

WYKORZYSTANIE DRZEW KLASYFIKACYJNYCH W ANALIZIE CECH SENSORYCZNYCH BROKUŁU WŁOSKIEGO PO OBRÓBCE CIEPLNEJ

Beata Ślaska-Grzywna

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przeprowadzono analizę eksploracyjną cech sensorycznych brokułu włoskiego po obróbce cieplnej przy zmiennych parametrach: temperaturze, czasie i dodatku pary. Do oceny sensorycznej wykorzystano 5 wyróżników: barwę, konsystencję, zapach, smak i soczystość. Zbadano rzetelność skali oraz utworzono drzewa klasyfikacyjne dla wszystkich wyróżników sensorycznych. Stwierdzono, że dodatek pary, niezależnie od jego poziomu, jest najważniejszym predyktorem oceny wszystkich wyróżników sensorycznych.

Słowa kluczowe: brokuł włoski, obróbka cieplna, ocena sensoryczna, drzewa klasyfikacyjne

Wstęp

Drzewa klasyfikacyjne wykorzystuje się do wyznaczania przynależności przypadków lub obiektów do klasy jakościowej zmiennej zależnej na podstawie pomiarów jednej lub więcej zmiennych objaśniających (predyktorów). Jest to jedna z podstawowych technik eksploracyjnych. Celem analizy opartej na drzewach klasyfikacyjnych jest przewidywanie lub wyjaśnianie odpowiedzi zakodowanych w jakościowej zmiennej zależnej.

Formalnie drzewo klasyfikacyjne jest acyklicznym spójnym grafem skierowanym. Każdemu węzłowi, będącemu liściem, przyporządkowane jest oznaczenie klasy, a każdej z gałęzi reguła decyzyjna, czyli warunek odnoszący się do wartości zmiennych w zbiorze wejściowym i mówiący, w jakim przypadku należy pójść daną gałęzią. W większości algorytmów warunki dla gałęzi wychodzących z jednego węzła muszą się uzupełniać tak, aby dla każdego możliwego wektora zmiennych w danej obserwacji jedna z nich i tylko jedna była spełniona [Koronacki, Ćwik 2005].

Drzewa klasyfikacyjne są wykorzystywane w wielu dziedzinach nauki. Dają się prosto przedstawiać graficznie, co sprawia, że są łatwiejsze w interpretacji niż czysto liczbowe wyniki. Drzewa klasyfikacyjne mogą być, i niekiedy są, dość złożone. Jednakże procedury graficzne ułatwiają interpretację nawet skomplikowanych rozwiązań [Breiman i in. 1993; Loh, Shih 1997].

Cel pracy

Celem pracy była analiza cech sensorycznych brokułu włoskiego oparta na drzewach klasyfikacyjnych.

Metodyka

Materiał doświadczalny stanowiły różyczki brokołu włoskiego odmiany Iron. Próbkę do badań miały kształt zbliżony do kształtu różyczek brokołu i masę $m = 5 \text{ g} \pm 0,5$.

Próbki brokołu włoskiego poddawano obróbce termicznej w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 80°C i 100°C w czasie 5, 10, 15 i 20 minut z różnym dodatkiem pary: 0% dodatku pary w stosunku do początkowej wilgotności powietrza w komorze pieca, 20%, 40%, 60%, 80% i 100%.

Bezpośrednio po obróbce termicznej przeprowadzono ocenę sensoryczną próbek brokołu. Ocena sensoryczna dokonano z wykorzystaniem skali pięciopunktowej, której wyróżnikami jakości były: barwa, konsystencja, zapach, smak i soczystość. Oceny sensorycznej dokonywał zespół dziesięcioosobowy. Przedział wiekowy osób oceniających 25-45 lat [Baryłko-Pikielna, Matuszewska 1996; PN ISO 6658].

Otrzymane wyniki oceny sensorycznej poddano analizie opartej na technikach eksploracyjnych. Przeprowadzono badanie rzetelności skali Alfa-Cronbacha, które odpowiedziało na pytanie czy wszystkie pozycje skali - wyróżniki sensoryczne, odnoszą się do tego samego zagadnienia (tworzą spójną skalę). Analizowano każdą skalę oddzielnie. Następnie utworzono drzewa klasyfikacyjne dla wszystkich wyróżników sensorycznych odzwierciedlające ich zależność od parametrów procesu obróbki cieplnej brokołu włoskiego.

Analizę przeprowadzono w programie Statistica 6.0.

