

## ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SPEKTROMETRII W BLISKIEJ PODCZERWIENI (NIR) JAKO METODY WYZNACZANIA SKŁADU PODSTAWOWEGO MIĘSA WOŁOWEGO\*

*Andrzej Półtorak, Jarosław Wyrwisz, Urszula Ulanicka, Katarzyna Żontała,  
Adrian Stelmasiak, Joanna Łopacka, Małgorzata Moczowska,  
Magdalena Zalewska, Agnieszka Wierzbicka*  
*Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

**Streszczenie.** Spektrometria w bliskiej podczerwieni (NIR) jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod do badania produktów rolno-spożywczych. Główną zaletą tej metody jest krótki czas badania i wysoka precyzja uzyskiwanych wyników. W przemyśle rolno-spożywczym może być wykorzystywana do badania składu podstawowego pasz, półproduktów i produktów rolnych. Natomiast w przemyśle przetwórczym mięsa znajduje zastosowanie zarówno do badania składu podstawowego, a także do prognozowania parametrów technologicznych takich jak barwa, kruchość, pH czy też zdolność utrzymania wody. Na podstawie badań przy użyciu NIR można także rozróżnić mięso pod względem rodzaju mięśni, płci, wieku oraz rasy zwierzęcia, z którego pochodzi, czy sposobu jego żywienia. Odpowiednie udoskonalenia konstrukcyjne umożliwiają przeprowadzenie szybkich nieinwazyjnych analiz na dowolnym etapie produkcji – począwszy od badań półtuszy a kończąc na wyrobie gotowym. Celem pracy jest analiza możliwości wykorzystania NIR w badaniach mięsa wołowego.

**Słowa kluczowe:** NIR, mięso wołowe, skład podstawowy

### Wstęp

O jakości żywności świadczą przede wszystkim bezpieczeństwo zdrowotne, wartość odżywcza i nierozdzielnie z nią związana akceptowalność konsumencka. W przypadku mięsa wołowego dotyczy ona barwy oraz konsystencji mięsa, jego zapachu czy też ilości

---

\* *Praca wykonana w ramach Projektu WND-POIG.01.03.01-00-204/09 Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią „od widelca do zagrody”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 (Umowa nr UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-05).*

widocznego tłuszczu (tzw. marmurkowatość). Ponadto wołowina charakteryzuje się tzw. właściwościami kulinarnymi kształtowanymi poprzez kruchość i smakowitość (Kolczak, 2008).

Zanotowane ostatnimi latami drastyczne spadki spożycia mięsa wołowego (w roku 2011 wynosiło tylko ok. 3kg) determinuje konieczność prowadzenia intensywnych badań nad zmianą trendu spadkowego. Jedną z przyczyn obecnej sytuacji jest niestabilna jakość oferowanego półproduktu. Koniecznym jest opracowanie szybkich i jednoznacznych metod oceny jakości oferowanych produktów. Obecnie spektrometria w bliskiej podczerwieni jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod do badania produktów rolno-spożywczych. Główną zaletą tej metody jest krótki czas badania i wysoka precyzja uzyskiwanych wyników. W przemyśle rolno-spożywczym może być wykorzystywana do badania składu podstawowego pasz, półproduktów i produktów rolnych. Od 1996 roku rozpoczęto próby wykorzystania do badań mięsa metod spektroskopowych. Obecnie w krajach wysoko rozwiniętych technika NIR znajduje zastosowanie zarówno do badania składu podstawowego mięsa, jak również do prognozowania parametrów technologicznych takich jak barwa, kruchość, pH czy też zdolność utrzymania wody. Szybkość przeprowadzania pomiaru jak i łatwość jego wykonania powinny przyczynić się do dużego zapotrzebowania na opracowanie kalibracji umożliwiających pomiar zarówno właściwości fizycznych jak i chemicznych surowców rolnych.

## Cel pracy

Celem niniejszej publikacji jest dokonanie analizy możliwości zastosowania spektrometrii bliskiej podczerwieni NIR do badania składu podstawowego mięsa, jak również do prognozowania parametrów technologicznych takich jak barwa, kruchość, pH oraz zdolności utrzymania wody.

