

Zesz. Nauk. UEK, 2022, 1(995): 81–93
ISSN 1898-6447
e-ISSN 2545-3238
<https://doi.org/10.15678/ZNUEK.2022.0995.0105>

Wstępna ocena wpływu temperatury upalenia kawy na jakość produktu i naparów kawowych

Initial Assessment of the Impact of Coffee Bean Roasting Temperature on the Quality of the Product and Coffee Infusions

Stanisław Popek¹, Michał Halagarda²

¹ Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Instytut Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem, Katedra Jakości Produktów Żywnościowych, Rakowicka 27, 31-510 Kraków, e-mail: popeks@uek.krakow.pl, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3681-1679>

² Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Instytut Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem, Katedra Jakości Produktów Żywnościowych, Rakowicka 27, 31-510 Kraków, e-mail: michal.halagarda@uek.krakow.pl, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5716-0353>

Artykuł udostępniany na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0); <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Sugerowane cytowanie: Popek S., Halagarda M. (2022), *Wstępna ocena wpływu temperatury upalenia kawy na jakość produktu i naparów kawowych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie”, nr 1(995), 81–93, <https://doi.org/10.15678/ZNUEK.2022.0995.0105>.

STRESZCZENIE

Cel: Proces palenia zielonych ziaren kawy ma duży wpływ na właściwości gotowego produktu, które mogą mieć istotne znaczenie dla jego akceptacji przez konsumentów. Celem artykułu była próba oceny wpływu warunków tego procesu na sensoryczne i fizykochemiczne determinanty kształtujące jakość kawy.

Metodyka badań: Materiał badawczy stanowiły próbki kawy arabica o różnym stopniu wypalenia. Oznaczono zawartości wody oraz kofeiny, a także jakość sensoryczną zarówno przed przyrządzeniem naparu, jak i po jego przygotowaniu.

Wyniki badań: Stopień wypalenia ziaren kawy nie przełożył się na różnice w zawartości wody w gotowym produkcie. Ponadto zawartość kofeiny kształtowała się na typowym dla kaw

arabica poziomie. Badane kawy spełniały wymagania norm w kontekście parametrów organoleptycznych. Po przyrządzeniu naparu wszystkie analizowane kawy cechowały się wysoką jakością sensoryczną. Niemniej jednak próbki o największym stopniu wypalenia uzyskały statystycznie istotnie gorsze wskaźniki sensorycznej jakości całkowitej. Przyczyną były zdecydowanie niższe oceny smakowitości oraz barwy.

Wnioski: Dobór parametrów procesu palenia kawy wpłynął na jej cechy sensoryczne. Napar z kawy o bardzo ciemnym stopniu wypalenia został oceniony znacznie gorzej, jeśli chodzi o barwę oraz smakowitość, niż pozostałe próbki. Parametry procesu palenia ziaren kawy mogą zatem istotnie wpływać na akceptację konsumencką przygotowanego z nich napoju.

Wkład w rozwój dyscypliny: Poszerzenie wiedzy dotyczącej optymalizacji jakości produktów z punktu widzenia konsumenta.

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy.

Słowa kluczowe: kawa, proces palenia, determinanty jakości, jakość sensoryczna.

Klasyfikacja JEL: Y80.

ABSTRACT

Objective: The roasting process of green coffee beans has a significant impact on the properties of the finished product, which may be critical to its acceptance by consumers. In that light, the aim of this study was to evaluate the influence of the conditions of this process on the sensory and physicochemical determinants that shape the quality of coffee.

Research Design & Methods: The research material consisted of Arabica coffee samples with varying degrees of roasting. The water and caffeine contents were measured, as was the sensory quality before and after the infusion was made.

Findings: The degree of roasting of the coffee beans did not have an impact on the differences in the water content in the finished product. Moreover, the caffeine content was at the level typical for Arabica coffees. The coffees tested met the requirements of the standards in terms of organoleptic parameters. After preparing the infusion, all of the coffees were of high sensory quality. Nevertheless, the samples with the highest degree of roasting returned statistically significantly worse performance for indicators on the total sensory quality index. This was due to their significantly lower taste and color ratings.

Implications/Recommendations: The parameters chosen for the coffee roasting process influenced its sensory features. The coffee infusion with a very dark roast degree was assessed to be significantly worse in terms of color and taste than the other samples. The parameters of the roasting process of coffee beans may therefore significantly affect the consumer acceptance of drinks made from them.

Contribution: Contributes to the knowledge on the optimisation of product quality from the consumer's point of view.

Article type: original article.

Keywords: coffee, roasting process, quality determinants, sensory quality.