Wyniki badań

Wartość współczynnika Alfa-Cronbacha dla rozpatrywanego zbioru zmiennych (barwa, konsystencja, zapach, smak, soczystość) jest dość duży (wynosi 0,78), co przemawia za rzetelnością badanej skali. Pomiar walorów smakowych brokołu za pomocą tej skali jest rzetelny, odzwierciedla głównie wyniki prawdziwe.

Najniższą wartość współczynnika korelacji między zmienną a skalą sumaryczną zaobserwowano dla barwy ($r = 0,33$). Skorelowanie barwy ze skalą sumaryczną jest znacznie niższe niż pozostałych zmiennych, dlatego można przyjąć, że ta pozycja jest najmniej zgodna z resztą skali, usunięcie tej zmiennej spowoduje zwiększenie rzetelności skali (Alfa = 0,81). Prawdopodobną przyczyną niezgodności jest płeć oceniających, gdyż mężczyźni mają zawężone możliwości rozróżniania barw.

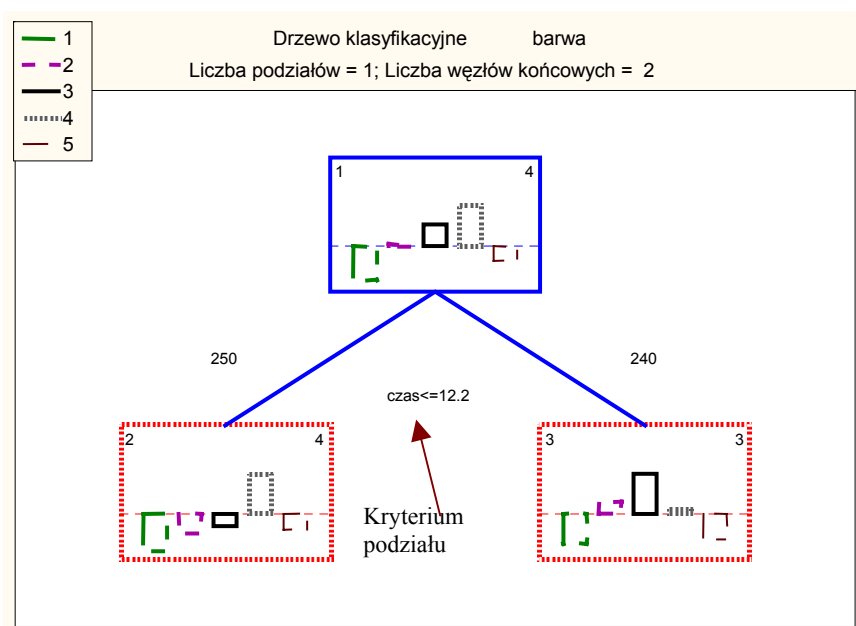
Tabela 1. Wyniki badania rzetelności skali za pomocą współczynnika Alfa-Cronbacha

Table. 1. Results of scale reliability testing using the Alfa-Cronbach coefficient

Wyróżnik sensoryczny	Średnia gdy usunięte	Wariancja gdy usunięte	Odch. Standard. gdy usunięte	Poz-Cał Korel (r)	Alfa gdy usunięta
Barwa	12.69796	13.28428	3.644761	0.329362	0.808169
Konsystencja	12.96735	10.36220	3.219037	0.699570	0.692647
Smak	12.81633	10.61116	3.257478	0.671152	0.703408
Soczystość	12.99184	10.31422	3.211576	0.665125	0.703798
Zapach	12.70612	11.97894	3.461061	0.443185	0.779733

Podsumowanie skali: Średnia = 16,0449; Odchylenie standardowe = 4,09823; liczba przypadków przeanalizowanych N = 490; Alfa Cronbacha: 0,782623

Dla barwy występuje tylko jeden podział w drzewie klasyfikacyjnym, kryterium tego podziału jest czas obróbki (rys. 1). Do drugiego węzła potomka zaklasyfikowano te próbki brokołu, które były poddawane obróbce w czasie krótszym niż 15 minut (250 wyników), a do trzeciego węzła próbki obrabiane ciepłnie co najmniej 15 minut (240 wyników). Zatem czas obróbki ciepłnej był najważniejszą przyczyną zmiany barwy produktu, podczas gdy ilość dodanej pary i temperatura procesu miały mniejszy wpływ.

