

## **INSTRUMENTALNA I SENSORYCZNA ANALIZA TWARDOŚCI I SPRĘŻYSTOŚCI SUSZONEGO MELONA ŻÓŁTEGO**

Bartosz Jaźwiec, Bogdan Stępień, Marta Paślawska

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

Agnieszka Kita

*Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** Analizowano wpływ cech mechanicznych i reologicznych na odczucia smakowe, wzrokowe i czuciowe podczas spożywania suszonego melona żółtego. Surowiec suszono konwekcyjnie (SK), sublimacyjnie (SS) oraz mikrofalowo w warunkach obniżonego ciśnienia (SMP). Zastosowano obróbkę wstępną przed suszeniem w postaci blanszowania nisko- oraz wysokotemperaturowego. Obliczono wartości wytrzymałości na ściskanie i przecinanie, wyróżniki oceny sensorycznej oraz wartości wskaźników określających sprężystość materiału. Celem badań było określenie zależności pomiędzy właściwościami mechanicznymi i reologicznymi suszonego melona żółtego, a odczuciami konsumenta spożywającego produkt. Potwierdzono istotny związek pomiędzy cechami wytrzymałościowymi, określonymi metodami instrumentalnymi, a oceną sensoryczną. Najwyższą odpornością zarówno na ściskanie, jak i na przecinanie charakteryzował się melon suszony mikrofalowo w warunkach obniżonego ciśnienia. Jednocześnie próbki odwodnione tą techniką uzyskały najniższą ocenę sensoryczną dotyczącą elastyczności i ciągliwości.

**Słowa kluczowe:** suszenie, ocena sensoryczna, twardość, przecinanie, reologia

### **Wprowadzenie i cel badań**

Głównym problemem podczas przetwarzania żywności jest brak możliwości uzyskania produktu zachowującego właściwości wyjściowe surowca. Jest wiele sposobów przetwarzania żywności. Jedną z metod na wydłużenie okresu spożycia warzyw i owoców jest suszenie. Różnorodność technik odwadniania, warunków prowadzenia procesu oraz zastosowanie obróbki wstępnej sprawia, że istnieje możliwość modyfikacji cech mechanicznych i reologicznych suszy w bardzo szerokim zakresie [Stępień 2009].

Właściwości sensoryczne produktów, takie jak smak, zapach, barwa czy konsystencja wpływają na akceptowalność przez konsumenta. W celu określenia tych właściwości stosuje się metody instrumentalne i sensoryczne [Baryłko-Pikielna 1998]. Metody analizy sensorycznej mimo wielu zalet, są zbyt kosztowne i czasochłonne, co ogranicza ich wykorzystanie w warunkach przemysłowych. Należy dążyć do zastąpienia oceny sensorycznej przez szybsze, prostsze i tańsze techniki instrumentalne [De Belie i in. 2003].

Wyniki badań instrumentalnych pozwalają jedynie określić kierunki zmian cech fizycznych odwadnianych surowców rolniczych, bez możliwości oceny akceptowalności tych zmian przez konsumentów. Dlatego metody sensoryczne nadal są ważnym narzędziem w pozyskiwaniu informacji o jakości produktów, szczególnie w zakresie tych cech, które są istotne z punktu widzenia konsumenta. Obejmują one pomiary i zrozumienie odczuć człowieka na właściwości produktu odbierane za pomocą zmysłów [Platta, Kolenda 2009]. Metody sensoryczne są doskonalone poprzez opracowanie standardowych procedur oceny dających dokładne i możliwie powtarzalne wyniki.

W rozumieniu sensorycznym twardość odnosi się do siły koniecznej do deformacji lub penetracji w głąb produktu. W trakcie spożywania produktu twardość jest odczuwana podczas jego ściskania między zębami [Jędryka 2001].

Wiedza o związkach pomiędzy wyróżnikami instrumentalnymi oraz sensorycznymi umożliwi wykorzystanie testów mechanicznych i reologicznych do wstępnej selekcji produktów, aby pełnej ocenie sensorycznej poddawać jedynie wybrane produkty, co pozwoli obniżyć koszty produkcji, szczególnie na etapie kontroli gotowych produktów.

W związku z tym, celem badań jest określenie wpływu cech mechanicznych i reologicznych na odczucia konsumenta podczas spożywania suszonego melona żółtego. Zostaną wytypowane cechy określane metodami instrumentalnymi, które mają bezpośredni związek z wyróżnikami oceny sensorycznej.

## Metodyka badań

Materiał badawczy stanowił melon żółty, w formie walców o średnicy 20 mm i wysokości 10 mm. Próbkę suszono trzema metodami: konwekcyjną (SK), mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia (SMP) oraz sublimacyjną (SS).

