

WŁADYSŁAW PIECZONKA

## MOŻLIWOŚCI I ZAKRES INTERPRETACJI ZRÓŻNICOWANIA CECH JAKOŚCI MLEKA RÓŻNYCH GATUNKÓW METODĄ ANALIZY FUNKCJI DYSKRYMINACYJNEJ

### Streszczenie

W pracy zaprezentowano możliwości interpretacyjne, jakie wynikają z zastosowania analizy dyskryminacyjnej w ocenie zróżnicowania wybranych, podstawowych parametrów jakościowych (chemicznych i fizycznych) mleka krowiego, owczego i koziego. Analiza dyskryminacyjna pozwala – na podstawie pomiaru sześciu parametrów fizykochemicznych – na odróżnienie mleka owczego od mleka krowiego bądź koziego, jak też, ale z większym prawdopodobieństwem błędu, na odróżnienie mleka krowiego od mleka koziego. Odpowiednie równania liniowych funkcji dyskryminacyjnych mają postać:  $F1 = -12,7639 + 0,7895X_1 - 0,5874X_2 + 0,3854X_3 + 0,0470X_4 + 7,3371 X_5 - 1,0260X_6$  i  $F2 = +8,5632 - 4,1528X_1 - 1,9095X_2 - 0,5860X_3 + 3,6271X_4 + 4,3069X_5 - 1,7440X_6$ , gdzie:  $X_1$  – zawartość tłuszczu w %,  $X_2$  – przewodność elektryczna w mS/cm,  $X_3$  – gęstość w g/cm<sup>3</sup>,  $X_4$  – zawartość suchej masy w %,  $X_5$  – lepkość w °E,  $X_6$  – zawartość suchej masy beztłuszczowej w %. Analiza dyskryminacyjna może być przydatna w wykrywaniu dodatku mleka krowiego lub koziego do mleka owczego albo dodatku mleka owczego do mleka krowiego, w oparciu o pomiar gęstości mleka, jego lepkość i elektrycznej przewodności właściwej.

### Wstęp

Jakość produktów spożywczych obejmuje niezmiernie rozległy obszar, w którym usytuowane są różnorodne ich właściwości - chemiczne, fizyczne, biologiczne i mikrobiologiczne, użytkowe oraz inne - decydujące o stopniu zaspokojenia potrzeb i upodobań konsumenta. W przypadku mleka różnorodność ta jest szczególnie widoczna z uwagi na obecność w nim kilkuset składników chemicznych oraz wielu gatunków bakterii, które określają właściwości fizykochemiczne, wartość odżywczą, bezpieczeństwo spożywania, cechy organoleptyczne, przydatność do przetwarzania i trwałość tego surowca. Stąd wszystkie prace badawcze z zakresu jakości mleka obejmują jedynie wycinek, częstokroć bardzo wąski, tego obszaru. Również rutynowa interpretacja

uzyskiwanych wyników nie pozwala na jakiegokolwiek kompleksowe ujęcie badanych problemów, wykorzystuje ona bowiem wyłącznie klasyczne metody statystycznej analizy jednowymiarowej lub dwuwymiarowej, a metody te umożliwiają matematyczny opis tylko niektórych, spośród wszystkich możliwych, szeregów, tj. przekrojowych, czasowych i przekrojowo-czasowych.

Takie rutynowe podejście spotkać można również w opracowaniach, prezentujących rezultaty badań nad rozróżnianiem mleka różnych gatunków zwierząt hodowlanych. Szczególnie liczne opracowania z tego zakresu dotyczą mleka krowiego, koziego i owczego. W wielu ośrodkach poszukuje się bowiem metod pozwalających na odróżnianie mleka koziego od mleka krowiego oraz na wykrycie domieszki np. mleka krowiego do mleka koziego lub owczego. Potrzebę takich poszukiwań dyktują znaczne różnice cen tych trzech gatunków mleka.