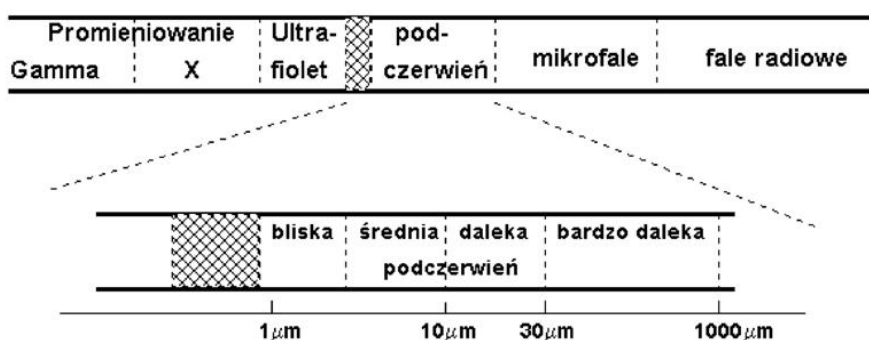
### Zasada działania spektrometrów NIR

NIR (ang. Near Infrared Spectrometry) czyli spektrometria bliskiej podczerwieni jest głównym narzędziem analitycznym we współczesnych laboratoriach służącym do analizy fizykochemicznej zarówno produktów jak i surowców pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Istotą działania tej metody jest absorpcja promieniowania podczerwonego przez badany materiał, wywołująca drgania wiązań chemicznych: -CH, -OH, -NH, -SH (wiązania o wysokiej polarności), dzięki którym możliwa jest analiza zawartości takich składników jak woda, tłuszcze, węglowodany czy też białka. Spektrometrię w podczerwieni można podzielić w zależności od długości, absorbowanej przez badany materiał, fali na:

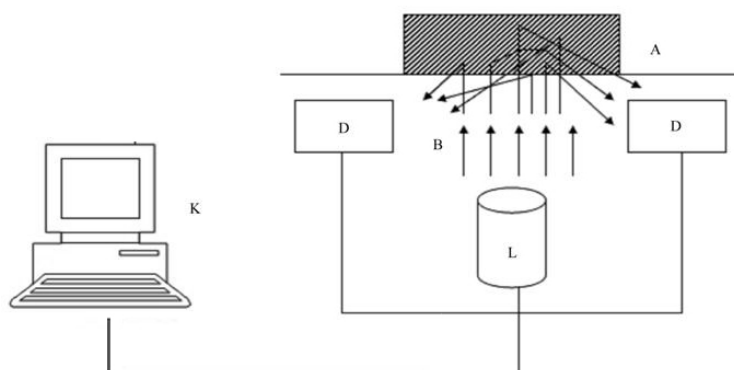
- NIR – bliska podczerwień;  $14\ 300\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$  (700-2500 nm),
- MIR – średnia (właściwa) podczerwień;  $4000\text{--}700\text{ cm}^{-1}$  (2500-14 300 nm),
- FIR – daleka podczerwień;  $700\text{--}200\text{ cm}^{-1}$  (14 300-50 000 nm).

Podstawą konstrukcyjną spektrometrów jest tzw. monochromator stanowiący źródło promieniowania elektromagnetycznego o odpowiedniej długości fali. Monochromatorem może być pryzmat, siatka dyfrakcyjna albo interferometr (zasada działania interferometru

polega na rejestracji wzorów interferencyjnych powstałych poprzez nakładanie się na siebie dwóch spójnych fal). Ponadto cały układ zawiera również celę pomiarową oraz detektor promieniowania sprzężony z systemem rejestrującym i obliczeniowym. W zaawansowanych spektrofotometrach używane są wielokanałowe detektory CCD o bardzo dużej wrażliwości na promieniowanie podczerwone (Demski, 2010).



Rysunek 1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego (Kolbuszewski, 2009)  
 Figure 1. Spectrum of electromagnetic radiation (Kolbuszewski, 2009)



Rysunek 2. Schemat spektrometru NIR (A – badana próbka, B – promieniowanie elektromagnetyczne, K – komputer z odpowiednim oprogramowaniem, L – lampa (monochromator), D – detektory promieniowania)  
 Figure 2. Schematic representation of NIR spectrometer (A – tested sample, B – electromagnetic radiation, K – computer with an appropriate software, L – lamp (monochromator), D – radiation detectors)

W spektrometrii bliskiej podczerwieni (IR) używane są dwa rodzaje spektrometrów (Cen, He, 2007):

- dyskretny – są to spektrometry o prostej konstrukcji pracujące tylko przy określonych długościach fal elektromagnetycznych, w tego rodzaju urządzeniach wybór długości używanych fal odbywa się poprzez zastosowanie odpowiednich filtrów umieszczanych za źródłem promieniowania bądź też diod LED, które stanowią alternatywę dla produkcji spektrometrów przenośnych;
- spektrometry pracujące w pełnym zakresie widma podczerwonego.

