

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wpływ prażenia kawy na wybrane parametry jej jakości

KATARZYNA SZYMANOWSKA, RAFAŁ WOŁOSIAK

SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO, WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI,
ZAKŁAD OCENY JAKOŚCI ŻYWNOŚCI

Słowa kluczowe: kawa zielona, palenie, polifenole, aktywność przeciwutleniająca, aromat

STRESZCZENIE

W badaniach wykorzystano kawę zieloną z Brazylii i Etiopii, którą poddano procesowi palenia. W próbkach pobieranych w trakcie prażenia porównywano suchą masę, kwasowość, zawartość cukrów bezpośrednio redukujących, polifenoli ogółem, przeciwutleniaczy oraz przeprowadzono oznaczenie składników aromatu kawy (GC-MS). Wyniki badań świadczą o silnym wpływie procesu palenia na jakość sensoryczną i fizykochemiczną kaw. W próbkach obu gatunków kaw prażenie powodowało wzrost zawartości cukrów bezpośrednio redukujących i kwasowości. Zauważono niewielki spadek zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej. Kawy zielone charakteryzowały się ograniczonym profilem związków lotnych, natomiast na bogaty profil zapachowy kaw palonych wpływały głównie pirazyny, ketony i pochodne furanu.

The influence of roasting on chosen quality parameters of coffee

Keywords: green coffee, roasting process, polyphenols, antioxidant activity, aroma

ABSTRACT

Green coffee from Brazil and Ethiopia were used for the presented investigations. The coffee samples were received during roasting process. The content of dry weight, acidity, reducing sugars, total polyphenols and antioxidant activity were analysed in the study. The coffee aroma compounds were also determined. The results obtained indicate a strong influence of roasting process on sensory and physicochemical quality of the coffees. For both coffee species roasting resulted in an increase of reducing sugar contents and acidity. A slight decrease of polyphenol contents and antioxidant activity was noted. Green coffees had a limited volatile profile. Rich aroma profiles of roasted coffees were influenced mainly by pyrazines, furan derivatives and ketones.

1. WSTĘP

Zdecydowanie można stwierdzić, że kawa to jeden z najpopularniejszych napojów na świecie, fascynujący prawdziwych koneserów, nie tylko pobudzającym działaniem na umysł i ciało, ale również przyciągający różnorodnością aromatów. Potwierdza to fakt, że rynek kawy plasuje się na drugim miejscu pod względem osiąganych obrotów, tuż za rynkiem ropy naftowej [1].

Bogactwo smaków kawy i różnorodność sposobów przyrządzania tego napoju wpłynęły niewątpliwie na jego ogromną popularność. Mimo, że wraz z rozwojem technologii powstał cały szereg specjalistycznych urządzeń do przygotowywania napoju kawowego (ekspresy przelewowe, ciśnieniowe), to wciąż rzesze smakoszy przygotowują kawę w sposób tradycyjny. Według nich parzenie kawy po turecku w mosiężnym rondelku lub zaparzanie w kamionkowych dzbankach najlepiej oddaje jej smak i zapach.

Najważniejszym procesem w obróbce ziarna kawowego jest jego palenie, które najbardziej wpływa na smak i zapach późniejszego napoju. Odbywa się ono zazwyczaj w temperaturze powyżej 200°C i towarzyszy mu charakterystyczny trzask oraz dymienie. Długość palenia wpływa na barwę oraz właściwości chemiczne i fizyczne ziaren. Stopień upalenia zależy od indywidualnych upodobań konsumentów. Subtelny, lekko kwaśny smak z pełnym bukietem aromatów uzyskamy podczas słabego prażenia, dłuższa obróbka termiczna uwolni mocny, słodko-gorzki smak. Poza procesem palenia na cechy fizykochemiczne oraz na jakość sensoryczną naparów wpływa przede wszystkim pochodzenie geograficzne ziaren oraz terminu ich zbioru.

W procesie prażenia możemy wyróżnić dwa podstawowe procesy: odparowanie wody i pirolizę. W początkowym procesie palenia usuwanej jest około 10% wolnej wody, a ziarno zmienia barwę ze słomkowej na jasnobrązową. Piroliza wiąże się z gwałtownymi zmianami w wyglądzie i składzie chemicznym ziarna. Cechą charakterystyczną jest odgłos pęknięcia i emisja tłustych dymów [2].