1. Wprowadzenie

Proces palenia zielonego ziarna kawy jest decydującym etapem, podczas którego formowana jest jakość kawy, w tym jej profil sensoryczny. To właśnie w czasie palenia zielone ziarno charakteryzujące się jedynie tzw. trawiastym aromatem oraz dość nieprzyjemną goryczką i kwasowością przechodzi transformację w pełne aromaty i nuty smakowe wypalone ziarno, które jest podstawą naparów spożywanych przez konsumentów na całym świecie. Proces ten, zachodzący w różnych warunkach temperatury i czasu, może przyczynić się do powstania produktów o zróżnicowanym poziomie jakości. Odpowiada za to wiele substancji chemicznych, których w zielonym ziarnie jest ponad 300, a po procesie palenia nawet do 1000. Z tego powodu kawa uznawana jest za najbogatszy pod względem zawartości związków aromatycznych środek spożywczy (Chabert 2013, Cho i in. 2017, Caporaso i in. 2018b).

Warunki procesu palenia ziaren kawy mają zatem duży wpływ na właściwości gotowego produktu, które z kolei mogą mieć istotne znaczenie dla jego akceptacji przez konsumentów. W związku z tym celem artykułu była próba oceny wpływu warunków tego procesu na sensoryczne i fizykochemiczne determinanty kształtujące jakość kawy.

2. Charakterystyka czynników mających istotny wpływ na przebieg procesu palenia oraz ich oddziaływanie na determinanty jakości kawy

2.1. Składniki chemiczne

Najważniejszymi składnikami chemicznymi kawy, których skład ilościowy i (lub) jakościowy zmienia się podczas procesu jej palenia, są: woda, alkaloidy, kwasy, węglowodany, białka i lipidy.

Wysuszone, zielone ziarna kawy powinny zawierać 10–13% wody. Zawartość przekraczająca 13% jest wysoce niepożądana i zwykle świadczy o niskiej jakości ziaren. W wyniku procesu palenia kawy następuje znaczny ubytek wody, co prowadzi do jej redukcji do poziomu zawartości ok. 1% w wypalonym ziarnie. Zaistniała w związku z tym koncentracja składników kawy wywiera duży wpływ na jej walory sensoryczne i fizykochemiczne (Caporaso i in. 2018a, Farah i in. 2006).

Spośród alkaloidów w największej ilości w kawie zawarta jest kofeina, która charakteryzuje się intensywnie gorzkim smakiem. Ziarna kawy arabica zawierają jej od 0,7% do 1,6% (średnio 1,1%), natomiast kawy robusta ok. dwa razy więcej. Kofeina jest substancją odporną na działanie wysokiej temperatury, dlatego proces palenia kawy nie powoduje jej degradacji czy zmniejszenia jej zawartości w ziarnie.

Jest ona natomiast jednym z czynników warunkujących obecność charakterystycznej goryczki w kawie (Fox i in. 2013).

Innym, mniej znanym alkaloidem występującym w ziarnach kawy jest trygonelina. Jej zawartość wynosi ok. 1%, ale zwykle jest jej mniej niż kofeiny, co ma duże znaczenie, jeśli chodzi o kształtowanie aromatu w procesie wypalania ziaren kawy. W przeciwieństwie do kofeiny trygonelina jest nieodporna na działanie wysokich temperatur. W temperaturze ok. 160°C w 60% rozpada się na dwutlenek węgla, wodę oraz pirydyny, które odgrywają bardzo ważną rolę w kształtowaniu się aromatów. Odpowiadają one za powstawanie słodkavo-karmelowo-ziemistych nut zapachowych, które często można odnaleźć w kawie. Dodatkowo w procesie rozpadu trygoneliny wytwarzany jest kwas nikotynowy, którego zawartość zmienia się w zależności od parametrów procesu palenia (Fox i in. 2013, Jeon i in. 2017).

W kawie występują różnego rodzaju kwasy, jednak to nie ich ilość, lecz rodzaj przekłada się na jej walory sensoryczne. Pod względem ilościowym w kawie dominują kwasy fenolowe, które są związkami o wielokierunkowym działaniu i silnych właściwościach przeciwutleniających. Jednym z ważniejszych kwasów fenolowych zawartych w kawie jest kwas chlorogenowy. Pod względem chemicznym jest on bardzo niestabilny i dość szybko rozpada się na kwas kawowy i chinowy, których kombinacja daje charakterystyczny kwaśno-gorzki posmak naparu kawowego. Innym kwasem fenolowym zawartym w kawie w większej ilości jest kwas ferulowy. W ziarnach kawy zawartość kwasów fenolowych wynosi ok. 6%, jednak proces palenia w znacznym stopniu przyczynia się do obniżenia ich zawartości lub dekompozycji (Farah i in. 2006, Rim i Kim 2019).

