

GRZEGORZ GALIŃSKI, JAN GAWĘCKI, GRAŻYNA LEWANDOWICZ

## STRAWNOŚĆ *IN VITRO* SKROBI NATYWNYCH I MODYFIKOWANYCH BEZ I Z DODATKIEM ŚRODKÓW SŁODZĄCYCH

### Streszczenie

Przeprowadzono badania mające na celu ocenę strawności *in vitro* natywnych i modyfikowanych skrobi ziemniaczanych i kukurydzianych. Ponadto zbadano wpływ dodatku różnych środków słodzących na amyloлизę wyżej wymienionych skrobi. Wykazano, że podatność na hydrolizę enzymatyczną skrobi zależy od surowca z jakiego została ona pozyskana oraz od sposobu jej modyfikacji. Otrzymane wyniki wskazują na wysoką (> 94%) strawność skrobi modyfikowanych poddanych w procesie acetylacji obróbce hydrotermicznej (Adamyl CS i Adacorn CS). Natomiast skrobie natywne oraz preparaty skrobiowe Adamyl HS i Adacorn HS, które nie zostały poddane obróbce hydrotermicznej podczas ich chemicznej modyfikacji charakteryzowały się znacznie niższą strawnością. Stwierdzono ponadto, iż dodatek środków słodzących nie wpływa znacząco na strawność *in vitro* badanych skrobi.

### Wstęp

W obecnie produkowanej żywności duży nacisk kładzie się na wszechstronne wykorzystanie funkcjonalnych właściwości surowców i komponentów [9]. Spośród nich w Europie środkowej czołową rolę odgrywają polisacharydy skrobiowe. Skrobie natywne mają jednak ograniczone zastosowanie i często uniemożliwiają otrzymywanie określonych produktów gotowych. Różnorodność celów technologicznych, jakie mogą być osiągnięte za pomocą skrobi nie byłaby możliwa przy zastosowaniu jej postaci natywnej [4, 10, 11], dlatego w coraz większym stopniu zastępuje się je tzw. skrobiami modyfikowanymi, które znalazły zastosowanie m.in. w produkcji żywności o obniżonej wartości energetycznej, gdzie są wykorzystywane jako zamiennik tłuszczu.

---

Mgr inż. G. Galiński, prof. dr hab. J. Gawęcki, Katedra Higieny Żywności Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań; dr inż. G. Lewandowicz, Centralne Laboratorium Przemysłu Ziemniaczanego, ul. Zwierzyniecka 18, 60-814 Poznań.

W ostatnim czasie wprowadzono na polski rynek szeroki asortyment różnych rodzajów skrobi modyfikowanych, nie zawsze poprzedzając to pełną oceną żywieniową tych preparatów. W literaturze brak jest dokładnych i jednoznacznych danych dotyczących strawności poszczególnych preparatów skrobiowych. Nie obowiązuje też żadna standardowa metodyka oznaczania strawności *in vitro* skrobi, co przysparza wiele trudności w porównywaniu wyników badań różnych autorów.

