

Wojciech CHWIAŁKOWSKI

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Towaroznawstwa, Katedra Chemii Ogólnej
ul. H. Sienkiewicza 5, 30-033 Kraków, e-mail: wchwialkowski@poczta.fm

Bronisław BUCZEK

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Paliw i Energii, Katedra Chemii Węgla
i Inżynierii Adsorpcyjnej, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: bbuczek@agh.edu.pl

Oczyszczanie oleju posmażalniczego za pomocą węgla aktywnych

Przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem mieszaniny węgla aktywnych o różnych właściwościach powierzchniowych w procesie oczyszczania zużytego oleju smaźalniczego. Stosowane węgle aktywne przygotowano poprzez wygrzewanie handlowego węgla aktywnego w temperaturze 1000°C w atmosferze azotu (ARW) oraz poprzez utlenianie nadtlenkiem wodoru (ARP2). Oczyszczaniu poddano fryturę smaźalniczą, wyprodukowaną na bazie oleju rzepakowego, przeznaczoną do zastosowań komercyjnych (smażenia w głębokim tłuszczu produktów żywnościowych). Medium smaźalnicze było specjalnym, rafinowanym olejem z naturalnym osadem, pozwalającym na długotrwałe głębokie smażenie dzięki opóźnieniu procesu oksydacji w porównaniu do zwykłego oleju rzepakowego. Oczyszczanie adsorpcyjne oleju posmaźalniczego za pomocą mieszaniny węgla ARW i ARP2 efektywnie poprawiło jakość oleju. Traktowanie mieszaniną adsorbentów spowodowało zarówno obniżenie ilości substancji barwnych, produktów pierwotnego i wtórnego utleniania, jak również produktów hydrolizy kwasów tłuszczowych i związków polarnych. W wyniku oczyszczania wzrosła także ilość substancji o charakterze nienasyconym.

Słowa kluczowe: zużyte oleje smaźalnicze, adsorpcja produktów degradacji oleju, węgiel aktywny

Wstęp

W sieciach restauracji typu fast-food, w celu zwiększenia efektywności smażenia oraz poprawy ekonomiki procesu, stosuje się adsorbenty mineralne powodujące przedłużanie czasu użytkowania tłuszczów smaźalniczych. Substancje te dzięki adsorpcji powstających związków są w stanie wydłużyć czas stosowania oleju smaźalniczego nawet do 9 dni [1, 2]. Dzieje się tak ze względu na polarny charakter tych adsorbentów, dzięki czemu zatrzymują one polarne związki powstałe w wyniku smażenia żywności. Technologie wydłużania żywotności olejów smaźalniczych wykorzystywane w sieciach restauracji przewidują zastosowanie adsorbentów mineralnych wraz z wymianą oleju na świeży oraz na koniec każdego dnia eksploatacji. Dzięki temu zabiegowi można utrzymać właściwą jakość oleju smaźalniczego przez dłuższy okres. Z pewnością działanie takie znajduje zarówno ekonomiczne, jak również ekologiczne uzasadnienie. Z jednej strony praktyka taka przyczynia się

do zwiększania zysków restauratora, a z drugiej zmniejsza się ilość odpadów olejowych powstających z restauracji.

Efektem długotrwałego smażenia w głębokim tłuszczu jest formowanie się mało- i wielkocząsteczkowych struktur organicznych. Powstałe związki chemiczne, takie jak wolne kwasy tłuszczowe, wodoronadtlenki, polimery oraz inne produkty pierwotnego i wtórnego utleniania, wpływają na jakość użytkowanego tłuszczu smaźalniczego, a co za tym idzie - mogą powodować pewne schorzenia u konsumentów spożywających produkty przygotowane w takich tłuszczach. Rozpuszczalne w olejach niepożądane substancje powodują najpierw przyspieszanie degradacji tłuszczu, a następnie działają destrukcyjnie na jakość i wartość odżywczą medium, co można stwierdzić po pogorszeniu się przede wszystkim zapachu, konsystencji oraz koloru tłuszczu smaźalniczego. Surowiec taki z punktu widzenia konsumenta nie powinien być dalej stosowany. Jest to w pełni zrozumiałe, ale olej posmaźalniczy zawiera jeszcze składniki, które można wykorzystać. Są nimi trójacyloglicerole, które po oddzieleniu od składników powodujących degradację oleju mogą pełnić w dalszym ciągu rolę medium smaźalniczego oraz dostarczyciela kwasów polienowych. W związku z tym, w celu wydłużenia czasu stosowania oleju należy jedynie zastosować oczyszczanie adsorpcyjne i usunąć niekorzystne związki powodujące degradację tłuszczu.