Obszerny przegląd proponowanych przez różnych autorów metod wykrywania tego rodzaju zafałszowań przedstawili Chmielowski i Rak [3]. Większość propozycji zasada się na pomiarze tych składników, które występują w mleku porównywanych gatunków na różnym poziomie, a więc np. wybranych kwasów tłuszczowych,  $\beta$ -laktoglobuliny,  $\kappa$ - i  $\beta$ -kazeiny. Inna grupa autorów sugeruje przydatność metod immunologicznych. Niektóre badania wskazują na skuteczność pomiaru zawartości  $\alpha_{s1}$ -kazeiny [18] lub  $\gamma$ -kazeiny [7], oksydazy ksantynowej [4, 11], stosunku kwasu glutaminowego do histydyny [9].

Niedogodnością wszystkich tych propozycji jest konieczność zastosowania takich metod (spektroskopia w podczerwieni, chromatografia gazowa i cieczowa, elektroforeza i wspomniane wyżej metody immunologiczne), które są niedostępne przeciętnemu laboratorium mleczarskiemu, nie tylko w Polsce. Poszukiwania metod prostych, szczególnie w kontekście rozróżniania mleka krowiego i koziego, nie są, jak na razie, skuteczne, albowiem oba te gatunki mleka charakteryzują się zbliżonym do siebie poziomem podstawowych składników chemicznych, parametrów fizycznych oraz – bardzo często – cech organoleptycznych. Interpretacja ewentualnych różnic w oparciu o jeden tylko parametr jakościowy obarczona jest zatem zbyt dużym błędem.

Wydaje się więc celowym ukierunkowanie tych poszukiwań na badanie zróżnicowania nie jednej tylko cechy, ale całego, mniej lub bardziej obszernego, ich kompleksu, pod warunkiem, że będzie to kompleks stosunkowo łatwy do pomiaru laboratoryjnego. Oczywiście wymaga to zastosowania – do oceny wyników – metod statystycznej analizy wielowymiarowej, co obecnie nie jest już tak kłopotliwe, jak np. przed dziesięć laty, z uwagi na dostępność odpowiedniego komputerowego oprogramowania.

W obrębie interesującego nas zagadnienia próby takie już wykonano. Otóż Smeyers-Verbeke [19] zastosowała wraz ze współpracownikami analizę dyskryminacyjną do oceny wyników pomiaru zawartości kilkunastu kwasów tłuszczowych w mleku

owczym, kozim i krowim i wykazała, że oznaczenie tylko pięciu z nich (C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 i C18:1) pozwala na rozróżnienie tych trzech gatunków mleka, a Chmielowski i Rak [3] charakteryzują metodę Ulbertha, który za pomocą analizy funkcji dyskryminacyjnej także wytypował pięć kwasów tłuszczowych o najwyższym potencjale różnicowania mleka różnych gatunków. Rincon i wsp. [15] proponują natomiast w tym celu oznaczenie poziomu ośmiu pierwiastków metalicznych (Cu, Fe, Zn, Mn, Ca, Mg, Na i K).

Celem niniejszego opracowania jest próba odpowiedzi na dwa pytania:

- czy, stosunkowo prosty, pomiar kilku podstawowych parametrów chemicznych i fizycznych pozwala na dyskryminację mleka krowiego, koziego i owczego?
- czy interpretacja wyników metodą analizy funkcji dyskryminacyjnej jest na tyle jednoznaczna, że umożliwia to rozróżnienie?

## Material i metody

Materiałem doświadczalnym było mleko krowie (32 próbki), kozie (27 próbek) i owcze (30 próbek), zdojone od zwierząt zdrowych, w różnym wieku i stadium laktacji, spełniające też inne wymogi normalności (kwasowość, cechy organoleptyczne). Mleko pozyskiwano od krów rasy czarno-białej, kóz rasy białej polskiej uszlachetnionej i od owiec rasy cakiel. Bezpośrednio po doju próbki schładzano do temperatury poniżej 10°C i przewożono do laboratorium, gdzie w każdej z nich, w tym samym dniu, wykonywano następujące pomiary:

- oznaczenie zawartości suchej masy – metodą suszenia w temp. 102°C do stałej masy,
- oznaczenie zawartości tłuszczu – przy użyciu aparatu Milko-Tester,
- oznaczenie zawartości suchej masy beztłuszczowej (s.m.b.) – metodą obliczeniową,
- oznaczenie gęstości – termolaktodensymetrem – w temp. 20°C,
- oznaczenie lepkości – wiskozymetrem Englera – w temp. 20°C,
- oznaczenie elektrycznej przewodności właściwej – konduktometrem Radelkis typ OK-102/1 – w temp. 20°C.

Weryfikację statystyczną wyników tych pomiarów wykonano z zastosowaniem odpowiednich procedur komputerowego pakietu Statistica w wersji 5,0.

Pierwszy etap weryfikacji obejmował klasyczną jednoczynnikową analizę wariancyjną – obliczenie wartości testu F i ustalenie grup jednorodnych testem Tukey'a (procedura Anova). W etapie drugim wykonano odpowiednie obliczenia metodą analizy funkcji dyskryminacyjnej (procedura Discriminant Function Analysis).

## Wyniki badań i ich omówienie

Średnie wyniki pomiarów laboratoryjnych oraz rezultaty analizy wariancyjnej zestawiono w tabeli 1.

Wyniki te stanowią potwierdzenie znanych od dawna informacji literatury na temat składu podstawowego i cech fizycznych mleka [1, 6, 12, 14], nie są więc zaskoczeniem. Mleko owcze było znacznie bogatsze w składniki suchej masy w porównaniu z mlekiem krowim i kozim; stąd również jego gęstość była przeciętnie nieco (ale statystycznie istotnie) wyższa. Ilość składników suchej masy, szczególnie tłuszczu, zdecydowała poziom lepkości, dlatego był on najwyższy właśnie w mleku owczym. Przewodność elektryczna mleka tego gatunku była natomiast zdecydowanie najniższa, co można wytłumaczyć mniejszą ruchliwością jonów w środowisku o większej ilości białek koloidalnych i tłuszczu, jako czynników utrudniających przemieszczanie się jonów [2, 16]. Mleko kozie odznaczało się mniejszą zawartością tłuszczu i niższą gęstością w porównaniu z mlekiem krowim, co również nie może być zaskoczeniem w świetle badań nad jakością mleka kóz rasy polskiej uszlachetnionej [8, 13, 17]. Ilość składników suchej masy beztłuszczowej oraz średnia lepkość i przewodność elektryczna kształtowały się w mleku krowim i kozim na jednakowym poziomie.

Tabela 1

Wyniki pomiarów i analizy wariancyjnej  
Results of measurements and analysis of variance

Mleko Milk	Sucha masa Dry matter [%]	Tłuszcz Fat [%]	S.m.b. Non fat dry matter [%]	Gęstość Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Lepkość Viscosity [°E]	Przewodność elektryczna Electrical conductivity [mS/cm]
krowie cow's	<b>11,58</b>	3,76	<b>7,86</b>	1,0280	<b>1,068</b>	<b>5,48</b>
kozie goat's	<b>11,27</b>	3,22	<b>8,04</b>	1,0266	<b>1,070</b>	<b>5,26</b>
owcze ewe's	17,68	8,42	9,26	1,0331	1,224	3,83
F obl	274,51*	342,86*	68,68*	169,25*	206,10*	165,81*

\* oznacza wartość istotną statystycznie przy poziomie  $\alpha = 0,05$ ,

- wartości zapisane wytłuszczoną czcionką oznaczają grupy jednorodne (na podstawie testu Tukey'a).

Przedstawione powyżej podobieństwa i różnice potwierdzone zostały wynikami obliczeń wykonanych metodą analizy funkcji dyskryminacyjnej. Jest to jedna z metod statystycznej analizy wielowymiarowej, pozwalających na ocenę struktury zbioru obserwacji eksperymentalnych, tj. ocenę położenia poszczególnych elementów tego zbioru.

ru w przestrzeni  $n$ -wymiarowej, gdzie „ $n$ ” równa się liczbie zmierzonych parametrów. Usytuowanie elementów zbioru w przestrzeni wyznaczone zostaje wektorami parametrów je opisujących, a wzajemne relacje zachodzące pomiędzy poszczególnymi obiektami wynikają z wyznaczonej macierzy odległości. Końcowym zabiegiem jest tu transformacja wyników na tzw. mapę percepcji, a więc „przeniesienie” wszystkich punktów (elementów zbioru) z przestrzeni  $n$ -wymiarowej na płaszczyznę.