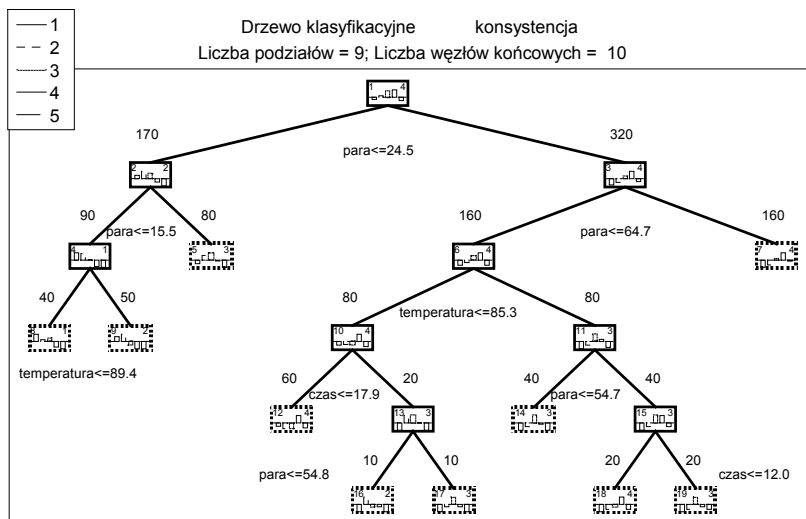


Rys. 1. Drzewo klasyfikacyjne dla barwy brokołu
Fig. 1. Classification tree for broccoli colour

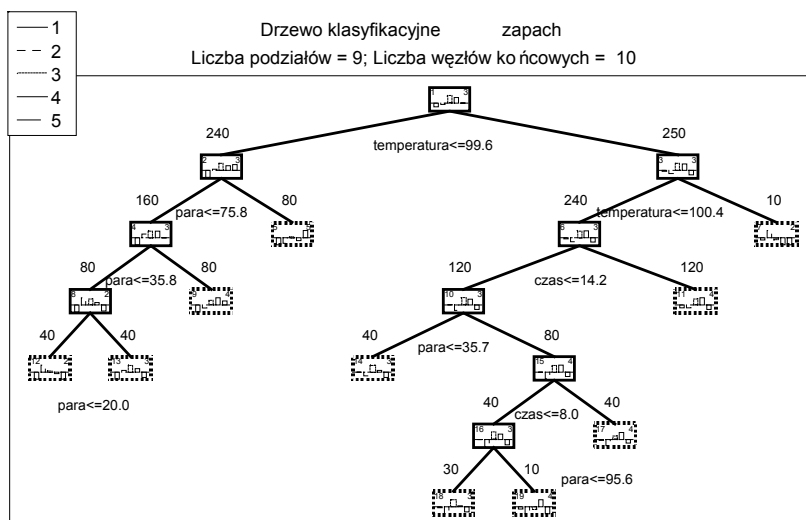
Dla konsystencji drzewo klasyfikacyjne wymagało 9 podziałów dających 10 węzłów końcowych (rys. 2). Pierwsze dwa kryteria podziału związane są z poziomem pary: poniżej 40% oraz powyżej 40% (węzły 2 i 3). Następny podział to poziom dodanej pary poniżej 60% i powyżej 60% (węzły 6 i 7). W dalszych podziałach znaczącą rolę zaczęła odgrywać również temperatura, podczas gdy czas obróbki (w zakresie od 0 do 20 min) miał stosunkowo małe znaczenie w ocenie konsystencji (podziały końcowe, węzły 12, 13, 18 i 19).

Według przeprowadzonego rankingu ważności, dla konsystencji najważniejszym predyktorem była para, mniejsze znaczenie miała temperatura oraz czas.

Drzewo klasyfikacyjne dla zapachu (rys. 3) wymagało 9 podziałów dających 10 węzłów końcowych. Pierwszą zmienną podziału była temperatura (poniżej 100°C) – węzły 2 i 3, następne trzy zmienne podziału to w kolejności para, temperatura, czas. Czas odgrywał mniejszą rolę w klasyfikacji oceny zapachu. Przy temperaturze poniżej 100°C jedynym kryterium podziału był poziom pary, podczas gdy przy temperaturze 100°C - naprzemienne poziom pary oraz czas.



