

Michał Major
Janusz Niezgoda
Stanisław Popek

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD PORZĄDKOWANIA LINIOWEGO DO OCENY JAKOŚCI MIODÓW

Wprowadzenie

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja możliwości zastosowania wybranych metod statystycznej analizy porównawczej do oceny jakości produktów naturalnych. Jednym z przykładów takich produktów może być miód pszczoły (*Apis mellifera*). Autorzy opracowania, opierając się na wynikach badań fizykochemicznych przeprowadzonych dla trzech typów i ośmiu odmian miodów pszczelich, spróbowali dokonać ich jakościowej oceny.

Jakość miodu była oceniana głównie w kategoriach jakości „technicznej”, rozumianej jako poziom zgodności określonych właściwości fizykochemicznych miodu z określonymi zaleceniami normatywnymi. Ocena taka może polegać na dychotomicznym podziale analizowanych produktów na podzbiór produktów spełniających wymagania jakościowe oraz na podzbiór produktów niespełniających wymagań jakościowych. W dalszej kolejności w obrębie zbioru spełniającego wymagania jakościowe można dokonywać porządkowania liniowego ocenianych produktów. Działania takie w zarządzaniu jakością są określane mianem konstruowania rankingów. Stosuje się je powszechnie w trakcie oceny jakości typu produktu będącej składową jakością technicznej (szerzej zob. Iwasiewicz, 2003). Celem tego typu badań jest uzyskanie odpowiedzi na ważne pytanie: jaka jest pozycja określonego gotowego produktu (miodu) w zbiorze substytucyjnych produktów tej klasy? W sytuacji natomiast, gdy dany produkt jest rozpatrywany w izolacji od pozostałych produktów substytucyjnych danej klasy, celem jest poznanie jego dystansu od rzeczywistego lub wirtualnego produktu – wzorca. Oczywiście cel drugi może być również pomocny w osiągnięciu celu pierwsze-

go, jakim jest ustalenie hierarchii jakości wewnątrz klasy z użyciem określonej wzorcowej metody porządkowania obiektów. Uzyskanie odpowiedzi na pytanie, w którym miejscu hierarchii jakościowej znajduje się badany produkt, dostarcza producentom miodów niezwykle ważnego narzędzia promocji produktu na rynku. Jak powszechnie wiadomo, promocja jest istotnym czynnikiem kształtującym sensoryczny profil produktu. Można zatem stwierdzić, że ocena jakości typu stanowi pośrednie narzędzie kształtowania jakości marketingowej produktu, która decyduje o końcowym sukcesie produktu na rynku.

1. Charakterystyka ocenianych produktów

Miód pszczeli jest produktem wytwarzanym przez pszczoły z nektaru roślin, spadzi lub z nektaru roślin i spadzi.

Podstawą kontroli jakości handlowej miodów są dwa rozporządzenia:

1. Rozporządzenie z dnia 3 października 2003 r. Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej miodu. Rozporządzenie to zastąpiło wcześniej stosowaną normę na miód PN-88/A-77626. Normę tę można stosować nadal, ale jej zapisy stwarzają wyższe wymagania niż Rozporządzenie i jej stosowanie jest obecnie dowolne.
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 stycznia 2009 r. w sprawie metod analiz związanych z dokonywaniem oceny miodu.

Badania fizykochemiczne zostały przeprowadzone na próbie 74 miodów. W artykule zaprezentowano wyniki dla dwóch odmian miodów nektarowych (N), takich jak: akacyjowa (NA) i gryczana (NG), liczba po symbolu literowym oznacza numer producenta.

Materiał badawczy stanowiły miody pszczele pochodzące z pasiek z różnych regionów Polski. Ze szczegółowym opisem analizowanej próby można się zapoznać w pracy Popek (2001, s. 35-37, 65-66).

2. Zmienne diagnostyczne

Badanie było prowadzone ze względu na 9 cech diagnostycznych. W wyniku pomiarów otrzymano wartości 9 zmiennych diagnostycznych: X_1, \dots, X_9 . Charakter badanych zmiennych został ustalony na podstawie wymagań ujętych w normie: PN-88/A-77626 (zob. tabela 1).

Tabela 1

Zmienne diagnostyczne – charakter oraz wymagania

Zmienna	Definicja zmiennej	Rodzaj zmiennej	Granice tolerancji dla miodów nektarowych
X_1	Przewodność elektryczna właściwa (10^{-4} Scm^{-1}) (nie mniej niż)	Stymulanta jakości	2
X_2	Zawartość popiołu ogólnego (%) (nie więcej niż) ¹	Destymulanta jakości	-
X_3	Zawartość wody (%) (nie więcej niż)	Destymulanta jakości	20
X_4	Zawartość cukrów redukujących (%) (nie mniej niż) ¹	Stymulanta jakości	70
X_5	Zawartość sacharozy i melecytozy (%) (nie więcej niż) ²	Destymulanta jakości	5
X_6	Liczba diastazowa (nie mniej niż)	Stymulanta jakości	8,3
X_7	Zawartość HMF (mg/100g) (nie więcej niż)	Destymulanta jakości	3.0
X_8	Zawartość proliny (mg/100g) (nie mniej niż)	Stymulanta jakości	25
X_9	Kwasowość ogólna (ml 1 mol/l roztworu NaOH na 100 g miodu)	Nominanta jakości	1 – 5

¹ W miodzie NA, NG nie mniej niż 67%.
² W miodzie NA nie więcej niż 11% (od czerwca do września włącznie).

Źródło: Opracowanie na podstawie PN-88/A-77626.

Spśród wymienionych cech miodu można wymienić: cechy krytyczne, istotne i mało istotne. Niespełnienie wymagań ze względu na cechy krytyczne powoduje dyskwalifikację miodu. Do cech krytycznych zalicza się zawartość sacharozy, HMF, proliny oraz zawartość wody. Brak spełnienia wymagań co do zawartości sacharozy, HMF i proliny dyskwalifikuje miód, który nazywa się „miodem zafałszowanym”, czyli wadliwym. Przekroczenie zawartości wody wskazuje także na miód wadliwy, ale nie zafałszowany. Niespełnienie wymagań ze względu na cechy istotne i mało istotne nie dyskwalifikuje miodu, lecz powoduje jego degradację jakościową.

¹ W polskiej normie brak jest określonych wymagań. Według norm europejskich i światowych zawartość popiołu powinna wynosić nie więcej niż 0,6-1,0%.

3. Transformacja i normalizacja zmiennych diagnostycznych

Wartości zmiennych diagnostycznych podzielono na osiem grup i każdą grupę traktowano jako macierz obserwacji $[x_{ij}]_{n \times s}$ (n – liczba miódów danej odmiany, s – liczba zmiennych diagnostycznych). Tak skonstruowane macierze obserwacji przekształcono w znormalizowane macierze obserwacji $Q = [q_{ij}]_{n \times s}$. W zależności od stosowanej metody oceny jakości miódów zastosowano trzy różne sposoby normalizacji zmiennych. Najczęściej była to unitaryzacja zerowana (zob. np. Iwasiewicz, 2003, s. 45-46).

Zmienna X_9 jest zaliczana do nominant z wyróżnionym przedziałem wartości optymalnych $[1; 5]$, ale bez wyróżnionej wartości nominalnej $x_{j,0}$. Ponieważ wszystkie wartości zmiennej X_9 zawierały się w przedziale $[1; 5]$, więc wszystkie znormalizowane wartości q_{ij} będą równe 1. Oznacza to, że zmienna ta nie odgrywa żadnego znaczenia w procesie oceny i porządkowania badanego zbioru miódów i może być z niego usunięta. Efektem tego nowy zbiór zmiennych diagnostycznych zredukuje się do ośmiu.

W przypadku metody TOPSIS 2 (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) do normalizacji zmiennych zastosowano przekształcenie nieliniowe w postaci:

$$q_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}.$$

Z kolei podczas stosowania metody AHP (*Analytic Hierarchy Process*) do normalizacji zmiennej wykorzystano formuły opisane w pracy Szłapczyńskiej (2005, s. 139-143).

4. Zastosowane metody porządkowania

Do oceny jakości wymienionych miódów użyto następujące metody:

1. Metoda oparta na kryterium maksymalizacji średniej arytmetycznej ważonej – ŚR. WAŻ. (zob. np. Iwasiewicz, 2003, s. 31).
2. Metoda oparta na wyznaczaniu odległości euklidesowych produktów od wzorca – OD. WZ i antywzorca jakości produktu – OD. ANT (zob. np. Iwasiewicz, 2003, s. 32-35).
3. Metoda TOPSIS1 i TOPSIS2. Skrótom TOPSIS 1 oznaczono metodę TOPSIS bazującą na przekształceniach liniowych, natomiast skrótom TOPSIS 2 – meto-

dę wykorzystującą przekształcenia nieliniowe. Opis tej metody można znaleźć np. w: Hwang, Yoon (1981); Szlączyńska (2005, s. 138-139).

4. Metoda oparta na wyznaczaniu uogólnionej odległości GDM produktów od wzorca jakości produktu (zob. np. Walesiak, 2011, s. 76).
5. Metoda AHP (zob. np. Saaty, 1980). W trakcie obliczeń zastosowano uproszczoną metodę AHP, przyjmując określony arbitralnie wektor stałych współczynników wagonowych.

5. Rankingi jakościowe miodów

Podczas obliczeń założono stały system wag wynoszący $w_{j=1,\dots,8} = w = 1/8$. Badane miody zostały uporządkowane według malejącej jakości (zob. tabela 2).

Tabela 2

Rankingi miodów otrzymane zastosowanymi metodami

Odmiana	Kolejność	METODA PORZĄDKOWANIA						
		ŚR. WAŻ.	OD. WZ	OD. ANT	TOPSIS 1	GDM	TOPSIS 2	AHP
AKACJOWA	1	NA4	NA4	NA4	NA4	NA4	NA10	NA4
	2	NA7	NA7	NA6	NA7	NA7	NA8	NA6
	3	NA8	NA8	NA8	NA8	NA8	NA7	NA10
	4	NA6	NA6	NA7	NA6	NA6	NA4	NA8
	5	NA10	NA10	NA5	NA10	NA10	NA1	NA7
	6	NA5	NA5	NA10	NA5	NA5	NA9	NA1
	7	NA1	NA9	NA1	NA1	NA3	NA6	NA5
	8	NA9	NA1	NA9	NA9	NA9	NA5	NA9
	9	NA2	NA2	NA2	NA2	NA1	NA2	NA3
	10	NA3	NA3	NA3	NA3	NA2	NA3	NA2
GRYCZANA	1	NG5	NG10	NG5	NG5	NG10	NG9	NG1
	2	NG8	NG3	NG8	NG8	NG5	NG8	NG5
	3	NG10	NG2	NG9	NG10	NG3	NG7	NG8
	4	NG3	NG5	NG1	NG3	NG8	NG6	NG9
	5	NG9	NG8	NG3	NG9	NG7	NG5	NG3
	6	NG2	NG7	NG10	NG2	NG2	NG4	NG7
	7	NG7	NG4	NG7	NG7	NG1	NG3	NG10
	8	NG1	NG9	NG2	NG1	NG9	NG2	NG4
	9	NG4	NG6	NG4	NG4	NG4	NG10	NG2
	10	NG6	NG1	NG6	NG6	NG6	NG1	NG6

6. Ocena zgodności otrzymanych rankingów

W celu oceny zgodności otrzymanych rankingów wyznaczono wartości współczynników korelacji rang Kendalla (r_k) (zob. np. Steczkowski, Zeliaś, 1997, s. 195-200) pomiędzy każdą parą metod porządkowania (zob. tabela 3), a następnie zweryfikowano ich poziom istotności.

Tabela 3

Macierze współczynników korelacji τ -Kendalla

Odmiana	Metoda	Metoda						
		ŚR. WAŻ.	OD. WZ	OD. ANT	TOPSIS 1	GDM	TOPSIS 2	AHP
AKACJOWA	ŚR. WAŻ.	1,0000	0,9556	0,8222	0,9556	0,8222	0,5111	0,6889
	OD. WZ	0,9556	1,0000	0,7778	0,9556	0,8667	0,4667	0,6444
	OD. ANT	0,8222	0,7778	1,0000	0,8222	0,6444	0,4222	0,7778
	TOPSIS 1	0,9556	0,9556	0,8222	1,0000	0,8222	0,5111	0,6889
	GDM	0,8222	0,8667	0,6444	0,8222	1,0000	0,3333	0,6000
	TOPSIS 2	0,5111	0,4667	0,4222	0,5111	0,3333	1,0000	0,6889
	AHP	0,6889	0,6444	0,7778	0,6889	0,6000	0,6889	1,0000
GRYCZANA	ŚR. WAŻ.	1,0000	0,5111	0,6444	0,8667	0,6889	0,0667	0,4222
	OD. WZ	0,5111	1,0000	0,1556	0,5111	0,6444	-0,2444	-0,0222
	OD. ANT	0,6444	0,1556	1,0000	0,6444	0,4222	0,0667	0,7778
	TOPSIS 1	0,8667	0,5111	0,6444	1,0000	0,6889	0,0667	0,4222
	GDM	0,6889	0,6444	0,4222	0,6889	1,0000	-0,1556	0,2889
	TOPSIS 2	0,0667	-0,2444	0,0667	0,0667	-0,1556	1,0000	0,4222
	AHP	0,4222	-0,0222	0,7778	0,4222	0,2889	0,4222	1,0000

Wartość krytyczna współczynnika korelacji rang Kendalla dla $n = 10$ wynosi 0,511, $\alpha = 0,05$.