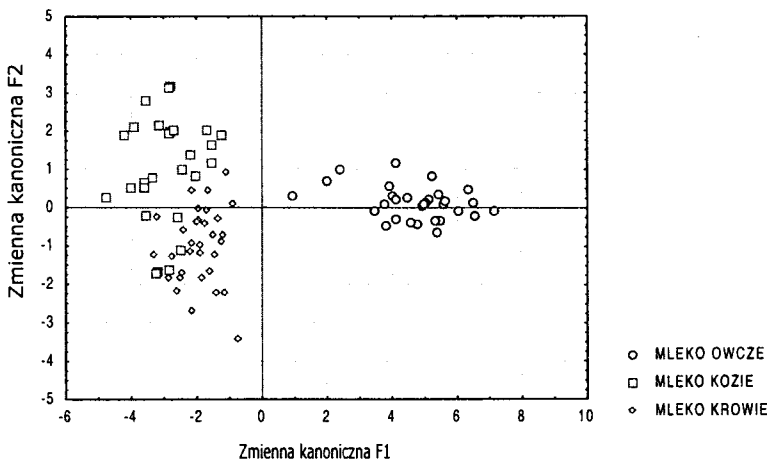
Pierwszy etap analizy dyskryminacyjnej wykonano metodą krokową postępującą (forward stepwise analysis), przyjmując model, w którym zmienną grupującą był gatunek mleka, a zmiennymi klasyfikującymi – sześć oznaczonych parametrów jego jakości. Poszczególne „kroki” polegały na włączaniu do obliczeń kolejnych cech jakości aż do momentu otrzymania macierzy klasyfikacji, w której wektory tych cech pozwoliły na zakwalifikowanie maksymalnej liczby zbadanych próbek do gatunku, do którego należały. Prezentuje to tabela 2. Przedstawione w niej kolejne fragmenty macierzy wskazują, iż próba rozróżnienia gatunku mleka na podstawie trzech parametrów o największej zmienności – poziomu tłuszczu, przewodności elektrycznej i gęstości – prowadzi do nieprawidłowego zakwalifikowania aż 1/4 próbek mleka koziego i krowiego, jest zatem obciążona zbyt dużym błędem. Dopiero włączenie do analizy wyników pomiarów trzech kolejnych cech – zawartości suchej masy i suchej masy beztłuszczowej oraz lepkości – pozwala na uzyskanie znacznie mniejszego błędu dyskryminacji. Łączny pomiar wszystkich sześciu parametrów kwalifikuje prawidłowo prawie wszystkie próbki mleka owczego, ponad 80% – mleka koziego i ponad 90% – mleka krowiego (błędnie zakwalifikowano tylko: 1 próbkę mleka owczego, 5 próbek mleka koziego i 3 próbki mleka krowiego).

Tabela 2

Procent prawidłowo zakwalifikowanych próbek w krokowej analizie dyskryminacyjnej  
Percentage of correct qualified samples in discriminant forward stepwise analysis

Parametr Parameter	Zmienna w równaniach R1 - R4 Variable in equations R1 - R4	Mleko / Milk		
		owcze/ewe's	kozio/goat's	krowie/cow's
Zaw. tłuszczu/Fat content	$X_1$	96,7	70,4	87,4
Przew. elektryczna Electrical conductivity	$X_2$	96,7	70,4	81,2
Gęstość / Density	$X_3$	96,7	74,1	75,0
Zaw. suchej masy Dry matter content	$X_4$	96,7	81,5	87,5
Lepkość / Viscosity	$X_5$	96,7	81,5	87,5
Zaw. s.m.b. / Non-fat dry matter content	$X_6$	96,7	81,5	90,6