Inne kwasy organiczne występujące w mniejszych ilościach przyczyniają się do kształtowania parametrów sensorycznych kawy. Kwas cytrynowy i kwas jabłkowy odpowiadają za nuty cytrusowe i jabłkowe, a kwas mlekowy za akcenty maślane. W tej grupie związków występuje również kwas octowy, którego obecność jest wynikiem procesu obróbki związanej z fermentacją. Jego wysoki poziom jest niepożądanym, gdyż wywołuje nieprzyjemne odczucia sensoryczne i świadczy o nieprawidłowo przeprowadzonym procesie fermentacji ziaren. Należy mieć także na uwadze, że w procesie palenia mogą powstawać nowe kwasy, natomiast kwasy obecne w kawie mogą podlegać redukcji ilościowej lub rozkładać się na inne związki, co jest wyczuwalne w późniejszej degustacji (Rim i Kim 2019, Scholz i in. 2016).

W zielonym ziarnie kawy ok. 40% związków chemicznych to węglowodany, z których większość stanowi sacharoza. Są to związki bardzo reaktywne i pod wpływem wysokiej temperatury podczas procesu palenia przechodzą wiele przemian. Po wyparowaniu wody z ziarna część cukrów przechodzi proces karmelizacji, który kształtuje walory sensoryczne ziarna. Należy pamiętać, że wraz z trwaniem tego procesu cukry rozkładają się i stopniowo zanika słodczy, a w jej miejsce narasta gorzki posmak. Pozostała część cukrów reaguje z białkami w reakcji Maillarda.

W wypalonym ziarnie kawy w wyniku złożonych reakcji rozkładu węglowodanów powstają związki aromatyczne – furany, które odpowiadają m.in. za karmelowy aromat naparu. Oprócz tego rozkład bądź dekompozycja węglowodanów przyczynia się do powstawania antyoksydantów. Ponadto reakcje cukrów wpływają na kształtowanie się charakterystycznej dla kawy brązowej barwy (Caporaso i in. 2018a, Cho i in. 2017, Rim i Kim 2019).

Zawartość białek w zielonym ziarnie waha się od 10% do 13%. Zróżnicowanie ich zawartości jest stosunkowo duże i może występować nawet między pojedynczymi ziarnami, co spowodowane jest np. różnym stopniem ich dojrzałości czy warunkami przechowywania. Wszystkie te czynniki mają wpływ na związki powstałe podczas procesu palenia oraz po nim. Podczas procesu palenia kawy białka, podobnie jak węglowodany, podlegają wielu reakcjom, m.in. wspomnianej wcześniej reakcji Maillarda. Oprócz tego poprzez kondensację aminokwasów i białek z węglowodanami powstają brunatne melanoidyny (odpowiadające za brązową barwę), furany (dające aromat słodki, miodowy, karmelowy, a nawet gorzki), tiofeniny i tiazole (jako związki siarkowe charakteryzują się aromatem nieświeżym, siarkowo-cebulowym, czasami musztardowym, miodowym, karmelowym albo orzechowym) oraz oksazole (cechują się aromatem świeżym, orzechowym, słodkim). Dodatkowo w procesie rozkładu między aminokwasami i diketonami zachodzi reakcja Streckera, w wyniku której powstają pirazyny – odpowiadające za aromat kukurydziany, gorzki – oraz aldehydy, które mogą wywoływać negatywne odczucia sensoryczne, tj. cierpki, nieprzyjemny aromat lub na odwrót – słodki, owocowy czy kwiatowy (Cagliani i in. 2013).

Zielone ziarno kawy arabica zawiera od 15% do 17% tłuszczów. Głównie są to triglicerydy, estry alkoholi diterpenowych lub steroli z kwasami tłuszczowym. Lipidy odgrywają w ziarnie kawy istotną rolę, gdyż są nośnikiem aromatu. Podczas procesu palenia zachodzą zmiany frakcji tłuszczowych, przy czym zarówno procesy autooksydacji zachodzące jeszcze w zielonym ziarnie, jak i wiele reakcji rozpadu podczas palenia powoduje powstanie licznych lotnych związków aromatycznych. Warto zaznaczyć, że wraz ze stopniem wypalenia i czasem, w jakim zachodzi ten proces, substancje tłuszczowe stopniowo przechodzą z wnętrza ziarna na zewnątrz, gromadząc się na jego powierzchni i dając efekt błyszczącego, śliskiego ziarna (Farah i in. 2006).

2.2. Uwarunkowania surowcowe

Smak i aromat kawy definiowane są przez balans pomiędzy jej kwasowością, słodyczą i goryczką. Ich finalna odczuwalność determinowana jest przez parametry procesu palenia, jego czas trwania, użytą temperaturę itd. Im dłuższy czas palenia, tym kwasowość będzie niższa, podczas gdy gorycz będzie wzrastać, a barwa

wypalanego ziarna będzie coraz ciemniejsza. Słodycz natomiast umiejscowiona jest pomiędzy wskaźnikiem optymalnej kwasowości i goryczy. Dobór parametrów jest ściśle związany z odmianą kawy, jej gatunkiem, miejscem uprawy, wysokością n.p.m., metodą obróbki, łuskania itd. Przykładowo kawa arabica wymaga krótszego czasu palenia i niższej temperatury, a kawa poddawana obróbce „na mokro” powinna być prażona równomierniej niż kawa suszona. Kawa lepiej wysuszona praży się natomiast szybciej, tak samo jak ziarna mniejszej wielkości. Ziarna pochodzące z upraw znajdujących się na terenach położonych wyżej charakteryzują się większą „gęstością” i twardszą strukturą niż te z upraw nizinnych. Równie istotną kwestią jest *terroir* (kombinacja takich czynników, jak: wysokość upraw, nasłonecznienie i temperatura, wilgotności powietrza i częstotliwości opadów, skład mineralny gleby) oraz *varietal* (odmiana botaniczna ziarna odpowiednia dla miejsca uprawy) kawy. Każde ziarno ma swój profil uwarunkowany przez pochodzenie kawy. Znając charakterystyczne nuty i aromaty, które są swego rodzaju znakiem rozpoznawczym danego kraju, uprawy czy rejonu, wypalacz kawy (*roaster*) musi wziąć je pod uwagę, ustalając profil sensoryczny, który będzie chciał uzyskać, aby najlepiej wyeksponować jego pozytywne cechy. Podstawowym warunkiem powodzenia procesu jest wysoka jakość ziarna (Chabert 2013, Cho i in. 2017, Caporaso i in. 2018b, Jeon i in. 2017, Zawadzka-Ben Dor 2008).

2.3. Uwarunkowania technologiczne

Proces palenia kawy jest kompleksowy i nie do końca poznany. Biorąc pod uwagę to, że jest on zasadniczym etapem obróbki surowej kawy, decydującym o jej finalnych walorach i przydatności konsumpcyjnej, aby w pełni wykorzystać jego możliwości oddziaływania w kontekście kreowania jakości produktu, należy posiadać rozległą wiedzę na temat surowca i technologii jego przetwórstwa. Pozwala to na dobór odpowiednich parametrów całego procesu poprzez wytworzenie i kontrolowanie temperatury w każdym jego momencie, a także zakończenie go w ściśle określonym czasie, czyli wtedy, gdy aromat kawy będzie w pełni ukształtowany, a barwa jednolita i odpowiadająca wymaganiom wcześniej postawionym surowcowi oraz związanym z jego przyszłym przeznaczeniem (Chabert 2013, Cho i in. 2017, Caporaso i in. 2018b). Właściwy proces palenia kawy składa się z kilku etapów wyznaczanych przez zmiany zachodzące w ziarnie i na jego powierzchni.

Pierwszy etap polega na odparowywaniu wody z ziarna. Po osiągnięciu odpowiedniej temperatury w piecu wkładane jest do niego surowe ziarno kawy. Chwilę po tej czynności obserwuje się znaczny spadek temperatury w palniku. Następuje przejmowanie ciepła przez ziarna kawy aż do momentu wyrównania temperatur – wtedy temperatura zaczyna szybko wzrastać. Dąży się zwykle do osiągnięcia wskaźnika wzrostu temperatury w granicach 10°C na minutę. W tym etapie następuje gwałtowne wyparowywanie wody z kawy, której zawartość w surowym ziarnie

wynosi ok. 10–12%. Redukcja wilgotności w ziarnie kawy jest warunkiem rozpoczęcia etapu jej brązowienia (Cagliani i in. 2013, Yergenson i Aston 2019).

W momencie odpowiedniej redukcji zawartości wody następuje drugi etap – żółknięcie ziaren. Barwa zielonych ziaren stopniowo zaczyna przechodzić w inne odcienie, od żółtawego do coraz bardziej intensywnego brązu. Towarzyszy temu wyczuwalna zmiana zapachu. Wraz z postępowaniem palenia początkowy tzw. trawiasty zapach zmienia się w aromat ryżowy/chlebowy. Dodatkowo srebrna otoczka pokrywająca jeszcze zielone ziarno łuszczy się i odchodzi od powierzchni ziarna. Postępujące zmiany barwy i zapachu związane są również ze stopniowym rozkładem polisacharydów do cukrów prostych. W tym etapie ziarna osiągają także swoją maksymalną słodycz. Dodatkowo towarzyszą temu reakcje Maillarda. W tym czasie zaczynają formować się związki aromatyczne. Należy zaznaczyć, że powodzenie tego etapu jest uzależnione od prawidłowego wysuszenia ziaren. Jakikolwiek odchylenia tego parametru powodują, że proces nie przebiega równomiernie, a ziarna kawy mogą nabrać nieprzyjemnego, trawiastego aromatu (Rim i Kim 2019).

Wraz z postępującym procesem brązowienia zaczynają się kolejne reakcje, które wyznaczają wejście w następny, trzeci etap – pierwszego pęknięcia ziarna, tzw. *first crack*. Trwający proces prowadzi do odparowywania wody we wnętrzu ziarna, co przyczynia się do zwiększania się jego objętości poprzez gromadzenie w nim pary wodnej. Dodatkowo reakcje redukcji cukrów prowadzące do ich karmelizacji związane są z wytwarzaniem dwutlenku węgla, który gromadzi się w ziarnie. Mieszana nagromadzonych gazów sprawia, że powierzchnie ziaren zaczynają pękać (Cagliani i in. 2013, Yergenson i Aston 2019).

Trwający proces palenia wchodzi w czwartą fazę, która nazywana jest również dojrzewaniem, rozwijaniem się ziaren. W tym etapie kształtuje się ich finalna barwa i stopień wypalenia, jak również ich powierzchnia staje się nieco gładsza. W tym momencie od decyzji roastery zależy poziom kwasowości w wypalanej kawie, który maleje wraz z postępowaniem procesu, a bardziej wyczuwalna staje się goryczka. Ważne jest to, że etap *first crack* jest momentem, w którym aromaty uwarunkowane przez pochodzenie kawy są najbardziej intensywne. Oznacza to, że po tym momencie, w funkcji czasu, kawa traci swoje oryginalne nuty na rzecz tych wykształconych w procesie palenia. Zbyt wczesne przerwanie procesu może jednak sprawić, że ziarna będą niedopalone, co może z kolei skutkować mdłym, trawiastym posmakiem naparu. Najlepiej jeżeli faza rozwoju walorów ziarna trwa od 45 sekund do maksymalnie 2 minut (w zależności od wypalanego ziarna) (Cagliani i in. 2013, Cho i in. 2017, Yergenson i Aston 2019).

Jeżeli proces będzie trwał dalej, a temperatura będzie wciąż wzrastać, proces wejdzie w piąty etap – ponownego pęknięcia ziaren, tzw. *second crack*. Świadczy to o powolnej degradacji struktury ziaren. Ponadto substancje oleiste z wnętrza ziaren zaczynają przemieszczać się do ich zewnętrznej warstwy i gromadzą się na

powierzchni, tworzą tłustą powłoczkę. Ostatnie ślady substancji cukrowych ulegają spalaniu, co prowadzi do wytworzenia związków przypominających wyglądem węgiel. Przekłada się to również na smak kawy (Cho i in. 2017).

Bez względu na stopień wypalenia i czas trwania procesu ostatnim jego etapem jest ostudzenie ziaren. W momencie, w którym ziarna mają temperaturę ok. 200°C, muszą zostać szybko ostudzone, gdyż w przeciwnym razie proces termiczny w ziarnach będzie postępował, nawet po wyjęciu ich z pieca. W tym celu umieszczane są na specjalnej chłodzącej tacy oraz dodatkowo mieszane, aby stopniowo zredukować ich temperaturę (Cagliani i in. 2013, Cho i in. 2017).

3. Materiał badawczy i metody badań

Materiał badawczy stanowiły następujące próbki kawy:

- kawa arabica, stopień wypalenia jasny (temperatura ziarna 180–205°C) – próbka A,
- kawa arabica, stopień wypalenia średniociemny (temperatura ziarna 225–230°C) – próbka B,
- kawa arabica, stopień wypalenia bardzo ciemny (temperatura ziarna ok. 240°C) – próbka C.

Wszystkie próbki kawy zostały pobrane ze szczelnych opakowań jednostkowych, tj. torebek z folii polietylenowej, zamykanych na zgrzew.

Do badań pobrano po 10 opakowań jednostkowych każdego wyrobu, należących do różnych partii produkcyjnych, a każde oznaczenie wykonano w trzykrotnym powtórzeniu.

Program badawczy przygotowano na podstawie norm:

- PN-ISO 10095:1997. Kawa – Oznaczanie zawartości kofeiny – Metoda wykorzystująca wysoko sprawną chromatografię cieczową,
- PN-A-76100:2009. Kawa palona – Wymagania i metody badań,
- PN-ISO 6668:1998. Kawa zielona – Przygotowanie próbek do analizy sensorycznej.