Ze względu na właściwości sorpcyjne wydaje się, że węgle aktywne mogą sprostać wymaganiom stawianym adsorbentom stosowanym do oczyszczania olejów posmaźalniczych. Niestety mikroporowate adsorbenty węglowe nie charakteryzują się odpowiednimi właściwościami powierzchniowymi. Są one adsorbentami w zasadzie niepolarnymi. W związku z tym, aby można było zastosować węgle aktywne w procesach adsorpcji polarnych związków powodujących degradację olejów posmaźalniczych, należy poddać je modyfikacji. Proces ten ma na celu wprowadzenie dodatkowych ugrupowań powierzchniowych lub ich przebudowanie prowadzące do zmiany charakteru powierzchni na polarny. Przebadano już kilka sposobów modyfikacji węgla aktywnych w celu ich przystosowania do oczyszczania olejów posmaźalniczych, między innymi stosując utlenianie w fazie ciekłej kwasem azotowym, nadtlenkiem wodoru oraz stałym wodorotlenkiem potasu, a także za pomocą wygrzewania w atmosferze azotu [3-6].

W pracy przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem mieszaniny wygrzewanego oraz utlenionego węgla aktywnego do oczyszczania zużytego oleju posmaźalniczego. Analizowano zmiany parametrów fizyczno-chemicznych, jakościowych oraz składu kwasów tłuszczowych frytury posmaźalniczej oraz po oczyszczaniu adsorpcyjnym. Celem pracy było określenie efektywności adsorbowania produktów rozkładu oleju smaźalniczego za pomocą mieszaniny węgla aktywnych o różnych właściwościach powierzchniowych. Użyte węgle aktywne przygotowano przez obróbkę termiczną węgla aktywnego AR w temperaturze 1000°C w atmosferze azotu oraz utlenianie tego samego węgla za pomocą roztworu nadtlenku wodoru.

1. Materiały i metody badań

1.1. Materiały

Świeża frytura PM o nazwie handlowej „Pan Max” - rafinowany tłuszcz płynny z naturalnym osadem, wyprodukowany z oleju rzepakowego przez ZT „Kruszwica” S.A., Polska.

Frytura posmażalnicza PMZ - frytura PM użyta do smażenia frytek firmy RS Markenvertrieb GmbH&Co. KG Aldrup, Niemcy; podczas 4 dni, we frytownicy domowej, w temperaturze $170\pm 175^{\circ}\text{C}$ usmażono około 25 kg frytek.

Węgiel aktywny AR wytworzony z węgla drzewnego przez aktywację parą wodną, wyprodukowany przez ZEW Racibórz (obecnie Elbar - Katowice sp. z o.o. Oddział Carbon w Raciborzu), o uziarnieniu $0,5\text{ mm} > d_z > 0,045\text{ mm}$.

Węgiel aktywny ARW otrzymano z węgla AR poprzez jego obróbkę w atmosferze azotu o czystości 99,9% w temperaturze 1000°C . Proces wygrzewania przeprowadzono w aparacie do aktywacji i karbonizacji [7].

Węgiel aktywny ARP2 otrzymano z węgla AR poprzez utlenianie w fazie ciekłej za pomocą 30% roztworu nadtlenu wodoru.

