

HALINA STANIEK, JACEK ANIOŁA, JOLANTA CZARNOCIŃSKA

## **WPLYW ACETYLOWANEGO ADYPINIANU DISKROBIOWEGO NA WYBRANE WSKAŹNIKI ŻYWIENIOWE SZCZURA**

### **Streszczenie**

Badania miały na celu ocenę wpływu dodatku skrobi modyfikowanej do diety szczurów na wybrane wskaźniki żywieniowe oraz biodostępność witamin przeciwutleniających A i E.

Doświadczenie biologiczne przeprowadzono na 24 samcach szczurów rasy Wistar. Szczury podzielono na dwie grupy i żywiono przez okres 50 dni dietami półsyntetycznymi z dodatkiem skrobi. Diety grup zwierząt doświadczalnych różniły się rodzajem skrobi ziemniaczanej (niemodyfikowana lub modyfikowana chemicznie – acetylowany adypinian diskrobiowy), przy zalecanym, jednakowym poziomie witamin A i E.

Wykazano, że zastosowanie w diecie szczurów wysokiego dodatku skrobi modyfikowanej powodowało spadek wskaźnika wykorzystania diety i ograniczało przyrosty masy ciała szczurów, natomiast nie wpływało na zmniejszenie biodostępności witamin A i E.

**Słowa kluczowe:** skrobia modyfikowana, szczury, wykorzystanie diety, biodostępność, wit. A, wit. E

### **Wprowadzenie**

Do produkcji żywności szeroko wykorzystywane są preparaty skrobiowe, które pełnią przede wszystkim rolę dodatku funkcjonalnego. Skrobie natywne mają jednak ograniczone zastosowanie i często uniemożliwiają otrzymanie określonych produktów gotowych [2, 9, 12]. Dlatego w coraz większym stopniu zastępuje się je skrobiami chemicznie modyfikowanymi. Mimo szerokiego stosowania, wciąż istnieje stosunkowo mało informacji na temat biologicznej dostępności i wykorzystania przez organizm tego typu skrobi, a wyniki badań prowadzonych w tym zakresie są rozbieżne [2, 5, 7, 9]. Jeszcze mniej jest danych dotyczących oddziaływania skrobi modyfikowanych na inne składniki pożywienia.

Skrobie modyfikowane znalazły zastosowanie m.in. w produkcji żywności o obniżonej wartości energetycznej, gdzie są wykorzystywane jako zamienniki tłuszczu. Współczesne technologie żywności o obniżonej kaloryczności, np. margaryn, przewidują stosowanie skrobi modyfikowanych przy jednoczesnym wzbogacaniu tych

produktów w witaminy. Naukowcy [cyt. za 1, 13] zastanawiają się jednak, czy skrobie i jej modyfikowane pochodne, stosowane jako dodatki funkcjonalne, mogą wpływać dzięki odmiennej ich strawności na stopień strawności tłuszczu, a pośrednio na biodostępność witamin A i E.

W niniejszej pracy przeprowadzono doświadczenie biologiczne na szczurach laboratoryjnych, mające na celu określenie wpływu dodatku skrobi modyfikowanej do diet na wybrane wskaźniki żywieniowe oraz biodostępność witamin przeciwutleniających A i E.

### **Materiał i metody badań**

Badania zrealizowano na 24 6-tygodniowych samcach szczurów białych rasy Wistar o początkowej masie ciała około  $184 \pm 7$  g. Zwierzęta przebywały w indywidualnych klatkach, w pomieszczeniu ze sztucznym oświetleniem (12-godzinny cykl świetlny), z temperaturą  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  i stałą wilgotnością względną 50–60% (zgodą Lokalnej Komisji Etycznej w Poznaniu nr 89/2001).