W pomiarach przy użyciu metody IR wykorzystuje się technikę transmisyjną oraz odbiciową. W technice transmisyjnej określa się różnicę pomiędzy promieniowaniem padającym na badaną próbkę, a promieniowaniem emitowanym przez wzbudzone cząsteczki. Z kolei w technice odbiciowej promienie odbite są rejestrowane przez detektory i na ich podstawie powstają widma absorpcyjne (Magda, 2011).

### Kalibracja widm

Z reguły otrzymane absorpcyjne widma są obciążone tzw. szumem fotometrycznym, który może być spowodowany wieloma różnymi czynnikami takimi jak interferencja różnych czynników zarówno chemicznych jak i fizycznych, a także niedoskonałości wynikające z użytkowania samej aparatury (starzenie się aparatury) bądź sytuacje losowe. Przesunięcie i zakrzywienie linii bazowej spowodowane jest przede wszystkim wielkością ziaren badanej próbki. Na kształt, a także intensywność widma ma również wpływ temperatura, wilgotność, grubość, wiek i własności optyczne badanego materiału (Wrosz i in., 2011).

W praktyce stosowanych jest kilka metod obróbki uzyskanych widm, które redukują skutki powstających szumów, np. SNV (ang. Signal Normal Variate), MSC (ang. Multiplicative Scatter Correction), EMSC (ang. Extender Multiplicative Scatter Correction). Dobre efekty uzyskuje się również poprzez różniczkowanie widm jednokrotne lub wielokrotne. W celu ilościowego wyznaczenia zawartości badanych substancji, na podstawie uzyskanych widm, należy skorzystać z odpowiedniego modelu matematycznego (najczęściej jest to model liniowej kalibracji wielowymiarowej). Model ten ukazuje zależność pomiędzy zawartością badanego składnika w danej próbce, a wartościami absorbancji promieniowania rejestrowanej przy różnej długości fali. Model kalibracji wielowymiarowej można przedstawić w postaci poniższego równania  $y=X \cdot b$ ; gdzie  $y$  ( $Y$ ) odpowiada macierzy danych referencyjnych, która w kolumnach zawiera wartości uzyskane w wyniku kalibracji danego parametru dla badanych próbek,  $X$  jest macierzą danych, której wiersze odpowiadają uzyskanym widmom (zależność absorbancji od długości fali dla analizowanych próbek), zaś  $b$  oznacza liczbę długości fal, przy których dokonano pomiarów wartości absorbancji. Jedną z najpowszechniej stosowanych metod kalibracji jest metoda PLS (ang. Partial Least Squares). Jest to metoda globalna czyli taka, do której użyty został cały zakres zarejestrowanego widma. Aby zbudować model kalibracyjny należy najpierw wydzielić odpowiednie zbiory danych:

- kalibracyjny (do budowy modelu);
- walidacyjny (do testowania modelu);
- testowy (do sprawdzenia jakości modelu dla próbek, które nie zostały użyte przy kalibracji oraz walidacji).

Dodatkowo sprawdza się odpowiednie dopasowanie modelu do uzyskanych danych oraz błąd tego dopasowania poprzez wyznaczenie parametrów statystycznych: współczynnik determinacji ( $R^2$ ), średni błąd kwadratowy kalibracji (RMSEC), średni błąd kwadratowy walidacji krzyżowej (RMSECV) oraz błąd zakresu (RER). Wyznaczony model kalibracji jest tym lepszy im mniejsze są wartości RMSEC oraz RMSECV zaś wartość RER jak najwyższa. Modele o wartości RER powyżej 20 uznawane są za modele dobrej jakości (Balcerowska i in., 2008).

Ponadto uzyskane widma absorpcyjne poddaje się analizie głównych składowych PCA (ang. Principal Component Analysis), która pozwala na określenie istnienia korelacji składu podstawowego z innymi parametrami cechującymi jakość mięsa np. barwa, siła cięcia mierzona przy pomocy przystawki Warnera-Bratzlera, wodochłonność, wyciek termiczny, wyciek przechowalniczy czy też pH (Magda, 2011).

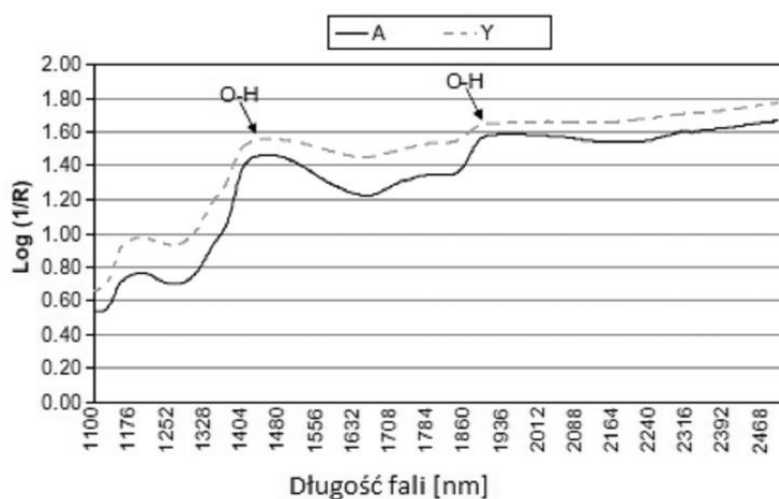
### **Zalety i wady techniki NIR**

Pomimo, iż metoda spektrometrii bliskiej podczerwieni NIR jest metodą stosunkowo młodą. Zastosowaną po raz pierwszy w 1994 roku do badania składu podstawowego mięsa, to już zyskała wiele zalet, a także niestety i wad. NIR jest metodą nieinwazyjną oraz nie działa destrukcyjnie na badaną próbkę. Ponadto badanie to wymaga minimalnej ilości materiału (mała masa badanej próbki), eliminuje użycie niebezpiecznych i drogich odczynników chemicznych (brak tzw. chemii mokrej). Co więcej wynik pomiaru uzyskujemy w 30 sekund tak więc jest to także metoda bardzo szybka oraz o wysokiej powtarzalności. Jeszcze inną bardzo ważną zaletą tej metody jest możliwość uzyskiwania kilku wyników jednocześnie np. uzyskujemy wynik mówiący nam o zawartości wody, białka, tłuszczu oraz popiołu jednocześnie. Prosta i wytrzymała konstrukcja umożliwia pomiar surowca, a także produktu na linii produkcyjnej (pomiar on-line). Odpowiednie oprogramowanie dołączone do spektrometrów jest niezwykle przejrzyste oraz intuicyjne dlatego może je obsługiwać jedna osoba po odbyciu krótkiego szkolenia. Głównymi wadami tej metody są wysoki koszt aparatury, który uniemożliwia stosowanie jej na większą skalę w przemyśle oraz konieczność wykonywania trudnych kalibracji, bez których urządzenie nie dokona analizy. Tak jak wcześniej wspomniano kalibrację związane są z oczyszczaniem i wygładzaniem uzyskanych widm, a także przeprowadzeniem odpowiednich analiz statystycznych (Collell i in., 2010; Büning-Pfaue, 2003; Demski, 2010; Blanco i Villarroya 2002; Bosco, 2010).

### **Zastosowanie metody NIR w przemyśle mięsnym**

Ze względu na swoje liczne zalety metoda ta znalazła szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, a między innymi do analizy procesów mieszania, składu i twardości tabletek (przemysł farmaceutyczny), badania składu paliwa lotniczego, monitorowanie parametrów procesu wytwarzania włókien syntetycznych, badanie zawartości glukozy we krwi. W żywności po raz pierwszy została zastosowana w przemyśle zbożowo-młynarskim do szybkich oznaczeń parametrów fizykochemicznych ziaren zbóż. Metodą NIR badano również gluten w celu określenia jego zachowania (przemian) w trakcie procesu technologicznego. W przemyśle mięsnym NIR on-line został użyty w 1996 roku do badania mielonego mięsa wołowego. Tøgersen i in. w 1999 zastosowali tą metodą do badania zawartości tłuszczu wody i białka w pieczeniach wołowych, zaś w 2003 zastosowali tą samą metodę do zbadania zawartości tych samych składników w wołowym mięsie mrożonym.