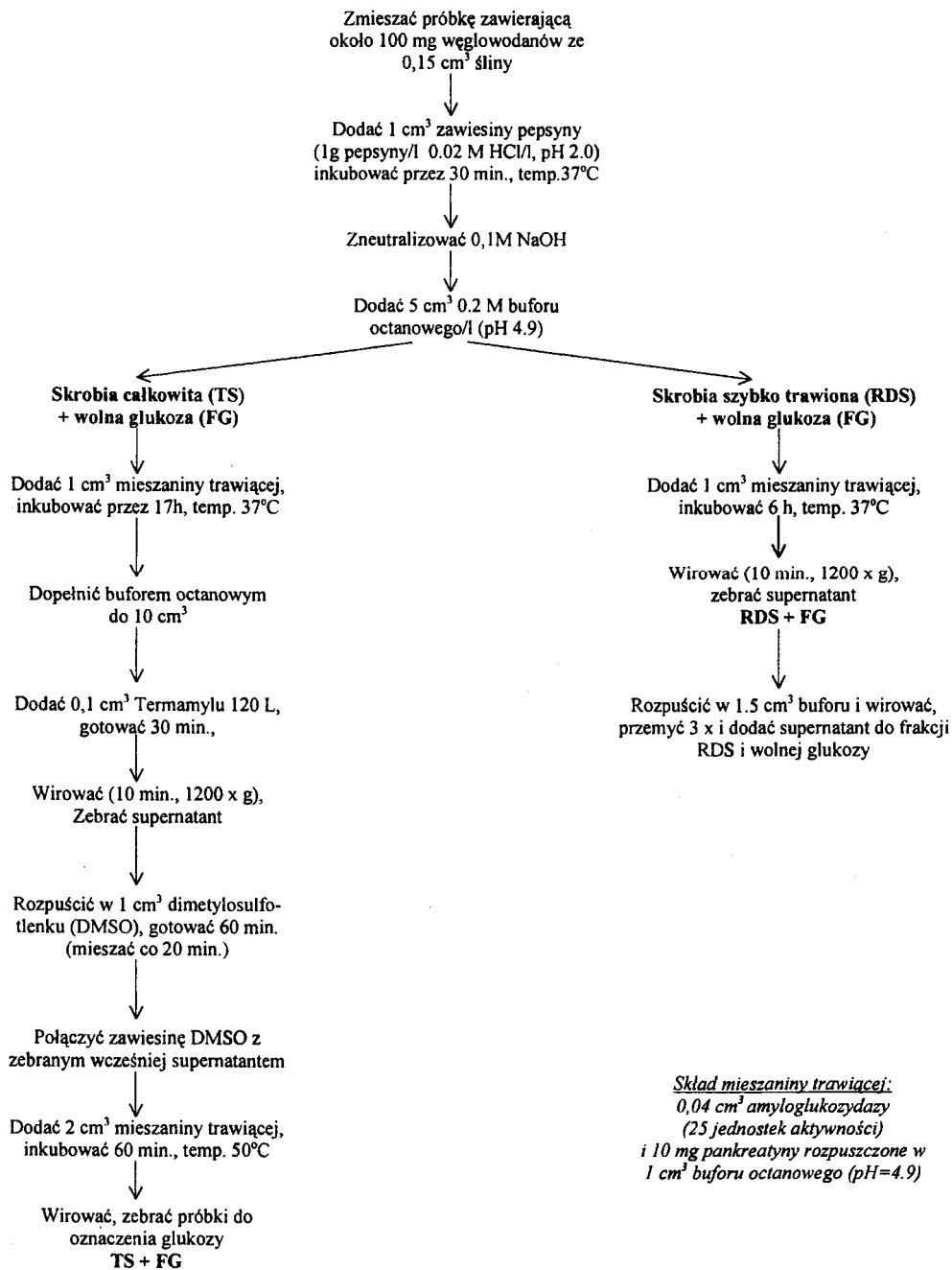
Współczesne technologie produktów niskoenergetycznych przewidują stosowanie skrobi modyfikowanych, a także zastępowanie sacharozy innymi środkami słodzącymi. Dlatego w niniejszej pracy postanowiono sprawdzić jak dodatek różnych środków słodzących wykorzystywanych w produkcji żywności tradycyjnej i o obniżonej wartości energetycznej wpływa na strawność skrobi natywnych i modyfikowanych.

### **Materiał i metody badań**

Badaniom poddano 6 rodzajów skrobi: natywną ziemniaczaną (Superior Standard), natywną kukurydzianą woskową (Amioca), ziemniaczaną modyfikowaną (acetylowany adypinian dwuskrobiowy) poddaną i nie poddaną obróbce hydrotermicznej – odpowiednio Adamyl CS (Cold Soluble) i Adamyl HS (Hot Soluble) oraz modyfikowaną (acetylowany adypinian dwuskrobiowy) woskową skrobię kukurydzianą poddaną i nie poddaną obróbce hydrotermicznej – Adacorn CS (Cold Soluble) i Adacorn HS (Hot Soluble). Nasywna skrobia ziemniaczana pochodziła z handlu, natomiast natywną kukurydzianą skrobię woskową zakupiono w National Starch & Chemical, a preparaty skrobi modyfikowanych w firmie „Unispol” z Piły. Ponadto oznaczono strawność wyżej wymienionych skrobi w kombinacji z następującymi środkami słodzącymi: sacharoza (pochodząca z handlu), fruktoza (Xyrofin), ksylitol (Xyrofin), laktitol (Xyrofin) i aspartam (NutraSweet). Wielkość dodatku środka słodzącego uzależniona była od jego słodkości [6] i wynosiła odpowiednio w przeliczeniu na 1 g skrobi: dla aspartamu – 0,005 g, fruktozy – 0,6 g, sacharozy – 1 g, ksylitolu – 1,1 g, laktitolu – 2 g.

Strawność *in vitro* skrobi oznaczono za pomocą zmodyfikowanej metody Muir i wsp. [15] (rys. 1), wykorzystując w procesie hydrolizy preparaty firmy Sigma: pepsynę, amyloglukozydazę i świńską pankreatynę oraz termostabilną  $\alpha$ -amylazę Termamyl 120L firmy Novo Nordisk.

Zawartość glukozy w otrzymanych supernatantach oznaczano częściowo zmodyfikowaną metodą ortotoluidynową [19]. W tym celu pobierano 1 cm<sup>3</sup> supernatantu, do którego dodawano 1 cm<sup>3</sup> 3% kwasu trichlorooctowego oraz 4 cm<sup>3</sup> odczynnika ortotoluidynowego (wykonanego z 1,5 g tiomocznika, 940 cm<sup>3</sup> lodowatego kwasu octowego i 60 cm<sup>3</sup> destylowanej ortotoluidyny). Całość ogrzewano we wrzącej łaźni wodnej przez 8 minut. Po ochłodzeniu odczytywano ekstynkcję prób (wobec próby ślepej) w fotokolorymetrze przy długości fali 630 nm. Zawartość glukozy w supernatantach obliczano korzystając z równania regresji  $y = 0,128 + 1,008x$  ( $r = 0,999$ ), opisującego

Rys. 1. Oznaczenie strawności *in vitro* skrobi.Fig. 1. Measurements of *in vitro* starch digestibility.

zależność ekstynkcji od stężenia glukozy, wyznaczonego dla roztworów glukozy w zakresie stężeń od 0,01% do 0,2%. W razie potrzeby przed przystąpieniem do oznaczenia dokonywano odpowiednich rozcieńczeń supernatantów. Otrzymane wyniki przeliczano na całkowitą zawartość wolnej glukozy w próbce, mnożąc otrzymane wyniki przez objętość supernatantu. Strawność skrobi obliczano ze wzoru:

$$S = \frac{RDS + FG}{TS + FG} \times 100\%$$

gdzie: S – strawność, RDS – glukoza uwolniona ze skrobi łatwo trawionej (podatnej na trawienie w symulowanych warunkach przewodu pokarmowego), FG – wolna glukoza w próbce przed hydrolizą, TS – glukoza uwolniona z całkowicie strawionej skrobi.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji jedno- i dwuczynnikowej.

### Wyniki badań

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1. i rysunku 2., badane skrobie różniły się pod względem strawności *in vitro*. Nie wykazano statystycznie istotnej różnicy pomiędzy strawnością natywnych skrobi a skrobiami modyfikowanymi, wyprodukowanymi z tego samego surowca, nie poddanymi obróbce hydrotermicznej. Najwyższy współczynnik strawności (99,57%) uzyskano w przypadku skrobi kukurydzianej poddanej obróbce hydrotermicznej podczas jej chemicznej modyfikacji, najniższy natomiast dla modyfikowanej skrobi ziemniaczanej nie poddanej obróbce hydrotermicznej (68,60%). Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ surowca, z którego została pozyskana skrobia oraz sposobu jej modyfikacji na strawność *in vitro* badanych preparatów ( $p < 0,001$ ). Wykazano, że kukurydziane skrobie woskowe charakteryzują się wyższą podatnością na działanie enzymów trawiennych w porównaniu z analogicznymi preparatami skrobi ziemniaczanej. W przypadku skrobi natywnych i nie poddanych podczas modyfikacji obróbce hydrotermicznej, współczynniki strawności różniły się o około 15% na korzyść skrobi kukurydzianych. W przypadku skrobi poddanych obróbce hydrotermicznej podczas modyfikacji różnica ta zmniejszyła się do 4%.

Analiza statystyczna wyników zebranych w tabeli 1. wykazała, że żaden z badanych środków słodzących nie miał istotnego wpływu na strawność *in vitro* skrobi. Dodatek sacharozy, fruktozy, ksylitolu, laktitolu lub aspartamu jedynie w niewielki sposób zmienił strawność badanych preparatów skrobiowych, w większości nieznacznie ją obniżając. Nie zanotowano jednak żadnych tendencji wzrostowych lub spadkowych w strawności skrobi, wynikających z dodania określonego środka słodzącego, ani efektów interakcyjnych uzależniających działanie środka słodzącego od rodzaju skrobi.

Tabela 1

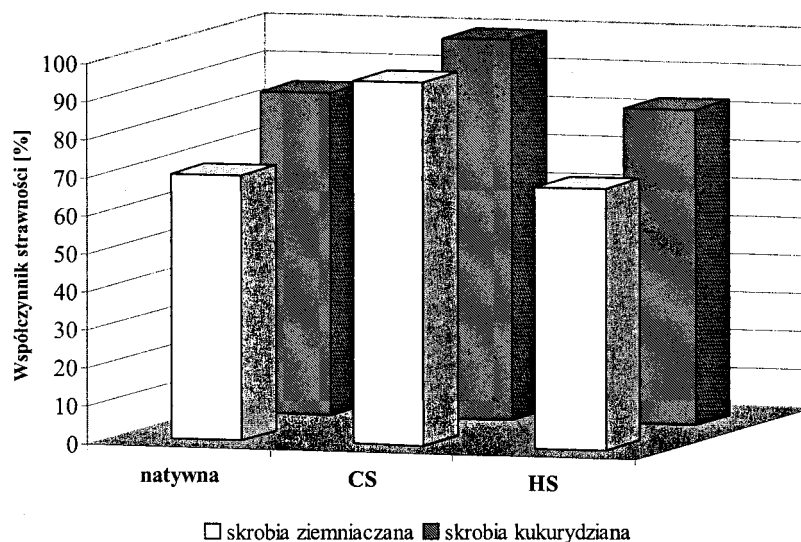
Współczynniki strawności in vitro natywnych i modyfikowanych skrobi ziemniaczanych i kukurydzianych bez i z dodatkiem środków słodzących [%], n = 6\*.

Digestibility indexes of native and modified both potato and corn starches with and without sweeteners addition [%], n = 6\*.

Środek słodzący	Bez dodatku	Sacharoza	Fruktoza	Aspartam	Ksylitol	Laktitol
<b>Skrobia</b>						
Superior Standard	69,58 <sup>a</sup> ± 0,96	68,23 <sup>a</sup> ± 0,87	67,83 <sup>a</sup> ± 1,09	68,69 <sup>a</sup> ± 1,32	68,53 <sup>a</sup> ± 0,41	68,92 <sup>a</sup> ± 1,16
AdamyI CS	95,17 <sup>c</sup> ± 1,10	94,39 <sup>c</sup> ± 0,32	94,18 <sup>c</sup> ± 1,10	95,37 <sup>c</sup> ± 1,02	94,34 <sup>c</sup> ± 0,44	94,18 <sup>c</sup> ± 0,41
AdamyI HS	68,60 <sup>a</sup> ± 2,75	68,30 <sup>a</sup> ± 0,60	67,43 <sup>a</sup> ± 1,21	67,02 <sup>a</sup> ± 2,08	67,48 <sup>a</sup> ± 0,76	67,17 <sup>a</sup> ± 1,02
Amioca	84,45 <sup>b</sup> ± 0,44	84,54 <sup>b</sup> ± 1,08	83,63 <sup>b</sup> ± 0,49	83,77 <sup>b</sup> ± 0,37	84,37 <sup>b</sup> ± 1,53	83,98 <sup>b</sup> ± 0,62
Adacorn CS	99,57 <sup>d</sup> ± 0,22	99,20 <sup>d</sup> ± 0,43	98,94 <sup>d</sup> ± 0,63	99,32 <sup>d</sup> ± 0,10	99,22 <sup>d</sup> ± 0,60	98,27 <sup>d</sup> ± 1,08
Adacorn HS	82,63 <sup>b</sup> ± 1,35	82,29 <sup>b</sup> ± 0,27	81,87 <sup>b</sup> ± 1,22	81,72 <sup>b</sup> ± 2,05	82,57 <sup>b</sup> ± 0,81	81,29 <sup>b</sup> ± 2,08

\* wartości średnie oznaczone odmiennymi inskrypcjami literowymi różnią się między sobą istotnie na poziomie p < 0,01.

\* mean values denoted various letter inscriptions significantly differ between each other at the level p < 0,01.



Rys. 2. Stawność *in vitro* natywnych i modyfikowanych skrobi ziemniaczanych i kukurydzianych (bez dodatku środków słodzących).

Fig. 2. *In vitro* digestibility of native and modified both potato and corn starches (without sweeteners addition).

## Dyskusja

Wcześniejsze prace różnych autorów [3, 5, 13, 16, 18, 22] świadczą o wyższej strawności skrobi kukurydzianej w porównaniu ze skrobią ziemniaczaną.

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych przez nas badaniach potwierdzają te doniesienia. Jak wynika z rysunku 2, współczynniki strawności natywnych i modyfikowanych kukurydzianych skrobi woskowych były znacząco wyższe w porównaniu z ich odpowiednikami wyprodukowanymi ze skrobi ziemniaczanej ( $p < 0,01$ ). Wynika to przypuszczalnie z różnicy w budowie ziaren skrobi obu surowców. Ziarna skrobi kukurydzianej są zbudowane według struktury krystalicznej typu A (charakterystycznej dla skrobi zbóż). Skrobie takie są łatwiej strawne od skrobi zbudowanych zgodnie ze strukturą typu B, właściwą m.in. dla ziemniaka i banana [1, 15, 18]. Innym czynnikiem mogącym mieć wpływ na strawność *in vitro* jest wielkość ziaren obu skrobi. Skrobia ziemniaczana charakteryzuje się dużymi ziarnami, których średnica dochodzi do 100  $\mu\text{m}$ , podczas gdy średnica ziaren skrobi kukurydzy nie przekracza zazwyczaj 30  $\mu\text{m}$  [6, 12]. O mniejszej strawności skrobi ziemniaczanej może decydować także wyższa zawartość w niej amylozy [8], która jest mniej podatna na działanie enzymów trawienych niż amylopektyna [2, 14, 20-22].

W przypadku badania wpływu modyfikacji chemicznej obu skrobi na ich strawność okazało się, że wiązania estrów octanowych łatwo ulegają hydrolizie, o ile w procesie modyfikacji zastosowano obróbkę hydrotermiczną. Jak wynika z prac Groot'a i wsp. [7] oraz Ostergard'a [17], acetylowane skrobie ziemniaczane ulegają trawieniu w ponad 90%. Ich strawność maleje jednak wraz ze zwiększaniem stopnia acetylacji. I tak, skrobia zacetylowana w niewielkim stopniu (1,6% acetylacji) jest hydrolizowana *in vitro* przez pankreatynę w 93%, ale wartość ta obniża się do 31% jeśli acetylacja jest rzędu 2,3% [4].

Wyniki otrzymane w ramach niniejszej pracy potwierdzają te doniesienia. W przypadku Adamylu CS uzyskano współczynniki strawności *in vitro* sięgające 95%, a Adacornu CS nawet przekraczające 99%. Natomiast w przypadku skrobi natiwnych i modyfikowanych nie poddanych obróbce hydrotermicznej podczas ich chemicznej modyfikacji strawność *in vitro* była wyraźnie obniżona wynosząc odpowiednio 69,58% dla natiwnej skrobi ziemniaczanej i 84,45% – dla natiwnej woskowej skrobi kukurydzianej oraz 68,60% – dla Adamylu HS i 82,63% – dla Adacornu HS.