1.2. Analiza właściwości powierzchniowych oraz tekstury porowatej węgla aktywnych

Strukturę porowatą węgla aktywnych analizowano na podstawie izotermi niskotemperaturowej adsorpcji azotu, którą wyznaczono metodą objętościową, w temperaturze 77,5 K w zakresie ciśnienia względnego $p/p_0 = 0,00001\div 0,999$.

Z otrzymanych danych wyznaczono parametry, charakteryzujące strukturę mikroporowatą: objętość mikroporów (W_0) oraz charakterystyczną energię adsorpcji (E_0) zgodnie z równaniem Dubinnina-Raduszkiewicza [8]. Powierzchnię mezoporów (S_{mez}) obliczono metodą Dollimore'a-Heala [9]. Powierzchnię właściwą (S_{BET}) określono z równania Brunauera-Emmetta-Tellera (BET) [10].

Wyniki analizy struktury mikro- i mezoporowatej badanych węgla przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

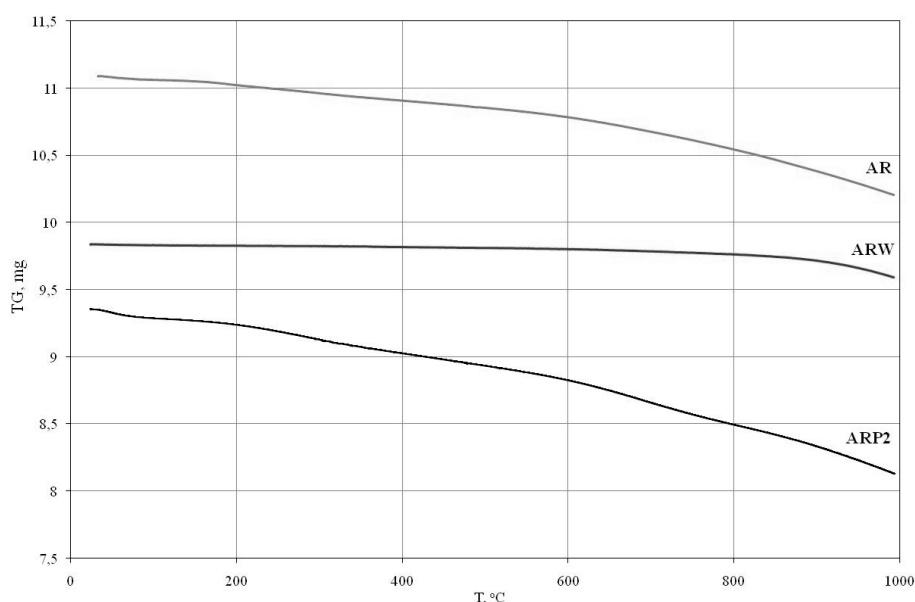
Parametry struktury porowatej węgla aktywnych AR, ARW oraz ARP2

Parametr	Symbol	Jednostka	AR	ARW	ARP2
Objętość mikroporów	W_0	cm^3/g	0,423	0,395	0,372
Charakterystyczna energia adsorpcji	E_0	kJ/mol	18,5	21,5	21,1
Powierzchnia mezoporów	S_{mez}	m^2/g	207	165	180
Powierzchnia właściwa	S_{BET}	m^2/g	980	945	915

W wyniku modyfikowania węgla aktywnego AR przez wygrzewanie go w atmosferze azotu oraz prowadząc utlenianie perhydrolem, uzyskano adsorbenty o zmniejszonej objętości mikroporów, powierzchni mezoporów oraz właściwej.

W przypadku węgla ARW parametr W_0 został obniżony o blisko 7%, powierzchnia mezoporów o ponad 20%, a powierzchnia BET o blisko 4%. Drugi z węgli charakteryzował się mniejszą o ponad 12% objętością mikroporów oraz o 13% zmniejszoną powierzchnią mezoporów. W tym przypadku powierzchnia właściwa węgla była mniejsza o blisko 7%. Pozytywną zmianą był wzrost charakterystycznej energii adsorpcji dla obu adsorbentów. Wartość E_0 dla węgla wygrzewanego w atmosferze azotu wzrosła o ponad 16%, a dla węgla utlenionego nadtlaniem wodoru o ponad 14%.