Zgodność (lub brak zgodności) pomiędzy konkretnymi parami uporządkowań nie musi się przekładać na identyczną zależność w kontekście wszystkich $m = 7$ uporządkowań. Zgodność taką weryfikujemy się obliczając współczynnik zgodności uporządkowań wielokrotnych, tj. współczynnik konkordancji Kendalla i Babingtona-Smitha (r_w) (Kendall, Babington, Smith, 1939, s. 275-287; Steczkowski, Zeliaś, 1997, s. 200-208). Im wartość współczynnika konkordancji jest bliższa jedności, tym wyższa jest zgodność pomiędzy kolejnymi uporządkowaniami. Do weryfikacji hipotezy zerowej głoszącej, że współczynnik r_w nieistotnie różni się od zera, zastosowano statystykę χ^2 w postaci:

$$\chi^2 = m(n-1)r_w, \quad (1)$$

gdzie:

m – liczba metod porządkowania,

n – liczba ocenianych produktów.

Statystyka ta, przy założeniu, że prawdziwa jest hipoteza zerowa, ma rozkład asymptotyczny normalny o $n - 1$ stopniach swobody. W badanym przypadku prawostronny obszar krytyczny jest określony przez nierówność $\chi^2 \geq \chi^2(\alpha = 0,05, 9) = 16,919$. Ocenę zgodności uporządkowań z użyciem współczynnika konkordancji Kendalla i Babingtona-Smitha (r_w) zawiera tabela 4.

Tabela 4

Weryfikacja zgodności rankingów metodą Kendalla i Babingtona-Smitha

Odmiana	Współczynnik konkordancji	Statystyka χ^2	Wartość krytyczna $\chi^2(\alpha, n-1)$	Decyzja
NA	0,859	54,148	16,919	ZGODNE
NG	0,522	32,860	16,919	ZGODNE

Jak wynika z tabeli 4, we wszystkich analizowanych przypadkach należy przyjąć hipotezę alternatywną, że wszystkie metody dają zgodne uporządkowania. Widać zatem, że wnioski, jakie wyciągnięto z analizy współczynnika konkordancji Kendalla i Babingtona-Smitha, mają charakter uproszczony i powierzchowny. Niezbędna staje się analiza współzależności uporządkowań w przekroju dwuwymiarowym (tzn. rankingi generowane przez poszczególne metody są porównywane parami). Na przyjęcie hipotezy o zgodności uporządkowania mają również wpływ takie parametry, jak liczba porządkowanych miódów oraz wartość współczynnika istotności. Im większa liczba porządkowanych produktów, tym niższa jest wartość krytyczna współczynnika korelacji rang Kendalla. I tak np. dla $n = 5$ miódów i $\alpha = 0,05$ wartość krytyczna wynosi 1,00, a jeśli liczba ocenianych miódów wynosiłaby $n = 40$, to do uznania rankingów za zgodne wystarczyłaby wartość współczynnika korelacji zaledwie 0,218.

Podsumowanie

Obserwując wyniki rankingów poszczególnych odmian miódów, wykonanych różnymi metodami porządkowania liniowego, można stwierdzić, że:

1. W przypadku odmiany akacjowej w 6 z 7 przypadków na czele rankingu znalazł się miód pochodzący z rejonu Kamiannej w województwie małopolskim. Najgorszymi miódami ze względu na badane cechy diagnostyczne okazały się miody pochodzące z rejonu Stróż w województwie małopolskim oraz okolic Poznania.
2. W przypadku odmiany gryczanej nie można mówić o jednoznacznym liderze wśród ocenianych miódów. W 3 przypadkach z 7 był nim miód z rejonu Bielska-Białej. Najgorszym jakościowo miodem był natomiast (5 z 7 przypadków) miód z rejonu Ostrowca Świętokrzyskiego.

Można przypuszczać, że kolejność w rankingach, a co za tym idzie – jakość miodów poszczególnych odmian, w dużej mierze zależy od środowiska, w którym żyją i produkują miód pszczoły. Brak różnorodności (monogatunkowość) pokarmu może powodować, że dana pasieka będzie wygrywać w rankingach jednego gatunku, a w innych będzie przegrywać. Widać to na przykładzie miodów pochodzących z rejonu Stróż, który w wielu przypadkach znajdował się na pierwszym miejscu rankingu, natomiast w przypadku miodu akacjowego znalazł się na jego końcu.