2. CEL, MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Celem niniejszej pracy było porównanie wpływu czasu palenia na zmiany najistotniejszych składników w ziarnach pochodzących z dwóch różnych regionów świata. Do badań wykorzystano zielo-

ne ziarna kawy gatunku *Coffea arabica* z Brazylii i Etiopii. Materiał badawczy poddano tradycyjnemu paleniu w palarni do kawy na 10 kg jednorazowego zasypu. Odbywa się ono przy wzrastającej temperaturze, a przy podjęciu decyzji o zakończeniu procesu uwzględnia się charakterystyczne momenty pęknięcia. Owe trzaski związane są z uwalnianiem się wydzielonego dwutlenku węgla. W przypadku kawy brazylijskiej moment pierwszego pęknięcia nastąpił po 10 min palenia (w temperaturze 182°C), a optymalny czas palenia, pozwalający na uzyskanie najwłaściwszych cech sensorycznych, ustalono na 11 min (204°C). Kawa z Etiopii charakteryzuje się mniejszym i twardszym ziarnem, dlatego w celu uwolnienia pełnego aromatu niezbędne było przekroczenie momentu drugiego pęknięcia. Palenie kawy etiopskiej przebiegało więc wg schematu: moment pierwszego pęknięcia (9 min, 180°C), moment drugiego pęknięcia (10 min, 200°C), koniec palenia: 11 min, 210°C.

Do oceny wpływu palenia na wybrane właściwości posłużyła kawa zielona, ziarna pobrane w poszczególnych momentach pęknięcia oraz po czasie wyznaczającym koniec palenia. Zielone oraz palone ziarna kawy zostały zmielone do uzyskania jednakowej granulacji, a następnie szczelnie zapakowane w torebki laminowane. Tak przygotowane próbki poddano następującym oznaczeniom:

- zawartości suchej masy [3],
- kwasowości ogólnej [4],
- zawartości cukrów bezpośrednio redukujących metodą Luffa-Schoorla po dziesięciominutowej ekstrakcji wrzącą wodą [5],
- zawartości polifenoli ogółem metodą Folin-Ciocalteu'a po 30 min ekstrakcji we wrzącym 80% metanolu [6],
- aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów kawy w 80% metanolu wobec rodników ABTS [7],
- składników aromatu metodą HS-SPME-GC-MS [8].

3. OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Najniższą zawartość suchej masy oznaczono w próbkach obu zielonych kaw – 89,1 g/100 g w kawie z Etiopii oraz 89,4 g/100 g w kawie brazylijskiej. Podczas procesu palenia dał się zauważyć spadek zawartości wody, przy czym jej gwałtowniejszy ubytek można zaobserwować w kawie etiopskiej między momentem pierwszego a drugiego pęknięcia, natomiast sucha masa w ka-

wie brazylijskiej szybciej wzrastała w ostatnim etapie palenia, czyli od 10 minuty. Według PN-ISO zawartość wody w kawie mielonej powinna być na poziomie 1,50-4,98%. Uzyskane w badaniu wyniki zawartości suchej masy dla próbek kawy z ostatniego etapu palenia (odpowiednio 96,9 g i 97,2 g w 100 g) potwierdzają właściwy sposób palenia ziaren kawy oraz odpowiednie warunki przechowywania kawy mielonej.

Jednym z ważniejszych wyróżników smakowych naparu kawowego jest kwasowość, która zależy między innymi od zawartości kwasów: mlekowego, winowego, mrówkowego, octowego, cytrynowego i pirogronowego. Zdecydowanie termin „kwasowość” należy odróżnić od „kwaśności”, która w kawowej terminologii oznacza nieprzyjemną ostrość, czasem nawet posmak fermentacji lub octu. Bardzo często sklepy z kawą oraz palarnie rezygnują z opisu kwasowości kawy w obawie przed niezrozumieniem tego terminu przez klientów. Przyjemna, „jasna” kwasowość kawy może łatwo zostać pomyłona z nieprzyjemną kwaśnością. W prezentowanych badaniach stwierdzono, że kwasowość kaw zielonych mieściła się na poziomie 8,3-8,7° Soxhleta-Henkla (S-H) odpowiednio dla kawy etiopskiej i brazylijskiej. Obróbka termiczna znacznie wpłynęła na zmianę tego parametru. Kawa brazylijska charakteryzowała się stopniowo wzrastającą kwasowością w poszczególnych etapach palenia do uzyskania 13,3°S-H po 11 min obróbki. Szczególnie duży przyrost (o 2°S-H) odnotowano w końcowej minucie procesu. W przypadku kawy etiopskiej kwasowość dość gwałtownie wzrosła między 9 a 10 min (od 9,3 do 12,0°S-H), po czym wartość ta nieco obniżyła się i ustaliła się na poziomie 11,3°S-H na ostatnim etapie palenia. Końcowa kwasowość kawy etiopskiej była więc niższa o 2 stopnie w porównaniu do kawy z Brazylii. Wpływ na omawiane zjawiska ma przede wszystkim zmniejszająca się zawartość wody skutkująca koncentracją składników suchej masy, w tym kwasów. Spadek kwasowości kawy etiopskiej wynika prawdopodobnie z częściowego rozkładu kwasów w tej próbce ze względu na wyższą końcową temperaturę procesu.