W celu określenia rodzaju tlenowych grup funkcyjnych występujących na powierzchni adsorbentów próbki węgla poddano badaniom metodą termogravimetryczną połączoną z analizą powstających gazów. Pomiary wykonano przy szybkości ogrzewania: $10^\circ\text{C}/\text{min}$, od temperatury 25 do 1000°C , przy przepływie He w ilości $6\text{ dm}^3/\text{h}$. Zastosowano termowagę SDT 2960 TA INSTRUMENTS o czułości 10^{-7}g , sprzężoną z kwadrupolowym spektrometrem masowym QMS 300 BALZERS o czułości 1 u.



Rys. 1. Krzywa TG dla węgla AR, ARW i ARP2 [12]

Z krzywych TG przedstawionych na rysunku 1 obliczono ubytki mas poszczególnych węgli aktywnych. Zmiany masy obliczono w zakresie temperatur $25\div 180^\circ\text{C}$, $180\div 700^\circ\text{C}$ oraz $700\div 1000^\circ\text{C}$. Zakresy te są interesujące z tego względu, że określają wydzielanie się różnych produktów gazowych. W pierwszym zakresie temperatur odparowuje woda, głównie higroskopijna. W drugim kończy się wydzielanie CO_2 , który powstaje w wyniku rozkładu grup kwasowych. Trzeci zakres odpowiada końcowi wydzielania się CO , który jest wynikiem destrukcji grup o charakterze zasadowym [11]. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

Porównując ubytki mas w poszczególnych zakresach temperatur (tab. 2), można stwierdzić, że w wyniku wygrzewania węgla aktywnego AR w wysokiej temperaturze z jego powierzchni usunięto prawie wszystkie grupy o charakterze kwasowym (obniżenie o 87%) oraz zmniejszono o ponad połowę ilość zasadowych grup powierzchniowych. W przypadku utleniania węgla wyjściowego za pomocą nadtlenu wodoru zawartość zarówno kwasowych, jak również zasadowych grup funkcyjnych wzrosła. Przyrost ugrupowań o charakterze kwasowym wynosił blisko 100%, a o charakterze zasadowym około 40%. W wyniku utleniania powierzchnia węgla ARP2 pokryta została praktycznie w takim samym stopniu obydwoma rodzajami grup funkcyjnych.

Tabela 2

Ubytek masy węgla aktywnych AR, ARW i ARP2 wyznaczony z krzywych TG [12]

Węgiel	Ubytek masy w zakresie temperatur, %		
	25÷180°C	180÷700°C	700÷1000°C
AR	0,46	3,27	4,40
ARW	0,11	0,43	1,99
ARP2	1,09	6,42	6,10

Do oznaczenia rodzaju poszczególnych kwasowych grup funkcyjnych znajdujących się na powierzchni węgla aktywnych zastosowano również metodę Boehma [13]. Próbki węgla zadano roztworami: 0,1 M NaHCO₃, 0,5 M Na₂CO₃ oraz 0,1 M NaOH, po czym mieszaniny wytrząsano przez 24 h. Wymienione odczynniki zobojętniają w środowisku wodnym grupy kwasowe o odpowiedniej dla nich wartości pK. Wodorowęglan sodu zobojętnia grupy karboksylowe, węglan sodu - grupy karboksylowe i laktonowe, a zasada sodowa - karboksylowe, laktonowe i hydroksylowe. Nadmiar zastosowanego odczynnika odmiareczkowano za pomocą 0,1 M HCl wobec oranżu metylowego aż do zmiany zabarwienia roztworu. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Wyniki oznaczeń kwasowych grup tlenowych [12]