Na kolejność rankingów – jak zostało wykazane w poprzednim punkcie artykułu – ma również wpływ rodzaj zastosowanej metody porządkowania. Niewątpliwie wpływ ma też sposób normalizacji badanych zmiennych. Widać to szczególnie w przypadku metody TOPSIS 2 oraz metody AHP. Należy przypuszczać, że na miejsce w rankingu badanych miodów miałyby również wpływ różnorodność wag przypisywanych badanym zmiennym diagnostycznym.

Należy także podkreślić, że metody i modele oceny jakości miodu, które zostały zastosowane w tym opracowaniu, kryją w sobie pewne niebezpieczeństwa merytoryczne. Wynikają one z formalnych uwarunkowań poprawności modeli oceny jakości produktów. O poprawności tego rodzaju modeli decyduje (za: Stobiecka, 2010, s. 108):

- sposób doboru kryteriów oceny jakości rozumiany jako wytypowanie zbioru cech istotnych,
- określenie udziału (ważności) poszczególnych systemów w ocenie końcowej,
- sposób przeprowadzenia agregacji ocen cząstkowych w syntetyczną ocenę poziomu jakości, a zatem rodzaj działań matematycznych, które należy wykonać na ocenach cząstkowych, aby otrzymać wyniki znaczące merytorycznie.

Zmiana któregokolwiek z powyżej wymienionych elementów może wpływać w sposób znaczący na efekt oceny jakości typu produktu. W pewnych sytuacjach może to stwarzać możliwość budowy rankingów nieobiektywnych. Umiejętny menedżer lub analityk jest w stanie tak dobrać kryteria wejściowe, ocenić ich ważność oraz zastosować odpowiednią metodę agregacji ocen cząstkowych, aby otrzymać z góry oczekiwaną hierarchię jakości produktów. W warunkach agresywnej konkurencji na rynku działania takie, choć nie do końca etyczne, stają się jedną z metod walki o pozyskanie rynku i konsumenta.

Analizując wyniki obliczeń, można dojść do wniosku, że opracowanie uniwersalnej metody oceny jakości wydaje się niewykonalne. Za prawdziwością tej tezy przemawia fakt, że generowane są różne rankingi końcowe dla tych samych danych wejściowych (patrz. tabele 2 i 3). Porównując rankingi tych samych miodów uzyskane różnymi metodami, należy zauważyć wpływ stosowanej metody na wynik rankingu.

Literatura

- Hwang C.L., Yoon K. (1981): *Multiple Attribute Decision Making*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, No. 186, Springer.
- Iwasiewicz A. (2003): *Ocena poziomu jakości typu*. W: *Prace z zakresu statystycznych metod sterowania jakością*. Zeszyty Naukowe nr 643, Kraków.
- Kendall M.G., Babington Smith B. (1939): *The Problem of m Rankings*. „The Annals of Mathematical Statistics”, 10 (3), s. 275-287.
- Popek St. (2001): *Studium identyfikacji miodów odmianowych i metodologii oceny właściwości fizykochemicznych determinujących ich jakość*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Seria Specjalna: Monografie, nr 147.
- Saaty T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Co., New York.
- Steczkowski J., Zeliaś A. (1981): *Statystyczne metody analizy cech jakościowych*. PWE, Warszawa.
- Stobiecka J. (2010): *Modele pomiaru jakości marketingowej produktów*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków.
- Szłapczyńska J. (2005): *Przegląd metod rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych – zastosowania w procesach nawigacyjnych*. Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, nr 17, Gdynia.
- Walesiak M. (2011): *Uogólniona miara odległości GDM w statystycznej analizie wielowymiarowej z wykorzystaniem programu R*. Wydawnictwo UE, Wrocław.

THE APPLICATION OF SELECTED METHODS OF LINEAR ORDERING TO BUILD QUALITY RANKINGS OF HONEY

Summary

The purpose of this article is the attempt to assess the quality of natural products based on the example of honey. The quality of products produced by man is judged primarily in terms of technical quality of the product describing the agreement between parameters established by the man, and their implementation in the final product. In this paper the authors, using the results of research on physical and chemical properties, have made a comparative assessment of the quality of honey. Using different methods of linear ordering of objects, the authors have built quality rankings.