Brak danych literaturowych na ten temat skłonił nas do podjęcia badań dotyczących wpływu różnych środków słodzących, wykorzystywanych w produkcji żywności niskoenergetycznej, na strawność skrobi. Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała, że dodatek do skrobi substancji słodzących, w proporcjach stosowanych w produkcji żywności, nie ma istotnego wpływu na strawność skrobi w warunkach *in vitro*. Może to świadczyć o braku oddziaływania tych substancji na aktywność enzymów trawiennych i biodostępność skrobi.

## Wnioski

Strawność *in vitro* skrobi zależy od surowca z którego została ona pozyskana oraz od sposobu jej modyfikacji. Obróbka hydrotermiczna skrobi podczas chemicznej modyfikacji znacząco podnosi jej strawność.

Dodatek sacharozy, fruktozy, ksylitolu, laktitolu lub aspartamu nie ma istotnego wpływu na strawność *in vitro* natiwnych i acetylowanych skrobi ziemniaczanych i kukurydzianych.

## LITERATURA

- [1] Anison G., Topping D.L.: Nutritional role of resistant starch: chemical structure vs. physiological function. *Annu. Rev. Nutr.*, **14**, 1994, 297-320.
- [2] Brown I.: Complex carbohydrates and resistant starch. *Nutr. Rev.*, **54**, 1996, 11 Pt 2, S115-119.
- [3] Champ M.: Determination of resistant starch in foods and food products: interlaboratory study. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **46** (suppl. 2), 1992, S51-62.

- [4] Derache R.: Amidos modifies: doneess nutritionnelles et toxicologiques. *Med. et Nutr.*, **3**, 1983, 195-202.
- [5] Englyst H.N., Kingman S.M., Cummings J.H.: Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **46** (suppl. 2), 1992, S33-50.
- [6] Gawęcki J. (red.): Współczesna wiedza o węglowodanach. Wyd. AR Poznań, 1998.
- [7] Groot A.P., Til H.P., Feron V.J. i in.: Two-year feeding and multigeneration studies in rats on five chemically modified starches. *Food Cosmet. Toxicol.*, **12**, 1974, 651-663.
- [8] Janik K.: Skrobia modyfikowana: rodzaje, właściwości, zastosowanie produktu. *Przemysł Piekarski i Cukierniczy*, **2**, 1996, 12-14.
- [9] Kodet J.: Studium der Eigenschaften modifizierten Starke in bezug auf Tendenzen der Entwicklung der Ernährung und der Lebensmittelfabrikation. *Die Nahrung*, **29**, 1985, 895-903.
- [10] Lewandowicz G., Walkowski A.: Aspekty żywieniowe i toksykologiczne stosowania skrobi modyfikowanych. *Przem. Spoż.*, **11**, 1994, 365-368.
- [11] Luallen A.: Zastosowanie skrobi w mrożonych preparatach spożywczych. *Food Technology*, **48**, 5, 1994, 39.
- [12] Mączyński M., Lewandowicz G.: Chemiczna modyfikacja skrobi cz.2. Reaktywność skrobi różnych gatunków roślin. *Chemik*, **3**, 1990, 69-71.
- [13] Meyer H., Radicke S., Kienzle E. i wsp.: Investigations on preileal digestion on starch from grain, potato and manioc in horses. *Zentralbl. Veterinarmed. A.*, **42**, 6, 1995, 371-381.
- [14] Muir J.G., Birkett A., Brown I., Jones G., O'Dea K.: Food processing and maize variety affects amounts of starch escaping digestion in the small intestine. *Am. J. Clin. Nutr.*, **61**, 1995, 82-89.
- [15] Muir J.G., O'Dea K.: Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. *Am. J. Clin. Nutr.*, **56**, 1992, 123-127.
- [16] Murray S.M., Fahey G.C., Merchen N.R. i in.: Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. *J. Animal Sci.*, **77**, 8, 1999, 2180-2186.
- [17] Ostergard A., Björck I., Gunnarsson A.: A study of native and chemically modified potato starch. Part I. Analysis and enzymatic availability in vitro. *Stärke*, **2**, 1988, 58-66.
- [18] Silvester K.I., Englyst H.N., Cummings J.H. Ileal recovery of starch from whole diets containing resistant starch measured in vitro and fermentation of ileal effluent. *Am. J. Clin. Nutr.*, **62**, 1995, 403-411.
- [19] Tomaszewski L.: Mikrometody biochemiczne w laboratorium klinicznym. PZWL, Warszawa, 1970.
- [20] Urooj A., Puttraj S.: Digestibility index and factors affecting rate of starch digestion in vitro in conventional food preparation. *Nahrung*, **43**, 1999, 42-47.
- [21] Wen Q.B., Lorenz K.J., Martin D.J. i in.: Carbohydrate digestibility and resistant starch of steamed bread. *Starch*, **48**, 1996, 180-185.
- [22] Zhou X., Kaplan M.L.: Soluble amylose cornstarch is more digestible than soluble amylopectin potato starch in rats. *J. Nutr.*, **127**, 7, 1997, 1349-1356.

**IN VITRO DIGESTIBILITY OF NATIVE AND MODIFIED STARCHES  
WITHOUT AND WITH SWEETENERS ADDITION**

**S u m m a r y**

The aim of this work was to determine digestibility of native and modified both potato and corn starches. Furthermore, we investigated the effect of sweeteners addition on amylolysis of these starches.



We proved that enzymatic susceptibility of starch is dependent on both raw material and method of modification. The results of the experiment indicate high digestibility (>94%) of modified starches, which have been subjected to hydrothermic processing (Adamyl CS, Adacorn CS). However native starches and Adamyl HS and Adacorn HS, which have not subjected to hydrothermic processing were less digestible. Furthermore, we confirmed, that sweeteners addition does not influences on *in vitro* starch digestibility.



**VI Sesja Sekcji Młodej Kadry Naukowej  
Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności**

**JAKOŚĆ I PROZDROWOTNE CECHY ŻYWNOCI**

Łódź, 29–30 maja 2001 r.

**Program naukowy**

Tematyka VI Sesji SMKN PTTŻ obejmuje wszelkie aspekty związane z jakością żywności ze szczególnym podkreśleniem jej cech prozdrowotnych. Problematyka prac może dotyczyć wytwarzania i przetwarzania żywności, jak również szeroko pojętej analityki oraz pokrewnych zagadnień związanych z jakością żywności i jej wpływem na zdrowie.

W ramach sesji będą prezentowane doniesienia w formie komunikatów (15 min.) oraz posterów. Wzorem lat ubiegłych jedynymi lub pierwszymi autorami doniesień winni być młodzi pracownicy nauki.

W programie sesji przewidziane jest forum o tematyce dotyczącej prozdrowotnych cech żywności oraz warsztaty poświęcone programowaniu i modelowaniu eksperymentu naukowego.

**Informacje**

VI Sesja SMKN odbędzie się w Ośrodku Wypoczynkowo-Hotelowym „Prząśniczka” w Łodzi przy ul. Studenckiej 20/24 usytuowanym w Lesie Łagiewnickim.

Przewidywany koszt uczestnictwa, obejmujący udział w konferencji oraz nocleg i wyżywienie wyniesie 300 złotych. Szczegółowe informacje o sposobie płatności zostaną podane w II Komunikacie.

do 31 grudnia 2000 – zgłoszenie udziału

do 15 lutego 2001 – nadsyłanie streszczeń

do 15 marca 2001 – II KOMUNIKAT

do 30 kwietnia 2001 – wniesienie opłaty

**Adres do korespondencji**

Komitet Organizacyjny VI Sesji SMKN PTTŻ

Politechnika Łódzka, Instytut Chemicznej Technologii Żywności

Ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź

Tel./fax: (042) 636-74-88

Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk – e-mail: kkolodz@snack.p.lodz.pl

Mgr inż. Maciej Wojtczak – e-mail: wojtczak@snack.p.lodz.pl

<http://snack.p.lodz.pl/smpttz>