Węgiel	Zawartość kwasowych grup powierzchniowych, µmol/g		
	silnie kwasowe karboksylowe	średnio kwasowe laktonowe	słabo kwasowe hydroksylowe
AR	50,1	0,4	789,3
ARW	0,0	235,1	55,2
ARP2	439,8	112,2	77,9

Analiza zawartości grup powierzchniowych o charakterze kwasowym wykazała, iż proces wygrzewania węgla AR prowadzi do całkowitej destrukcji grup kar-

boksylowych oraz zamiany dużej ilości grup hydroksylowych na grupy laktonowe. Udział tych ostatnich na powierzchni węgla ARW wyniósł 81%. Ponadto węgiel ARW zawierał małą ilość grup hydroksylowych. W wyniku utleniania handlowego węgla aktywnego AR nadtlaniem wodoru znaczna część grup hydroksylowych utleniła się do grup karboksylowych. Udział grup hydroksylowych zmniejszył się z 94 do 12%, natomiast zawartość grup karboksylowych wzrosła z 6 do 70%. Na powierzchni węgla utlenionego perhydrolem pojawiły się również grupy laktonowe. Stanowiły one 18% udziału powierzchniowych grup kwasowych węgla ARP2.

1.3. Oczyszczanie zużytego oleju

Fryturę posmażalniczą PMZ poddano oczyszczaniu za pomocą równo-masowej mieszanki węgla aktywnych ARW i ARP2. Węgla te zostały wybrane na podstawie wcześniejszych badań, w których zastosowano je oddzielnie [4, 6]. Próbkę oleju z adsorbentami przygotowano w stosunku 1:20 m/m. Zawiesinę ogrzewano i mieszano za pomocą mieszadła magnetycznego przez 30 min, utrzymując temperaturę 70÷80°C. Po tym etapie węgiel oddzielono od oleju przez filtrację cieplej zawiesiny (60°C) w filtrze ciśnieniowym w atmosferze azotu. W wyniku oczyszczania i filtracji uzyskano olej oznaczony symbolem PMO20.

1.4. Metody badań medium olejowego

Celem oczyszczania oleju posmażalniczego (frytury) było usunięcie produktów rozkładu, powstałych podczas smażenia frytek oraz ocena skuteczności i oddziaływania użytej mieszaniny adsorbentów. Do oceny zmian właściwości oleju świeżego po smażeniu i oczyszczaniu zastosowano następujące wskaźniki fizyczno-chemiczne i jakościowe:

- barwa, dokładność odczytu $\pm 0,001$ [14],
- liczba jodowa LI $\pm 2,0$ dla LI $\in <50; 100>$ [15],
- liczba kwasowa LK $\pm 3\%$ [16],
- liczba nadtlenkowa LN $\pm 0,2$ mrównow. aktywnego O₂/kg [17],
- liczba anizydynowa LA $\pm 0,2$ [18],
- wskaźnik oksydacji tłuszczu Totox [19],
- zawartość związków polarnych ZZP (tester jakości oleju OIL METER FOM 200, dokładność odczytu: $\pm 2\%$),
- skład kwasów tłuszczowych oznaczonych metodą chromatografii gazowej [20] w postaci estrów metylowych [21].

W tabeli 4 podano właściwości fizyczno-chemiczne i jakościowe olejów w różnych fazach obróbki, w tabeli 5 skład kwasów tłuszczowych, a w tabeli 6 zawartości poszczególnych grup kwasów tłuszczowych (SFA - nasycone, MUFA - jednonienasycone, PUFA - wielonienasycone, UFA - nienasycone kwasy tłuszczowe).

Tabela 4

Właściwości fizyczno-chemiczne i parametry jakościowe analizowanych olejów

Olej	Barwa	LI gI ₂ /100 g	LK mgKOH/g	LN mrównow. O ₂ /kg	LA	Totox	ZZP %
PM	3,3	86,60	0,083	0,58	1,28	2,43	0,2
PMZ	106,3	67,66	0,829	8,42	54,68	71,53	21,8
PMO20	62,3	82,60	0,724	5,77	44,90	56,43	18,4

Tabela 5

Skład głównych kwasów tłuszczowych olejów oznaczony metodą CG, % wag.

Kwasy tłuszczowe, %	PM	PMZ	PMO20
C _{14:0}	0,17±0,01	0,53±0,03	0,64±0,03
C _{16:0}	8,24±0,25	22,57±0,68	21,97±0,66
C _{16:1 (cis-9)}	0,23±0,01	0,27±0,01	0,19±0,01
C _{18:0}	3,24±0,10	4,04±0,12	4,04±0,12
C _{18:1 (cis-9)}	73,66±2,21	61,13±1,83	62,00±1,86
C _{18:2 (trans)}	1,65±0,05	0,71±0,02	0,69±0,02
C _{18:2 (trans-9, 12)}	1,69±0,05	0,96±0,03	0,87±0,03
C _{18:2 (cis-9, 12)}	5,62±0,17	5,86±0,18	5,82±0,17
C _{18:3 (cis-9, 12, 15)}	0,39±0,01	0,18±0,01	0,19±0,01

Tabela 6

Sumaryczna zawartość SFA, MUFA, PUFA oraz stosunek UFA do SFA

Kwasy tłuszczowe, %	PM	PMZ	PMO
SFA	14,19	28,93	28,38
MUFA	76,47	62,98	63,76
PUFA	9,34	7,72	7,57
UFA	85,81	70,70	71,32
UFA/SFA	6,05	2,44	2,51

2. Wyniki i ich omówienie

W wyniku smażenia znacznej ilości mrożonych frytek (25 kg) zmiany we fryturze były bardzo drastyczne. I tak: wartość liczby kwasowej wzrosła dziesięciokrotnie, liczby nadtlenkowej niemal piętnastokrotnie oraz liczby anizydynowej ponad 42 razy. Niekorzystnym zjawiskiem było również zwiększenie zawartości związków polarnych ponad 100-krotnie oraz wartość barwy o ponad 30 razy. Ilość kwasów nienasyconych wyrażona liczbą jodową w wyniku obróbki termicznej żywności została zmniejszona o blisko 22% (tab. 4).

W wyniku smażenia dwukrotnie wzrosła ilość kwasów nasyconych (SFA) oraz o około 15 jednostek spadła całkowita ilość kwasów nienasyconych (UFA). Najmniejsze zmiany zaobserwowano w przypadku nienasyconych kwasów polienowych (PUFA), gdzie zmiana wynosiła około 2% wag. Stosunek określający ilość kwasów nienasyconych do nasyconych wynoszący 6 pogorszył się o około 60%, osiągając wartość 2,44 (tab. 6).

W przypadku składu nasyconych kwasów tłuszczowych wyraźne zmiany dotyczą kwasów mirystynowego ($C_{14:0}$), palmitynowego ($C_{16:0}$) oraz stearynowego ($C_{18:0}$). W grupie tych kwasów wzrost wyniósł odpowiednio: o ponad dwa razy, o około 14 jednostek, co odpowiadało zwiększeniu zawartości o ponad 170%, oraz w przypadku kwasu stearynowego o około 25% w stosunku do ich zawartości w oleju wyjściowym. W grupie kwasów jednonienasyconych ilość izomeru cis-9 kwasu oleopalmitynowego ($C_{16:1 \text{ cis-9}}$) wzrosła o ponad 16%, a izomeru cis-9 kwasu oleinowego ($C_{18:1 \text{ cis-9}}$) została zmniejszona o około 12 jednostek, co odpowiadało zmianie 17%. Sumaryczna zawartość izomerów trans kwasu linolowego ($C_{18:2 \text{ trans}} + C_{18:2 \text{ trans-9, 12}}$) została obniżona o około 50%. Smażenie frytek spowodowało również obniżenie ilości izomeru cis-9, 12, 15 kwasu linolenowego o ponad połowę (tab. 5). Na podstawie uzyskanych wskaźników jakościowych oraz profilu kwasów tłuszczowych można stwierdzić bardzo wysoki stopień wyeksploatowania frytury wytworzonej z oleju rzepakowego.