Dzięki metodzie spektrometrii bliskiej podczerwieni możliwe jest zbadanie nie tylko składu podstawowego mięsa wołowego ale także i wieku bydła, z którego pochodzi mięso (rys. 3.). Ponadto możliwe jest też odróżnienie od siebie różnych rodzajów mięsa (wołowina, jagnięcina, wieprzowina, drób). Dzięki badaniom składu podstawowego metodą NIR dokonano klasyfikacji mięśni wołowych pod względem stopnia kruchości (Liu i in., 2003; Ripoll i in., 2008; Park i in., 1998; Naes, Hildrum 1997), umożliwiono odróżnienie mięsa zamrożonego od niezamrożonego (Thyholt, Isaksson 1997) oraz wołowego mięsa świeżego od mięsa poddanego zamrożeniu, a następnie rozmrożeniu (Downey, Beauchêne 1997). Dokonano klasyfikacji pod względem rasy, płci, wieku, rodzaju mięśni oraz składu paszy (Alomar in., 2003; Cozzolino Di in., 2002a; Cozzolino, Murray, 2002; Prieto in., 2008a; Rødbotten in. 2000; Destefanis in., 2000).

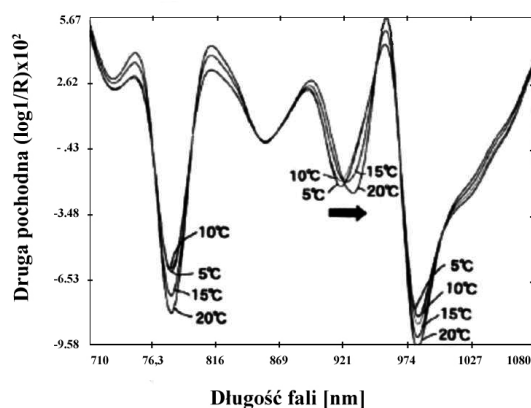


Rysunek 3. Widmo absorpcyjne mięsa wołów (A) oraz od młodych byków (Y) (Prieto i in., 2008b)

Figure 3. Absorption spectrum of oxen meat (A) and young bulls meat (Y) (Prieto et al., 2008b)

Ponadto badanie składu podstawowego pozwala na odróżnienie mięśni pochodzących z bydła, przechowywanych w określonych warunkach temperaturowych w danym czasie (Liu i in., 2003).

Metoda spektrometrii w bliskiej podczerwieni NIR jest metodą szeroko stosowaną w celach predykcji innych parametrów jakościowych zarówno mięsa wołowego jak i innych rodzajów mięs surowych i ich przetworów. Przykładami takich zastosowań jest między innymi przewidywanie wartości siły cięcia wyznaczanej przy pomocy przystawki Wnnera-Bratzlera i tym samym prognozowanie kruchości mięsa, na podstawie składu podstawowego badanych mięśni (w szczególności zawartości tłuszczu, białka oraz wody) (Liu i in., 2003; Ripoll i in., 2008; Andrés i in., 2008; Byrne i in., 1998; Leroy i in., 2003; Park i in., 1998; Prieto i in., 2008a; Rødbotten i in., 2001; Rødbotten i in., 2000; Venel i in. 2001).



Rysunek 4. Druga pochodna widm absorpcyjnych próbek wołowych mięśni longissimus przechowywanych w temperaturze 5, 10, 15 orz 20°C (Mitsumoto i in., 2000)

Figure 4. Second derivative of absorption spectrums of beef longissimus muscles samples stored in temperature 5,10,15 and 20°C (Mitsumoto et al., 2000)

Tabela 1

Spis publikacji dotyczących badań składu podstawowego metodą spektrometrii bliskiej podczerwieni

Table 2.

The list of publications concerning research on basic composition of the near infrared spectrometry method

Autor	Rok	Stopień rozdrobnienia	Badane parametry
Senderson i wsp.	1997	M	Zawartość białka, popiołu oraz tłuszczu śródmięśniowego (IMF) (%)
Tøgersen i wsp.	1999	M	Zawartość białka, wody i tłuszczu śródmięśniowego (IMF) (%)
Rødbotten i wsp.	2000	I	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF)(%)
Cozzolino i Murray	2002	I/M	Zawartość białka, tłuszczu śródmięśniowego (IMF), wody (g·kg <sup>-1</sup> suchej masy)
Cozzolino i wsp.	2002a	I/M	Zawartość białka, tłuszczu śródmięśniowego (IMF), wody oraz popiołu (g·kg <sup>-1</sup> produktu)
Anderson i Walker	2003	M	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) (%)
Alomar i wsp.	2003	H	Zawartość białka, tłuszczu śródmięśniowego (IMF), kolagenu oraz popiołu (%)
Tøgersen i wsp.	2003	M	Zawartość białka, tłuszczu śródmięśniowego (IMF), wody (%)
Prevolnik i wsp.	2005	M	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF)(%)
De Marchi i wsp.	2007	FM/FD	Zawartość białka, tłuszczu śródmięśniowego (IMF), kolagenu oraz popiołu (mg·100 <sup>-1</sup> g produktu)
Ripoll i wsp.	2008	H	Zawartość białka, tłuszczu śródmięśniowego, wody (%), zawartość mioglobiny (mg/g produktu)

M – mięso mielone; I – mięso nierozdrobnione; H – mięso homogenizowane; FM/FD – świeżenie mięso mielone/mięso liofilizowane

Wielu autorów wykazało również korzystny stopień korelacji pomiędzy składem podstawowym mięsa wołowego, a składowymi parametrami barwy mierzonymi w systemie CIE L\*a\*b\* (Liu i in., 2003; Andrés i in., 2008; Hoving-Bolink i in., 2005; Byrne i in., 1998; Prieto i in., 2008a). Podjęte zostały również badania nad wyznaczeniem odpowiedniego modelu kalibracji dla stwierdzenia korelacji pomiędzy pH, a składem podstawowym jednak próby te nie przyniosły satysfakcjonujących wyników. Ponadto stwierdzono ograniczone możliwości zastosowania metody NIR w określeniu prognozowania zdolności utrzymania wody (WHC), wycieku przechowalniczego oraz wycieku termicznego. Poniższa tabela przedstawia badania, prowadzone w ostatnich latach, na temat składu chemicznego mięsa wołowego przy użyciu spektrometrii bliskiej podczerwieni NIR.

## Podsumowanie

Niniejsze opracowanie ukazuje możliwości zastosowania techniki jaką jest spektrometria w bliskiej podczerwieni NIR, na przestrzeni ostatnich lat. Z zestawionych i poddanych analizie różnych metod i kierunków badań jednoznacznie wynika, że badania te są nadal kontynuowane. W dalszym ciągu poszukuje się coraz to lepszych rozszerzeń oraz unowocześnień konstrukcyjnych w celu stosowania tej metody w każdym miejscu. Jest to niewątpliwie jedna z najlepszych i najdokładniejszych metod szybkiej analizy składu podstawowego zarówno mięsa wołowego, ale także i innych surowców oraz produktów spożywczych. Metoda ta posiada wiele zalet takich jak szybkość pomiarów, powtarzalność, nieinwazyjność, brak zastosowania chemii mokrej oraz brak potrzeby specjalnego przygotowania próbek. Są one głównym powodem wykorzystania tej metody na linii produkcyjnej do bezpośredniego i szybkiego wykrywania ewentualnych błędów produkcji czy też wad samego surowca. Zalety te są również motorem napędowym badań nad tą metodą w celu jej jeszcze szerszego zastosowania, zwłaszcza w praktyce.

## Literatura

- Alomar, D.; Gallo, C.; Coustañeda, M.; Fuchslocher, R. (2003). Chemical and discriminant analysis of bovine meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Science*, 63, 441-450.
- Anderson, N. M.; Walker, P. N. (2003). Measuring fat content of ground beef stream using on-line visible/NIR spectroscopy. *American Society of Agricultural Engineers*, 46, 117-124.
- Andrés, S.; Silva, A.; Soares-Pereira, A. L.; Martins, C.; Bruno-Soares, A. M.; Murray, I. (2008). The use of visible and near infrared spectroscopy to predict beef M. longissimus thoracis et lumborum quality attributes. *Meat Science*, 78, 217-224.
- Balcerowska, G.; Siuda, R.; Sadowski, C. (2008). Modelowanie zawartości materiału porażonego fuzariozą w rozdrobnionym ziarnie pszenicy na podstawie odbiciowych widm optycznych rejestrowanych w różnych zakresach długości fali. *Acta Agrophysica*, 11, 2, 323-334.
- Blanco, M.; Villarroya, I. (2002). NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 4, 240-250.
- Bosco, G. L. (2010). James L. Waters Symposium 2009 on near-infrared spectroscopy. *Trends in Analytical Chemistry*, 29, 3, 197-208.
- Büning-Pfaue, H. (2003). Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 82, 107-115.



- Byrne, C. E.; Downey, G.; Troy, D. J.; Buckley, D. J. (1998). Nondestructive prediction of selected quality attributes of beef by near-infrared reflectance spectroscopy between 750 and 1098 nm. *Meat Science*, 49, 399-409.
- Cen, H.; He, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 72-83.
- Collrell, C.; Gou, P.; Picouet P.; Arnau J.; Composada J. (2010). Feasibility of near-infrared spectroscopy to predict  $a_w$  and moisture and NaCl contents of fermented pork sausages. *Meat Science*, 85, 325-330.
- Cozzolino, D.; De Mattos, D.; Martins, V. (2002a). Visible/near infrared reflectance spectroscopy for predicting composition and tracing system of production of beef muscle. *Animal Science*, 74, 477-484.
- Cozzolino, D.; Murray, I. (2002). Effect of sample presentation and animal muscle species on the analysis of meat by near-infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 10, 37-44.
- Cozzolino, D.; Murray, I. (2004). Identification of animal meat muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 37, 447-452.
- De Marchi, M.; Berzaghi, P.; Boukha, A.; Mirisola, M.; Gallo, L. (2007). Use of near infrared spectroscopy for assessment of beef quality traits. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 421-423.
- Demski, T. (2010). *Wykorzystanie data mining do oceny produktów na podstawie widma NIR*. StatSoft Polska, 55-68.
- Destefanis, G.; Barge, M. T.; Brugiapaglia, A.; Tassone, S. (2000). The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. *Meat Science*, 56, 255-259;
- Downey, G.; Beauchêne, D. (1997). Discrimination between fresh and frozen then-thawed beef m. longissimus dorsi by combined visible-near infrared reflectance spectroscopy: A feasibility study. *Meat Science*, 45, 353-363;
- Hoving-Bolink, A. H.; Vedder, H. W.; Merks, J. W. M.; De Klein, W. J. H.; Reimert, H. G. M.; Frankhuizen R.; Van Den Broek W.H.A.M; En Lambooij E. (2005). Perspective of NIRS measurements early post mortem for prediction of pork quality. *Meat Science*, 69, 417-423;
- Kolbuszewski M. (2009). Spektroskopia bliskiej podczerwieni w laboratorium. *Laboratorium*, 11-12, 44-45;
- Kolczak, T. (2008). Jakość wołowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1, 56, 5-22.
- Leroy, B.; Lambotte, S.; Dotreppe, O.; Lecocq, H.; Istasse, L.; Clinquart, A. (2003). Prediction of technological and organoleptic properties of beef longissimus thoracis from near infrared reflectance and transmission spectra. *Meat Science*, 66, 45-54;
- Liu, Y.; Lyon, G.; Windhan, W. R.; Realini, C. E.; Pringle T. D. D.; Duckett, S. (2003). Prediction of colour, texture and sensory characteristic of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. A feasibility study. *Meat Science*, 65, 1107-1115;
- Magda, F. (2011). Szybka analiza IRS w przemyśle mięsnym. *Gospodarka mięsna*, 8, 36-39;
- Mitumoto, M.; Ozawa, S.; Mitsuhashi, T. (2000). *The influence of sample temperature on the determination of moisture and fat content in beef longissimus by near infrared spectroscopy*. In A. M. C. Davies & R. Giangiacomo (Eds.). *Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Conference Near Infrared Spectrometry*, Chichester, UK: NIR Publications, 805-807;
- Naes, T.; Hildrum, K. I. (1997). A comparison of multivariable calibration and discriminant analysis for determining tenderness of meat by NIR spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 51, 350-357;
- Park, B.; Chen, Y. R.; Hruschka, W. R.; Shackelford, S. D.; Koohmaraie, M. (1998). Near-infrared reflectance analysis for predicting beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 76, 2115-2120;
- Prevolnik, M.; Čandek-Potokar, M.; Škorjanc, D.; Velikonja-Bolta, Š.; Škrlep, M.; Žnidaršič, T.; Babnik, D. (2005). Predicting intramuscular fat content in pork and beef by near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 13, 77-85;

- Prieto, N.; Andrés, S.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R.; Lavin P. (2006). Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat sample. *Meat Science*, 74, 487-496;
- Prieto, N.; Andrés, S.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R.; Lavin, P. (2008a). Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples. *Meat Science*, 79, 692-699;
- Prieto, N.; Andrés, S.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R.; Lavin P. (2008b). Discrimination of adult steers (oxen) and young cattle ground meat samples by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Science*, 79, 198-201;
- Prieto, N.; Roehe, R.; Lanvin, P.; Batten, G.; Andrés, S. (2009). Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. *Meat Science*, 83, 175-186;
- Ripoll, G.; Alberti, P.; Panea, B.; Olleta, J. L.; Sanudo, C. (2008). Near infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef. *Meat Science*, 80, 697-702;
- Rødbotten, R.; Mevik, B. H.; Hildrum, K. I. (2000). Prediction of beef quality attributes from early post mortem near infrared reflectance spectra. *Food Chemistry*, 69, 427-436;
- Rødbotten, R.; Mevik, B. H.; Hildrum, K. I. (2001). Prediction and classification of tenderness in beef from non-invasive diode array detected NIR spectra. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 9, 199-210;
- Sanderson, R.; Lister, S. J.; Dhanoa, M. S.; Barnes, R. J.; Thomas, C. (1997). Use of near infrared reflectance spectroscopy to predict and compare the composition of carcass samples from young steers. *Animal Science*, 65, 45-54;
- Szterk, A.; Lewicki, P. P. (2010). Spektroskopia NIR on-line w kontroli procesów produkcji żywności. *Przemysł Spożywczy*, 64, 1, 26-30;
- Thyholt, K.; Isaksson, T. (1997). Differentiation of frozen and unfrozen beef using near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73, 525-532;
- Tøgersen, G.; Arnesen, J. F.; Nilsen, B. N.; Hildrum, K. J. (2003). On-line prediction of chemical composition of semi-frozen ground beef by non-invasive NIR spectroscopy. *Meat Science*, 63, 515-523;
- Tøgersen, G.; Isaksson, T.; Nielsen, B. N.; Baker, E. A.; Hildrum, K. I. (1999). On-line NIR analysis of fat, water and protein in industrial scale ground meat batches. *Meat Science*, 51, 97-102;
- Venel, C.; Mullen, A. M.; Downey, G.; Troy, D. J. (2001). Prediction of tenderness and other quality attributes of beef by near infrared reflectance spectroscopy between 750 and 1100 nm, further studies. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 9, 185-198;
- Wrosz, P.; Dopierała, A.; Mazerski, J. (2011). Rola i dobór wstępnej obróbki surowych widm w analizie jakościowej i ilościowej z wykorzystaniem techniki spektroskopii bliskiej podczerwieni (NIR). *Analityka*, 3, 24-29;

## **ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING SPECTOMETRY IN NEAR INFRARED (NIR) AS A METHOD OF DETERMINATION OF THE BASIC COMPOSITION OF BEEF**

**Abstract.** Spectrometry in near infrared is one of the most frequently used methods for investigating agro-food products. The main advantage of this method is a short time of investigation and high precision of obtained results. In the agri-food industry it may be used for investigating basic composition of fodders, half-products and agricultural products. Whereas in the meat processing industry it is used for investigating both the basic composition as well as forecasting technological parameters such as colour, brittleness, pH or ability for retaining water. On the basis of investigation based on NIR, meat may be differentiated on account of type of muscles, sex, age and breed or the feeding way. Proper structural improvements enable to carry out fast non-invasive analyses on any production stage – starting from half-carcases tests and finishing with a ready product. The objective of the paper is to analyse the use of NIR in research on beef.

**Key words:** NIR, beef, basic composition

**Adres do korespondencji:**

Andrzej Półtorak; e-mail: andrzej\_poltorak@sggw.pl  
Samodzielny Zakład Techniki w Żywieniu  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159C  
02-776 Warszawa