Badania sensoryczne zostały przeprowadzone przez dwunastoosobowy zespół wybranych oceniających (PN-ISO 8586-1:1996).

Próbki kawy poddano analizie następujących parametrów:

1) sensorycznych przed przyrządzeniem naparu. Analiza uwzględniała ocenę: barwy, wyglądu, zapachu, smaku, obecności zanieczyszczeń obcych, obecności pleśni oraz obecności szkodników i ich pozostałości w oparciu o normę PN-A-76100:2009. Kawa palona – Wymagania i metody badań;

2) fizykochemicznych:

- oznaczenie zawartości wody według PN-A-76100:2009,
- oznaczenie kofeiny według PN-ISO 10095:1997;

3) sensorycznych naparów konsumpcyjnych. Analiza dotyczyła barwy, aromatu, i smakowości. Oceny naparu dokonano w oparciu o kartę pięciopunktowej skali ocen. Jakość całkowitą ocenianego produktu wyrażoną jako wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej (WSJC) określono, uwzględniając współczynnik ważkości poszczególnych cech. W zależności od liczby uzyskanych punktów charakteryzujących WSJC wyróżniono i zaproponowano następujące poziomy jakości sensorycznej:

- jakość bardzo dobra (wyjątkowo pożądana) – ocena w przedziale 4,51–5,00 pkt,
- jakość dobra (pożądana) – ocena w przedziale 3,51–4,50 pkt,
- jakość dostateczna (tolerowana) – ocena w przedziale 2,51–3,50 pkt,
- jakość niedostateczna (niepożądana) – ocena w przedziale 1,51–2,50 pkt,
- jakość zła (wyrób wadliwy) – ocena w przedziale 1,00–1,50 pkt.

W celu sprawdzenia, czy sposób palenia kawy wpływa na poziom fizykochemicznych i sensorycznych czynników determinujących jakość badanych kaw, przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA) z zastosowaniem programu Statistica 13.3. Normalność rozkładu sprawdzono testem Shapiro-Wilka. Ponieważ wartość statystyki p była wyższa niż 0,05, nie było podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu badanych danych. Homogeniczność wariancji sprawdzono testem Levene'a. Ponieważ wartość istotności testu Levene'a była wyższa niż 0,05, przyjęto założenie o homogeniczności wariancji. Istotność różnic pomiędzy wartościami grupowych średnich arytmetycznych weryfikowano na podstawie obliczonej wartości testu F (przy poziomie $\alpha = 0,05$). Grupowanie średnich w jednorodnej grupie wykonano testem Tukeya (Olech i Wieczorek 2003).

4. Wyniki badań

Uzyskane wyniki badań organoleptycznych przed przyrządzeniem naparu (tabela 1) wskazują, że wszystkie analizowane próbki kawy spełniały wymagania norm w kontekście parametrów organoleptycznych. Nie zauważono również śladów zanieczyszczeń, szkodników oraz pleśni.

Tabela 1. Wyniki badań organoleptycznych kawy przed przyrządzeniem naparu

Wyszczególnienie	Kawa A	Kawa B	Kawa C
Barwa	intensywna, właściwa dla kawy naturalnej	właściwa dla kawy naturalnej	właściwa dla kawy naturalnej, charakterystyczna dla zastosowanego procesu upalenia
Wygląd	właściwy, typowy, granulacja prawidłowa	właściwy, typowy, granulacja prawidłowa	właściwy, typowy, granulacja prawidłowa

cd. tabeli 1

Wyszczególnienie	Kawa A	Kawa B	Kawa C
Smak i zapach	właściwe dla kawy naturalnej, wyczuwalna specyficzna nuta zapachowa	właściwe dla kawy naturalnej, zauważalna specyficzna nuta zapachowa	właściwe dla kawy naturalnej
Obecność zanieczyszczeń obcych	nie stwierdzono	nie stwierdzono	nie stwierdzono
Obecność pleśni	nie stwierdzono	nie stwierdzono	nie stwierdzono
Obecność szkodników	nie stwierdzono	nie stwierdzono	nie stwierdzono

Źródło: badania własne.

Analizując rezultaty przeprowadzonych badań fizykochemicznych (tabela 2), należy stwierdzić, że różnice w parametrach procesu palenia nie przełożyły się na zawartość wody w gotowym produkcie. Ponadto zawartość kofeiny kształtowała się na typowym dla kaw arabica poziomie, co potwierdza, że związek ten nie jest wrażliwy na proces obróbki termicznej ziaren kawy (Barbosa i in. 2019, Cagliani i in. 2013, Jeon i in. 2017, Kitzberger i in. 2013, Monteiro i in. 2019, Scholz i in. 2016).

