



ROZPRAWA DOKTORSKA

**RELATYWNOŚĆ TEKSTURY I WPŁYW JEJ WYRÓŻNIKÓW
NA PROFILE WYPALANIA ZIAREN KAWY W KORELACJI
Z JAKOŚCIĄ SENSORYCZNĄ KAW SEGMENTU
SPECIALTY**

mgr inż. KRZYSZTOF BARABOSZ

PROMOTOR:

dr hab. inż. DOMINIKA MATUSZEK

PROMOTOR POMOCNICZY:

dr inż. ŁUKASZ BIŁOS

OPOLE, 2025

STRESZCZENIE

W segmencie kawy Specjalty kładzie się duży nacisk na powtarzalność i najwyższą jakość smaku, ale naturalna zmienność surowca (odmiana, warunki uprawy, metoda obróbki pozbiorczej) utrudnia osiągnięcie tego celu. Podczas procesu palenia ziarna kawy podlegają złożonym przemianom fizykochemicznym, które wpływają na profil sensoryczny naparu. W dostępnej literaturze brakuje kompleksowych badań łączących mierzalne cechy teksturalne ziaren z parametrami procesu palenia i oceną sensoryczną.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było zbadanie zależności między wybranymi właściwościami fizykochemicznymi ziaren *Coffea arabica* (wilgotność, aktywność wody, twardość, porowatość, topografia powierzchni), procesem palenia (profil temperaturowy, długość fazy rozwinięcia, tempo wprowadzania ciepła) a jakością sensoryczną kawy.

Postawiono trzy hipotezy główne:

1. Istnieje istotna statystycznie zależność pomiędzy parametrami fizykochemicznymi ziaren kawy *Coffea arabica*, a przebiegiem procesu palenia.
2. Właściwości teksturalne i topograficzne ziaren kawy po procesie palenia korelują z atrybutami sensorycznymi naparu.
3. Metoda obróbki pozbiorczej (natural vs. washed) wpływa znacząco na zmiany właściwości ziaren w trakcie i po procesie palenia.

Celem potwierdzenia lub obalenia hipotez przeprowadzono szereg testów, które podzielono na 4 grupy (badania):

1. Analiza profili palenia kaw washed i natural, wypalonych przy stałych parametrach mocy grzałki (73%), przepływie powietrza (75%), obrotach mieszalnika (63 obr. / min) i czasie fazy rozwinięcia (53 s).
2. Analiza wpływu dziesięciu różnych czasów fazy rozwinięcia (5 s, 15 s, 30 s, 45 s, 60 s, 75 s, 90 s, 105 s, 120 s, 135 s) na wyróżniki tekstury przy stałych parametrach mocy grzałki (73%), przepływu powietrza (75%), obrotów mieszalnika (63 obr. / min).
3. Analiza wpływu procesu palenia dla trzech różnych faz rozwinięcia (1 s (FC), 75 s, 180 s) na wyróżniki tekstury i topografii przy stałych parametrach mocy grzałki (73%), przepływu powietrza (75%), obrotów mieszalnika (63 obr. / min).

4. Analiza wpływu procesu palenia dla trzech różnych mocy grzałki (Fast: 88%, Regular: 73%, Slow: 66%) na wyróżniki tekstury i topografii przy stałych parametrach czasu rozwinięcia (75 s), przepływu powietrza (75%), obrotów mieszalnika (63 obr. / min).

W badaniach wykonano m.in. pomiary aktywności wody i zawartości wilgoci przed i po paleniu, testy twardości pojedynczych ziaren (analizator tekstury), mikrotomografię komputerową (micro-CT) w celu określenia porowatości wewnętrznej, profilometrię powierzchni 3D (parametry Sq, Sz) oraz pomiary barwy. Jakość sensoryczną oceniano za pomocą standardowej metody cuppingu (protokół Specjalty Coffee Association) pod kątem aromatu, smaku, kwasowości, body oraz ogólnej oceny przez panel ekspertów.

Wykazano, że metoda obróbki pozbiorczej surowca determinuje przebieg procesu palenia: ziarna obrobione na sucho (natural) osiągały moment pierwszego pęknięcia około 20 s później niż ziarna obrobione na mokro (washed). Ziarna natural traciły więcej masy w czasie i generowały mniej pęknięć, a po paleniu charakteryzowały się niższą twardością niż ziarna washed. Wydłużenie czasu fazy rozwinięcia (z 5 s do 135 s) spowodowało wzrost temperatury końcowej (z ok. 210 do 225°C), większą utratę masy (z 10 do 17%) i nasilenie pęknięcia ziaren. Dłuższe rozwinięcie powodowało również ciemnienie koloru (spadek wartości parametru *L) i znaczne zmniejszenie twardości mechanicznej ziaren. Szybkość palenia odnosząca się do użytej mocy grzania okazała się także istotna. Zbyt duża moc grzałki (profil Fast) prowadziła do gwałtownych pęknięć i nierównomiernego rozwoju smaków, natomiast zbyt niska moc grzałki (profil Slow) skutkowała utratą lotnych nut aromatycznych. Stwierdzono korelacje między parametrami teksturalnymi a jakością sensoryczną. Bardziej porowate i kruche ziarna, będące efektem ciemnego palenia, szybciej uwalniały aromaty, co zwiększało intensywność smaku, który charakteryzował się wyraźną goryczką. Ziarna twardsze o mniejszej porowatości (jaśniejsze palenie) zachowywały wyraźną kwasowość i złożoność aromatu.

Podsumowując, badania potwierdziły istotny wpływ właściwości fizycznych ziaren na proces palenia i charakterystykę smaku kawy. Zidentyfikowano kluczowe czynniki (aktywność wody, metoda obróbki pozbiorczej, profil czasowo-temperaturowy) determinujące teksturę ziaren, która z kolei wpływa na ekstrakcję i percepcję sensoryczną. Wyniki posłużyły do weryfikacji hipotez. Wykazano, że zmiany w strukturze ziaren (twardość, porowatość, topografia) korelują z jakością naparu, a zależności te można przedstawić za pomocą prostych równań. Przedstawione wyniki i obserwacje poszerzają wiedzę na temat mechanizmów palenia kawy. Na szczególną uwagę zasługuje ilościowe opisanie zależności między mikrostrukturą

palonych ziaren a ich smakiem, co stanowi nowatorskie rozwiązanie. Z praktycznego punktu widzenia sformułowano zalecenia dla palaczy kawy jakości Specjalty, zaproponowano wdrożenie nowych testów sensorycznych łączących parametry fizykochemiczne i autorskie wskaźniki diagnostyczne: WOC i WSUM, z najbardziej wrażliwymi atrybutami sensorycznymi (aromat, kwasowość, cielistość, balans). Praca ta wskazuje drogę do integracji inżynierii procesowej z oceną sensoryczną w kierunku bardziej predykcyjnego, naukowego podejścia do palenia kawy, co przełoży się na doskonalszy i powtarzalny produkt w filiżance.