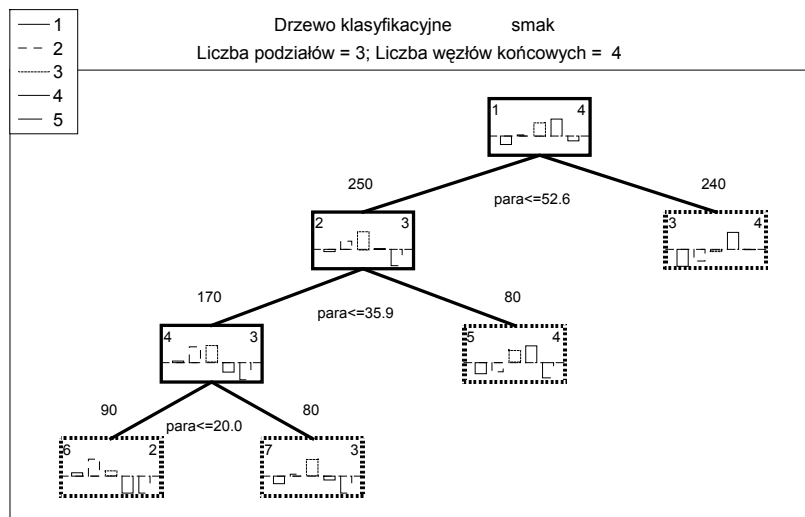
Rys. 2. Drzewo klasyfikacyjne dla konsystencji brokołu
Fig 2. Classification tree for broccoli consistence



Rys. 3. Drzewo klasyfikacyjne dla zapachu brokołu
Fig 3. Classification tree for broccoli aroma

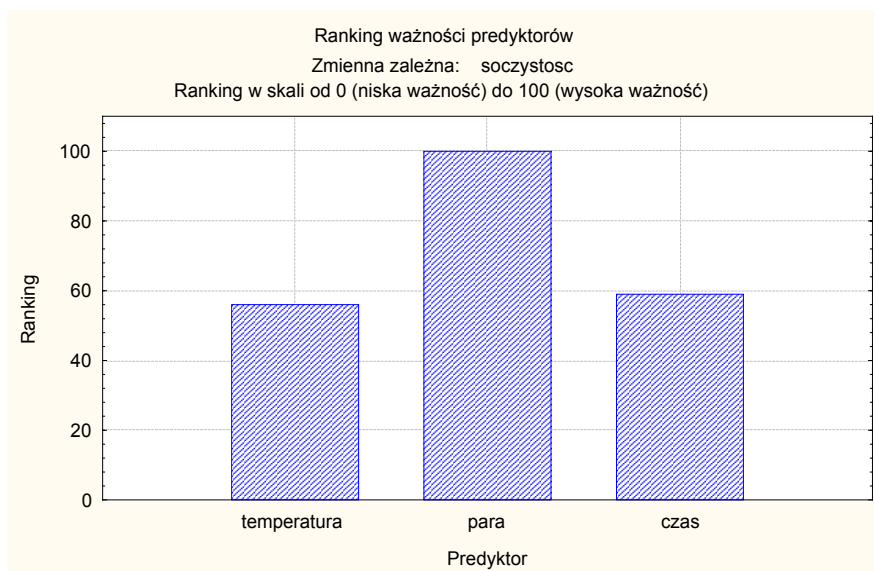
Najważniejszym predyktorem oceny zapachu była para a następnie temperatura oraz czas.

W przypadku oceny smaku (rys. 4) głównym predyktorem był poziom par, natomiast bardzo małe znaczenie miały temperatura oraz czas obróbki.



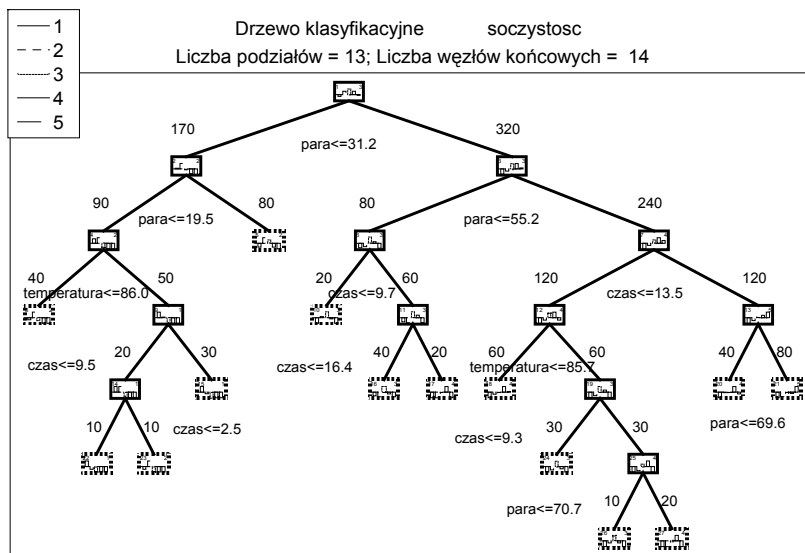
Rys. 4. Drzewo klasyfikacyjne dla smaku brokołu
 Fig. 4. Classification tree for broccoli taste

Ocena soczystości kształtowała się pod wpływem wszystkich trzech badanych czynników, ze względu na bardzo dużą liczbę podziałów interpretacja jest utrudniona, ale czynnikiem decydującym o pierwszych trzech podziałach była para (rys. 5).