Tabela 2. Wyniki badań fizykochemicznych kawy

Próbka	Zawartość wody (w %)	Zawartość kofeiny (w %)
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Kawa A	3,93 ± 0,09 ^a	1,97 ± 0,10 ^a
Kawa B	4,11 ± 0,11 ^a	2,03 ± 0,08 ^a
Kawa C	4,21 ± 0,13 ^a	2,93 ± 0,12 ^b

Uwaga: *SD* – odchylenie standardowe. Jednakowe symbole literowe w kolumnach oznaczają zakwalifikowanie średnich do jednorodnej grupy, potwierdzonej w teście NIR (najmniejszych istotnych różnic).

Źródło: badania własne.

Wyniki badań sensorycznych po przyrządzeniu naparu (tabela 3) wykazały, że próbki kawy charakteryzowała wysoka jakość, co potwierdzono poprzez obliczenie wskaźników sensorycznej jakości całkowitej. Niemniej jednak dobór parametrów procesu palenia spowodował, że próbki kawy C uzyskały statystycznie istotnie gorsze wskaźniki sensorycznej jakości całkowitej. Przyczyną były zdecydowanie niższe oceny barwy oraz przede wszystkim smakowitości. N. Cavaco Bicho i in. (2013) również stwierdzili, że kawy palone w różnym stopniu charakteryzują się innymi parametrami organoleptycznymi. Uzyskane wyniki potwierdziły, że czas palenia znacząco wpływa na jakość sensoryczną naparu kawowego. Wpływ

Tabela 3. Wyniki badań sensorycznych naparów kawy

Próbka	Cecha	Współczynnik ważkości	Średnia ocen	Liczba punktów za poszczególne cechy	Ocena
Kawa A	barwa	0,2	4,8	0,96	bardzo dobra
	aromat	0,3	5,0	1,50	
	smakowitość	0,5	4,9	2,45	
	WSJC			4,91 ^a	
Kawa B	barwa	0,2	4,9	0,98	bardzo dobra
	aromat	0,3	4,9	1,47	
	smakowitość	0,5	4,8	2,40	
	WSJC			4,85 ^a	
Kawa C	barwa	0,2	4,6	0,92	bardzo dobra
	aromat	0,3	4,9	1,47	
	smakowitość	0,5	4,3	2,15	
	WSJC			4,54 ^b	

Uwaga: Jednakowe symbole literowe oznaczają zakwalifikowanie średnich do jednorodnej grupy potwierdzonej w teście NIR (najmniejszych istotnych różnic).

Źródło: badania własne.

parametrów palenia kawy na profil sensoryczny naparów kawowych potwierdzili również E. Nebesny i G. Budryn (2006), którzy badali ziarna kawy robusta.

5. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących spostrzeżeń oraz wniosków:

- badania organoleptyczne próbek kawy przeprowadzone przed przyrządzeniem naparu pozwoliły na stwierdzenie braku cech obniżających bądź dyskwalifikujących przydatność użytkową produktu,
- fizykochemiczne determinanty jakości badanych próbek kawy arabica kształtowały się na typowym dla tego typu kawy poziomie,
- stwierdzono bardzo dobrą jakość sensoryczną naparów kaw powstałych na bazie ziaren otrzymanych w różnych procesach palenia,
- parametry procesu palenia kawy wpłynęły na jej charakterystykę organoleptyczną. Napar z kawy o stopniu wypalenia bardzo ciemnym został oceniony istotnie gorzej pod kątem barwy oraz smakowitości niż pozostałe próbki. Parametry procesu palenia ziaren kawy mogą zatem istotnie wpływać na akceptację konsumencką przyrządzonego z nich napoju.

Finansowanie badań

W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektu badawczego nr 11/ZJZ/2021/POT, sfinansowanego ze środków subwencji przyznanej Uniwersytetowi Ekonomicznemu w Krakowie.

Literatura

- Barbosa M.D.G., Scholz M.B.S., Kitzberger C.S.G., Benassi M.D. (2019), *Correlation between the Composition of Green Arabica Coffee Beans and the Sensory Quality of Coffee Brews*, „Food Chemistry”, vol. 292, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>.
- Cagliani L.R., Pellegrino G., Giugno G., Consonni R. (2013), *Quantification of Coffea Arabica and Coffea Canephora var. Robusta in Roasted and Ground Coffee Blends*, „Talanta”, vol. 106, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.12.003>.
- Caporaso N., Whitworth M.B., Grebby S., Fisk I.D. (2018a), *Non-destructive Analysis of Sucrose, Caffeine and Trigonelline on Single Green Coffee Beans by Hyperspectral Imaging*, „Food Research International”, vol. 106, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.031>.
- Caporaso N., Whitworth M.B., Grebby S., Fisk I.D. (2018b), *Rapid Prediction of Single Green Coffee Bean Moisture and Lipid Content by Hyperspectral Imaging*, „Journal of Food Engineering”, vol. 227, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.009>.
- Cavaco Bicho N., Leitão A.E., Cochicho Ramalho J., de Alvarenga N.B., Cebola Lidon F. (2013), *Impact of Roasting Time on the Sensory Profile of Arabica and Robusta Coffee*, „Ecology of Food and Nutrition”, vol. 52(2), <https://doi.org/10.1080/03670244.2012.706061>.
- Chabert P. (2013), *Cenne reakcje. Proces palenia zielonej kawy*, „Przegląd Gastronomiczny”, vol. 67(4).
- Cho J.-S., Bae H.-J., Cho B.-K., Moon K.-D. (2017), *Qualitative Properties of Roasting Defect Beans and Development of Its Classification Methods by Hyperspectral Imaging Technology*, „Food Chemistry”, vol. 220, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.189>.
- Farah A., De Paulis T., Moreira D.P., Trugo L.C., Martin P.R. (2006), *Chlorogenic Acids and Lactones in Regular and Water-decaffeinated Arabica Coffees*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, vol. 54(2), <https://doi.org/10.1021/jf0518305>.
- Fox G.P., Wu A., Liang Y.R., Force L. (2013), *Variation in Caffeine Concentration in Single Coffee Beans*, „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, vol. 61(45), <https://doi.org/10.1021/jf4011388>.
- Jeon J.-S., Kim H.-T., Jeong I.-H., Hong S.-R., Oh M.-S., Park K.-H., Shim J.-H., Abd El-Aty A.M. (2017), *Determination of Chlorogenic Acids and Caffeine in Homemade Brewed Coffee Prepared under Various Conditions*, „Journal of Chromatography B-Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences”, vol. 1064, <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.08.041>.
- Kitzberger C.S.G., Scholz M.B.D., Pereira L.F.P., Benassi M.D. (2013), *Chemical Composition of Traditional and Modern Arabica Coffee Cultivars*, „Pesquisa Agropecuaria Brasileira”, vol. 48(11), <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100011>.

- Monteiro P.I., Santos J.S., Rodionova O.Y., Pomerantsev A., Chaves E.S., Rosso N.D., Granato D. (2019), *Chemometric Authentication of Brazilian Coffees Based on Chemical Profiling*, „Journal of Food Science”, vol. 84(11), <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14815>.
- Nebesny E., Budryn G. (2006), *Evaluation of Sensory Attributes of Coffee Brews from Robusta Coffee Roasted under Different Conditions*, „European Food Research and Technology”, vol. 224(2), <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0308-y>.
- Olech W., Wieczorek M. (2003), *Zastosowanie metod statystyki w doświadczałnictwie zootechnicznym*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- PN-A-76100:2009, Kawa palona – Wymagania i metody badań, PKN, Warszawa.
- PN-ISO 6668:1998, Kawa zielona – Przygotowanie próbek do analizy sensorycznej, PKN, Warszawa.
- PN-ISO 8586-1:1996, Analiza sensoryczna – Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających – Wybrani oceniający, PKN, Warszawa.
- PN-ISO 10095:1997, Kawa – Oznaczanie zawartości kofeiny – Metoda wykorzystująca wysoko sprawną chromatografię cieczową, PKN, Warszawa.
- Rim K.-T., Kim S.-J. (2019), *A Toxicogenomics Study of Two Chemicals in Coffee Roasting Process*, „Molecular & Cellular Toxicology”, vol. 16(1), <https://doi.org/10.1007/s13273-019-00055-8>.
- Scholz M.B.S., Kitzberger C.S.G., Pagiatto N.F., Pereira L.F.P., Davrieux F., Pot D., Charmetant P., Leroy T. (2016), *Chemical Composition in Wild Ethiopian Arabica Coffee Accessions*, „Euphytica”, vol. 209(2), <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1653-y>.
- Yergenson N., Aston D.E. (2019), *Monitoring Coffee Roasting Cracks and Predicting with in Situ Near-infrared Spectroscopy*, „Journal of Food Process Engineering”, vol. 43(2), <https://doi.org/10.1111/jfpe.13305>.
- Zawadzka-Ben Dor R. (2008), *Zapach świeżo mielonej kawy*, „Przegląd Piekarski i Cukierniczy”, nr 9.