Zwierzęta podzielono na dwie równoliczne grupy i żywiono przez okres 50 dni półocyszczonymi dietami różniącymi się rodzajem skrobi ziemniaczanej, przy zalecanym poziomie witamin A i E w diecie szczurów doświadczalnych, wynoszącym 2000 j.m. (tj. 1,07 mg witaminy A w postaci palmitynianu retinyli oraz 10 j.m. witaminy E (10 mg octanu  $\alpha$ - tokoferolu) na 100 g diety [6]). Dieta podstawowa zawierała: 20% kazeiny, 10% smalcu, 10% cukru, 5% skrobi ziemniaczanej, 4% mieszanki mineralnej i 1% mieszanki witaminowej oraz 50% badanych skrobi. W diecie zastosowano mieszankę soli mineralnych oraz mieszankę pozostałych witamin przygotowaną według zaleceń AOAC z 1975 roku [cyt. za 6]).

W doświadczeniu zastosowano dwa rodzaje skrobi: acetylowany adypinian diskrobiowy (E 1422) ze skrobi ziemniaczanej, rozpuszczalny na zimno (poddany obróbce hydrotermicznej); stopień podstawienia (DS – degree of substitution) grup adypinianowych DS = 0,002 i grup acetylenowych DS = 0,06 czyli około 1,5% oraz niemodyfikowaną skrobię ziemniaczaną również rozpuszczalną na zimno. Obie skrobie wyprodukowano w Centralnym Laboratorium Przemysłu Ziemniaczanego w Luboniu koło Poznania.

Podczas całego doświadczenia szczury otrzymywały wodę i pokarm *ad libitum*. Każdego dnia rejestrowano spożycie diety i ilość niewyjadków, a co 7 dni przeprowadzano kontrolne ważenie zwierząt. Na podstawie kumulatywnego spożycia diety i przyrostów masy ciała obliczano wskaźnik wykorzystania diety. Jako miernik efektywności żywienia przyjęto za Fitzpatrickiem i wsp. [4] wielkość przyrostu masy ciała zwierząt po spożyciu 100 g diety. W 21. dniu doświadczenia dokonano pomiaru czasu pasażu treści pokarmowej, metodą wskaźnikową z użyciem 1g tlenku chromu(III) na 100 g diety.

Po zakończeniu okresu karmienia szczury uśpiono iniekcją dootrzewnową Thiopentalem w dawce 40 mg/kg masy ciała i wykonano sekcję zwierząt. Pobrano

krew do heparynizowanych próbek i odwirowano, w celu uzyskania osocza do analiz biochemicznych oraz wypreparowano wątrobę, która stanowiła materiał do natychmiastowego oznaczenia zawartości witamin A i E.

Do oznaczeń analitycznych witamin A i E stosowano metodykę oznaczania retinolu, tokoferoli i tokotrienoli w osoczu oraz tkankach wg Uedy i Igarashi'ego [14], z zastosowaniem HPLC.

Uzyskane wyniki poddano weryfikacji statystycznej testem t-Studenta w układzie zmiennych niezależnych przy istotności  $\alpha=0,05$  za pomocą programu „Statistica 6.0”.

### Wyniki i dyskusja

Średnie wartości badanych wskaźników wraz z odchyleniem standardowym przedstawiono w tab. 1. oraz na rys. 1. i 2. Wartości średnie różniące się między sobą istotnie statystycznie ( $p < 0,05$ ) oznaczono odmiennymi indeksami literowymi (a, b lub A, B).

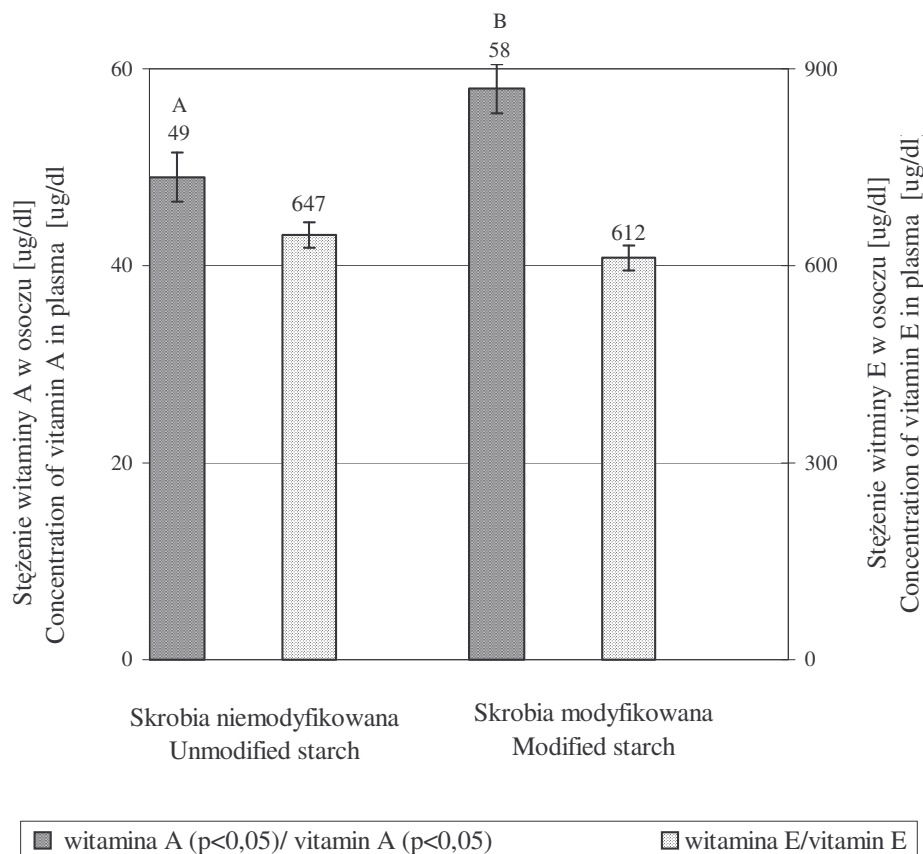
Tabela 1

Wpływ rodzaju skrobi na wybrane wskaźniki żywieniowe.  
Effect of a starch type on the selected nutritional parameters.

| Parametr<br>Parameter  | Rodzaj skrobi<br>Type of starch |                          | Względna wartość<br>oddziaływania<br>Relative value of<br>interaction<br>[%] |
|--|---------------------------------|--------------------------|--|
|  | Niemodyfikowana<br>Unmodified   | Modyfikowana<br>Modified |  |
| Spożycie [g/24 h]<br>Diet intake [g/24 h]                                      | 25,35±0,66                      | 23,74±0,81               | - 6,4  |
|  | n.s.*                           |                          |  |
| Przyrost masy ciała [g/24 h]<br>Body weight gain [g/24 h]                      | 5,69±0,19 <sup>a</sup>          | 4,16±0,24 <sup>b</sup>   | - 26,9   |
|  | p < 0,05                        |                          |  |
| Wskaźnik wykorzystania diety [g/100 g]<br>Food conversion efficiency [g/100 g] | 22,42±0,45 <sup>a</sup>         | 17,48±0,55 <sup>b</sup>  | - 22,0   |
|  | p < 0,05                        |                          |  |
| Czas pasażu [min]<br>Transit time [min]  | 664±25                          | 630±31                   | - 5,1  |
|  | n.s.                            |                          |  |

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\* n.s.– nieistotnie statystycznie / statistically insignificant



Rys. 1. Wpływ rodzaju skrobi na stężenie witaminy A i E w osoczu krwi szczurów.

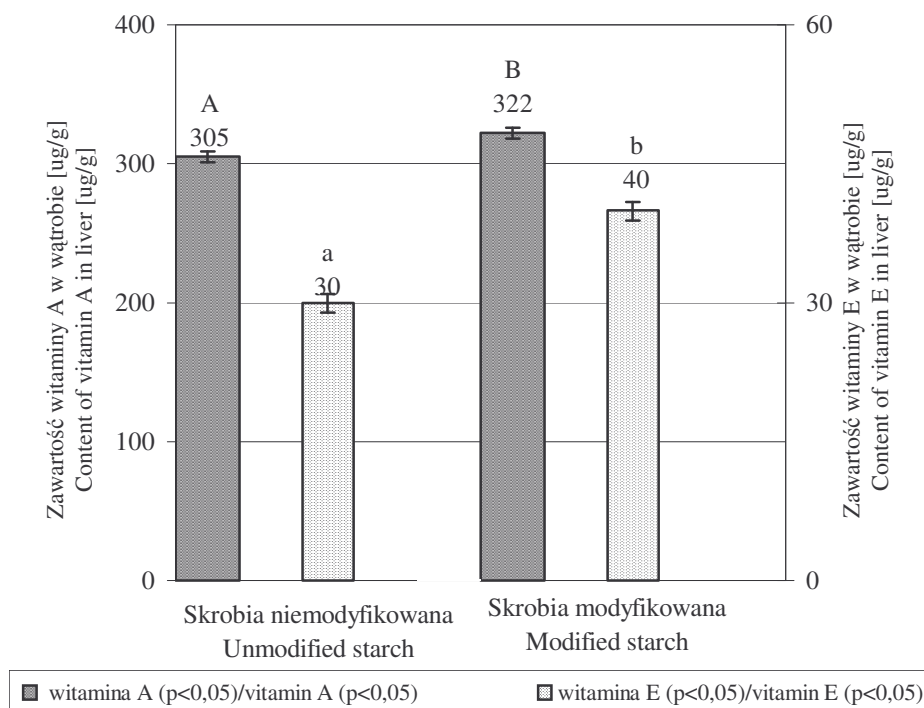
Fig. 1. Effect of a starch type on concentration levels of vitamins A and E in the blood plasma of rats.

Nie stwierdzono wpływu rodzaju skrobi na ilość spożytego przez szczury pokarmu. Wykazano jednak statystycznie istotne oddziaływanie tego czynnika na przyrost masy ciała i wskaźnik wykorzystania diety przez zwierzęta. Szczury skarmiane skrobią modyfikowaną chemicznie uzyskały istotnie mniejsze przyrosty masy ciała ( $4,16 \pm 0,24$  g/24 h), w porównaniu ze szczurami karmionymi skrobią niemodyfikowaną ( $5,69 \pm 0,19$  g/24 h). Dodatek skrobi modyfikowanej do diety zmniejszył efektywność żywienia o 22,0%, w odniesieniu do diety zawierającej skrobię niepoddaną modyfikacji chemicznej.

U zwierząt otrzymujących z paszą skrobię ziemniaczaną modyfikowaną obserwowano krótsze okresy tranzytu treści pokarmowej, jednak różnice nie okazały się statystycznie istotne.

W celu oceny wpływu rodzaju skrobi na biodostępność witamin A i E dla organizmu, oznaczono zawartość tych witamin w osoczu i wątrobie (rys. 1. i 2). Szczury karmione dietą z dużym dodatkiem acetylowanego adypinianu diskrobiowego wykazywały znamienne większą zawartość witaminy A zarówno w osoczu ( $58 \pm$

3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ), jak i w wątrobie ( $322 \pm 5 \mu\text{g}/\text{g}$ ), aniżeli szczury żywione skrobią niemodyfikowaną, odpowiednio ( $49 \pm 2 \mu\text{g}/\text{dl}$  i  $305 \pm 4 \mu\text{g}/\text{g}$ ). Stwierdzono również istotnie większą zawartość witaminy E w wątrobach zwierząt żywionych skrobią modyfikowaną ( $40 \pm 1 \mu\text{g}/\text{g}$ ), w porównaniu z ilością tego składnika oznaczoną w wątrobach szczurów karmionych skrobią niemodyfikowaną ( $30 \pm 1 \mu\text{g}/\text{g}$ ). Natomiast rodzaj skrobi w diecie nie miał istotnego wpływu na zawartość witaminy E w osoczu.



Rys. 2. Wpływ rodzaju skrobi na zawartość witaminy A i E w wątrobie szczurów.

Fig. 2. Effect of a starch type on the content of vitamins A and E in the liver of rats.

Doniesienia literaturowe dotyczące wpływu spożycia modyfikowanych skrobi na powyższe parametry są niejednoznaczne [3, 10, 15]. Mniejsze przyrosty masy ciała wśród zwierząt karmionych modyfikowaną skrobią opisywał Groot i wsp. [7], jako wynik ich niższej strawności [2, 8]. Z kolei Zhou i Kaplan [15] nie obserwowali różnic w masach ciał szczurów spożywających niemodyfikowane i modyfikowane skrobie.

Można przypuszczać, że mniejsze przyrosty masy ciała i efektywność żywienia w grupach zwierząt karmionych acetylowanym adypinianem diskrobiowym powodowane były mniejszą strawnością badanych skrobi, na którą mógł wpłynąć stopień usieciowania skrobi. Wskazywałby na to również nieznacznie krótszy czas pasażu treści pokarmowej u szczurów otrzymujących modyfikowaną skrobię, sugerujący niższą strawność tego preparatu w porównaniu ze strawnością skrobi niemodyfikowanej.

Derache [2] na podstawie swoich badań stwierdził, że skrobie acetylowane ulegają trawieniu w ponad 90%, przy czym ich strawność maleje ze wzrostem stopnia acetylowania. Skrobia acetylowana w niewielkim stopniu (1,6% acetylacji) jest hydrolizowana *in vitro* przez pankreatynę w 93%, a gdy acetylacja wynosi 2,3% tylko w 62%. Odmienne wyniki w kwestii acetylacji i jej wpływu na strawność skrobi uzyskali Liu i wsp. [11], którzy wykazali, że acetylacja powoduje wzrost strawności skrobi.

Lillford i Norton [10] stwierdzili, że wprowadzenie do produktów spożywczych skrobiowych dodatków polimerowych, pochodzących ze źródeł naturalnych, jest bezpieczne dla zdrowia pod warunkiem, że nie są one spożywane w nadmiarze.

Nie ma wcześniejszych danych eksperymentalnych opisujących wpływ modyfikacji chemicznej skrobi na biodostępność witamin A i E, w związkach używanych przy wzbogacaniu żywności. Jednak de Schrijver i wsp. [13] wskazują na wpływ skrobi odpornej na obniżenie strawności tłuszczu, co może powodować zmniejszenie ich wchłaniania z przewodu pokarmowego. Dodatkowo Rabe [cyt. za 1] uważa, że podczas przetwarzania mogą powstawać połączenia skrobi i tłuszczu, które są trudniej trawione, co w konsekwencji może powodować mniejszą dostępność witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, a wyższy poziom witamin A i E w wątrobie i witaminy A w osoczu krwi szczurów żywionych dietą z dodatkiem acetylowanego adypinianu diskrobiowego, może nawet świadczyć o wręcz odwrotnym zjawisku.

Wyniki niniejszych badań pozwalają stwierdzić, że duży dodatek acetylowanego adypinianu diskrobiowego, wynoszący ponad 50% całkowitej masy diety, nie wpływa negatywnie na przyswajanie badanych witamin rozpuszczalnych w tłuszczach.

## Wnioski

1. Zastosowanie w diecie 50-procentowego udziału acetylowanego adypinianu diskrobiowego przyczynia się do spadku wskaźnika wykorzystania diety i ogranicza przyrosty masy ciała szczurów.
2. Duży dodatek skrobi modyfikowanej nie wpływa negatywnie na biodostępność witamin A i E.

## Literatura

- [1] Cierpikowska M., Drywień M.: Skrobia oporna jako składnik żywności: wartość odżywcza i właściwości fizjologiczne. *Żyw. Czł. Met.*, 1999, **26**, **2**, 147-155.
- [2] Derache R.: Amidons modifies: donees nutritionnelles et toxicologiques. *Méd. et Nutr.*, 1983, **3**, 195-202.
- [3] Ebihara K., Shiraishi R., Okuma K.: Hydroksypropyl-modified potato starch fecal bile acid excretion in rats. *J. Nutr.*, 1998, **5**, 848-854.
- [4] Fitzpatrick D. W., Bannerman S.A., Ready A. E., Bruce V. M.: The effects of diet and exercise training on growth, body composition, and blood lipid levels in rats. *Nutr. Res.*, 1986, **6**, **7**, 837-847.
- [5] Galiński G., Gawęcki J., Lewandowicz G.: Strawność *in vitro* skrobi natywnych i modyfikowanych bez i z dodatkiem środków słodzących. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **3** (24), 69-77.

- [6] Gawęcki J., Jeszka J.: Żywnienie człowieka. Ćwiczenia. PWN. Warszawa 1995.
- [7] Groot A. P., Til H. P., Feron V. J., Dreef-van der Meulen H. C., Willems M. I.: Two-year feeding and multigeneration studies in rats on five chemically modified starches. *Food Cosmet. Toxicol.*, 1974, **12**, 651-663.
- [8] Kishida T., Nakai Y., Ebihara K.: Hydroxypropyl-distarch phosphate from Tapiocastrach reduces zinc and iron absorption in rats. *J. Nutr.*, 2001, **131**, **2**, 294-300.
- [9] Lewandowicz G., Walkowski A.: Aspekty żywieniowe i toksykologiczne stosowania skrobi modyfikowanych. *Przem. Spoż.*, 1994, **11**, 365-368.
- [10] Lillford P. J., Norton J. T.: High molecular weight food additives: where are we going? *Trends in Food Sci. Technol.*, 1994, **5**, **6**, 196-198.
- [11] Liu H., Lawrence R., Corke H.: Physical properties and enzymatic digestibility of acetylated *ae, wx*, and normal maize starch. *Carbohydr. Polym.*, 1997, **34**, 283-289.
- [12] Luallen A.: Zastosowanie skrobi w mrożonych preparatach spożywczych. *Food Technol.*, 1994, **48**, **5**, 39-43.
- [13] De Schrijver R., Vanhoof K., Vande Ginste J.: Nutrient utilization in rats and pigs fed enzyme resistant starch. *Nutr. Res.*, 1999, **19**, **9**, 1349-1361.
- [14] Ueda T., Igarashi O.: Determination of vitamin E in biological specimens and foods by HPLC - pretreatment of samples and extraction of tocoferols. *J. Micronutr. Anal.*, 1990, **7**, 79-96.
- [15] Zhou X., Kaplan M.: Soluble amylose cornstarch is more digestible than soluble amylopectin potato starch in rats. *J. Nutr.*, 1997, **127**, **7**, 1349-1356.

#### THE EFFECT OF ACETYLATED DISTARCH ADIPATE ON SOME SELECTED NUTRITIONAL PARAMETERS IN THE RAT

##### S u m m a r y

The objective of the investigations was to access the effect of modified starch added to the diet of rats on some selected nutritional parameters, as well as on the bioavailability of antioxidant vitamins A and E.

The biological experiments were performed using 24 male rats of a Wistar race. The rats were divided into two groups, and fed using semi-purified diets containing starch addition, during a period of 50 days. The diets applied to experimental animals differed in the type of potato starch (non-modified or chemically modified, i.e. an acetylated distarch adipate), but the levels of vitamins A and E in the diets were identical as recommended.

It was stated that the addition of high amounts of modified starch to the diet of rats caused a decrease in the food conversion efficiency, and it also limited rates of body mass gain in rats; though, it did not produce any effect of reducing the bioavailability of vitamins A and E.

**Key words:** modified starch, rats, food conversion efficiency, bioavailability, vitamin A, vitamin E 