Rys. 5. Ranking ważności predyktorów dla soczystości brokołu
 Fig. 5. Predictors significance ranking for broccoli succulence

Ocena soczystości różnicowała się głównie pod wpływem pary a następnie znaczny i równorzędny wpływ miały temperatura i czas obróbki (rys. 6).



Rys. 6. Drzewo klasyfikacyjne dla soczystości brokołu
 Fig. 6. Classification tree for broccoli succulence

W tabeli 2 przedstawiono zmiany wartości poszczególnych wyróżników sensorycznych oceny brokołu włoskiego wraz ze wzrostem poziomu pary podczas obróbki cieplnej. Wszystkie zmienne (wyróżniki) wykazywały wyższą wartość oceny produktu wraz ze wzrostem poziomu pary od 0 do 100%.

Tabela 2. Zmiany wartości sensorycznej wraz ze wzrostem poziomu pary
 Table 2. Sensory value changes with increasing steam level

Para	Barwa			Konsystencja			Zapach			Smak			Soczystość		
	Średnie	N	Odech. Stand.	Średnie	N	Odech. Stand.	Średnie	N	Odech. Stand.	Średnie	N	Odech. Stand.	Średnie	N	Odech. Stand.
0	2,92	90	1,04	1,84	90	0,82	2,71	90	1,01	2,02	90	0,75	1,62	90	0,61
20	2,91	80	0,97	2,65	80	0,89	3,08	80	0,94	2,67	80	0,91	2,45	80	0,74
40	3,31	80	1,01	3,10	80	0,92	3,31	80	1,03	3,23	80	0,94	3,17	80	0,84
60	3,34	80	0,94	3,45	80	1,03	3,65	80	1,11	3,80	80	0,88	3,50	80	0,93
80	3,65	80	0,90	3,66	80	0,89	3,57	80	1,25	3,77	80	0,83	3,72	80	0,98
100	4,00	80	0,78	3,91	80	0,80	3,79	80	1,12	4,03	80	0,86	4,02	80	0,91
Ogół grup	3,35	490	1,02	3,08	490	1,14	3,34	490	1,14	3,23	490	1,12	3,05	490	1,18

Tabela przekrojów statystyk opisowych dla brokołu - ocena sensoryczna
 N = 490 (zmienne zależne nie zawierają BD)

Wnioski

1. Badania potwierdziły przydatność drzew klasyfikacyjnych do określenia wartości wyróżników sensorycznych próbek brokołu włoskiego w zależności od parametrów procesu obróbki cieplnej.
2. Najważniejszym predyktorem oceny wszystkich wyróżników sensorycznych (z wyjątkiem barwy) była dodana do procesu obróbki cieplnej para, niezależnie od jej poziomu.
3. Wszystkie oceniane wyróżniki sensoryczne wykazywały wyższą wartość wraz ze wzrostem poziomu pary.
4. Pozostałe parametry procesu obróbki brokołu włoskiego, jak czas i temperatura, miały drugorzędny wpływ na ocenę sensoryczną.

Bibliografia

- Barylko-Pikielna N., Matuszewska I.** 1996. Progress in sensory analysis and consumer studies of food. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, Supl. 4. s. 3-18.
- Breiman L., Friedman J.H., Olshen R.A., Stone C.J.** 1993. Classification and regression trees. Wyd. Chapman & Hall, Londyn, Zbl. 0541.62042.
- Koronacki J., Ćwik J.** 2005. Statystyczne systemy uczące się. Wyd. Naukowo-Techniczne. Warszawa, ISBN 83-204-3157-3.
- Loh W.Y., Shih Y.S.** 1997. Split selection methods for classification trees. Statistica Sinica, 7. s. 815-840. Polska Norma ISO 6658. Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne.

USING CLASSIFICATION TREES IN THE ANALYSIS OF ITALIAN BROCCOLI SENSORY CHARACTERISTICS AFTER HEAT TREATMENT

Abstract. The paper presents exploratory analysis of Italian broccoli sensory characteristics after heat treatment, carried out for variable parameters: temperature, time and steam addition. 5 discriminants have been used for the purposes of sensory assessment: colour, consistence, aroma, taste and succulence. The research involved scale reliability examination and developing classification trees for all sensory discriminants. It has been observed that steam addition, regardless of its volume, is the most important assessment predictor for all sensory discriminants.

Key words: Italian broccoli, heat treatment, sensory assessment, classification trees

Adres do korespondencji:

Beata Ślaska-Grzywna; e-mail: beata.grzywna@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin