

## **WPLYW ELEKTROSTYMULACJI WYSOKONAPIĘCIOWEJ I RODZAJU MIĘŚNIA NA KRUCHOŚĆ PASTRAMI WOŁOWEGO**

**Ryszard Żywica, Joanna K. Banach**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego, Podstaw Techniki oraz Gospodarki Energią,  
pl. Cieszyński 1, 10-975 Olsztyn-Kortowo

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono wyniki badań, których celem było określenie wpływu elektrostymulacji wysokonapięciowej, przeprowadzonej za pomocą urządzenia własnej konstrukcji, oraz rodzaju mięśnia na kruchość pastrami wołowego.

Wyniki oceny instrumentalnej wykazały, że najlepszą kruchością, wyrażoną najmniejszą wartością maksymalnej siły przebiccia (35,60 N), charakteryzowało się pastrami wyprodukowane z mięśnia najdłuższego grzbietu stymulowanego. Wartości maksymalnej siły przebiccia pastrami wyprodukowanego z mięśni stymulowanych: półbłoniastego i półścięgnistego wynosiły odpowiednio: 37,00 i 40,40 N. Wartości maksymalnej siły przebiccia pastrami wyprodukowanego z mięśni nie stymulowanych wynosiły natomiast odpowiednio: 55,2; 50,40 i 45,20 N. W ocenie sensorycznej najlepszą kruchością charakteryzowało się pastrami wyprodukowane z mięśni stymulowanych: półbłoniastego i półścięgnistego (4,75 pkt.) a następnie pastrami wyprodukowane z mięśnia stymulowanego najdłuższego grzbietu (4,42 pkt.).

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że elektrostymulacja wysokonapięciowa z zastosowaniem urządzenia własnej konstrukcji, istotnie wpływa na poprawę kruchości pastrami wołowego, jako podstawowego wyróżnika jego jakości. Umożliwia tym samym produkcję pastrami o dobrej kruchości, niezależnie od rodzaju mięśnia.

**Słowa kluczowe:** kruchość, pastrami wołowe, elektrostymulacja, rodzaj mięśnia

## **ELECTRICAL STIMULATION AND KIND OF MUSCLE EFFECT ON BEEF PASTRAMI TENDERNESS**

### **Summary**

The manuscript presents the results of the research aimed at determining the effect of electrical stimulation, performed with own construction device, and kind of muscle on beef pastrami tenderness.

The results of instrumental analysis revealed that the best tenderness which was presented by the lowest value of maximum puncture force (35.60 N) was noted for pastrami made from

*longissimus dorsi* muscle. The values of maximum puncture force for pastrami made from stimulated *semimembranosus* and *semitendinosus* muscles were following: 37.00 and 40.40 N. Values of maximum puncture force for pastrami made from non stimulated muscles were following: 55.2 and 45.20 N. In sensory evaluation the best tenderness was demonstrated in the case of pastrami made from stimulated *semimembranosus* and *semitendinosus* muscles (4.75 points) and then for pastrami made from stimulated *longissimus dorsi* muscle (4.42 points).

On the basis of the results obtained one stated that high voltage electrical stimulation with applying the device of own construction had a significant effect on beef pastrami tenderness improvement as its main quality factor. Thus, production of good tenderness pastrami independently kind of muscle is feasible.

**Key words:** tenderness, beef pastrami, electrical stimulation, kind of muscles

## WSTĘP

Na kruchość mięsa wpływają przede wszystkim czynniki, przyżyciowe takie jak rasa, płeć, wiek i kondycja zwierząt przed ubojem, a następnie czynniki poubojowe, głównie temperatura i czas wychładzania oraz stosowane zabiegi technologiczne, takie jak kondycjonowanie, mechaniczne naprężanie tusz, nastrzykiwanie  $\text{CaCl}_2$  czy też elektrostymulacja.

Oprócz wymienionych czynników kruchość mięsa i produkowanych z niego wyrobów zależy również od rodzaju mięśnia. Jego funkcja przyżyciowa i wynikająca z niej struktura pozwalają na zakwalifikowanie go do mięśni kruchych, średnio twardych czy też twardych. Mięśnie bardziej obciążone pracą, zawierające więcej elastyny (np. mięsień półbłoniasty) uznany za średnio twardy są zazwyczaj mniej kruche niż mięśnie lżej pracujące jak np. mięsień lędźwiowo-biodrowy, uznany za kruchy [Morgan i in. 1991]. Zróżnicowanie kruchości mięśni występuje nawet w obrębie jednego mięśnia i to nie tylko w znanym ze średniej twardości mięśniu półbłoniastym, ale nawet w mięśniu najdłuższym grzbietu [Tyszkiewicz 1979]. Według Palki i Kołczaka (1998) w fazie dojrzewania mięsa, czyli po stężeniu pośmiertnym, kruszenie mięsa zachodzi w różnym stopniu i z różną szybkością w zależności od położenia mięśnia w tuszy i wieku zwierzęcia. Dransfield (1994) kruchość mięśni tłumaczy rodzajem występujących w nim dwóch rodzajów włókien. Mięśnie o przewodzie włókien czerwonych wymagają dłuższego czasu dojrzewania niż mięśnie o przewodzie włókien białych.

Wśród metod pozwalających w sposób naturalny na poprawę jakości mięsa wołowego, zarówno ras mlecznych jak i mięsnych, najczęściej stosowana jest elektrostymulacja. Polega ona na przepływie przez tuszę (półtuszę) prądu elektrycznego i wywołaniu skurczu mięśni, w wyniku którego następuje przyspieszenie procesu przemian poubojowych. Stosowane są różne rodzaje elektrostymulacji (w zależności od wartości przyłożonego napięcia) jednak największy efekt poprawy jakości w tym głównie kruchości i barwy, uzyskuje się po zastosowaniu elektrostymulacji wysokonapięciowej – ESWN [Żywica 1999, Hwang, Tompson 2001, King i in. 2004, Banach, Żywica 2005]. Stopień poprawy kruchości uzyskiwany za pomocą tego zabiegu określany jest głównie na mięśniach najdłuższym grzbietu i półbłoniastym [Soares, Aréac 1995, de Hertog-Meischke i in. 1997, Żywica 1999, King i in. 2004] jako przedstawicielach mięśni charakteryzujących się różną budową anatomiczną i w związku z tym różnym tempem procesu dojrzewania. Wpływ ESWN na kruchość wyrobów gotowych nie został jeszcze w pełni zbadany i opisany. Badania prowadzone we własnym zakresie pozwoliły jak do tej pory na przedstawienie wyników wpływu ESWN, z zastosowaniem urządzenia własnej konstrukcji, na jakość szynek wołowych surowych, gotowanych i parzonych produkowanych z 3 różnych mięśni [Banach, Żywica 2006, Żywica, Banach 2001, 2003, 2003a, 2004], a także pastrami wyprodukowanego z mięsa jałówek [Żywica, Banach 2005a, b].

Celem badań było określenie wpływu elektrostymulacji wysokonapięciowej, przeprowadzonej za pomocą urządzenia własnej konstrukcji, oraz rodzaju mięśnia na kruchość pastrami wołowego, wyprodukowanego z mięsa buhajków.

### **MATERIAŁ I METODY BADAŃ**

Materiał doświadczalny stanowiło mięso buhajków (mięsień najdłuższy grzbietu, półbłoniasty i półścięgnisty), w wieku ok. 18 miesięcy, rasy nizinnej czarno-białej. Lewe półtusze poddano elektrostymulacji wysokonapięciowej, urządzeniem własnej konstrukcji [Żywica i in. 1997]. Zastosowano prąd elektryczny o napięciu 330 V, częstotliwości 17 Hz i współczynnika wypełnienia 0,9. Czas trwania zabiegu wynosił 120 sekund. Prawe półtusze stanowiły próbę kontrolną. Po ok. 24 h od oszłomienia mięśnie (najdłuższy grzbietu, półbłoniasty, półścięgnisty) wykrawano z półtuszy i podzielono na kawałki o masie ok. 1000g każdy. Mięśnie wykrawane z półtuszy stymulowanych oznaczono symbolem S, zaś mięśnie wykrawane z półtuszy kontrolnych symbolem K. Z mięśni S i K, poddanych procesom nastrykiwania, masowania, parzenia, posypywania przyprawami, studzenia i chłodzenia,

zgodnie z technologią stosowaną w Zakładach Mięśnych Ostrołęka S.A. w Ostrołęce, wyprodukowano pastrami wołowe.