Zastosowano obróbkę wstępną przed suszeniem w postaci blanszowania niskotemperaturowego (60°C przez 10 minut – 60/10), oraz blanszowania wysokotemperaturowego (95°C przez 2 minuty – 95/2).

Suszenie konwekcyjne przeprowadzono przy temperaturze powietrza wynoszącej 50°C i prędkości przepływu powietrza wynoszącym 1,5 m·s<sup>-1</sup>, susząc surowiec w pojedynczej warstwie. Suszenie mikrofalowo–podciśnieniowe wykonano przy podciśnieniu w komorze wahającym się od 4 do 10 kPa i mocy mikrofal wynoszącej 480 W. Przed rozpoczęciem procesu, materiał podsuszano konwekcyjnie przez 2h w analogicznych warunkach jak standardowe suszenie konwekcyjne. Konieczność zastosowania wstępnego podsuszania wynikała z wysokiej wilgotności surowca (92%) i wysokiej zawartości cukru, powodującej sklejanie się próbek w trakcie suszenia mikrofalowo–podciśnieniowego. Suszenie sublimacyjne przebiegało w temperaturze płyty grzejnej wynoszącej 40°C, przy kontaktowym sposobie dostarczania ciepła. Próbkę zamrażano przez 24 godziny z prędkością wynoszącą 1°C·min<sup>-1</sup>.

Badania przeprowadzono przy pomocy maszyny wytrzymałościowej Instron 5566. Próbkę poddano testom ściskania, przecinania i relaksacji naprężeń. Ścisano warstwę walców o wysokości 20 mm, odkształcając ją o 20% jej wysokości początkowej. Prędkość odkształcania wynosiła 1,8 mm·min<sup>-1</sup>. Przecinano pojedyncze próbki przy wykorzystaniu specjalistycznej przystawki firmy Instron z nożem o kącie ostrza i kącie rozwarcia wynoszącym po 60°. Prędkość penetracji noża wynosiła 10 mm·min<sup>-1</sup>.

Testowi relaksacji naprężeń poddano warstwę walców o wysokości 20 mm. Rejestracja procesu relaksacji naprężeń rozpoczynano po osiągnięciu naprężenia odpowiadającego średniemu naprężeniu wywołanemu w materiale odkształconym o 20% wysokości początkowej. Czas trwania procesu wynosił 10 minut. Do porównania przebiegu krzywych relaksacji naprężeń wykorzystano metodę opisaną w literaturze [Stępień 2009]. Obliczono wartość wskaźnika  $a$ , określającego poziom zaniku naprężeń w trakcie testu relaksacji oraz wskaźnika  $b$  mówiącego o prędkości zaniku naprężeń.

Ocenę sensoryczną twardości, elastyczności oraz ciągliwości, określono według 9-punktowej skali ocen (1-ocena najgorsza, 9-ocena najlepsza). Oceny dokonał 10 osobowy przeszkolony zespół pracowników i doktorantów Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa UP we Wrocławiu. Oceny dokonano na podstawie skali opracowanej zgodnie z normami: ISO 4121 i ISO 11036.

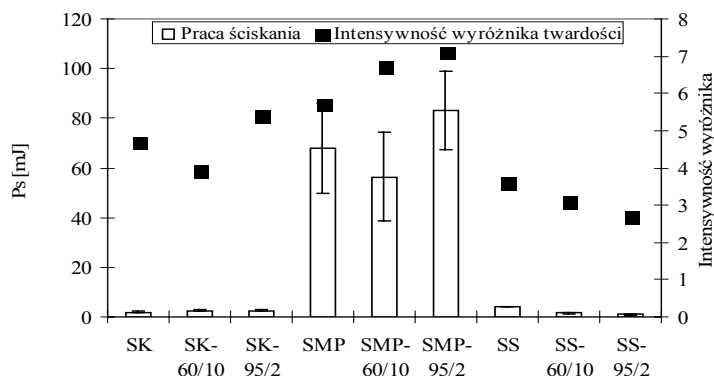
Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 9. Wykonano wieloczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności wynoszącej  $\alpha = 0,05$  dla określenia wpływu techniki suszenia i obróbki wstępnej na cechy wyznaczone metodami instrumentalnymi i na ocenę sensoryczną. Analiza regresji na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  pozwoliła określić związek pomiędzy oceną sensoryczną, a badaniami wytrzymałościowymi.