Kwasowość kawy w dużej mierze zależy od jakości ziaren kawowych. Jak wykazano w danych literaturowych, kwasowość może zależeć nie tylko od warunków uprawy, ale także od zawartości ziaren niedojrzałych i uszkodzonych. Im jest ich więcej, tym napar charakteryzuje się wyższą kwa-

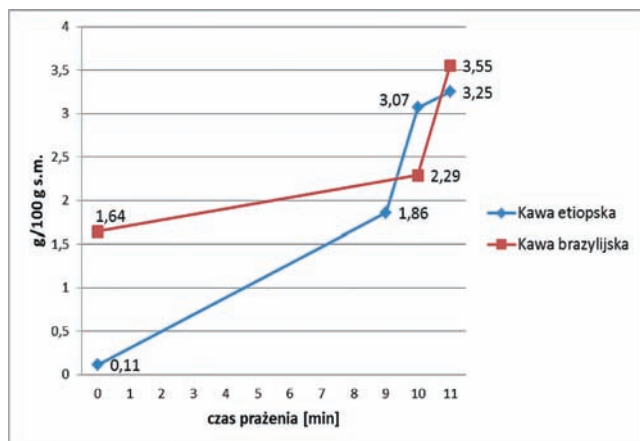
sowością, która z kolei obniża jakość napoju kawowego [9]. Na podstawie uzyskanych wyników można więc stwierdzić, że użyte do badań ziarna kawy mogą zostać uznane za dobrej jakości biorąc pod uwagę uzyskiwaną przez nie kwasowość. Oznaczenie zawartości cukrów bezpośrednio redukujących jest dość istotne ze względu na ich bardzo ważną rolę w kształtowaniu cech sensorycznych i chemicznych ziaren kawy. Podczas palenia zachodzą reakcje Maillarda oraz karmelizacji, czyli odpowiednio seria reakcji pomiędzy aminokwasami i cukrami redukującymi oraz rozkład pirolityczny sacharydów, podczas których tworzą się setki związków smakowo-zapachowych. Dodatkowo reakcje te odpowiedzialne są za zmianę barwy ziaren na ciemnobrązową.

Na Rysunku 1 przedstawiono zależności między czasem palenia ziaren kawowych a zawartością cukrów redukujących w suchej masie. Pierwsza istotna różnica w zawartości sacharydów wystąpiła jeszcze przed rozpoczęciem procesu palenia. Etiopska kawa zielona zawierała o 90% mniej cukrów niż kawa brazylijska. Zbliżoną do zielonej kawy brazylijskiej zawartość cukrów w kawie z Etiopii zanotowano w 9 minucie palenia kawy afrykańskiej. Kawę tę cechował znacznie gwałtowniejszy przyrost zawartości cukrów redukujących w s.m. do 9 minuty, lecz ostateczna ich zawartość na poziomie 3,25 g/100 g s.m. była niższa od stwierdzonej w próbce z Brazylii.

Ciekawą wydaje się być duża rozpiętość w zawartości cukrów bezpośrednio redukujących w kawie zielonej. Zmieniające się zawartości sacharydów wyjaśniali Geromel i współpracownicy [10]. Przeprowadzony przez nich eksperyment polegał na zbiorze próbek owoców kawy co dwa tygodnie od momentu kwitnięcia do uzyskania pełni dojrzałości. Na dwa tygodnie przed planowanym zbiorem dojrzałych owoców zaobserwowano nagły wzrost zawartości sacharydów. Przytoczony eksperyment pozwala przypuszczać, że niska zawartość cukrów bezpośrednio redukujących w zielonej kawie z Etiopii może być spowodowana pozyskaniem tych ziaren we wczesnym stadium dojrzałości.