Oczyszczanie adsorpcyjne za pomocą mieszaniny węgla aktywnych o różnych właściwościach powierzchniowych (ARW i ARP2) przyniosło poprawę parametrów jakościowych oraz fizyczno-chemicznych. Proces adsorpcji najlepiej usuwał związki barwne, produkty pierwotnego (LN) i wtórnego utleniania (LA) oraz związki polarne (ZZP).

Wartość barwy w stosunku do wartości odpowiadającej olejowi posmażalnierzemu PMZ została obniżona o ponad 41%, liczba nadtlenkowa o około 31%, liczba anizydynowa o około 18%, a całkowita zawartość związków polarnych o ponad 15%. Ponadto zawartość produktów hydrolizy kwasów tłuszczowych (LK) w wyniku kontaktu z mieszaniną adsorbentów zmniejszyła się o ponad 12%. W związku ze zmianami ilości produktów pierwotnego i wtórnego utleniania zmieniła się również wartość syntetycznego wskaźnika całkowitej oksydacji tłuszczu Totox o ponad 21%. Szczególnie zastanawiający jest fakt, iż o ponad 22% wzrosła wartość liczby jodowej (tab. 4).

Kontakt mieszaniny węgla z tłuszczem posmażalniczym nie spowodował istotnych zmian w składzie kwasów tłuszczowych. W związku z tym trudno jest porównywać uzyskane wyniki. Zostały one zamieszczone jedynie w celu wskazania charakteru działania adsorbentów.

Oczyszczanie adsorpcyjne spowodowało zmniejszenie zawartości kwasów nasyconych (SFA) oraz składników wielonienasyconych (PUFA) o około 2%. Ilość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych została powiększona o około 1%. Stosunek kwasów nienasyconych do nasyconych wzrósł o prawie 3% (tab. 6). W przypadku szczegółowej analizy profilu kwasów tłuszczowych należy wspomnieć o wzroście o 21% zawartości kwasu mirystynowego oraz obniżeniu o około

32% ilości kwasu cis-9 oleopalmitynowego, a także o obniżeniu o blisko 7% zawartości izomeru trans kwasu linolowego. Zmiany pozostałych głównych składników wynosiły znacznie poniżej 5% (tab. 5).

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Oczyszczanie adsorpcyjne frytury posmażalniczej mieszaniną węgla aktywnych o różnych właściwościach powierzchniowych (ARW i ARP2) powoduje korzystne zmiany w aspekcie jej parametrów fizyczno-chemicznych oraz jakościowych, dzięki czemu w efektywny sposób przedłużana jest żywotności stosowanego oleju.
2. Adsorbenty użyte w procesie oczyszczania obniżyły skutecznie, bo o ponad 40%, zawartość substancji barwnych oraz o ponad 30% produktów pierwotnego utleniania. Spowodowały również zmniejszenie ilości wolnych kwasów tłuszczowych, wtórnych produktów utleniania, związków polarnych oraz zwiększenie udziału związków o charakterze nienasyconym.
3. Traktowanie oleju posmażalniczego mieszaniną analizowanych węgla aktywnych (ARW i ARP2) nieznacznie wpływa na skład kwasów tłuszczowych.