## Analiza wyników

Najwyższą wilgotnością charakteryzowały się susze uzyskane metodą konwekcyjną (od 6,5% do 7,5% w zależności od rodzaju obróbki wstępnej), a następnie po suszeniu sublimacyjnym (od 5,2% do 6,8%). Najniższą wilgotność miał materiał suszony mikrofalowo w warunkach obniżonego ciśnienia (od 2,2% do 2,7%).

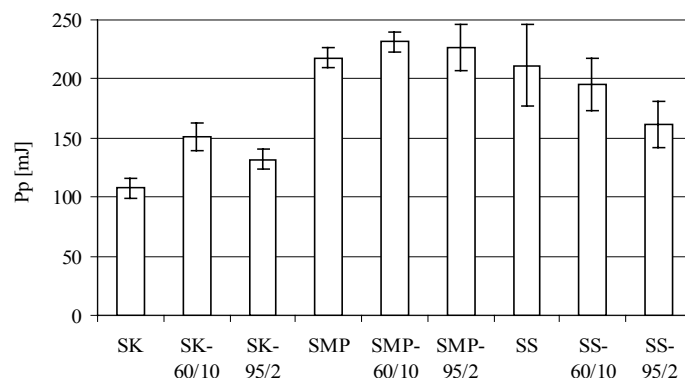
Rysunek 1 przedstawia wartość pracy ściskania suszonego melona żółtego oraz odpowiadające im wartości intensywność wyróżnika twardości, dla różnych metod suszenia. Stwierdzono, że istnieje duża zależność pomiędzy przeprowadzonymi badaniami instrumentalnymi i sensorycznymi. Najwyższe wartości pracy ściskania uzyskano dla suszy otrzymanych metodą mikrofalowo-podciśnieniową, co jest zbieżne z wynikami badań Marzec i Pasik [2008]. Inne zależności uzyskano podczas badań wytrzymałości na ściskanie korzenia pietruszki suszonego różnymi metodami, gdzie najwyższą odpornością na ściskanie charakteryzowały się susze sublimacyjne [Stępień 2006]. Powodem takich rozbieżności może być to, że badano materiały znacznie różniące się między sobą wilgotnością wyjściową surowca oraz o różnej budowie komórkowej. Wpłynęło to na przebieg procesu suszenia z wykorzystaniem różnych technik, a co za tym idzie na właściwości mechaniczne produktu.

Ocena sensoryczna wykazała, że najwyżej oceniono twardości produktu o najwyższej odporności na ściskanie. Nie uzyskano jednoznacznej odpowiedzi, czy blanszowanie wpływa pozytywnie czy negatywnie na wartość wyróżnika twardości. Blanszowanie melona żółtego przed suszeniem mikrofalowym w warunkach obniżonego ciśnienia powoduje uzyskanie suszy lepiej ocenianych w oparciu o wyróżnik twardości. Ten sam zabieg wykonany przed suszeniem sublimacyjnym wpływa niekorzystnie na twardość produktu.



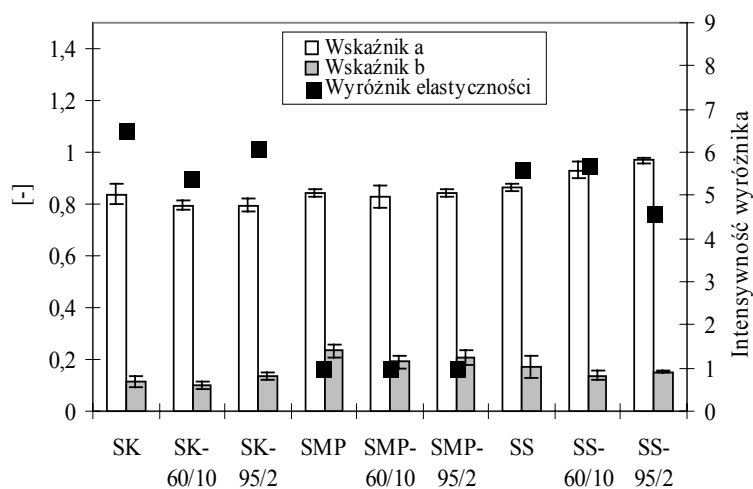
Rys. 1. Wartości pracy ściskania i intensywności wyróżnika twardości suszonego melona żółtego  
 Fig. 1. Values of compression and intensity of the hardness discriminant of dried yellow melon