Oznaczenie zawartości polifenoli w kawie jest dość istotne ze względu na pozytywne oddziaływanie tych związków chemicznych na organizm człowieka i ich znaczącą zawartość. Polifenole wychwytyują wolne rodniki, charakteryzują się silnym działaniem antyoksydacyjnym, antybakteryjnym i przeciwzapalnym (wspomagają gojenie

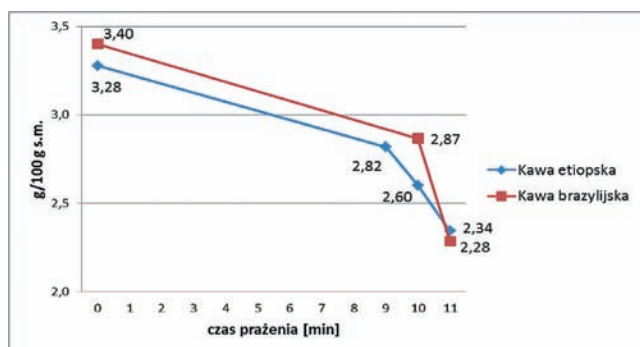
się ran) oraz hamują rozkład witaminy C. Dzięki możliwości chelatowania, polifenole ograniczają wchłanianie z pokarmu metali ciężkich i izotopów radioaktywnych [11].



Rysunek 1 Zawartość cukrów bezpośrednio redukujących w badanych kawach

Figure 1 Reducing sugars content in tested coffees

W pracy oznaczono zawartość polifenoli ogółem metodą Folina-Ciocalteu'a, przeliczając wyniki przy wykorzystaniu krzywej wzorcowej przygotowanej z roztworów kwasu chlorogenowego, którego izomery stanowią większość związków fenolowych w ziarnach kawy. Zawartość polifenoli we wszystkich badanych próbkach kawy (Rys. 2) kształtowała się na poziomie 2,28-3,40 g/100 g suchej masy, przy czym najwyższą ich zawartość zaobserwowano w obu kawach zielonych: 3,28 g/100 g s.m. i 3,40 g/100 g s.m. odpowiednio w kawie etiopskiej i brazylijskiej. Obróbka termiczna spowodowała ubytek związków fenolowych. Był on dość jednostajny w kawie afrykańskiej, podczas gdy w brazylijskiej zauważono silny spadek w ostatnim okresie palenia. W rezultacie, pomimo większej początkowej zawartości zwią-



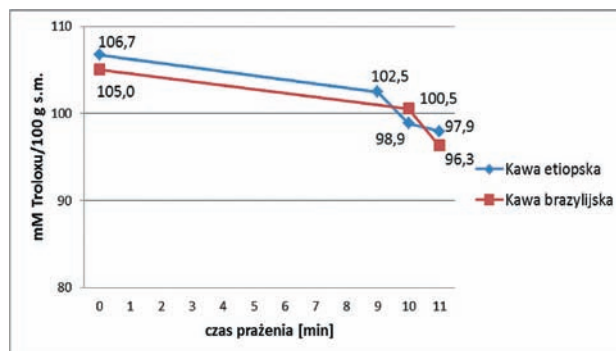
Rysunek 2 Zawartość polifenoli ogółem w przeliczeniu na kwas chlorogenowy

Figure 2 Total phenolics content (as chlorogenic acid equivalents)

ków w kawie z Brazylii, po upaleniu ziaren większą ilość związków oznaczono w kawie etiopskiej. Badania nad zawartością polifenoli w kawie prowadzili również inni autorzy. Nebesny i Budryn oznaczyli zawartość związków w kawach palonych na poziomie 2,1-3,0% suchej masy w zależności od sposobu i stopnia palenia. Wartości uzyskane dla kaw palonych w niniejszej pracy są więc zgodne z danymi uzyskanymi przez tych autorów [12].