Literatura

- [1] Cooke B.S., Adsorbent Treatment of Frying Oil: Commercial Frying Case Study, 4th Euro Fed Lipid Congress: Oils, Fats and Lipids for a Healthier Future, Madrid (UCM), Spain 2006, 399.
- [2] Cooke B.S., Adsorbent Purification of Frying, 5th Euro Fed Lipid Congress: Oils, Fats and Lipids: from Science to Applications, Gothenburg, Sweden 2007, 326.
- [3] Buczek B., Chwiałkowski W., Wpływ natury powierzchni węgla aktywnego na jego zdolność do oczyszczania oleju posmażalniczego, Mat. IV Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. Węgiel aktywny w ochronie środowiska i przemyśle, Częstochowa-Ustroń 2004, 437-448.
- [4] Buczek B., Chwiałkowski W., Zastosowanie węgla aktywnego utlenionego nadtlakiem wodoru do oczyszczania zużytego oleju smaźalniczego, Mat. V Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. Węgiel aktywny w ochronie środowiska i przemyśle, Częstochowa-Białowieża 2006, 277-285.
- [5] Chwiałkowski W., Buczek B., Sorpcja zanieczyszczeń ze zużytego oleju smaźalniczego na modyfikowanym KOH węgla aktywnym, Przemysł Chemiczny 2006, 85/8-9, 1260-1262.
- [6] Chwiałkowski W., Buczek B., Oczyszczanie oleju posmaźalniczego na wygrzewanym w atmosferze azotu węgla aktywnym, Mat. VI Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. Węgiel aktywny w ochronie środowiska i przemyśle, Częstochowa-Kazimierz Dolny 2008, 256-264.
- [7] Jankowska H., Świątkowski A., Choma J., Węgiel aktywny, WNT, Warszawa 1985.
- [8] Dubinin M.M., Adsorption properties and microporous structures of carbonaceous adsorbent, Carbon 1987, 25, 593.
- [9] Dollimore D., Heal G.R., An improved method for the calculation of pore size distribution from adsorption data, J. Appl. Chem. 1964, 14, 109.
- [10] Lowell S., Shields J.E., Powder Surface Area and Porosity, Chapman and Hall, London 1991.

- [11] Biniak S., Szymański G., Siedlewski J., Świątkowski A., The characterization of activated carbons with oxygen and nitrogen surface groups, *Carbon* 1997, 35, 1799.
- [12] Buczek B., Chwiałkowski W., Charakterystyka powierzchni modyfikowanego węgla aktywnego wybranymi metodami, *ZN UEK* (w druku).
- [13] Boehm H.P., Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment, *Carbon* 2002, 40, 145-149.
- [14] PN-A-86934 - Spektrofotometryczne oznaczanie barwy.
- [15] PN-ISO 6320:1995 - Oznaczanie liczby jodowej.
- [16] PN-ISO 660:1998 - Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- [17] PN-ISO 3960:1996 - Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- [18] PN-EN-ISO 6885 - Oznaczanie liczby anizydynowej.
- [19] PN-93-A-86926 - Oznaczanie liczby anizydynowej oraz obliczanie wskaźnika oksydacji tłuszczu Totox.
- [20] PN-EN ISO 5508:1996 - Analiza estrów metylowych.
- [21] PN-ISO 5509:1996 - Przygotowanie estrów metylowych.

Purification of Used Frying Oil by Active Carbons

The objective of this study was to remove degradation products from rapeseed oil, used for frying French chips, by adsorption on mixture of active carbons. Modified active carbons were prepared by thermal treatment of commercial active carbon at temperature of 1000°C in nitrogen atmosphere (ARW) and by hydrogen peroxide oxidation (ARP2). Frying fritura, produced on the base of rapeseed oil, used for commercial applications (deep frying of food products), was purified. Fritura was special, refined oil with natural residue, which allows to extend frying time thanks reduction of oxidation rate in comparison to ordinary rapeseed oil. Adsorption purification of used frying oil by mixture active carbon ARW and ARP2 improves oil quality, effectively. Amount of colour substances, products of primary and secondary oxidation, as well as fatty acids' hydrolysis products and total polar compounds in used frying oil were reduced after contact with adsorbents. As a results of purification process amounts of unsaturated substances were increased, as well.

Keywords: used frying oils, adsorption of oil degradation products, active carbon