, Krygier 1997), to one bowiem decydują (oprócz zawartości mikroorganizmów) o jego przydatności do spożycia.

Dotychczasowe badania jakości nasion (Fornal i in. 1989; Fornal i in. 1994) wskazują na możliwość stosowania temperatur wyższych niż 100°C bez wyraźnego wpływu na przydatność nasion do ekstrakcji jak i jakość oleju. Również badania przeprowadzone przez Pastuszewską i in. (1997), Pastuszewską i in. (1997) oraz Anderson-Hafermanna i in. (1993) wskazują na brak istotnego wpływu czasu ogrzewania śruty i wytloku w 130°C przez 40 minut na przyrosty oraz wykorzystanie paszy przez szczury. Jednak dłuższe ogrzewanie nasion (40–80 min.) wpłynęło ujemnie na wartość odżywczą takiej paszy. Niekorzystny wpływ temperatury (130°C, czas ogrzewania ponad 20 min.) na zawartość frakcji NDF i związanego z tą frakcją białka oraz dostępność lizyny stwierdziła również Buraczewska i in. (1998) wnioskując o konieczności lepszej kontroli tego parametru przy przetwarzaniu rzepaku. Podobne obserwacje w przeprowadzonych badaniach zanotowali również Borowiec i Furgał (1997), stwierdzili istotne obniżenie zawartości białka strawnego i lizyny w parowanych nasionach rzepaku.

Autorzy niniejszego opracowania podjęli próbę oznaczenia zmian zachodzących w podstawowym składzie chemicznym nasion różnych odmian rzepaku poddanych zróżnicowanej temperaturze suszenia.

Material i metody

Badania określające wpływ temperatury suszenia nasion rzepaku na zmiany zachodzące w podstawowym składzie chemicznym przeprowadzono na czterech odmianach ozimych (Kana, Marita, Lisek, Lirajet). Nasiona każdej z odmian poddano procesowi suszenia w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 80, 120, 150 i 180°C. Wilgotność początkowa nasion wynosiła 13%. Nasiona rozsypano cienką warstwą — 0,5 cm i suszono na perforowanej metalowej blasze pokrytej czterema warstwami przyklejonych nasion (aby uniknąć bezpośredniego kontaktu nasion z metalem). Czas suszenia wynosił 20 minut. Po suszeniu nasiona kondycjonowano w magazynie o temperaturze 20°C i wilgotności względnej powietrza 70% przez 10 dni w celu wyrównania wilgotności. Następnie nasiona poddano procesowi przechowywania w komorach ciśnieniowych symulujących warunki występujące w silosach przemysłowych (Tys, Szwed 1997). Warunki przechowywania były następujące:

- temperatura nasion — 30°C,
- wilgotność nasion — 7%,
- obciążenie — 300kPa,
- czas przechowywania — 180 dni

Analizę składu chemicznego dokonywano na próbkach nasion po 180 dniach ich składowania. Uzyskane wyniki (średnie wartości z 6 prób) porównywano z próbkami kontrolnymi, które stanowiły nasiona przechowywane w worku w warunkach magazynowych o stałej temperaturze (14,5°C) i wilgotności (7%).

Zawartość podstawowych składników (suchej masy, popiołu surowego, białka ogólnego i tłuszczu surowego) w nasionach rzepaków oznaczono metodami (AOAC 1995). Zawartość włókna surowego oznaczono metodą detergentową według Goergina i Van Soesta (1970) przy użyciu aparatu Ankom²²⁰ Fiber Analyzer, określając frakcje włókna (NDF – włókno neutralno-detergentowe, ADF – włókno kwaśno-detergentowe i ADL – lignina kwaśno-detergentowa). Na podstawie tych danych wyliczano zawartość substancji bezazotowych wyciągowych (BAW). Skład kwasów tłuszczowych w sumie kwasów frakcji lipidowej (olej pozyskiwano poprzez tłoczenie nasion) oznaczono metodą chromatografii gazowej według postępowania podanego przez Rotenberga i Andersena, (1980), po uprzednim zmydleniu i estryfikacji 14% BF₃ w metanolu. Oznaczenie przeprowadzono przy użyciu chromatografu gazowego INCO 505M z integratorem TZ4620 firmy Laboratorni Pstroje Praha. Warunki oznaczeń kwasów tłuszczowych przedstawiały się następująco:

- kolumna kapilarna SCOT z Silarem 5CP, 15 m × 0,5 mm,
- temperatura kolumny 185°C, dozownika 300°C i detektora 250°C,
- detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID), czułość 5×10^{-10} ,
- gaz nośny hel, przepływ 2 ml/min.