Wartości pracy przecinania suszonego melona żółtego dla poszczególnych metod suszenia przedstawiono na rysunku 2. Istotną różnicę w obrębie analizowanej cechy stwierdzono jedynie pomiędzy suszami uzyskanymi metodą konwekcyjną i mikrofalowo-podciśnieniową. Najniższe wartości pracy przecinania otrzymano dla suszy uzyskanych metodą konwekcyjną. Odporność na przecinanie suszy otrzymanych metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia oraz metodą sublimacyjną jest na podobnym poziomie. Błanszowanie surowca przed suszeniem konwekcyjnym i mikrofalowo-podciśnieniowym powoduje wzrost odporności suszu na przecinanie. W przypadku suszenia sublimacyjnego zależność jest odwrotna. Prawdopodobnie jest to związane z zamrażaniem surowca przeznaczonego do suszenia sublimacyjnego, co przy niskiej prędkości zamrażania skutkowało powstawaniem dużych kryształów lodu wewnątrz struktury komórkowej. To z kolei wpływało na degradację struktury komórkowej, która podczas blanszowania ulegała dalszemu zwiększeniu [Stępień 2009].



Rys. 2. Wartości pracy przecinania suszonego melona żółtego  
 Fig. 2. Cutting values of dried yellow melon

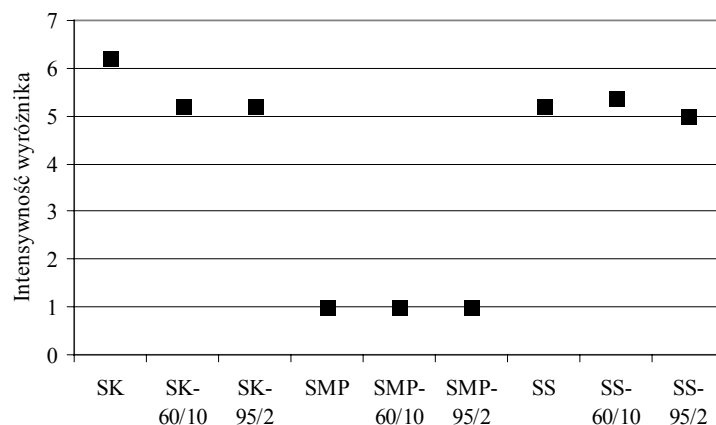
Na rysunku 3 przedstawiono wskaźniki sprężystości oraz intensywność wyróżnika elastyczności oraz intensywność wyróżnika elastyczności. Najniższą wartość parametru  $a$  zaobserwowano dla suszu uzyskanego metodą konwekcyjną, a najwyższą dla produktu pochodzenia sublimacyjnego. Oznacza to, że w trakcie relaksacji naprężeń suszu sublimacyjnego następuje spadek naprężenia do najniższego poziomu, co świadczy o niskiej elastyczności produktu. W obrębie danej metody suszenia nie stwierdzono wpływu blanszowania na wartość parametru  $a$ . Najwyższą wartość parametru  $b$  stwierdzono dla suszu mikrofalowo-podciśnieniowego, co oznacza, że produkt charakteryzuje się najwyższą dynamiką spadku naprężenia w trakcie testu. Przyjmując interpretację mówiącą o tym, że występowanie szybszego spadku naprężeń w czasie testu relaksacji oznacza większe niekorzystne zmiany w strukturze komórkowej odwodnionego materiału, skutkujące obniżeniem jego sprężystości, należy wnioskować, że susze uzyskane metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia charakteryzują się najniższą sprężystością. Znajduje to swoje potwierdzenie w badaniach sensorycznych, gdzie wyróżnik elastyczności dla suszy mikrofalowo-podciśnieniowych osiągnął najniższą wartość. Intensywność wyróżnika elastyczności dla suszy uzyskanych metodą konwekcyjną i sublimacyjną została określona na podobnym poziomie. Wyniki badań elastyczności suszu z melona żółtego wykonane metodą instrumentalną wykazują dużą zbieżność z rezultatami oceny sensorycznej.



Rys. 3. Wskaźniki relaksacji naprężeń i intensywność wyróżnika elastyczności suszonego melona żółtego

Fig. 3. Indexes of stress relaxation and intensity of the hardness discriminant of dried yellow melon

Na rysunku 4 przedstawiono intensywność wyróżnika ciągliwości dla melona żółtego suszonego różnymi technikami.



Rys. 4. Intensywność wyróżnika ciągliwości suszonego melona żółtego

Fig. 4. Intensity of the ductility discriminant of dried yellow melon

Materiał suszony mikrofalowo w warunkach obniżonego ciśnienia charakteryzuje się najniższą wartością wyróżnika ciągliwości. Zbliżoną ocenę intensywności badanej cechy otrzymano dla suszy konwekcyjnych i sublimacyjnych. W pewnym uproszczeniu, ciągliwość można interpretować jako odczucia konsumenta związane z lepko-plastycznością spożywanego produktu. Zatem nieprzypadkowy jest fakt, iż zaobserwowana zależność jest zbliżona z wynikami analizy sprężystości.

Wyniki analizy wariancji przedstawiono w tabeli 1. Jedynie metoda suszenia wpływa istotnie na cechy wytrzymałościowe, reologiczne oraz na ocenę sensoryczną. Analiza regresji wykazała, że wzrostowi wartości pracy ściskania, określonego na podstawie testów instrumentalnych, towarzyszy wzrost wartości wyróżnika twardości oraz spadek wartości wyróżników elastyczności i ciągliwości. Nie stwierdzono związku pomiędzy pracą przecinania i wyróżnikiem twardości. Wzrostowi wartości pracy przecinania towarzyszy spadek wartości wyróżnika elastyczności i ciągliwości.

Tabela 1. Wyniki analizy statystycznej (p - prawdopodobieństwo odrzucenia hipotezy 0)

Table 1 Results of the statistical analysis (p - probability of rejection null hypothesis)

Zmienna	Praca ściskania	Praca przecinania	Twardość	Elastyczność	Ciągliwość
Metoda suszenia	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Obróbka wstępna	0,220285	0,200733	0,654830	0,131741	0,106678

Źródło: opracowanie własne

## Wnioski

1. Istnieje istotna zależność pomiędzy wybranymi cechami mechanicznymi i reologicznymi melona żółtego suszonego różnymi metodami, a oceną sensoryczną suszy.
2. Metoda suszenia istotnie wpływa na zmiany cech mechanicznych, reologicznych oraz na ocenę sensoryczną suszonego melona żółtego. Nie wykazano wpływu blanszowania surowca na wartości analizowanych cech i wskaźników.
3. Stwierdzono istotne powiązanie odporności suszu na ściskanie i na przecinanie z wyróżnikiem twardości oraz wskaźnika elastyczności z wyróżnikiem elastyczności. Ocena sensoryczna suszonego melona żółtego wykazała, iż wraz ze wzrostem wytrzymałości na ściskanie oraz wytrzymałości na przecinanie rośnie stopień akceptacji przez konsumentów.

## Bibliografia

- Barylko-Pikielna N.** 1998. Analiza sensoryczna w zapewnieniu jakości żywności. *Przemysł Spożywczy*. Nr 12. s. 25-28.
- De Belie N., Pedersen D.K., Martens M., Bro R., Munck L., De Baerdemaeker.** 2003. The use of visible and near-infrared reflectance measurements to assess sensory changes in carrot texture and sweetness during heat treatment. *Biosystems Engineering*. Nr 85(2). s. 213–225
- Jędryka T.** 2001. *Metody sensoryczne*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie. ISBN 83-7252-099-2.
- Marzec A., Pasik Sz.** 2008. Wpływ metody suszenia na właściwości mechaniczne i akustyczne suszy marchwiowych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1(99). s. 291-296.
- Platta A., Kolenda H.** 2009. Jakość sensoryczna wybranych odmian marchwi jadalnej po obróbce technicznej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna – XLII*. Nr 3. s. 391-396.
- Stępień B.** 2006. Zmiany wytrzymałości na ściskanie pietruszki suszonej różnymi metodami. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(79). s. 191-198.
- Stępień B.** 2009. Modyfikacja cech mechanicznych i reologicznych wybranych warzyw pod wpływem różnych metod suszenia. *Monografie LXXIX*. Wydawnictwo UP we Wrocławiu. ISBN 978-83-60574-75-1.

## **INSTRUMENTAL AND SENSORY ANALYSIS OF HARDNESS AND PLASTICITY OF DRIED YELLOW MELON**

**Abstract.** The study analyses the influence of mechanical and rheological properties on taste, sight and sensation during consumption of dried yellow melon. The material was convection dried (SK), by means of sublimation (SS) and microwave in the conditions of the lowered pressure (SMP). Pretreatment before drying in the form of low and high temperature blanching was applied. Values of compressive and cutting strength, discriminants of sensory assessment and values of indexes describing material plasticity were calculated. The purpose of the study was to determine a relation of the mechanical and rheological properties of dried yellow melon and a consumer's sensations. The relation between strength characteristics, particular instrumental methods and sensory assessment were proved. A melon, which was dried by means of microwave in the conditions of the lowered pressure, was characterised by the highest compressive and cutting strength. Simultaneously, samples dehydrated by means of this technique obtained the lowest sensory assessment concerning elasticity and ductility.

**Key words:** drying, sensory assessment, hardness, cutting, rheology

**Adres do korespondencji:**

Bartosz Jaźwiec; e-mail: bartosz.jazwiec@up.wroc.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław