

Warszawa, 21.05.2026

dr hab. inż. Adam Ekielski,  
profesor SGGW  
Instytut Inżynierii Mechanicznej  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Ul. Nowoursynowska 164  
02-787 Warszawa

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Barabosza pt.  
„Relatywność tekstury i wpływ jej wyróżników na profile wypalania ziaren  
kawy w korelacji z jakością sensoryczną kaw segmentu Specjalty”**

**Podstawa formalna**

Niniejszą recenzję sporządzono na podstawie umowy o dzieło nr 13/DN/26 zawartej w dniu 2 kwietnia 2026 roku pomiędzy Politechniką Opolską z siedzibą w Opolu, reprezentowaną przez przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, dra hab. inż. Piotra Niesłonego, działającego na podstawie pełnomocnictwa udzielonego przez dra hab. inż. Marcina Lorenca, JM Rektora Politechniki Opolskiej, a recenzentem, dr. hab. inż. Adamem Ekielskim.

**Podstawa prawna**

Ocena rozprawy doktorskiej została dokonana zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce ( Dz.U. z 2023 r. poz. 742 ze zm.), a w szczególności z jej art. 187. Zgodnie z tym przepisem recenzent ocenia, czy rozprawa:

- stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego,
- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie inżynieria mechaniczna,
- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**1. Ocena formalna pracy**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Barabosza pt. „Relatywność tekstury i wpływ jej wyróżników na profile wypalania ziaren kawy w korelacji z jakością sensoryczną kaw segmentu Specjalty” liczy 196 stron (bez aneksów) i została podzielona na 8 głównych rozdziałów, obejmujących: wstęp, cel pracy i hipotezy badawcze, przegląd

literatury i stanu wiedzy, materiały i metody, analizę wyników, dyskusje, rekomendacje wdrożeniowe oraz podsumowanie i wnioski. Taki układ jest logiczny i typowy dla prac doktorskich w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Struktura pracy jest przejrzysta, a przejścia między rozdziałami płynne. Autor zadbał o spójność wewnętrzną – rozdział metodologiczny szczegółowo opisuje procedury pomiarowe, co pozwala na odtworzenie eksperymentu. Praca zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim (każde ok. 700 słów), spis tabel, rysunków oraz wykaz oznaczeń i skrótów.

Pod względem edytorskim praca wyróżnia się bardzo staranną dokumentacją graficzną. Wszystkie wykresy, schematy i wizualizacje (w tym z profilometru optycznego 3D oraz mikrotomografu komputerowego) są czytelne i profesjonalnie przygotowane. Język pracy jest poprawny, choć zdarzają się nieliczne usterki stylistyczne wynikające z łączenia terminologii technicznej z opisami sensorycznymi – nie wpływają one jednak na zrozumienie treści.

Bibliografia obejmuje 166 pozycji, w tym publikacje naukowe, normy ISO, dokumentacje techniczne i raporty branżowe. Świadczy to o szerokim przeglądzie literatury. W kilku miejscach widoczny jest brak konsekwencji w sposobie cytowania (np. raz „i in.”, raz „et al.”), a część pozycji mogłaby zostać uzupełniona o nowsze prace (szczególnie z lat 2022–2025 dotyczące kinetyki reakcji Maillarda). Nie umniejsza to jednak pozytywnej oceny formalnej.

Poniżej przedstawiłem uwagi dotyczące części formalnej:

- Rozdział dotyczący procesów pozbiorowych i transportu kawy jest bardzo szczegółowy – jego fragmenty wykraczają poza główny cel badawczy, ale nie stanowią uchybienia.
- Brak numeracji wzorów w części teoretycznej (pojawiają się nieliczne równania bez numerów).

Podsumowując, od strony formalnej i strukturalnej praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

## **2. Ocena merytoryczna pracy**

Przedłożona rozprawa doktorska stanowi ambitną próbę połączenia zagadnień inżynierii mechanicznej i inżynierii procesowej, oraz sensoryki żywności w celu zrozumienia relacji pomiędzy teksturą ziaren kawy a przebiegiem procesu palenia i jakością sensoryczną naparu.

Merytoryczna wartość pracy jest wysoka, a autor wykazuje się bardzo dobrą znajomością zarówno technologii palenia kawy, jak i metod pomiarowych stosowanych w analizie materiałów porowatych.

W rozdziale 4.4. (Schemat badań), Autor precyzyjnie określił cele i hipotezy. Cel główny – zbadanie zależności pomiędzy wybranymi właściwościami fizykochemicznymi ziaren *Coffea arabica* (wilgotność, aktywność wody, twardość, porowatość, topografia powierzchni) a przebiegiem procesu palenia (profil temperaturowy, długość fazy rozwinięcia, tempo wprowadzania ciepła) oraz jakością sensoryczną kawy. Cele szczegółowe zostały zoperacjonalizowane w postaci czterech odrębnych badań (Badanie 1–4), każdy z jasno określonymi zmiennymi niezależnymi i zależnymi.

W pracy wyraźnie postawiono hipotezy badawcze, takie jak:

- Istnieje istotna statystycznie zależność między parametrami fizykochemicznymi ziaren a przebiegiem procesu palenia.
- Właściwości teksturalne i topograficzne ziaren po paleniu korelują z atrybutami sensorycznymi naparu.
- Metoda obróbki pozbiorczej (natural vs. washed) wpływa znacząco na zmiany właściwości ziaren w trakcie i po procesie palenia.

Wszystkie hipotezy są testowalne, a ich weryfikacja została poparta odpowiednimi metodami statystycznymi (ANOVA, testy t-Studenta, korelacja Pearsona, test Kołmogorowa-Smirnowa). Uwaga krytyczna – hipoteza trzecia jest w istocie szczegółowym przypadkiem hipotezy pierwszej, co powoduje pewną redundancję, jednak nie obniża to przejrzystości wyводу.

W pracy wyraźnie zaznaczono obszary w których realizowano postawione wcześniej cele badawcze. Badanie 1 potwierdziło wpływ metody obróbki na całkowity czas palenia i utratę masy. Badanie 2 dostarczyło ilościowych danych o wpływie długości fazy rozwinięcia na twardość, barwę i liczbę pęknięć. Badanie 3 wykazało, że porowatość wzrasta istotnie statystycznie dla kaw natural ( $p < 0,01$ ), a dla kaw washed zmiany są nieistotne. Badanie 4 udowodniło, że tempo dostarczania energii moduluje profil sensoryczny, przy czym najlepsze wyniki osiągnięto dla mocy 73%. Ponadto Autor przekroczył pierwotne cele, opracowując autorskie wskaźniki diagnostyczne: WOC (Wskaźnik Oporu Ciepłego przed pierwszym pęknięciem), WSUM (Wskaźnik Szybkości Ubytku Masy) oraz TRI (Współczynnik Relatywności Tekstury). Świadczy to o dojrzałości badawczej wykraczającej poza standardowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Warto podkreślić, że nowatorstwo wyników badań ma charakter metodologiczny i aplikacyjny, a nie jedynie deklaracyjny. Autor wyraźnie odróżnia swoje podejście od stanu wiedzy. W tabeli 1, przedstawiam wkład Autora w poszerzenie stanu wiedzy.

Tabela 1. Wkład merytoryczny Autora w poszerzenie stanu wiedzy o procesie palenia kawy.

<b>Metoda / podejście</b>	<b>Dotychczasowy stan badań</b>	<b>Wkład Autora</b>
Analiza porowatości	Pojedyncze próby stosowania micro-CT (Pittia i in., 2011), bez systematycznego protokołu	Dwa precyzyjnie zdefiniowane ROI (region 1 – strona grzbietowa, region 2 – przy brúdzie), ujednolicona segmentacja (próg 40–60%), analiza porowatości w funkcji czasu fazy rozwinięcia i mocy grzałki (rozdz. 5.3, tab. 5.7, s. 113).
Topografia powierzchni	Brak w literaturze, zwykle stosowane są oceny wizualne lub mikroskopia optyczna	Wprowadzenie parametrów Sq i Sz do analizy kawy, opracowanie procedury usuwania makrogeometrii (LSPL, usunięcie formy) zgodnie z ISO 25178-2, pierwsze ilościowe dane o zmianach chropowatości w trakcie palenia (rozdz. 5.3, tab. 5.9, s. 117).
Aktywność wody vs. wilgotność	W literaturze (Schenker i Rothgeb, 2017) sygnalizowano znaczenie aw, ale brak danych empirycznych	Autor dostarcza statystycznie istotnych dowodów (Badanie 1, tab. 5.2, s. 95), że to aw, a nie wilgotność, determinuje czas do FC i utratę masy.
Wskaźniki diagnostyczne (WOC, WSUM, TRI)	Brak narzędzi do predykcji zachowania ziarna w piecu	Autorskie, bezwymiarowe wskaźniki oparte na danych empirycznych, umożliwiające kategoryzację partii (tab. 6.1 i 6.2, s. 141–142) oraz predykcję jakości sensorycznej (wzór 7.1, s. 158).

Nowatorstwo nie polega zatem na samym zastosowaniu drogiej aparatury, ale na opracowaniu spójnego, powtarzalnego protokołu badawczego i wprowadzeniu nowych deskryptorów ilościowych do dziedziny, która dotąd opierała się głównie na wiedzy empirycznej i intuicji operatorów.

Przedstawione wyniki są w większości kompletne, Oczywiście pojawiają się drobne niedociągnięcia, ale nie wpływają one na merytoryczną stronę badań. Nie brakuje żadnych kluczowych serii pomiarowych – plan eksperymentu został zrealizowany w całości.

Wnioski przedstawione przez Autora są wystarczająco poparte danymi. Dla każdego wniosku Autor przedstawia konkretne wartości liczbowe i miary statystyczne. Bardzo dobrym przykładem dojrzałości badawczej Autora jest np. przykład braku istotności statystycznej (np. wpływ mocy grzałki na twardość – Badanie 4, s. 135–136:  $F=0,34$ ;  $p=0,71262$ ) Autor nie

wyciąga pochopnych wniosków o „braku wpływu”, lecz ostrożnie stwierdza, że „sama moc grzałki, przy stałym czasie fazy rozwinięcia, nie jest głównym determinantem twardości na poziomie pojedynczego ziarna”. Jest to poprawne metodologicznie.

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w rozumieniu art. 187 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Można to łatwo udowodnić w kilku obszarach:

- Nowe podejście interdyscyplinarne – Autor łączy inżynierię mechaniczną (analiza twardości, topografii powierzchni, mikrostruktury), termodynamikę (profile palenia, wymiana ciepła) i sensorykę żywności (cupping SCA). W dostępnej literaturze brak podobnie kompleksowych badań integrujących te trzy perspektywy.
- Wprowadzenie nowych deskryptorów ilościowych – Parametry Sq i Sz (z normy ISO 25178-2) nigdy wcześniej nie były stosowane do oceny ziaren kawy. Autor nie tylko je mierzy, ale także interpretuje ich zmiany w kategoriach procesu palenia („impulsowy wzrost Sz przy FC dla washed” vs. „monotoniczny spadek dla natural”).
- Autorskie wskaźniki diagnostyczne – WOC, WSUM i TRI nie mają odpowiednika w literaturze. Wskaźnik TRI (wzór 7.1, s. 158) łączy twardość, porowatość i Sq w jedną wielkość bezwymiarową, która – po kalibracji – może służyć do predykcji jakości sensorycznej. Jest to oryginalne narzędzie analityczne wykraczające poza standardową ocenę opisową.
- Nowe dane empiryczne o wysokiej wartości poznawczej – Autor dostarcza ilościowych zależności między parametrami procesu (czas fazy rozwinięcia, moc grzałki, metoda obróbki) a mierzalnymi właściwościami ziaren (porowatość, twardość, Sq, Sz) oraz oceną sensoryczną. Szczególnie cenne jest wykazanie, że optymalny czas rozwinięcia (75 s) i optymalna moc grzałki (73%) są uniwersalne dla obu metod obróbki, choć z różną siłą oddziaływania na poszczególne atrybuty.
- Modelowanie predykcyjne – Choć Autor nie buduje zaawansowanego modelu matematycznego (co sam uznaje za ograniczenie), to dostarcza prostych, użytecznych w praktyce zależności korelacyjnych (np. korelacja między temperaturą końcową a liczbą pęknięć:  $r = 0,967$  dla washed,  $r = 0,964$  dla natural – s. 128).

### **Wkład w rozwój dyscypliny**

Rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Barabosza wnosi zauważalny i wielowymiarowy wkład w rozwój dyscypliny inżynierii mechanicznej oraz nauk o żywności, szczególnie w

obszarze badań nad procesami termicznymi i właściwościami materiałów porowatych. Autor podejmuje tematykę, która dotychczas była fragmentarycznie opisywana w literaturze, a w wielu aspektach pozostawała domeną praktyki przemysłowej, intuicji operatorów pieców oraz wiedzy ukrytej. Praca wypełnia istotną lukę badawczą, łącząc analizę tekstury ziaren kawy z przebiegiem procesu palenia i jakością sensoryczną naparu, co stanowi podejście interdyscyplinarne i nowatorskie.

Podsumowując, wkład rozprawy w rozwój dyscypliny jest znaczący i wieloaspektowy. Autor wprowadza nowe metody pomiarowe, integruje różne podejścia badawcze, dostarcza danych empirycznych o wysokiej wartości poznawczej oraz proponuje interpretacje, które mogą stanowić podstawę do dalszych badań i zastosowań praktycznych. Praca ma charakter interdyscyplinarny, łącząc inżynierię mechaniczną, analizę materiałową i sensorykę żywności, co czyni ją wartościowym wkładem zarówno dla nauki, jak i dla praktyki przemysłowej.

### **3. Uwagi krytyczne**

Mimo wysokiej wartości naukowej i imponującego zakresu badań eksperymentalnych rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Barabosza zawiera pewną liczbę niedociągnięć, które wymagają krytycznego omówienia, zwłaszcza w kontekście rygorów metodologicznych właściwych dla prac doktorskich w dyscyplinach technicznych. Uwagi te nie podważają ogólnej wartości pracy, lecz wskazują na obszary, które mogłyby zostać rozwinięte, doprecyzowane lub uzupełnione, aby nadać rozprawie pełniejszy charakter naukowy i zwiększyć jej potencjał aplikacyjny.

1. Pierwszym istotnym zastrzeżeniem jest brak spójnego modelu teoretycznego opisującego proces palenia kawy. Autor przedstawia liczne wykresy temperatury, RoR oraz udziałów faz modulacji, jednak analiza pozostaje na poziomie empirycznym, bez próby odniesienia do istniejących modeli matematycznych przewodzenia ciepła, konwekcji czy kinetyki reakcji chemicznych. Warto podkreślić, że analiza jest poprawna, lecz brakuje odniesienia do istniejących modeli matematycznych opisujących wymianę ciepła w ziarnach kawy. W literaturze przedmiotu, zwłaszcza w pracach Schenkera (2000), Baggenstossa (2008) oraz Illy'ego i Vianiego (2005), dostępne są modele opisujące wymianę ciepła w ziarnie kawy, dyfuzję gazów oraz kinetykę reakcji Maillarda. Brak ich wykorzystania w pracy sprawia, że interpretacja

wyników opiera się głównie na obserwacjach, a nie na formalnym opisie procesów fizycznych. W literaturze (Schenker, 2000; Baggenstoss, 2008) dostępne są modele przewodzenia i konwekcji, które mogłyby zostać wykorzystane do pogłębienia analizy. W pracy doktorskiej o charakterze inżynierskim oczekuje się przynajmniej próby odniesienia wyników do istniejących modeli lub wskazania, dlaczego ich zastosowanie jest niemożliwe lub nieadekwatne.

2. Elementem wymagającym krytycznej oceny jest sposób interpretacji wyników dotyczących aktywności wody i wilgotności. Na stronach 139-140 pracy, autor słusznie zauważa, że aktywność wody, a nie sama wilgotność, wpływa na kinetykę reakcji chemicznych podczas palenia, co jest zgodne z ustaleniami Barbosa Cánovas i in. (2007). Jednakże analiza zależności pomiędzy aktywnością wody a czasem do pierwszego pęknięcia została przedstawiona w sposób opisowy, bez próby modelowania matematycznego lub statystycznego. W literaturze dotyczącej procesów suszenia i obróbki termicznej produktów roślinnych często stosuje się modele Arrheniusa lub modele dyfuzji wilgoci, które pozwalają na ilościowe opisanie wpływu aktywności wody na szybkość reakcji. Brak takiego podejścia ogranicza głębię analizy i sprawia, że wnioski mają charakter jakościowy, a nie ilościowy.
3. Kolejnym obszarem wymagającym uwagi jest analiza porowatości ziaren. Autor stosuje mikrotomografię komputerową (micro-CT) o rozdzielczości woksela 14  $\mu\text{m}$ , argumentując, że jest ona wystarczająca, ponieważ pory w ziarnie kawy mają średnicę 50–120  $\mu\text{m}$ . Jest to argument poprawny, lecz brakuje w tym stwierdzeniu uzasadnienia. W literaturze dotyczącej analizy materiałów porowatych, w tym w pracach Banharta (2008) oraz Salvo i in. (2003), podkreśla się, że rozdzielczość obrazowania musi być dostosowana do najmniejszych cech mikrostruktury, ponieważ zbyt duży voxel prowadzi do utraty informacji, błędów segmentacji oraz artefaktów rekonstrukcji. Autor nie odnosi się do tego problemu, co może sugerować, że część najmniejszych porów mogła pozostać niezarejestrowana, a wyniki porowatości mogą być zaniżone. Ponadto segmentacja oparta na progu izowartości (40–60% maksymalnej skali szarości) jest metodą stosunkowo prostą i podatną na błędy w przypadku materiałów niejednorodnych. W literaturze zaleca się stosowanie bardziej zaawansowanych metod segmentacji, takich jak algorytmy Watershed, Otsu lub segmentacja oparta na uczeniu maszynowym, które pozwalają na bardziej precyzyjne rozróżnienie fazy stałej i porowatej.

4. Z mojego punktu widzenia zagadnieniem mogącym budzącym pewne pytania, jest analiza twardości ziaren. Autor stosuje test kompresji z użyciem analizatora tekstury, definiując twardość jako maksymalną siłę potrzebną do rozkruszenia ziarna. Metoda ta jest poprawna, lecz w literaturze dotyczącej właściwości mechanicznych materiałów porowatych często stosuje się dodatkowe parametry, takie jak moduł Younga, energia pęknięcia czy kruchość dynamiczna. Praca ogranicza się do jednego parametru, co zawęża możliwość interpretacji wyników. Ponadto autor nie uwzględnia wpływu orientacji ziarna podczas testu, mimo że ziarna kawy są materiałem anizotropowym, a ich właściwości mechaniczne zależą od kierunku przyłożenia siły. Brak takiego podejścia stanowi istotne ograniczenie. Warto zauważyć, że w badaniach orzechów, zbóż, nasion oleistych często stosuje się testy w wielu orientacjach. W przypadku kawy — nie jest to powszechna praktyka, choć byłaby metodologicznie uzasadniona.
5. Bardzo mocną stroną pracy jest natomiast analiza sensoryczna, przeprowadzona zgodnie z protokołem SCA. Nie mniej analiza ma charakter wyłącznie opisowy i nie wykorzystuje zaawansowanych metod statystycznych.
- Brakuje zastosowania metod wielowymiarowych, takich jak analiza składowych głównych (PCA), analiza skupień czy analiza czynnikowa. Metody te są standardem w badaniach sensorycznych żywności (patrz np. Sunarharum i in., 2014) i pozwalają na identyfikację głównych czynników różnicujących próbki oraz na powiązanie wyników sensorycznych z parametrami fizykochemicznymi. W obecnej postaci wyniki sensoryczne są przedstawione w sposób narracyjny („aromat był wyższy”, „kwasowość bardziej intensywna”), bez formalnego ustrukturyzowania.
  - Panel liczył czterech certyfikowanych sędziów – to liczba minimalna, akceptowalna, ale autor nie podaje miar zgodności między sędziami (np. współczynnika korelacji wewnątrzklasowej ICC). Bez tego trudno ocenić wiarygodność średnich ocen.
  - W tabelach 5.10 i 5.16 (s. 119–120, 136–137) podano odchylenia standardowe dla poszczególnych atrybutów, ale nie wskazano, czy różnice między profilami są istotne statystycznie (np. za pomocą ANOVA z powtórzeniami lub testu Friedmana). Autor czasem przytacza wyniki testów dla oceny końcowej, ale nie dla poszczególnych atrybutów. Jest to niekonsekwencja.

W pracy doktorskiej o charakterze interdyscyplinarnym, łączącej inżynierię procesową i sensorykę żywności, oczekuje się bardziej zaawansowanego podejścia statystycznego.

6. Kolejnym zastrzeżeniem jest brak analizy niepewności pomiarowej. Autor przedstawia wyniki wraz z odchyleniami standardowymi, jednak nie odnosi się do niepewności pomiarowej urządzeń, mimo że w wielu miejscach przytacza ich dokładność, na przykład „Urządzenie zapewnia dokładność pomiaru  $\pm 0,008$  aw” lub „Urządzenie zapewnia dokładność pomiaru 0,01 g”. W literaturze dotyczącej metrologii, zwłaszcza w normach ISO 5725 oraz wytycznych GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement), podkreśla się, że analiza niepewności jest kluczowym elementem oceny jakości danych eksperymentalnych. Brak takiej analizy ogranicza możliwość oceny wiarygodności wyników. Warto również zauważyć, że choć autor przedstawia bardzo szczegółowy opis metodyki, to w niektórych miejscach brakuje uzasadnienia wyboru parametrów eksperymentalnych. Dotyczy to zwłaszcza wyboru trzech czasów fazy rozwinięcia (1 s, 75 s, 180 s) oraz trzech poziomów mocy grzałki (66%, 73%, 88%). Autor nie wyjaśnia, dlaczego wybrano akurat takie wartości, ani czy zostały one oparte na wcześniejszych badaniach, analizie literatury czy doświadczeniu praktycznym.
7. Kolejną uwagą krytyczną jest brak odniesienia do zmienności surowca. Autor stosuje ziarna kawy pochodzące z jednej odmiany botanicznej i jednego regionu, co jest zaletą w kontekście kontroli zmiennych, lecz jednocześnie ogranicza możliwość uogólnienia wyników. W literaturze dotyczącej kawy, zwłaszcza w pracach WCR (World Coffee Research), podkreśla się, że właściwości fizykochemiczne ziaren mogą znacząco różnić się w zależności od odmiany, regionu, sezonu zbiorów i metody obróbki. Autor nie odnosi się do tego ograniczenia, co może sugerować, że wyniki mają charakter specyficzny dla zastosowanego surowca.
8. Autor stosuje przestrzeń barw CIE Lab – standard w badaniach nad kawą. Interpretacja ogranicza się jednak do prostych zależności między parametrami L, a, b a czasem fazy rozwinięcia. W literaturze sensorycznej podkreśla się, że kolor kawy jest jedynie pośrednim wskaźnikiem stopnia palenia i nie zawsze w pełni odzwierciedla profil sensoryczny, zwłaszcza gdy chemia ziarna różni się między

odmianami. Oznacza, to że kolor nie zawsze w pełni odzwierciedla profil sensoryczny, zwłaszcza gdy chemia ziarna różni się znacząco między odmianami. Autor nie podejmuje próby weryfikacji, czy zmiany barwy są spójne z profilem aromatycznym, co stanowi pewne ograniczenie interpretacyjne.

Podsumowując, praca zawiera szereg elementów wymagających krytycznej refleksji, zwłaszcza w zakresie modelowania matematycznego, analizy statystycznej, segmentacji obrazów micro-CT, interpretacji wyników mechanicznych oraz analizy niepewności pomiarowej. Uwagi te nie podważają bardzo wysokiej wartości naukowej rozprawy, lecz wskazują na obszary, które mogłyby zostać rozwinięte, aby nadać pracy pełniejszy i bardziej pogłębiony charakter badawczy. Recenzent rekomenduje Autorowi, aby w trakcie obrony odniósł się do powyższych kwestii, szczególnie w zakresie wyboru metod segmentacji i analizy niepewności pomiarowej.

#### **4. Wnioski końcowe i ocena spełnienia wymagań**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Barabosza pt. „Relatywność tekstury i wpływ jej wyróżników na profile wypalania ziaren kawy w korelacji z jakością sensoryczną kaw segmentu Specjalty” stanowi dojrzałe, interdyscyplinarne i nowatorskie opracowanie naukowe. Autor podjął tematykę o dużym znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym, łącząc w sposób oryginalny zagadnienia z zakresu inżynierii mechanicznej (analiza właściwości materiałowych i procesów termicznych), technologii żywności (proces palenia i metody obróbki) oraz sensoryki (standardy SCA).

Rozprawa została przygotowana z ogromną starannością, a jej zakres eksperymentalny – obejmujący m.in. mikrotomografię komputerową (micro-CT), profilometrię optyczną 3D, teksturometrię oraz ocenę sensoryczną – jest wyjątkowo obszerny i rzadko spotykany na tym poziomie kształcenia.

Mimo wcześniejszych zastrzeżeń należy podkreślić, że praca w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Moje krytyczne uwagi wynikają z wysokiego poziomu, badań oraz wyjątkowych możliwości ich wykorzystania w przemyśle. Chciałbym wskazać, że Autor wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, opracowania metodyki, przeprowadzenia eksperymentów, analizy wyników oraz formułowania wniosków. Praca ma charakter oryginalny, a jej wyniki mogą znaleźć zastosowanie zarówno w dalszych badaniach naukowych, oraz wcześniej wymienionym wykorzystaniu utylitarnym.

Rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie inżynierii procesowej, analizy materiałowej i nauk o żywności, a jej interdyscyplinarny charakter stanowi dodatkową wartość. Praca stanowi samodzielne i oryginalne osiągnięcie naukowe, a jej autor wykazał się wiedzą, umiejętnościami i kompetencjami wymaganymi do uzyskania stopnia doktora. Wyrażam również przekonanie, że po ewentualnym uwzględnieniu uwag krytycznych (zwłaszcza w zakresie modelowania matematycznego i analizy niepewności) wyniki uzyskane w czasie badań nadają się do publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych z listy JCR.

W świetle przedstawionej analizy formalnej, merytorycznej i metodologicznej stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Barabosza **w pełni spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2024 r. poz.1571, z późn. Zm.)**, oraz w regulaminie nadawania stopni naukowych obowiązującym na Politechnice Opolskiej.

**W związku z powyższym, wyrażam opinię pozytywną i rekomenduję dopuszczenie mgr. inż. Krzysztofa Barabosza do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.**

dr hab. inż. Adam Ekielski  
profesor SGGW