Z uzyskanych diagramów, posługując się standardami firmy Applied Science Laboratories, zidentyfikowano następujące kwasy tłuszczowe:

- kwasy nasycone: mirystynowy, palmitynowy, stearynowy i arachidowy,
- kwasy jednonienasycone: palmitoleinowy, oleinowy, gadoleinowy i erukowy,
- kwasy tłuszczowe wielonienasycone: linolowy, linolenowy.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując jednoczynnikową analizę wariancji (Statistica 5.0) przy poziomie istotności 5%.

Omówienie wyników

Przeprowadzone badania składu chemicznego nasion rzepaku, przy zastosowanych metodach oznaczania, wykazały bardzo dużą zmienność poszczególnych analizowanych składników chemicznych w wyniku zróżnicowanej temperatury suszenia: 80, 120, 150 i 180°C (tab. 1–4). Uzyskane wyniki porównywano ze składem chemicznym nasion suszonych w temperaturze pokojowej i przechowywanych w worku w warunkach magazynowych o stałej temperaturze (14,5°C) i wilgotności (7%).

Suszenie nasion rzepaku w temperaturze 80 i 120°C nie wpłynęło na zmiany zawartości ich podstawowych składników (suchej masy, popiołu surowego, białka ogólnego, tłuszczu surowego oraz włókna surowego i jego frakcji). Istotne zmiany następowały natomiast w temperaturze suszenia powyżej 120°C. Zastosowane postępowanie analityczne (zgodne z aktualnymi metodami oznaczeń) wykazało, że przy wysokich temperaturach suszenia nasion roślin oleistych następują bardzo istotne zmiany w trudnym do jednoznacznego określenia kompleksie białkowo-tłuszczowo-węglowodanowym. Uzyskane wyniki badań pozwalają jednak stwierdzić, że zmiany zawartości tłuszczu surowego, włókna surowego i jego frakcji (głównie w nasionach suszonych w temperaturze powyżej 150°C) były rezultatem temperatury suszenia.

Zawartość tłuszczu surowego wzrosła w odmianie Kana już w temperaturze 80°C, u Marity i Lirajet w temperaturze 120°C, natomiast w odmianie Lisek dopiero w 150°C. Oznaczone zmiany wzrostu zawartości tłuszczu surowego mogą wynikać z lepszych warunków jego ekstrakcji w wyniku suszenia nasion rzepaku w wyższych temperaturach. Takie zachowanie nasion można tłumaczyć zmianami mikrostruktury zachodzącymi w trakcie ich suszenia. Potwierdziły to badania Fornala i in. (1994), który analizując obraz z mikroskopu elektronowego stwierdził, że w wyniku wysokiej temperatury mają miejsce zmiany denaturacyjne białek i osłabienie ścian komórkowych. Następuje również utrata fosfolipidowych otoczek kuleczek tłuszczowych, co prowadzi do rozlewania się tłuszczu po treści komórek liścieni. Być może ułatwia to ich „wymywanie” przez rozpuszczalnik.

Tabela 1

Skład chemiczny nasion (% s.m.) rzepaku ozimego odmiany Lisek i Kana w zależności od temperatury suszenia
Chemical composition (% d.m) of rapeseed var. Lisek and Kana depending on drying temperature

Odmiana rzepaku <i>Rape variety</i>	Temperatura suszenia <i>Temperature drying</i>	Sucha masa <i>Dry matter</i>	Popiół surowy <i>Ash content</i>	Białko ogólne <i>Crude protein</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat</i>	Włókno surowe <i>Crude fiber</i>	BAW NFE	NDF	ADF	ADL
Lisek	kontrolna <i>control</i>	94,07 ^a ± 0,02	4,30 ± 0,01	20,53 ± 0,11	42,47 ^a ± 0,37	8,95 ^a ± 0,26	23,75 ^a ± 0,19	18,74 ^a ± 0,29	15,20 ^a ± 0,18	6,66 ^a ± 0,20
Lisek	80°C	94,71 ^{ab} ± 0,02	4,27 ± 0,01	20,30 ± 0,09	43,31 ^{ab} ± 0,27	8,45 ^a ± 0,31	23,67 ^a ± 0,23	17,59 ^a ± 0,19	14,24 ^a ± 0,18	6,61 ^a ± 0,21
Lisek	120°C	95,18 ^b ± 0,03	4,15 ± 0,01	19,83 ± 0,11	42,86 ^a ± 0,31	8,70 ^a ± 0,43	24,45 ^a ± 0,19	16,10 ^a ± 0,24	12,98 ^a ± 0,21	6,23 ^a ± 0,18
Lisek	150°C	95,68 ^b ± 0,02	4,21 ± 0,02	20,26 ± 0,12	44,80 ^b ± 0,31	8,15 ^a ± 0,27	22,58 ^a ± 0,26	22,04 ^b ± 0,31	15,55 ^a ± 0,23	7,41 ^a ± 0,22
Lisek	180°C	95,96 ^b ± 0,03	4,36 ± 0,01	20,83 ± 0,19	45,32 ^b ± 0,43	14,37 ^b ± 0,39	15,12 ^b ± 0,33	33,49 ^c ± 0,34	27,64 ^b ± 0,20	16,94 ^b ± 0,29
Kana	kontrolna <i>control</i>	94,25 ^a ± 0,01	4,48 ± 0,01	23,27 ^a ± 0,17	42,90 ^a ± 0,24	8,97 ^a ± 0,27	20,38 ^a ± 0,20	17,13 ^a ± 0,27	13,33 ^a ± 0,19	5,86 ^a ± 0,24
Kana	80°C	94,57 ^a ± 0,02	4,52 ± 0,01	24,61 ^a ± 0,12	44,38 ^b ± 0,29	9,29 ^a ± 0,25	17,20 ^a ± 0,19	18,29 ^a ± 0,26	14,47 ^a ± 0,21	6,66 ^a 0,21
Kana	120°C	96,24 ^b ± 0,01	4,38 ± 0,01	22,13 ^b ± 0,21	46,06 ^c ± 0,19	8,40 ^a ± 0,28	19,02 ^a ± 0,21	16,66 ^a ± 0,31	12,98 ^a ± 0,26	5,36 ^a ± 0,19
Kana	150°C	96,71 ^b ± 0,01	4,44 ± 0,02	21,89 ^b ± 0,18	47,04 ^c ± 0,26	6,47 ^b ± 0,31	20,17 ^a ± 0,23	19,75 ^a ± 0,24	12,63 ^a ± 0,29	6,13 ^a ± 0,27
Kana	180°C	96,83 ^b ± 0,02	4,53 ± 0,01	22,29 ^b ± 0,23	47,37 ^c ± 0,32	14,69 ^c ± 0,26	11,12 ^b ± 0,18	30,61 ^c ± 0,32	25,53 ^b ± 0,20	15,58 ^b ± 0,31

^{a, b, c} — średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się przy $p \leq 0,05$

^{a, b, c} — means in the same column with different letters in their superscript differ at $p \leq 0.05$

Tabela 2

Skład chemiczny nasion (% s.m.) rzepaku ozimego odmiany Marita i Lirajet w zależności od temperatury suszenia
Chemical composition (% d.m) of rapeseed var. Marita and Lirajet depending on drying temperature