Kationorodniki ABTS generowane mogą być w reakcji z mioglobina, hemoglobina, peroksydazą chrzanową, związkiem ABAP, ditlenkiem manganu lub nadsiarczanem potasu, z czego najczęściej stosowanym utleniaczem (i wykorzystanym w niniejszej pracy) jest ten ostatni. Zielononiebieska barwa kationorodników zanika podczas redukcyjnej działalności przeciwutleniaczy zawartych w próbce. Metodę stosuje się powszechnie, ponieważ jest nieskomplikowana i pozwala na podanie wyników w wystandaryzowanych jednostkach TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*), czyli ilości Troloxu wykazującego taką samą zdolność przeciwutleniającą, jak badana próbka. Oznaczenie aktywności antyoksydacyjnej naparów kawy wobec kationorodników ABTS przeprowadzono mierząc pozostałość rodników, które nie uległy dezaktywacji przez składniki ekstraktów, przy długości fali 734 nm po 6 min od dodania ABTS^{•+}.

W przeprowadzonych badaniach nie wykazano znaczących zmian w aktywności antyoksydacyjnej podczas procesu palenia. Przebieg zmienności aktywności przeciwutleniającej w badanych próbkach kawy przedstawia Rysunek 3. Aktywność przeciwutleniaczy kształtowała się w etiopskiej kawie na poziomie od 107 mM Trolox/100 g s.m. w kawie zielonej do 98 mM Trolox/100 g s.m.



Rysunek 3 Aktywność przeciwutleniająca badanych kaw wobec ABTS^{•+}

Figure 3 Antioxidant activity of tested coffees against ABTS^{•+}

w próbce z ostatniego etapu palenia oraz w kawie brazylijskiej pomiędzy 105 a 96 mM Trolox/100 g s.m. Zauważalna jest także niewielka różnica między kawami brazylijską a etiopską, większe właściwości antyoksydacyjne (choć nie w każdym etapie palenia) miała druga z nich. Różnice w zawartości były jednak nieznaczne i sięgały 1,7 mM Trolox w 100 g suchej masy.

Warto zauważyć, że pomimo wyraźnego spadku zawartości związków fenolowych, które są głównymi przeciwutleniaczami w kawie, aktywność antyoksydacyjna spadła jedynie w nieznacznym stopniu. Zmiany te mogą być spowodowane z jednej strony rozpadem niektórych przeciwutleniaczy (kwasu chlorogenowego lub bardziej złożonych związków fenolowych, co może powodować różnokierunkowe efekty), a z drugiej strony tworzeniem się nowych związków o działaniu antyoksydacyjnym, głównie melanoidyn będących produktami reakcji Maillarda [13].

Badania pokazują, że wykryte właściwości antyoksydacyjne kawy zależą w dużym stopniu nie tylko od sposobu przygotowania surowca, lecz także od metody ekstrakcji. Autorzy zaobserwowali słabszą aktywność przeciwutleniającą w przypadku wyciągów w alkoholach czystych w porównaniu z uwodnionymi, ze względu na niższą zawartość w ekstraktach kwasu chlorogenowego i produktów reakcji Maillarda. Najbogatsze ekstrakty otrzymano z zielonych ziaren kawy odmiany robusta, gotowanych we wrzątku pod zwiększonym ciśnieniem [14].

Proces palenia rozwija charakterystyczny smak i zapach kawy. Aromat kawy zielonej jest zbożowy i cierpki, mocno palonej – gorzki i mało zróżnicowany. Każdy moment prażenia przynosi inną i niepowtarzalną kombinację zapachów, dając różne efekty aromatyczne. W wyniku reakcji powstaje mieszanina lotnych związków aromatycznych, których jak dotąd zidentyfikowano ok. 1000.

W Tabeli 1 przedstawiono zidentyfikowane w próbkach substancje lotne oraz ich ilość wyrażoną udziałem wobec wielkości pik standardu wewnętrznego (1,2-dichlorobenzenu). Zestawiono tu związki mające największy udział w profilach badanych kaw. Wspólnymi związkami dla wszystkich badanych próbek były pochodne furanu oraz pirazyn. Kawy zielone charakteryzowały się bardzo ograniczonym profilem związków lotnych. Wiele ze stwierdzonych w tych kawach związków nie było wykrywanych w próbkach palonych lub po początkowym przyroście ich ilości

obserwowano spadek do wartości niewykrywalnych.

Kawy palone charakteryzowały się występowaniem głównie pochodnych furanu i pirazyn, pirazydyny oraz ketonów. W kawie etiopskiej zaobserwowano także pochodne etanonu oraz dihydro-2-furanonu. Część z omawianych związków powstawała w wykrywalnych ilościach dopiero w końcowych etapach palenia, zaś kinetyka powstawania innych była bardziej złożona – obserwowano pojawienie się związków oraz spadki ich ilości, niekiedy następowały po nich ponowne wzrosty. Wskazuje to na złożone przemiany produktów powstających w procesie palenia.

Z opublikowanych w literaturze fachowej badań wynika, że aromat kawy w znacznym stopniu zależy od kształtujących się podczas procesu palenia pochodnych furanu, aldehydów, ketonów i pirazyn, co jest zbieżne z obserwacjami poczynionymi na podstawie niniejszych badań. Porównano także skład aromatu naparów kaw o różnym stopniu przetworzenia. Co zrozumiałe, z powodu wprowadzenia dodatkowych operacji technologicznych, zdecydowanie mniej zróżnicowanym aromatem odznaczała się próbka przygotowana z kawy rozpuszczalnej [8].

4. STWIERDZENIA I WNIOSKI

1. Proces palenia zdecydowanie wpłynął na zawartość suchej masy, cukrów redukujących i kwasowość kawy; zawartość badanych wyróżników wzrastała wraz ze wzrostem temperatury i wydłużeniem czasu trwania procesu.
2. Największą zawartość polifenoli oznaczono w suchej masie kaw zielonych; proces palenia powodował spadek zawartości tych związków, niwelując także początkowe zróżnicowanie tego parametru ze względu na region pochodzenia.
3. Badane kawy wykazały bardzo dobre właściwości antyoksydacyjne, przy czym stopień upalenia nie wpływał znacząco na ilość przeciwutleniaczy w suchej masie; w procesie prawdopodobnie powstawały nowe związki o działaniu przeciwutleniającym, kompensujące straty fenoli.
4. Zidentyfikowane związki lotne wyraźnie odróżniały kawy zielone od palonych. Kawy palone charakteryzowały się występowaniem znacznych ilości pochodnych furanu, ketonów i pirazyn. Poszczególne związki wykazywały różne tendencje zmian zawartości na poszczególnych etapach procesu.

Tabela 1 Zidentyfikowane substancje lotne w badanych kawach; w zastosowanych oznaczeniach litera „B” oznacza kawę brazylijską, „E” – etiopską, „P” – pękanie, zaś „K” – próbkę końcową; n.o. – poniżej limitu oznaczalności

Table 1 Identified volatiles in tested coffees; "B" stands for Brazilian coffee, "E" for Ethiopian, "P" for crack during roasting, and "K" for final sample; n.o. - below the limit of detection

Nazwa związku	BZ	EZ	E1P	B1P	E2P	BK	EK
1-(imidazol-4-yl)-etanon	n.o.	n.o.	2,02	n.o.	2,57	n.o.	3,48
1-(acetyloksy)-2-butanon	n.o.	n.o.	0,96	0,64	1,49	0,35	1,65
1,3-cyklopentenodion	n.o.	n.o.	0,17	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
1-acetyloksy-2-propionoksyetanon	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,25
1-heksanol	0,46	0,10	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
1-hydroksy-2-propanon	n.o.	n.o.	6,78	2,12	4,57	0,6	3,42
1-metylo-4-(1-metyloetylideno)-cykloheksan	0,31	0,07	0,93	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
1-pentanol	n.o.	0,03	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
2,3-butanodiol	1,51	0,05	n.o.	0,44	n.o.	n.o.	n.o.
2,3-dihydro-3,5-dihydroksy-6-metylopiran-4-on	n.o.	n.o.	1,1	0,35	n.o.	n.o.	n.o.
2,3-dihydro-5-hydroksy-6-metylopiran-4-on	n.o.	n.o.	1,35	0,75	0,85	n.o.	n.o.
2,3-dimetylopirazyna	n.o.	n.o.	0,41	0,35	n.o.	n.o.	n.o.
2,3-pentanodion	n.o.	n.o.	1,75	1,01	1,9	0,28	0,94
2,5-dimetylopirazyna	0,40	n.o.	6,21	2,49	3,09	0,68	2,98
2,6,6-trimetylobicykloheptan	0,24	0,02	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
2,6-dimetylopirazyna	n.o.	n.o.	4,68	2,03	2,74	0,67	2,96
2-etylo-3-metylopirazyna	n.o.	n.o.	1,49	0,53	0,53	0,52	0,8
2-etylo-5-metylopirazyna	n.o.	n.o.	n.o.	0,97	0,75	0,25	0,62
2-etylo-6-metylopirazyna	n.o.	n.o.	n.o.	0,77	1,08	0,4	0,86
2-furanokarboksyaldehyd	n.o.	n.o.	23,29	10,11	26,87	0,53	29,27
2-furylometanol	0,46	0,03	26,24	16,38	7,85	9,11	56,12
3,7-dimetylodekkan	n.o.	0,03	0,95	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
3-etylo-2,5-dimetylopirazyna	n.o.	n.o.	0,3	0,67	0,16	n.o.	n.o.
3-hydroksypirydyna	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,96	n.o.	0,52
5-metylo-2-furanokarboksyaldehyd	0,14	n.o.	9,06	6,44	13,88	2,15	11,23
dihydro-2-furanon	n.o.	n.o.	1,51	n.o.	0,65	n.o.	0,65
dihydro-2-metylo-3-furanon	n.o.	n.o.	1,35	0,48	1,78	0,25	2,41
etylopirazyna	0,03	n.o.	1,54	0,74	1,62	0,23	0,99
2-furfurylofuran	n.o.	n.o.	1,02	0,76	1,2	0,39	1,89
heksanal	0,22	0,09	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
kwas benzoctowy	0,08	0,02	1,18	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
kwas octowy	0,4	0,16	11,76	3,54	8,1	1,13	8,98
kwas propionowy	n.o.	n.o.	n.o.	0,02	1,82	n.o.	n.o.
metylopirazyna	0,33	n.o.	7,91	3,81	5,54	1,68	6,74
N-acetylo-4-pirydyna	n.o.	n.o.	0,81	0,45	n.o.	0,11	1,17
nonanal	0,28	0,02	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
pirydazyna	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,17	0,16
pirydyna	0,36	n.o.	0,44	0,96	0,55	1,84	1,3
trimetylopirazyna	0,03	0,01	3,17	1,63	1,86	0,38	1,51

LITERATURA

- [1] International Coffee Organization, www.ico.org.
- [2] Nebesny E., Budryn G., Kawa. Przegląd Cukierniczy i Ciastkarski, 49, 2001, 40-42.
- [3] PN-ISO/11294: Kawa palona mielona. Oznaczanie zawartości wody. Metoda oznaczania ubytku masy w 103°C.
- [4] PN-A-79011-9: Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie kwasowości ogólnej.
- [5] Drużyńska B., Majewska E., Analiza sacharydów. W: Obiedziński M., Wybrane zagadnienia z analizy żywności. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009, 77-95.
- [6] Singleton V. L., Rossi J. A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16, 1965, 144-158.
- [7] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, 26, 1999, 1231-1237.
- [8] Wołosiak R., Rudny M., Skrobek E., Worobiej E., Drużyńska B., Charakterystyka aromatu i właściwości przeciwutleniających wybranych naparów używek i ziół. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 52, 2007, 109-118.
- [9] Franca A. S., Mendonca J., Oliveira S., Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. Food Science & Technology, 38(7), 2005, 709-715.
- [10] Geromel C., Ferreira L. P., Bottcher A., Pot D., Pereira L. F. P., Leroy T., Vieira L. G. E., Mazzafera P., Marraccini P., Sucrose metabolism during fruit development in *Coffea racemosa*. Annals of Applied Biology, 152(2), 2008, 179-187.
- [11] Paszkiewicz M., Budzyńska A., Różalska B., Sadowska B., Immunomodulacyjna rola polifenoli roślinnych. Postępy Higieny Medycyny Doświadczalnej, 2012, 637-646.
- [12] Nebesny E., Budryn G., Antioxidative activity of green and roasted coffee beans as influenced by convection and microwave roasting methods and content of certain compounds. European Food Research & Technology, 217, 2003, 157-163.
- [13] Grajek W., Przeciwutleniacze w żywności. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007, 229-235.
- [14] Budryn G., Nebesny E., Podsędek A., Żyżelewicz D., Materska M., Jankowski S., Janda B., Effect of different extraction methods on the recovery of chlorogenic acid, caffeine and Maillard reaction products in coffee beans. European Food Research & Technology, 54, 2009, 913-922.