

Jerzy Tys, Roman Rybacki*, Piotr Malczyk**

Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, * Zakłady Tłuszczowe „KRUSZWICA” S.A.,

** Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Zawartość benzo(a)pirenu w nasionach rzepaku pochodzących z Polski północnej

Rapeseed contamination with benzo(a)pyrene in the north part of Poland

Słowa kluczowe: nasiona rzepaku, suszenie, wysoka temperatura, benzo(a)piren

Key words: rapeseeds, drying, high temperature, benzo(a)pyrene

Dążenie do wzrostu efektywności uprawy rzepaku zmusza producentów do stosowania takiej ilości środków produkcji oraz sposobów obróbki po zbiorze i konserwacji nasion, które w istotny sposób wpływają na zdrowotną jakość surowca dostarczanego do przetwórstwa. Suszenie nasion rzepaku stanowi jeden z bardziej istotnych elementów w kompleksie zabiegów określanych jako obróbka po zbiorze. Do suszenia nasion rzepaku używane są często suszarnie nie spełniające wymogów techniczno-eksploatacyjnych. Materiał do badań stanowiły próbki nasion rzepaku pobrane od producentów z województw północnej Polski, gdzie uprawia się największe ilości tej rośliny. Oznaczenia benzo(a)pirenu (B(a)P) wykonano stosując metodę opartą na wykorzystaniu techniki wysokosprawnej chromatografii ciekowej (HPLC). Przeprowadzone badania wykazały, że generalnie zawartość benzo(a)pirenu w nasionach rzepaku kształtuje się na poziomie akceptowanym zgodnie z wymogami norm światowych. Zaobserwowano także pojedyncze przypadki, szczególnie w próbkach nasion suszonych, w których stężenie B(a)P osiągało wartość nawet $8,30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wskazuje to, że problem zanieczyszczenia nasion przez wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) istnieje, a surowiec przeznaczony do przerobu wymaga ciągłej kontroli. Monitorowanie zagrożeń związanych z występowaniem

Efforts towards increasing the intensity of rapeseed growing force the producers to apply such methods of production (fertilisers, etc) and to use post-harvest processing and seed conditioning which are heavily affecting the nutritional value of seeds delivered to oil industry. Rapeseed drying is one of the most important elements in the complex of activities referred to as the post-harvest processing. It is very often that the rapeseed drying facilities do not comply with the basic technical and exploitation standards. Material for the research were samples of rapeseed collected from producers in northern Poland, where the seeds were grown in high concentration. The determination of benzo(a)pyrene was carried out using the method based on high performance liquid chromatography (HPLC). The conducted research has demonstrated that the general contamination of rapeseed with benzo(a)pyrene (B(a)P) — the main representative of the polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) — exists at the level permitted by the world standards. However, there have been individual cases, especially with samples of dried seeds, where the B(a)P content was reaching $8.30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ of seeds, which shows that the problem of the seed pollution by PAH was still unsolved. These results show that the raw material before further processing requires continuous careful monitoring. Monitoring the PAH risks seems

niem WWA wydaje się bardzo celowe w związku z obecnością B(a)P w próbkach nie poddanych procesom obróbki po zbiorze. Należy również zaznaczyć, że B(a)P stanowi tylko niewielką część całości związków wchodzących w skład WWA oraz że wysoka temperatura powoduje jego rozpad zacierając rzeczywisty obraz jakości zdrowotnej nasion.

indeed purposeful on account of the presence of the B(a)P in samples before post-harvest processing. It should be noted that the B(a)P is only a fraction within the entire PAH content, and noteworthy is the fact that high temperature decomposes this substance, what can "blur" the real nutritional value of the seeds processed.

Wstęp

Dążenie do wzrostu efektywności uprawy rzepaku zmusza producentów do stosowania takiej ilości środków produkcji (nawozów, środków ochrony roślin) oraz sposobów obróbki po zbiorze i konserwacji nasion (temperatura suszenia, warunki przechowywania), które w istotny sposób wpływają na zdrowotną jakość produkowanego surowca. Z tych względów zagadnienie to nie może być obojętne dla konsumentów, dla których problem bezpiecznej żywności nabiera w ostatnim czasie coraz ważniejszego znaczenia. Dotyczy to zarówno pozostałości metali ciężkich, pestycydów oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Szczególnie groźne są te ostatnie, bowiem WWA, które w strukturze chemicznej zawierają układ pierścieniowy benzo(a)antracenu oraz niektóre pochodne wykazują rakotwórcze, mutagenne i teratogenne działanie na organizmy żywe, w tym szczególnie na człowieka (Biernacka i in. 1999, Dudkiewicz i in. 1988, Komala i in. 1992, Maliszewska-Kordybach 1988, Mikołajek i in. 1985, Wild 1991, 1992).

Suszenie nasion rzepaku stanowi jeden z bardziej istotnych elementów w kompleksie zabiegów określanych jako obróbka po zbiorze. Do suszenia nasion rzepaku używane są często suszarnie nie spełniające wymogów techniczno-eksploatacyjnych, na przykład te, w których czynnikiem grzewczym jest powietrze wdmuchiwane wraz ze spalinami bez wykorzystania wymienników ciepła bądź przy ich uszkodzeniu i dodatkowo bez kontroli jakości czynnika suszącego (Fornal 1973, Tys i in. 2001). Zawartość benzo(a)pirenu w produktach spożywczych (wg norm FAO/WHO) nie powinna przekraczać $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Jankowski i in. 1998). Przeprowadzone badania oleju rzepakowego wykazały występowanie benzo(a)pirenu na poziomie od 0,3 do $3,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Michna i in. 1999), to jest znacznie niższym od przewidywanej normy. Największe ilości tego związku występowały w tłoczonym oleju rzepakowym. W nim stwierdzono również dość znaczne ilości pochodnych B(a)P. Z tych powodów tak ważne jest, aby do suszenia rzepaku stosować jedynie suszarnie spełniające bardzo zaostrzone rygory technologiczne, w tym przede wszystkim uniemożliwiające kontakt nasion ze spalinami.

Bazując na danych opracowanych przez Rybackiego i in. (2001) wynika, że w rejonie surowcowym Zakładów Tłuszczowych „KRUSZWICA” S.A. ponad

24% suszarni używanych do suszenia rzepaku była kupiona przed rokiem 1970, a 47,2% po roku 1990. Wiązą się z tym problemy zarówno sprawności technicznej, jak i sposobu kontrolowania i rejestracji temperatury czynnika suszącego. Omawiany problem jest tym istotniejszy, że tylko 33% wszystkich badanych suszarni stosuje właściwą temperaturę suszenia (do 60°C). Pozostała część suszarni suszy nasiona rzepaku w temperaturach wyższych (nawet ponad 100°C). Sytuacja ta wymaga dokładnej oceny przydatności technologicznej nasion rzepaku suszonych w tak różnych warunkach. Dotyczy to szczególnie suszarni bębnowych, jak również suszarni, w których nasiona suszone są ogrzonym powietrzem wdmuchiwanym bez wykorzystania wymienników ciepła, bądź przy ich uszkodzeniu. Ze względu na różne systemy oraz zdolności przerobowe i typy suszarni, jakość końcowa nasion może być bardzo różna (Dudkiewicz i in. 1980, Fornal 1973). W efekcie może dojść do skażenia suszonych nasion substancjami o działaniu mutagennym i rakotwórczym. Należą do nich między innymi wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), wśród których najgroźniejszym przedstawicielem jest benzo(a)piren, składnik smoły węglowej i pogazowej oraz produkt niecałkowitego spalania związków organicznych.

Celem pracy było poznanie wpływu procesu suszenia nasion rzepaku na zawartość w nich benzo(a)pirenu i wykazanie zmian stężeń tego związku w próbkach pobranych ze zbioru w latach 2001 i 2002. Praca miała na celu także określenie związków pomiędzy temperaturą suszenia nasion rzepaku a stężeniem w nich B(a)P w warunkach techniczno-eksploatacyjnych wybranych suszarni. Na podstawie statystycznej analizy wyników badań zinterpretowano jaki jest wpływ obecnego stanu technicznego suszarni (czas ich eksploatacji, wyposażenie lub nie w wymienniki ciepła) na zawartość B(a)P w nasionach rzepaku poddanych procesowi suszenia. W pracy podjęto również wstępne, modelowe badania laboratoryjne dotyczące oceny zmian zawartości benzo(a)pirenu w nasionach rzepaku pod wpływem temperatury.

Materiał i metodyka badań

Materiał do badań stanowiły próbki nasion rzepaku pobrane od producentów z województw środkowej i północnej Polski (woj. kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, zachodnio-pomorskie, warmińsko-mazurskie). Badaniami objęto wszystkie typy suszarni występujące w tym rejonie (Araj, Drzewicz, Pedriotti, Rogoźno i in.). W każdym typie suszarni uwzględniono: rok produkcji i temperaturę suszenia oraz sprawność wymienników ciepła. Do badań wyznaczono 60 punktów kontrolno-pomiarowych, w których pobierano próbki nasion bezpośrednio po zbiorze oraz po suszeniu.

Próbki nasion rzepaku pobrane z doświadczeń odmianowych w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian wykorzystano do modelowych badań laboratoryjnych

nad wpływem wysokości temperatury suszenia na zawartość w nich benzo(a)pirenu. Próbki te wstępnie zostały poddane suszeniu w szklarni opalanej piecami węglowymi w celu nasycenia ich B(a)P. Następnie poddano je działaniu temperatury 80 oraz 120°C w suszarce laboratoryjnej przez 30 minut. W badanych próbkach nasion oznaczono zawartość benzo(a)pirenu według niżej opisanej metody.

Oznaczenia benzo(a)pirenu wykonano stosując technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) i wykorzystując procedury analityczne BAKERBOND spe Application (BAKER J.T. a, b, c) oraz procedurę obowiązującą w laboratorium WISIPAR Bydgoszcz (Procedura analityczna WISIPAR/LAB/01-0105). Pomiar zawartości B(a)P wykonano za pomocą chromatografu cieczowego „Waters” prod. USA, wyposażonego w kontroler typ „Controller 600”, pompę podawania rozpuszczalnika „Waters 600E” oraz dwufalowy detektor absorpcyjny UV/VIS „Waters 2487” z rozdzielczością 1,2 nm. Do obsługi chromatografu, zbierania i obróbki danych wykorzystano program „Millennium³² Version 3.05”.

Ekstrakcję próbek nasion rzepaku przeprowadzono w ten sposób, że 100-gramowe naważki umieszczano w kolbach stożkowych o pojemności 300 cm³ i zalewano 200 cm³ acetonitrylu. Próbki następnie wytrząsano w wytrząsarce rotacyjnej przez 2 godziny. Później przenoszono je do urządzenia (łaźni) ultradźwiękowego, gdzie prowadzono ekstrakcję przez 10 minut. Tak przygotowane próbki przenoszono ilościowo do systemu „BAKER spe 12G”. System składał się z połączonych ze sobą, za pomocą zaworków z PTFE, następujących elementów: rezerwuuar o pojemności 100 cm³, kolumna filtracyjna spe z dwoma 20 µm spiekami z PE i filtrami 0,45 µm oraz kolumny rozdzielczej Oktyl C8, 500 mg, wykonanej z PP. System ten mocowano za pomocą króćców typu Luera w pokrywie (wykonanej z poliamidu) naczynia próżniowego (wykonanego ze szkła borokrzemianowego). Naczynie zamykano w taki sposób, aby końcówki króćców znalazły się w odbieralnikach eluatu. Dalej włączano pompę próżniową w celu uzyskania próżni około 0,2 bara. Na skutek podciśnienia wytwarzanego w układzie, próbki i rozpuszczalniki przepływały przez kolumnę rozdzielczą Oktyl C8. W kolumnie tej jednocześnie zateżano i oczyszczano próbki. Proces prowadzono tak długo, aby nie dopuścić do zapowietrzenia kolumny. Następnie demontowano układ, pozostawiając w pokrywie tylko kolumnę spe Oktyl C8. Do naczynia szklanego pod końcówki króćców Luera wstawiano nowe i suche odbieralniki eluatu. Benzo(a)piren wymywano za pomocą tetrahydrofuranu, który podawano na kolumnę w ilości 4 cm³. Układ zamykano i wytwarzano podciśnienie 0,2 bara. Tę część analizy prowadzono tak, aby nie dopuścić do zapowietrzenia kolumny.

Pozostałe warunki analizy chromatograficznej:

- elucja: gradientowa — 95% acetonitryl, 5% woda,
- natężenie przepływu fazy ruchomej: 1 cm³·min.⁻¹,
- iniekcja: 20 µl,
- długość fali: 254 nm,

- graniczne ciśnienie, powyżej którego ustaje przepływ: 3600 PSI,
- temperatura pomiaru: 25°C,
- odzysk, limit detekcji i współczynnik zmienności dla oznaczeń benzo(a)pirenu wynosiły odpowiednio: 91,23%, 0,02 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 4,26%.

Do analiz stosowano odczynniki BAKER ANALYZED[®] HPLC-reagent, natomiast krzywą wzorcową wykonywano ze stałego benzo(a)pirenu firmy Fluka rekomendowanego dla techniki analitycznej HPLC (HPLC – reagent).

Analizy wszystkich próbek nasion rzepaku wykonano w trzech powtórzeniach. Jeżeli względne odchylenie standardowe dla trzech powtórzeń przekraczało 5%, analizę próbki powtarzano.

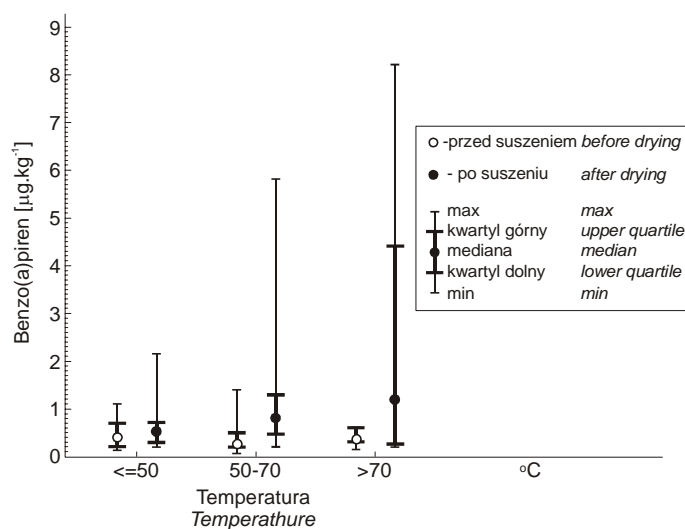
Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej określając: medianę (dzieląca rozkład uzyskanych wartości na połowę), kwartył dolny (poniżej którego znajduje się 25% wartości), kwartył górny (poniżej którego znajduje się 75% wartości) oraz pełny rozrzut wartości określane przez wartość minimalną i maksymalną.

Wyniki badań

Uzyskane wyniki badań opisujące zawartość benzo(a)pirenu wskazują, że związek ten występuje w większych ilościach w próbkach nasion poddanych procesowi suszenia (rys. 1, 3). Należy zwrócić uwagę na bardzo niewielką (0,08–1,40 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) i stabilną ilość B(a)P w nasionach bezpośrednio po zbiorze, a więc nie poddanych procesowi suszenia. Stężenie tego związku występujące w nasionach ma więc podłoże antropogeniczne i wynika z zanieczyszczeń gleb oraz atmosfery. Znaczna różnica w zawartości B(a)P pomiędzy próbkami kontrolnymi (nie poddanymi procesowi suszenia) a suszonymi świadczy w oczywisty sposób o tym, że zabieg ten w całym procesie obróbki po zbiorze jest pod tym względem najbardziej niebezpieczny. Wpływa na to kilka czynników.

Jedną z przyczyn występowania znacznej ilości B(a)P w niektórych analizowanych próbkach jest obecność (na szczęście niewielka) suszarni funkcjonujących bez wymienników ciepła (w roku 2001 takich suszarni w rejonie surowcowym ZT „KRUSZWICA” było około 1%). Nasiona w nich suszone charakteryzowały się największą ilością B(a)P. Ich udział jest na szczęście niewielki. Przeprowadzone badania wykazały jednak, że nie tylko one zanieczyszczają nasiona rzepaku tym niebezpiecznym związkiem. Znaczne ilości B(a)P stwierdzono również w suszarniach, które są zaopatrzone w wymienniki ciepła, a one powinny pracować całkowicie bezpiecznie. Znaczne ilości benzo(a)pirenu stwierdzone w nasionach z nich pochodzących wskazują jednak, że problem może polegać na niesolidności i braku dyscypliny producentów rzepaku, którzy ze względów „oszczędnościowych” stosują suszenie nasion wyłączając wymienniki i susząc nasiona bezpośrednio spalinami. Tylko takie wytłumaczenie można przyjąć na podstawie uzyskanych wyników badań.

Inną przyczyną jest wiek i stan suszarni używanych przez producentów rzepaku. Większość z nich pracuje po znacznych przeróbkach i modernizacjach, których efektem nie zawsze było uszczelnienie elementów grzewczych (wymienników ciepła) uniemożliwiających dostęp spalin z paleniska do suszonego materiału. W efekcie bardzo często, w większym lub mniejszym stopniu, ma miejsce bezpośredni kontakt spalin z nasionami. Potwierdzają to przeprowadzone badania, z których wynika, że suszarnie stare wyprodukowane przed rokiem 1980 w większym stopniu skażały suszone nasiona rzepaku niż wyprodukowane po roku 1990 (Tys i in. 2003).

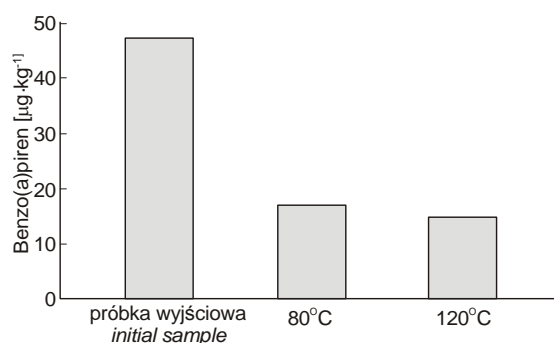


Rys. 1. Wpływ temperatury suszenia na zawartość B(a)P w nasionach rzepaku — *Impact of drying temperature on the content of the B(a)P in rapeseed*

Czynnikiem decydującym o ilości B(a)P w nasionach rzepaku okazała się temperatura suszenia (rys. 1). Przeprowadzone badania wykazały, że podczas suszenia nasion w temperaturze do 50°C występuje najmniejsze zanieczyszczenie nasion B(a)P. Zagrożenie to rośnie wraz ze wzrostem temperatury suszenia. Świadczy o tym bardzo szeroki rozstęp międzykwartyłowy dla zawartości B(a)P w próbkach rzepaku suszonych w temperaturze ponad 70°C, wynoszący od 0,2 do 4,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, w którym mieści się 50% badanych producentów rzepaku. Jest również znamienna ilość producentów (25%), u których stwierdzono od 4,8 do 8,3 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ badanego związku. Taka sytuacja nie budzi wątpliwości, że suszarnie pracujące nieprawidłowo są głównym źródłem B(a)P w nasionach rzepaku. Wysoka temperatura, w której suszone są nasiona jest wynikiem między innymi „przebiegów” spalin bezpośrednio z paleniska. Przeprowadzone obserwacje suszarni starszego typu potwierdziły to przypuszczenie. Nieszczelności w komorze spalania

i wymiennikach ciepła (przy wysokiej temperaturze dochodzi do znacznej rozszerzalności elementów metalowych) powodują przedostawanie się spalin do komory suszenia, co powoduje wzrost temperatury suszonego materiału, a także zanieczyszczenie go szkodliwymi związkami.

Na podstawie badań laboratoryjnych przeprowadzonych na próbkach nasion rzepaku pochodzących z SDOO i poddanych suszeniu w szklarni opalanej piecami węglowymi stwierdzono $47,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ B(a)P. W celu określenia wpływu temperatury suszenia nasion rzepaku na zawartość B(a)P próbki te poddano działaniu temperatury 80 oraz 120°C w suszarce laboratoryjnej przez 30 minut. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 2. Nasiona rzepaku wysuszone w temperaturze 80°C wykazywały $17,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ B(a)P, a w temperaturze 120°C , już tylko $15,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wyraźnie widać, że wysoka temperatura suszenia powoduje częściowy rozkład benzo(a)pirenu. Z doniesień literaturowych wynika, że WWA ulegają łatwemu rozkładowi pod wpływem podwyższonej temperatury — już około 50°C (Dudkiewicz i in. 1988, Gworek i in. 2000).



Rys. 2. Wpływ temperatury na stopień rozpadu benzo(a)pirenu w próbce rzepaku, która zawierała duże ilości tego związku ($47,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) — *Impact of drying temperature on degree of benzo(a)pyrene deterioration in the sample of rapeseed with high content of the substance ($47,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)*

Wykazany malejący udział B(a)P w nasionach rzepaku poddanych działaniu wysokiej temperatury stwarza zagrożenie ich skażenia pochodnymi rozpadu, które jak się okazuje są bardziej kancerogenne i mutagenne, co tłumaczy się lepszą rozpuszczalnością lżejszych WWA w wodzie (Bąkowski i in. 1988, Dudkiewicz i in. 1988, Miroń 1995, Reyes i in. 2000). Można założyć, że w próbkach przemysłowych poddanych wysokiej temperaturze zachodzi jednocześnie zarówno proces ich zanieczyszczenia B(a)P, jak i proces jego rozpadu.

Wyniki analiz próbek uzyskanych w 2001 i 2002 r. pozwalają przypuszczać, że odmienne warunki atmosferyczne w tych latach mogą różnicować tę istotną dla zdrowia cechę nasion (rys. 3). Rok 2001 charakteryzował się częstymi i obfitymi opadami deszczu w czasie zbioru, stąd znaczna wilgotność zbieranych nasion.

Miało to wpływ na warunki suszenia, a przede wszystkim czas i wysokość temperatury (próbki o znacznej wilgotności wymagały dłuższego suszenia). Nasiona wyprodukowane w takich warunkach wykazywały znacznie wyższe zanieczyszczenie B(a)P w porównaniu do nasion z roku 2002, który był pod tym względem znacznie korzystniejszy.



Rys. 3. Zawartość B(a)P w nasionach rzepaka w poszczególnych latach badań — *Rapeseed B(a)P contamination in respective years of analysis.*

Podsumowanie

Rzepak w naszym rejonie klimatycznym jest podstawowym surowcem do produkcji tłuszczów roślinnych. Przeprowadzone badania wykazały, że generalnie zawartość benzo(a)pirenu w analizowanych próbkach nasion rzepaka nie przekracza poziomu akceptowanego przez wymogi norm światowych. Nasiona stanowią surowiec, który podlega skomplikowanym procesom rafinacji i oczyszczania (odkwaszania, bielienia, dezodoryzacji itp.), w trakcie których znaczna część szkodliwych związków zostaje usunięta. Jednak występowanie pojedynczych przypadków, szczególnie w próbkach suszonych, w których zawartość B(a)P może sięgać poziomu nawet $8,30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ wskazuje, że problem zanieczyszczeń nasion przez wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne istnieje, a surowiec przeznaczony do przerobu wymaga ciągłej kontroli. Należy zaznaczyć, że w niektórych krajach europejskich (Czechy, Niemcy) w przypadku, gdy skażenie surowców spożywczych B(a)P występuje na poziomie $2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, podejmowane są czynności redukujące jego zawartość.

Monitorowanie zagrożeń związanych z występowaniem WWA wydaje się bardzo celowe w związku z obecnością B(a)P w próbkach nie poddanych proce-

som obróbki pozbiiorowej. Świadczy to o powszechnym występowaniu tego związku w otoczeniu człowieka. Przyczyn należy doszukiwać się przede wszystkim w czynnikach antropogenicznych.

Znaczne różnice w zawartości benzo(a)pirenu pomiędzy próbkami pobranymi bezpośrednio po zbiorze i suszonymi wskazują, jak istotny wpływ na zawartość tego związku ma proces suszenia nasion. Wyższe ilości B(a)P w nasionach pochodzących z roku 2001, o gorszych warunkach pogodowych, sugerują, że długość suszenia i stosowana temperatura w istotny sposób modyfikują tę ważną dla zdrowia cechę nasion. Należy również zaznaczyć, że B(a)P stanowi tylko niewielką część całości związków wchodzących w skład WWA, jak również fakt, że wysoka temperatura powoduje rozpad tego związku, co może „zacierać” rzeczywisty obraz jakości zdrowotnej nasion.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość B(a)P w nasionach rzepaku generalnie nie przekracza obowiązujących w krajach UE norm. Pojedyncze przypadki wskazują jednak na celowość szczegółowego monitorowania tego zagrożenia.
2. Większe ilości B(a)P stwierdzone w nasionach poddanych procesowi suszenia świadczą, że jest to jedno z ważnych źródeł zanieczyszczenia nasion. Wymusza to konieczność szczegółowej kontroli, jaka powinna obejmować suszarnie, szczególnie przestarzałe pod względem eksploatacyjno-technicznym.
3. Wysoka temperatura suszenia redukuje zawartość B(a)P w nasionach rzepaku. Stosowanie wysokiej temperatury podczas suszenia może „zacierać” rzeczywisty obraz jakości zdrowotnej nasion.

Conclusions

1. The conducted research has demonstrated that the content of the B(a)P in the seeds of rape is generally below the EU normative standards. Only individual cases point out to the need of careful monitoring the risk.
2. The increased B(a)P contamination, observed in the case of seeds after the drying process, clearly demonstrates that this is one of the major sources for the contamination. This calls for the need of strict control on all the drying facilities including these with most obsolete technology.
3. The high temperature of drying reduces the content of B(a)P in rapeseeds. Therefore, applying high temperatures during the drying process may “blur” the real nutritional value of the seeds being processed.

Literatura

- Baker J.T. (a). Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in pflanzlichen Lebensmitteln mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie. BAKERBOND spe Application, Notes AN-290.
- Baker J.T. (b). Extraction of PAH's from soil and water. BAKERBOND spe Application, Notes AN-385.
- Baker J.T. (c). PAKs aus Boden, Teer, Öl und anderen komplexen Matrices mit BAKERBOND spe PAH SOIL. BAKERBOND spe Application, Notes AN 7518-08.
- Bąkowski W., Bodzek D. 1988. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w naturalnym środowisku człowieka – pochodzenie, występowanie, toksyczność, oszacowanie emisji w Polsce. Arch. Ochr. Środ., 3-4: 197-215.
- Bernacka J., Pawłowska L. 1999. Substancje szkodliwe i ich obecność w osadach z miejskich oczyszczalni ścieków. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 16: 25-42.
- Dutkiewicz T., Lebek G., Masłowski J., Mielżyńska D., Ryborz S. 1988. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym. Warszawa, PWN, 5-72.
- Fornal J. 1973. Przenikanie 3,4 benzopirenu do pszenicy suszonej w suszarce ZSPŻ – 8. Roczn. Nauk Rol. T69, C-4: 17-26.
- Gworek B., Klimczak K. 2000. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w podstawowych elementach środowiska. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 20: 5-20.
- Jankowski P., Karpiński R., Cozel A., Krygier K., Cieślak B., Bartnikowska E., Obiedziński M. 1998. Badania porównawcze wybranych skażeń chemicznych w olejach roślinnych. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XIX: 279-289.
- Komala Z., Przyboś E., Bodzek D., Luks-Betlej K. 1992. Działanie frakcji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na organizmy zwierzęce. (*Paramecium* sp., *Rana temporaria*). Cz. II. Arch. Ochr. Środ., 1: 79-95.
- Maliszewska-Kordybach B. 1986. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym. Wiadom. Ekolog., XXXII, 1: 47-63.
- Michna W. i in. 1999. Raport z badań monitorowych nad jakością gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 1998 roku. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa, 134-142.
- Mikołajek A., Brandys J., Lipniak M. 1985. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebie pracowniczych ogródków działkowych na terenie miasta Krakowa. Roczniki PZH, XXXVI, 2: 125-133.
- Miroń M.I. 1995. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w odpadach i innych elementach środowiska. Instytut Gospodarki Odpadami, Katowice.
- Procedura analityczna WISIPAR/LAB/01-01-05. Oznaczanie benzo(a)pirenu w nasionach rzepaku metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej kolumnowej (HPLC). WISIPAR, Bydgoszcz.
- Rybacki R., Skawiński P., Lampkowski M. 2001. Stan suszarnictwa nasion rzepaku w rejonie surowcowym Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica” S.A. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXII: 539-549.
- Tys J., Rybacki R. 2001. Rzepak – jakość nasion, procesy zbioru, suszenia, przechowywania. Lublin, Acta Agrophysica, 44: 33-44.
- Tys J., Rybacki R., Malczyk P. 2003. Sources for contamination of rapeseed with benzo(a)pyrene. International Agrophysics, 17, 3: 131-136.
- Wild S.R., Jones K.C. 1991. Studies on the polynuclear aromatic hydrocarbon content of carrots (*Daucus carota*). Chemosphere, 23, 2: 243-251.
- Wild S.R., Jones K.C. 1992. Polynuclear Aromatic Hydrocarbon Uptake by Carrots Grown in Sludge-Amended Soil. J. Environ. Qual., 21: 217-225.