Odmiana rzepaku <i>Rape variety</i>	Temperatura suszenia <i>Temperature drying</i>	Sucha masa <i>Dry matter</i>	Popiół surowy <i>Ash content</i>	Białko ogólne <i>Crude protein</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat</i>	Włókno surowe <i>Crude fiber</i>	BAW NFE	NDF	ADF	ADL
Marita	kontrolna <i>control</i>	94,50 ^a ± 0,01	4,46 ± 0,02	23,46 ± 0,19	42,69 ^a ± 0,29	10,30 ^a ± 0,20	19,09 ^a ± 0,19	19,21 ^a ± 0,24	15,14 ^a ± 0,19	6,26 ^a ± 0,21
Marita	80°C	94,61 ^a ± 0,02	4,50 ± 0,01	23,40 ± 0,23	42,87 ^a ± 0,31	10,10 ^a ± 0,24	19,13 ^a ± 0,21	18,42 ^a ± 0,21	14,11 ^a ± 0,20	6,11 ^a ± 0,19
Marita	120°C	96,42 ^b ± 0,01	4,36 ± 0,01	21,56 ± 0,20	44,68 ^b ± 0,34	8,42 ^a ± 0,39	20,98 ^a ± 0,18	16,34 ^a ± 0,23	12,31 ^a ± 0,34	6,10 ^a ± 0,18
Marita	150°C	96,80 ^b ± 0,01	4,51 ± 0,01	23,75 ± 0,23	44,63 ^b ± 0,36	7,14 ^a ± 0,26	19,97 ^a ± 0,23	22,78 ^b ± 0,31	14,64 ^a ± 0,26	6,78 ^a ± 0,27
Marita	180°C	96,97 ^b ± 0,02	4,77 ± 0,02	23,68 ± 0,24	44,94 ^b ± 0,31	15,16 ^b ± 0,29	15,44 ^b ± 0,22	31,60 ^c ± 0,34	25,75 ^b ± 0,31	15,42 ^b ± 0,24
Lirajet	kontrolna <i>control</i>	94,50 ^a ± 0,01	4,29 ± 0,01	22,23 ± 0,19	43,29 ^a ± 0,27	11,03 ^a ± 0,28	19,16 ^a ± 0,20	20,60 ^a ± 0,28	16,20 ^a ± 0,24	6,85 ^a ± 0,26
Lirajet	80°C	94,70 ^a ± 0,02	4,37 ± 0,01	22,34 ± 0,21	43,36 ^a ± 0,24	10,42 ^a ± 0,24	19,51 ^a ± 0,23	19,45 ^a ± 0,21	14,98 ^a ± 0,20	6,56 ^a ± 0,21
Lirajet	120°C	96,52 ^b ± 0,01	4,21 ± 0,01	22,17 ± 0,20	44,47 ^b ± 0,21	9,23 ^a ± 0,27	19,92 ^a ± 0,24	17,85 ^a ± 0,29	13,02 ^a ± 0,31	6,12 ^a ± 0,27
Lirajet	150°C	96,80 ^b ± 0,01	4,27 ± 0,01	22,07 ± 0,23	44,88 ^b ± 0,31	8,63 ^a ± 0,21	20,15 ^a ± 0,26	24,22 ^b ± 0,31	15,63 ^a ± 0,28	7,50 ^a ± 0,23
Lirajet	180°C	96,97 ^b ± 0,02	4,38 ± 0,02	22,14 ± 0,27	45,46 ^b ± 0,33	15,59 ^b ± 0,28	12,43 ^b ± 0,24	32,67 ^c ± 0,30	27,26 ^b ± 0,32	15,42 ^b ± 0,27

Objaśnienia jak w tabeli 1 — *Explanations see Table 1*

Tabela 3

Zawartość tłuszczu surowego i skład kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku odmian Kana i Lirajet w zależności od temperatury suszenia — *Content of crude fat and fatty acids composition in rapeseeds var. Kana and Lirajet depending on drying temperature*

Odmiana rzepaku <i>Rape variety</i>	Temperatura suszenia <i>Temperature drying</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat [%]</i>	Skład kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) <i>Fatty acid composition (% of total acids)</i>									
			14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:1
Kana	kontrolna <i>control</i>	42,90 ^a	0,05	4,67	0,17	1,34	67,62 ^a	17,88 ^a	7,12 ^a	0,19	0,93	0,03
Kana	80°C	44,38 ^b	0,04	3,98	0,27	1,51	66,66 ^a	18,92 ^b	7,11 ^a	0,46	0,95	0,10
Kana	120°C	47,37 ^b	0,07	4,45	0,19	1,42	64,83 ^b	18,79 ^b	7,09 ^a	0,49	1,94	0,73
Kana	150°C	47,04 ^b	0,03	3,89	0,18	1,10	66,47 ^a	18,45 ^b	7,67 ^a	0,34	1,67	0,20
Kana	180°C	46,06 ^b	0,05	4,64	0,14	1,36	65,44 ^a	18,92 ^b	8,31 ^b	0,19	0,92	0,03
Lirajet	kontrolna <i>control</i>	43,29 ^a	0,05	4,10	0,29	1,46	67,67 ^a	17,11 ^a	7,58 ^a	0,45	1,09	0,20
Lirajet	80°C	43,36 ^a	0,05	4,16	0,29	1,40	66,72 ^a	18,70 ^b	7,21 ^a	0,39	0,85	0,23
Lirajet	120°C	44,47 ^b	0,05	4,30	0,30	1,45	65,95 ^b	18,44 ^b	7,86 ^a	0,39	0,96	0,30
Lirajet	150°C	45,56 ^b	0,04	4,13	0,25	1,21	68,63 ^a	17,01 ^a	6,83 ^a	0,31	0,83	0,76
Lirajet	180°C	44,88 ^b	0,04	4,25	0,26	1,19	67,74 ^a	16,21 ^a	8,70 ^b	0,23	0,78	0,60

Objaśnienia jak w tabeli 1 — *Explanations see Table 1*

Tabela 4

Zawartość tłuszczu surowego i skład kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku odmian Lisek o Marita w różnych warunkach suszenia — *Content of crude fat and fatty acids composition in rapeseeds var. Lisek and Marita depending on drying temperature*

Odmiana rzepaku <i>Rape variety</i>	Temperatura suszenia <i>Temperature drying</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat [%]</i>	Skład kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) <i>Fatty acid composition (% of total acids)</i>									
			14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:1
Lisek	kontrolna <i>control</i>	42,47 ^a	0,06	4,99	0,21	1,57	67,35 ^a	16,49 ^a	7,94 ^{ab}	0,34	0,82	0,23
Lisek	80°C	43,31 ^{ab}	0,07	4,70	0,30	1,79	66,43 ^a	17,36 ^b	7,03 ^a	0,40	0,92	0,97
Lisek	120°C	42,96 ^a	0,06	4,73	0,25	1,61	64,97 ^b	18,50 ^b	8,17 ^b	0,23	1,20	0,29
Lisek	150°C	44,80 ^b	0,03	3,93	0,22	1,16	66,20 ^a	17,51 ^b	7,76 ^{ab}	0,41	1,37	1,35
Lisek	180°C	45,32 ^b	0,07	4,40	0,29	1,51	65,79 ^a	17,65 ^b	7,89 ^{ab}	0,51	1,59	0,30
Marita	kontrolna <i>control</i>	42,69 ^a	0,05	4,15	0,22	1,30	66,45 ^a	17,71 ^a	7,99 ^a	0,35	1,23	0,53
Marita	80°C	42,87 ^a	0,05	4,24	0,29	1,78	62,61 ^b	18,82 ^b	8,16 ^a	0,62	1,63	1,80
Marita	120°C	44,68 ^b	0,05	4,29	0,25	1,64	61,83 ^b	18,98 ^b	8,99 ^a	0,48	1,82	1,67
Marita	150°C	44,94 ^b	0,04	4,36	0,25	1,53	66,24 ^a	17,26 ^a	7,76 ^a	0,41	1,37	0,78
Marita	180°C	44,63 ^b	0,04	4,35	0,17	1,47	65,32 ^a	18,33 ^b	8,17 ^a	0,44	1,62	0,09

Objaśnienia jak w tabeli 1 — *Explanations see Table 1*

Inną przyczyną może być uszkodzenie komórek oraz powstawanie mikropęknięć, które ułatwiają ekstrakcję oleju. Kolejnym przypuszczeniem jest, że stosowana metoda oznaczania tłuszczu surowego w nasionach nie uwzględnia stosowania tak drastycznych czynników (wysokiej temperatury), która powoduje zmianę struktur lipidowo-białkowo-węglowodanowych w nasionach, dając w ten sposób niewłaściwe wyniki oznaczeń. Temperatura suszenia powodowała również istotne zmiany w składzie kwasów tłuszczowych. Zanotowano wzrost kwasu linolowego C_{18:2} u wszystkich badanych odmian przy równoczesnym obniżeniu zawartości kwasu oleinowego C_{18:1}. Wyjątek stanowi odmiana Lirajet, w której przy najwyższej temperaturze suszenia (180°C) stwierdzono nieznaczny spadek kwasu linolowego C_{18:2}. Zmiany w składzie kwasów tłuszczowych wywołane wysokimi temperaturami (140–180°C) stwierdził również Robak i Gogolewski (2000). Dotyczyły one kwasów wielonienasyconych, a szczególnie kwasu linolenowego (spadek o 46% w temperaturze 180°C i 30 godzinach ogrzewania), co może świadczyć o braku ich stabilności.

Zmiany wywołane temperaturą suszenia zanotowano również dla włókna surowego i jego frakcji. Dotyczyły one jednak nasion traktowanych temperaturami wyższymi niż 150°C.