Mapa percepcji przedstawiona na rysunku 1 stanowi projekcję położenia wszystkich 89 zbadanych próbek mleka w przestrzeni 6-wymiarowej w przestrzeń 2-wymiarową. Odległości pomiędzy poszczególnymi punktami na tej płaszczyźnie są obrazem ich odległości w przestrzeni 6-wymiarowej. Można zatem stwierdzić, iż w owej przestrzeni punkty odpowiadające próbkom mleka owczego usytuowane są w znacznej odległości (w innym rejonie) od punktów reprezentujących próbki mleka krowiego i koziego. Stąd oczywisty wniosek, że mleko owcze zdecydowanie odróżnia się zmierzonym w doświadczeniu obszarem jakości. Nie można natomiast tak jednoznacznie tego powiedzieć o mleku kozim i krowim. Wprawdzie punkty reprezentujące mleko kozie mają tendencję do lokowania się na poziomie dodatnich wartości osi F2 w odróżnieniu od punktów odpowiadających próbkom mleka krowiego, jednak oba te obszary zachodzą na siebie. Ta wspólna płaszczyzna obejmuje właśnie 20% próbek mleka koziego i 10% – mleka krowiego.



Rys. 1. Analiza dyskryminacyjna – usytuowanie próbek mleka (6 cech).

Fig. 1. Discriminant analysis – position of milk samples (6 features)

Wykonana następnie analiza kanoniczna obejmowała obliczenie średnich wartości dwóch zmiennych kanonicznych (tabela 3) oraz współczynników dla tych zmiennych. Wartości średnie przedstawiają położenie poszczególnych gatunków mleka w układzie dwóch współrzędnych (rysunek 1). Współczynniki zmiennych kanonicznych tworzą natomiast równania odpowiednich liniowych funkcji dyskryminacyjnych:

$$F1 = -12,7639 + 0,7895X_1 - 0,5874X_2 + 0,3854X_3 + 0,0470X_4 + 7,3371X_5 - 1,0260X_6 \quad (R1)$$

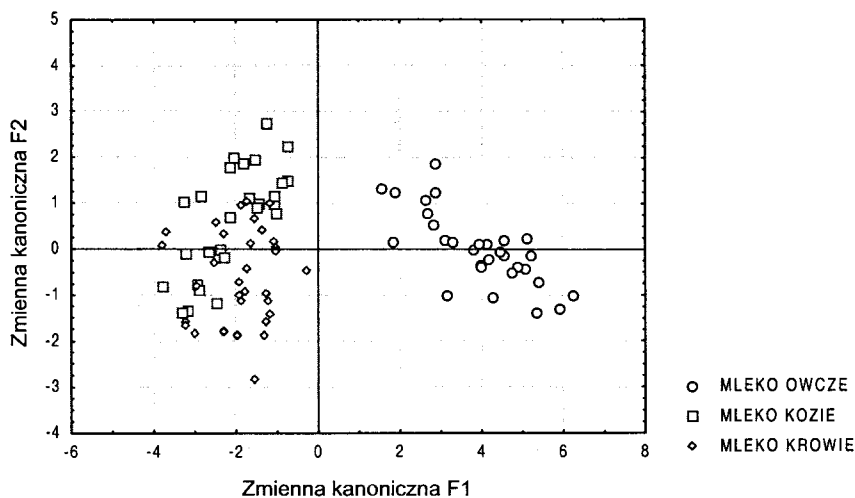
$$F2 = +8,5632 - 4,1528X_1 - 1,9095X_2 - 0,5860X_3 + 3,6271X_4 + 4,3069X_5 - 1,7440X_6, \quad (R2)$$

w których:  $X_1$ ..... $X_6$  - jak w tabeli 2.

Wartości średnie zmiennych kanonicznych (6 cech)  
Average values of canonical variables (6 features)

Mleko Milk	Zmienna kanoniczna F1 Canonical variable F1	Zmienna kanoniczna F2 Canonical variable F2
owcze / ewe's	4,688	0,143
kozie / goat's	-2,937	1,026
krowie / cow's	-1,917	-0,999

W drugim etapie analizy dyskryminacyjnej wykonano obliczenia metodą standard, w których przyjęto szereg modeli obejmujących po trzy cechy jakościowe mleka. Najkorzystniejszy efekt uzyskano dla: przewodności elektrycznej, gęstości i lepkości. Układ tych trzech cech pozwolił na prawidłową dyskryminację wszystkich próbek mleka owczego, około 2/3 – mleka koziego i prawie 3/4 – mleka krowiego.



Rys. 1. Analiza dyskryminacyjna – usytuowanie próbek mleka (3 cechy).

Fig. 1. Discriminant analysis – position of milk samples (3 features).

Mapę percepcji dla tego układu przedstawia rysunek 2, wartości średnich kanonicznych – tabela 4, a równania funkcji dyskryminacyjnych są następujące:

$$F1 = -20,6103 - 1,1356X_2 + 0,3366X_3 + 14,5168X_5 \quad (R3)$$

i

$$F2 = +20,2493 - 1,7306X_2 - 0,6000X_3 + 5,1052X_5, \quad (R4)$$

w których:  $X_2$ ,  $X_3$  i  $X_5$  - jak w tabeli 2.

Tabela 4

Wartości średnie zmiennych kanonicznych (3 cechy)

Average values of canonical variables (3 features)

Mleko Milk	Zmienna kanoniczna F1 Canonical variable F1	Zmienna kanoniczna F2 Canonical variable F2
owcze / ewe's	3,936	0,019
kozie / goat's	-2,101	0,663
krowie / cow's	-1,917	-0,577

## Wnioski

Podstawowe wskaźniki składu chemicznego oraz parametry fizyczne (gęstość, lepkość i przewodność elektryczna) mleka pozyskanego od owiec rasy cakiel kształtują się na zdecydowanie odmiennym poziomie w porównaniu z parametrami mleka krów rasy czarno-białej i mleka kóz rasy polskiej białej uszlachetnionej. Mleko kozie – w porównaniu z mlekiem krowim – odznacza się niższym poziomem tłuszczu i niższą gęstością.

Analiza dyskryminacyjna pozwala – na podstawie pomiaru sześciu parametrów fizykochemicznych – na odróżnienie mleka owczego od mleka krowiego bądź koziego, jak też – ale z większym prawdopodobieństwem błędu – na odróżnienie mleka krowiego od mleka koziego.

Analiza dyskryminacyjna może być przydatna w wykrywaniu dodatku mleka krowiego lub koziego do mleka owczego albo dodatku mleka owczego do mleka krowiego, w oparciu o pomiar podstawowych parametrów fizycznych i składu chemicznego. Pomiar ten może obejmować tylko gęstość mleka, jego lepkość i elektryczną przewodność właściwą. Wykonanie analogicznych badań obejmujących próbki mleka mieszanego przyniesie z pewnością konkretne efekty mające określone znaczenie praktyczne.

## LITERATURA

- [1] Agnihotri M.K., Prasad V.S.S.: Characteristics of quality and nutritional value of goats' and ewes' milk. *Small Ruminant Res.*, **12**, 1993, 151-170.
- [2] Borys A., Pieczonka W., Sławniak S.: Konduktometryczna metoda określania stopnia rozwodnienia mleka. *Przegląd Mlecz.*, **6**, 1982, 10-12.
- [3] Chmielowski W., Rak L.: Metody wykrywania zafałszowań mleka i jego przetworów. *Przegląd Mlecz.*, **4**, 1996, 102-106.
- [4] French Patent Appl., 1979, nr 2 420 761.
- [5] Jajuga K. *Statystyczna analiza wielowymiarowa*. PWN, Warszawa 1993.
- [6] Juarez M., Ramos M.: Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. *Bull. Intern. Dairy Feder.*, **202**, 1986, 55-67.