Instrumentalną ocenę kruchości pastrami przeprowadzono za pomocą uniwersalnego urządzenia testującego Instron. Test przebijania wykonano za pomocą trzpienia płaskościętego o średnicy 12,6 mm. Kawalki (plastry) pastrami o wymiarach 30×30×10 mm układano na metalowej podstawie z otworem o średnicy 15,3 mm. Wykonano pomiary: maksymalnej siły przebicia ( $F_{p \max}$ ), deformacji przy maksymalnej sile przebicia ( $D_p$ ) oraz zużycia energii przy 50 % odkształcenia próbki ( $E_p$ ). Pomiary wykonano w 5 powtórzeniach. Prędkość elementów roboczych wynosiła 50 mm/min.

Ocenę sensoryczną kruchości pastrami wołowego przeprowadziła komisja składająca się z 6 ekspertów, będących pracownikami zakładu mięsnego produkującego oceniany wyrób. Zastosowano skalę 5-cio punktową z dopuszczeniem ocen połówkowych.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników oceny instrumentalnej i sensorycznej kruchości pastrami wołowego przeprowadzono za pomocą programu Statistica 8.0 wykonując analizę wariancji dla doświadczeń 1-czynnikowych.

## **WYNIKI**

Wyniki instrumentalnej oceny kruchości pastrami wołowego wykonanej za pomocą testu przebijania wykazały, że najmniejszą wartością maksymalnej siły przebicia ( $F_{p \max}$ ) charakteryzowało się pastrami wyprodukowane z mięśnia najdłuższego grzbietu stymulowanego (35,60 N) w porównaniu z wartościami  $F_{p \max}$  pastrami, które wyprodukowano z mięśni stymulowanych półbłoniastego (37,00 N) i półścięgnistego (40,40 N). Pastrami wyprodukowane z mięśni kontrolnych charakteryzowało się znacznie większymi wartościami  $F_{p \max}$  w porównaniu do wartości  $F_{p \max}$  pastrami wyprodukowanego z mięśni stymulowanych elektrycznie. Najmniejszą wartością  $F_{p \max}$  charakteryzowało się pastrami wyprodukowane z mięśnia półbłoniastego (45,20 N) w porównaniu do wartości  $F_{p \max}$  pastrami wyprodukowanego z mięśnia półścięgnistego (50,40 N) i najdłuższego grzbietu (55,20 N) – tabela I.

Wśród pastrami, które wyprodukowano z mięśni stymulowanych, największą wartością deformacji przy maksymalnej sile przebicia ( $D_p = 7,14$  mm) charakteryzowało się pastrami wyprodukowane z mięśnia półbłoniastego. Wartości  $D_p$  pastrami wyprodukowanego z mięśnia najdłuższego grzbietu i półścięgnistego wynosiły odpowiednio 7,03 i 5,63 mm. Największą wartością  $D_p$  (8,11 mm) wśród pastrami, które wyprodukowano z mięśni kontrolnych charakteryzowały się wyroby z mięśnia najdłuższego grzbietu. Wartości

parametru  $D_p$  pastrami wyprodukowanego z mięśni kontrolnych: półbłoniastego i półścięgnistego wynosiły odpowiednio 7,07 i 6,38 mm (tab. I).

Wartości zużycia energii przy 50 % odkształcenia ( $E_p$ ) pastrami wyprodukowanego z mięśni stymulowanych, podobnie jak wartości parametru  $F_{p\ max}$ , charakteryzowały się mniejszymi wartościami w porównaniu do wartości parametru E pastrami wyprodukowanego z mięśni kontrolnych. Najmniejsze wartości  $E_p$  (0,31 J) uzyskano dla pastrami wyprodukowanego z mięśni stymulowanych najdłuższego grzbietu i półścięgnistego w porównaniu do wartości  $E_p$  pastrami wyprodukowanego z mięśni kontrolnych, które wynosiły odpowiednio 0,42 i 0,45 J. Wartości parametru  $E_p$  pastrami wyprodukowanego z mięśnia półbłoniastego stymulowanego i kontrolnego wynosiły odpowiednio 0,34 i 0,38 J (tabela 1).

Analiza statystyczna wyników oceny instrumentalnej kruchości wykazała, że istotne różnice na poziomie  $P \leq 0,05$  uzyskano między wartościami  $F_{p\ max}$  pastrami wyprodukowanego z mięśni: półbłoniastego i półścięgnistego stymulowanego a wartościami  $F_{p\ max}$  pastrami, które wyprodukowano z mięśnia półbłoniastego i półścięgnistego kontrolnego. Na poziomie  $P \leq 0,01$  istotne różnice uzyskano tylko między wartościami  $E_p$  pastrami wyprodukowanego z mięśnia półścięgnistego stymulowanego a wartościami tego parametru pastrami wyprodukowanego z mięśnia kontrolnego (tabela 1).

Wyniki oceny sensorycznej pastrami wołowego, podobnie jak wyniki oceny instrumentalnej wykazały, że niezależnie od rodzaju mięśnia najlepszą kruchością charakteryzowało pastrami wyprodukowane z mięśni stymulowanych w porównaniu z kruchością pastrami, które wyprodukowano z mięśni kontrolnych. Najlepszą kruchość

**Tabela 1.** Wyniki instrumentalnej i sensorycznej oceny kruchości pastrami wołowego

*Results of instrumental and sensory tenderness of evaluation of beef pastrami*

Metoda oceny kruchości/Tenderness evaluation methods		Ocena instrumentalna (test przebijania)/ Instrumental evaluation (puncture test)						Ocena sensoryczna [pkt] Sensory evaluation [pts]	
		$F_{p \max}$ [N]		$D_p$ [mm]		$E_p$ [J]		$\bar{x}$	V [%]
Miary statystyczne / Grupa eksperymentalna Statistical measure/ Experimental group		$\bar{x}$	V [%]	$\bar{x}$	V [%]	$\bar{x}$	V [%]		
Mięsień najdłuższy grzbietu <i>longissimus dorsi</i> muscle	S	35,60 <sup>a</sup>	27,13	7,03 <sup>a</sup>	14,24	0,31 <sup>a</sup>	28,63	4,42 <sup>a</sup>	11,13
	K	55,20 <sup>a</sup>	37,68	8,11 <sup>a</sup>	10,43	0,42 <sup>a</sup>	28,26	4,25 <sup>a</sup>	19,33
Mięsień półbłoniasty <i>semimebranosus</i> muscle	S	37,00 <sup>A</sup>	16,33	7,14 <sup>a</sup>	19,55	0,34 <sup>a</sup>	17,71	4,75 <sup>a</sup>	8,81
	K	45,20 <sup>B</sup>	7,07	7,07 <sup>a</sup>	20,76	0,38 <sup>a</sup>	11,56	4,33 <sup>a</sup>	13,97
Mięsień półścięgnisty <i>semitendinosus</i> muscle	S	40,40 <sup>A</sup>	9,03	5,63 <sup>a</sup>	13,33	0,31 <sup>a</sup>	9,69	4,75 <sup>a</sup>	8,81
	K	50,40 <sup>B</sup>	13,79	6,38 <sup>a</sup>	4,24	0,45 <sup>b</sup>	11,44	4,17 <sup>a</sup>	12,39

Objaśnienia do tabeli 1: S – pastrami wyprodukowane z mięsa stymulowane, K – pastrami wyprodukowane z mięsa kontrolnego,  $\bar{x}$  – wartość średnia, V – współczynnik zmienności,  $F_{p \max}$  – maksymalna siła przebicia,  $D_p$  – deformacja przy maksymalnej sile przebicia;  $E_p$  - zużycie energii przy 50 % odkształcenia próbki, <sup>a, b, A-B</sup> – wartości średnie prób stymulowanych i kontrolnych oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (P≤0,01- małe litery, P≤0,05 - duże litery)

Table 1 explanation: S – pastrami produced from stimulated muscle, K – pastrami produced from control muscle,  $\bar{x}$  – average value, V – coefficient of variation,  $F_{p \max}$  – maximum puncture force,  $D_p$  – displacement at maximum puncture force,  $E_p$  – energy at 50 % of sample deformation, <sup>a, b, A-B</sup> – average values of stimulated and non-stimulated samples with different superscripts are significantly different (p≤0.01 - small letters, p≤0.05 - capital letters)

(4,75 pkt.) w grupie pastrami wyprodukowanego z mięśni stymulowanych charakteryzowały się wyroby wyprodukowane z mięśnia półbłoniastego i półścięgnistego. Kruchość pastrami wyprodukowanego z mięśni kontrolnych została oceniona odpowiednio na 4,33 i 4,17 pkt. Kruchość pastrami wyprodukowanego z mięśnia najdłuższego grzbietu stymulowanego oceniono na 4,42 pkt. natomiast kruchość pastrami wyprodukowanego z mięśnia kontrolnego oceniono na 4,25 pkt..

### DYSKUSJA

Przedstawione wyniki oceny sensorycznej oraz instrumentalnej pastrami wołowego wyprodukowanego z mięsa stymulowanego buhajków, wyrażone głównie wyższymi ocenami kruchości i niższymi wartościami  $F_{max}$ , w porównaniu do wyników oceny pastrami wyprodukowanego z mięsa kontrolnego potwierdzają wcześniejsze doniesienia literaturowe własne, że elektrostymulacja wysokonapięciowa korzystnie wpływa na poprawę kruchości wyrobów gotowych (szynki surowe i szynki parzone) wyprodukowanych z różnych mięśni jałówek, buhajków i krów oraz pastrami wyprodukowanego z mięsa jałówek i buhajków [Żywica, Banach 2001, 2003a, 2004, 2005a,b, Banach, Żywica 2006]. Stopień poprawy kruchości, zarówno szynki jak i pastrami, zależy natomiast od kruchości wyjściowej poddanego elektrostymulacji mięsa czyli kruchości wyjściowej surowca. Największa wartość maksymalnej siły przebiccia pastrami wyprodukowanego z mięśnia najdłuższego grzbietu kontrolnego i najmniejsza wartość  $F_{p\ max}$  pastrami wyprodukowanego z tego mięśnia stymulowanego potwierdzają to i wskazują jednocześnie, że im gorsza jest kruchość produktu niestymulowanego tym większy jest stopień poprawy jakości produktu po stymulacji. Zbliżone wartości maksymalnej siły przebiccia (35,60; 37,00 i 40,40 N) wszystkich trzech mięśni stymulowanych świadczą z kolei o tym, że elektrostymulacja wysokonapięciowa umożliwia produkcję mięsa i produkowanych z niego wyrobów o podobnej kruchości [Powell 1991, Dransfield i in. 1992, Żywica 1999, Żywica, Banach 2003].

### WNIOSKI

1. Wyniki instrumentalnej i sensorycznej oceny kruchości oraz ich analiza statystyczna wykazały jednoznacznie korzystny wpływ zastosowania własnej konstrukcji wysokonapięciowego elektrostymulatora tusz wołowych na poprawę kruchości pastrami wołowego, niezależnie od rodzaju mięśnia, z którego zostało wyprodukowane.
2. Największa różnica między wartościami maksymalnej siły przebiccia pastrami wyprodukowanego z mięśnia najdłuższego grzbietu stymulowanego a wartościami maksymalnej siły przebiccia pastrami wyprodukowanego z mięśnia nie stymulowanego,

przy największej wartości tego parametru pastrami wyprodukowanego z mięśnia nie stymulowanego oraz odwrotne relacje między wartościami maksymalnej siły przebiccia mięśnia półbłoniastego świadczą o tym, że stopień poprawy kruchości pastrami jest tym większy im gorsza jest jego kruchość wyjściowa, czyli kruchość użytego do jego produkcji mięsa.

## **PIŚMIENNICTWO**

1. Banach J.K., Żywica R. (2005). Wpływ rodzaju i techniki elektrostymulacji na kształtowanie kruchości mięsa wołowego – Jakość w dokonaniach współczesnej ekonomii i techniki. Monografia naukowa z cyklu „Techniczne i ekonomiczne aspekty jakości”, 367-373.
2. Banach J.K., Żywica R. (2006). Influence of high-voltage electrical stimulation on tenderness of raw beef hams. 15<sup>th</sup> Symposium of IGWT “Global Safety of Commodity and Environment. Quality of Life”- Up-to-date materials and technologies (part VII). 12-17 September 2006, Kyiv, Ukraine, 1207-1211.
3. de Hertog-Meischke M.J.A., Smulders F.J.M., Van Logtestijn J.G., Van Knapen F. (1997). The effect of electrical stimulation on the water-holding capacity and protein denaturation of two bovine muscle. *J. Anim. Sci.*, 75: 118–124.
4. Dransfield E., Wakefield D.K., Parkman I.D. (1992). Modelling post-mortem tenderisation – I: texture of electrically stimulated and non-stimulated beef. *Meat Sci.*, 31, 57-73.
5. Dransfield E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Sci.*, 36, 105-121.
6. Hwang I.H., Thompson J.M. (2001). The interaction between pH and temperature decline early postmortem on the calpain system and objective tenderness in electrically stimulated beef *longissimus dorsi* muscle. *Meat Sci.*, 58, 167-174.
7. King D.A., Voges K.L., Hale D.S., Waldron D. F., Taylor C.A., Savell J.W. (2004). High voltage electrical stimulation enhances muscle tenderness, increases aging response, and improves muscle color from cabrito carcasses. *Meat Sci.*, 68, 529-535.
8. Morgan J.B., Savell J.W., Hale D.S., Miller R.K., Griffin D.B., Cross H.R., Shackelford S.D. (1991). National beef tenderness survey. *J. Animal Sci.*, 69, 3274 – 3283.
9. Palka K., Kołczak T. (1998). Wpływ wieku bydła na wyciek cieplny, kruchość i właściwości sensoryczne mięśni. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie. *Technologia Żywności* z. 10, 91-98.



10. Powell V.H. (1991). Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. *Meat Sci.*, 30, 195-205.
11. Soares G.J.D., Arêac J.A.G. (1995). Effect of electrical stimulation on post portem biochemical characteristics and quality of *longissimus dorsi thoracis* muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*). *Meat Sci.*, 41, 369-379.
12. Tyszkiewicz S. (1979). Czynniki determinujące kruchość mięsa. *Przem. Spoż.*, 33, 218.
13. Żywica R., Banach J.K. (2001). Wpływ elektrostymulacji i postępowania przedubojowego na jakość szynek wołowych. *Biul. Nauk. UWM*, 13, 215-221.
14. Żywica R., Banach J.K. (2003). The influence of high-electrical stimulation and animals' sex on the selected attributes of quality of cooked beef hams produced from *semitendinosus* muscle. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.*, 6, 2, 1-6
15. Żywica R., Banach J.K. (2003a). Wpływ elektrostymulacji i wieku zwierząt na wybrane cechy tekstury szynek wołowych wyprodukowanych z mięśnia półścięgnistego. *Biul. Nauk. UWM*, 22, 113-118.
16. Żywica R., Banach J.K. (2005a). The influence of electrical stimulation and a kind of muscle on selected parameters of texture of beef pastrami. *Ann. Anim. Sci.*, 2, 223 – 226.
17. Żywica R., Banach J.K. (2005b). Wpływ elektrostymulacji i płci zwierząt na wybrane cechy jakościowe pastrami wołowego. Jakość w dokonaniach współczesnej ekonomii i techniki. Monografia naukowa z cyklu „Techniczne i ekonomiczne aspekty jakości”, 488-495.
18. Żywica R., Banach J.K. (2004). The effect of electrical stimulation and age of animals on the quality of beef hams produced from *semitendinosus* muscle. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 13/54, 4.
19. Żywica R., Budny J., Pogorzelski M. (1997). Układ do wysokonapięciowej elektrostymulacji tusz wołowych. Patent PL 173079 B1.
20. Żywica R. (1999). Wpływ elektrostymulacji wysokonapięciowej na przebieg zmian poubojowych mięsa wołowego charakteryzowanych wybranymi parametrami fizykochemicznymi. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Techn. Aliment*, 12, 28-68.

*Praca realizowana w ramach grantu: KBN nr 5 PO6G 007 14.*