Dokonano również oceny składu chemicznego nasion rzepaku niezależnie od odmiany (zagregowano wyniki traktując odmiany jako powtórzenia), a uzyskane wyniki zamieszczono w tabelach 5 i 6. Wskazują one na brak jednoznacznego kierunku zmian, który następowałby wraz ze wzrostem temperatury suszenia. Stwierdzono jednak, że nasiona rzepaku, niezależnie od odmiany, poddane wysokiej temperaturze suszenia wykazują istotne zmiany podstawowego składu chemicznego, jak również zmiany w składzie kwasów tłuszczowych, które mogą wynikać z wpływu wysokich temperatur na tworzenie kompleksu białkowo-tłuszczowo-węglowodanowego, który nie umożliwia właściwej oceny zawartości poszczególnych składników.

Podjęte badania wymagają kontynuacji przy uwzględnieniu zastosowania bardziej precyzyjnych metod i urządzeń pomiarowych, które pozwolą na pełną identyfikację najważniejszych, istotnych cech jakościowych nasion rzepaku poddanych drastycznej obróbce termicznej.

Tabela 5

Skład chemiczny nasion (% s.m.) rzepaku ozimego (dla rzepaku jako gatunku) w zależności od temperatury suszenia
Chemical composition (% d.m) of winter rapeseed (for rapeseeds species) depending on drying temperature

Temperatura suszenia <i>Temperature drying</i>	Sucha masa <i>Dry matter</i>	Popiół surowy <i>Ash content</i>	Białko ogólne <i>Crude protein</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat</i>	Włókno surowe <i>Crude fiber</i>	BAW NFE	NDF	ADF	ADL
Kontrolna — <i>Control</i>	94,33 ^a	4,38 ^a	22,37 ^a	42,84 ^a	9,81 ^a	20,59 ^a	18,82 ^a	14,97 ^a	6,41 ^a
80°C	94,65 ^a	4,41 ^{ab}	22,66 ^a	43,48 ^a	9,56 ^a	19,88 ^a	18,44 ^a	14,45 ^a	6,48 ^a
120°C	96,09 ^b	4,27 ^a	21,42 ^a	44,52 ^b	8,69 ^{ab}	21,09	16,74 ^b	12,82 ^b	5,95 ^a
150°C	96,50 ^b	4,36 ^a	17,49 ^b	45,34 ^b	7,60 ^b	20,72 ^a	22,20 ^c	14,61 ^a	6,95 ^a
180°C	96,68 ^b	4,51 ^b	22,23 ^a	45,77 ^b	14,95 ^c	13,53 ^b	32,09 ^d	26,54 ^c	15,84 ^b

Tabela 6

Zawartość tłuszczu surowego i skład kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku ozimego (dla rzepaku jako gatunku) w zależności od temperatury suszenia — *Content of crude fat and fatty acids composition in winter rapeseed (for rapeseeds species) depending on drying temperature*

Temperatura suszenia <i>Temperature drying</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat</i> [%]	Skład kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) <i>Fatty acid composition (% of total acids)</i>									
		14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:1
Kontrolna — <i>Control</i>	42,84 ^a	0,05	4,48	0,22	1,42	67,27 ^a	17,30 ^a	7,66 ^a	0,33	1,02	0,25 ^a
80°C	43,48 ^a	0,05	4,27	0,29	1,62	65,60 ^{ab}	18,45 ^b	7,38 ^a	0,47	1,09	0,77 ^b
120°C	44,52 ^b	0,06	4,44	0,25	1,53	64,39 ^b	18,68 ^b	8,03 ^b	0,40	1,48	0,75 ^b
150°C	45,34 ^b	0,04	4,08	0,22	1,25	66,88 ^a	17,56 ^a	7,50 ^a	0,37	1,31	0,77 ^b
180°C	45,77 ^b	0,05	4,42	0,21	1,38	66,07 ^a	17,78 ^a	8,27 ^b	0,34	1,22	0,25 ^b

Objaśnienia jak w tabeli 1 — *Explanations see Table 1*

Wnioski

- Suszenie nasion rzepaku w zróżnicowanych temperaturach w zakresie od 80 do 180°C powodowało istotne zmiany zawartości podstawowych składników.
- Najistotniejsze zmiany dotyczyły tłuszczu surowego po przekroczeniu temperatury suszenia 120°C oraz składu kwasów tłuszczowych. Temperatura suszenia nasion powyżej 150°C powodowała również istotne zmiany w zawartości włókna surowego i jego frakcji (nastąpił istotny wzrost NDF, ADF i ADL) przy obniżeniu ogólnej zawartości związków bezazotowych wyciągowych (BAW).
- Podjęte badania wymagają kontynuacji przy uwzględnieniu zastosowania bardziej precyzyjnych metod i urządzeń pomiarowych, które pozwolą na pełną identyfikację najważniejszych, istotnych cech jakościowych nasion rzepaku poddanych drastycznej obróbce termicznej.

Conclusions

- The temperature of rapeseed drying (80–180°C) considerably changed the content of basic seed components.
- The most important changes referred to crude fat and of fatty acid composition after the temperature of drying was exceeding 120°C. The temperature of drying over 150°C caused also important changes in the content of crude fibre and its fractions (considerable increase of NDF, ADF, ADL) but the total content of nitrogen-free-extract (NFE) was lowered.
- These investigations need to be continued including more accurate methods and measuring equipment, which allow a complex identification of the most important quality features of rapeseed under heavy thermal treatment.

Literatura

- Anderson-Hafermann J.C., Zhang Y., Parsons C.M. 1993. Effects of processing on the nutritional quality of canola meal. *Poultry Sci.*, 72: 326-333.
- AOAC. 1995. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th Edition, Arlington, Virginia, USA.
- Borowiec F., Furgał K. 1997. Wpływ ogrzewania nasion rzepaku odmian podwójnie ulepszonych na zawartość substancji azotowych. *Rośliny Oleiste*, XVIII: 525-531.

- Buraczewska L., Gdala J., Wasilewko J., Buraczewski S. 1998. Zawartość białka związanego z frakcją włókna (NDF) a aktywność jelitowa u świń białka i aminokwasów pasz rzepakowych traktowanych termicznie. *Rośliny Oleiste*, XIX: 175-186.
- Fornal J., Jaroch R., Kaczyńska B., Ornowski A. 1989. The influence of hydothermal treatment of rapeseeds on their selected physical properties and ability to crush during grinding. *Fat Sci. Technol.*, 94, 5: 192-196.
- Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Kaczyńska B., Winnicki T. 1994. Effect of drying of rapeseeds on their mechanical properties and technological usability. *International Agrophysics.*, 8 (2): 215-224.
- Goergin H.K., Van Soest P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some application). *Agricultural Handbook*, 379, ARS, USDA, Washington, DC, 1-20.
- Krasucki W., Tys J., Grela E.R., Szafran K. 2001. Skład chemiczny i wartość technologiczna nasion rzepaku przechowywanego w warunkach symulujących silosy przemysłowe. *Rośliny Oleiste*, XXIII: 247-258.
- Krygier K., Domian K., Drąka D. 1995. Porównanie jakości i trwałości olejów rzepakowych: tłoczonoego na zimno i na gorąco oraz rafinowanego. *Rośliny Oleiste*, XVI: 301-306.
- Krygier K., Ratusz K., Supel B. 1995. Jakość olejów tłoczonych na zimno. *Rośliny Oleiste*, XVI: 307-313.
- Pastuszevska B., Buraczewska L., Ochtabińska A., Buraczewski K. 1997. Rozpuszczalność białka śruty i wycieków rzepakowych jako wskaźnik jego wartości odżywczej. *Rośliny Oleiste*, XVIII: 545-551.
- Ratusz K., Krygier K. 1997. Wpływ temperatury i dodatku przeciwutleniacza naturalnego na zmiany oksydacyjne oleju rzepakowego tłoczonoego na zimno. *Rośliny Oleiste*, XVIII: 467-475.
- Robak B., Gogolewski M. 2000. Zmiany fizyko-chemiczne zachodzące w oleju rzepakowym w trakcie ogrzewania w wysokich temperaturach z uwzględnieniem tworzenia się transizomerów kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste*, XXI: 683-692.
- Rotenberg S., Andersen J.O. 1980. The effect of dietary citrus pectin of fatty acid balance and on the fatty acid content of the liver and small intestine in rats. *Acta Agric. Scand.*, 30: 8-12.
- Rybacki R., Skawiński P., Lampkowski M. 2001. Stan suszarnictwa nasion rzepaku w rejonie surowcowym Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica” S.A. *Rośliny Oleiste*, XXII: 539-550.
- Tys J., Szwed G. 1997. Symulowanie warunków przechowywania nasion rzepaku w silosach. *Rośliny Oleiste*, XVIII (2): 451-458.
- Tys J., Rybacki R. 2001. Rzepak – jakość nasion. Procesy zbioru, suszenia, przechowywania. *Acta Agrophysica*, 44.