- [7] Krause I. i wsp.: Nachweis von Kuhmilch in Schaf- und Ziegenmilch bzw. -kase durch isoelektrische Focussierung in harnstoffhaltigen Poluacrylamidgelen. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, **3**, 1982, 195-199.
- [8] Kudełka W. Wpływ wybranych czynników na podstawowe wyróżniki jakości mleka koziego. Praca doktorska. AE, Kraków 1997.
- [9] Lavoille B. i wsp.: Study of the amino acid composition of the casein of goat's milk. Annales Falsif. et de l'Expertise Chim., **742**, 1976, 535-543.
- [10] McEwan J.: Analiza statystyczna wyników ocen sensorycznych. Cz. II. Analiza wariancji i wielowymiarowa analiza danych. Przem. Spoż., **1**, 1993, 24-25,28.
- [11] Montana L.S., Capporo S.: Method for detecting cows' milk added to goats' milk. Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia, **2**, 1980, 139-143.
- [12] Nunez M. i wsp.: Ewes' milk cheese: technology, microbiology and chemistry. Journal of Dairy Res., **2**, 1989, 303-321.
- [13] Pieczonka W.: Charakterystyka ważniejszych wskaźników jakości mleka koziego. Prace Tow. Nauk. w Rzeszowie, 1991, Zootechnika, **z. 3**, 114-129.
- [14] Pieczonka W.: Wartość odżywcza mleka koziego. Przem. Spoż., **8**, 1989, 203-205.
- [15] Rincon F. i wsp.: Mineral composition as a characteristic for the identification of animal origin of raw milk. Journal of Dairy Res., **1**, 1994, 151-154.
- [16] Ruegg M. i wsp.: Die Bedeutung der elektrischen Leitfähigkeit für die Milchanalytik und -hygiene. Mitt. Gebiete Lebensmitt. Hyg., 1980, 427-449.
- [17] Ryniewicz Z. i wsp.: Badania nad poprawą użyteczności mlecznej krajowego pogłowia kóz. Przegląd Hodowlany, **12**, 1993, 15-17.
- [18] Sanchez R.M. i wsp.: Quantification of cow's milk in goat's milk by Polyacrylamide Gel Electrophoresis using  $\alpha_{s1}$ -casein as internal standard. Journal Dairy Sci., **suppl. 1**, 1984, 72.
- [19] Smeyers-Verbeke J. i wsp.: Application of linear discriminant analysis to the differentiation of pure milk from different species and mixtures. Journal of the AOAC, **6**, 1977, 1382-1385.
- [20] Walesiak M.: Metody analizy danych marketingowych. PWN, Warszawa 1996.

**POSSIBILITIES AND RANGE OF INTERPRETATION OF THE DIFFERENTIATION OF QUALITY PARAMETERS OF A DIFFERENT SPECIES MILK BY THE METHOD OF THE DISCRIMINANT FUNCTION ANALYSIS**

S u m m a r y

This paper shows the possibilities of the application of discriminant analysis for assessment of the differentiation of the main quality parameters (chemical and physical) in cow, goat, and ewe milk. It was revealed that method of discriminant function analysis is serviceable for discrimination ewe's milk and of cow's or goat's milk, also – but with higher probability of error – for discrimination of cow's and goat's milk. The two linear discriminant functions are:  $F1 = -12,7639 + 0,7895X_1 - 0,5874X_2 + 0,3854X_3 + 0,0470X_4 + 7,3371 X_5 - 1,0260X_6$  and  $F2 = +8,5632 - 4,1528X_1 - 1,9095X_2 - 0,5860X_3 + 3,6271X_4 + 4,3069X_5 - 1,7440X_6$ , where:  $X_1$  – % of fat,  $X_2$  – electrical conductivity in mS/cm,  $X_3$  – density in g/cm<sup>3</sup>,  $X_4$  – % of dry matter,  $X_5$  – viscosity in °E,  $X_6$  – % of non-fat dry matter. Measurement of density, viscosity, and electrical conductivity, and discriminant analysis of the results can be used in the detection of the addition cow's or goat's milk to ewe's milk and in the detection of the addition ewe's milk to cow's milk.

