

# Typ i czas stosowania diety wegetariańskiej a surowicze stężenie witaminy B<sub>12</sub>

Type and length of vegetarian diet and serum vitamin B<sub>12</sub> concentrations

Małgorzata Chabasińska<sup>1</sup>, Juliusz Przystawski<sup>2</sup>, Aleksandra Lisowska<sup>1</sup>, Małgorzata Schlegel-Zawadzka<sup>3</sup>, Marian Grzymiński<sup>4</sup>, Jarosław Walkowiak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika Gastroenterologii Dziecięcej i Chorób Metabolicznych Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra i Zakład Bromatologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

<sup>3</sup>Zakład Żywności Człowieka Instytutu Zdrowia Publicznego Wydziału Ochrony Zdrowia Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

<sup>4</sup>Klinika Chorób Wewnętrznych, Metabolicznych i Dietetyki Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Przeгляд Gastroenterologiczny 2008; 3 (2): 63–67

**Słowa kluczowe:** wegetarianie, dieta, witamina B<sub>12</sub>.

**Key words:** vegetarian, diet, vitamin B<sub>12</sub>.

**Adres do korespondencji:** prof. dr hab. n. med. Jarosław Walkowiak, Pracownia Analityki Klinicznej i Badań Czynnościowych Przewodu Pokarmowego, Klinika Gastroenterologii Dziecięcej i Chorób Metabolicznych, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego, ul. Szpitalna 27/33, 61-572 Poznań, tel. +48 61 848 03 10, e-mail: jarwalk@am.poznan.pl

## Streszczenie

**Wstęp:** Podstawową zasadą diety wegetariańskiej jest unikanie produktów pochodzenia zwierzęcego. Klasycznym negatywnym skutkiem tej diety jest niedobór witaminy B<sub>12</sub>. Ocena ustrojowych zasobów tej witaminy jest konieczna w celu wprowadzenia suplementacji w przypadku stwierdzenia jej niedoborów. Współczesna dieta wegetariańska obejmuje podaż gotowych półproduktów i produktów.

**Cel:** Ocena wpływu diety wegetariańskiej na ustrojowe zasoby witaminy B<sub>12</sub>.

**Materiał i metody:** Badaniem objęto 118 wegetarian (40 wegan, 24 laktowegetarian oraz 54 laktoowo-wegetarian) oraz 90 osób odżywiających się tradycyjnie. Krócej niż 5 lat pozostawało na diecie 53 wegetarian, natomiast 65 osób dłużej niż 5 lat. U wszystkich badanych oznaczono surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub>.

**Wyniki:** W grupie wegetarian stosujących dietę dłużej niż 5 lat stężenia witaminy B<sub>12</sub> były istotnie statystycznie niższe ( $X_{sr} \pm SEM$  254±10 pg/ml) niż w grupie osób zdrowych (364±14 pg/ml). Najwyższe surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub> (336±10 pg/ml) zaobserwowano u laktoowo-wegetarian, a najniższe u wegan (281±37 pg/ml). Obniżone stężenia witaminy B<sub>12</sub> stwierdzono u 24 (60%) wegan i u 1 osoby (4,2%) stosującej dietę laktowegetariańską.

**Wnioski:** U wegetarian dochodzi do istotnego obniżenia surowiczych stężeń witaminy B<sub>12</sub>. Dla ustrojowych zasobów witaminy B<sub>12</sub>, oprócz rodzaju diety, decydujące znaczenie ma także czas jej stosowania. Najbardziej restrykcyjna jest dieta wegańska. Tym samym jej prowadzenie, a zwłaszcza diety wegańskiej, wymaga systematycznej kontroli surowiczych stężeń witaminy B<sub>12</sub>.

## Abstract

**Introduction:** Avoiding animal products is the basic principle of a vegetarian diet. Deficiency of vitamin B<sub>12</sub> is its classic negative effect. The assessment of vitamin B<sub>12</sub> resources is necessary to introduce supplementation in case of deficiency. A modern vegetarian diet includes the intake of semi-ready and ready-to-use products.

**Aim:** Assessment of the influence of a modern vegetarian diet on vitamin B<sub>12</sub> resources.

**Material and methods:** The study comprised 118 vegetarians (40 vegans, 24 lacto vegetarians and 54 lacto-ovo vegetarians) and 90 omnivores. 53 vegetarians had been on the diet for less than 5 years and 65 for more than 5 years. Serum vitamin B<sub>12</sub> concentrations were analyzed in all studied subjects.

**Results:** Long-term vegetarians had lower vitamin B<sub>12</sub> concentrations ( $X_{sr} \pm SEM$ : 254±10 pg/ml) than healthy subjects (364±14 pg/ml). Levels of vitamin B<sub>12</sub> were highest in lacto-ovo vegetarians (336±10 pg/ml) and lowest in vegans (281±37 pg/ml). Vitamin B<sub>12</sub> deficiency was found in 24 (60%) vegans and in 1 (4.2%) lacto-vegetarian.

**Conclusions:** In modern vegetarians a significant decrease of vitamin B<sub>12</sub> concentration is found. The type of diet and length of its application has a crucial role for vitamin B<sub>12</sub> body resources. A vegan diet is the most restrictive in this respect. Thus a vegetarian diet, especially a vegan one, demands systematic control of serum vitamin B<sub>12</sub> concentrations.

## Wstęp

Podstawową zasadą wegetarianizmu jest unikanie produktów pochodzenia zwierzęcego. Istnieją różne formy wegetarianizmu – weganizm, czyli wegetarianizm ścisły, wykluczający z diety jakiegokolwiek produkty pochodzenia zwierzęcego; laktowegetarianizm, który pozwala na włączenie do diety roślinnej mleka i jego przetworów, oraz laktoowegetarianizm, który dodatkowo przewiduje również spożywanie jaj [1–3].

Wegetarianie stosują istotnie odmienne diety, dlatego konieczne jest różnicowanie poszczególnych ich typów. Wiele nieporozumień dotyczących oceny wpływu diety wegetariańskiej na stan zdrowia może wynikać z braku takiego różnicowania w prowadzonych analizach. Najbardziej restrykcyjną formą wegetarianizmu jest dieta wegańska, z którą wiąże się duże ryzyko wystąpienia określonych niedoborów żywieniowych. Mniej restrykcyjne diety wegetariańskie, np. dieta laktoowegetariańska, dają potencjalne możliwości zapewnienia kompletnego zestawu składników odżywczych w dziennej racji pokarmowej. Wykluczenie z diety wegetariańskiej produktów pochodzenia zwierzęcego może wiązać się z niedostateczną podażą wielu substancji odżywczych, w tym wapnia, żelaza, cynku i jodu oraz pewnych aminokwasów. Jednakże klasycznym negatywnym skutkiem diety wegetariańskiej jest niedobór witaminy B<sub>12</sub> [4]. Pociąga on za sobą wzrost stężenia homocysteiny i kwasu metylomalonowego we krwi. W świetle dotychczas przeprowadzonych badań hiperhomocysteinemia może być czynnikiem ryzyka wystąpienia choroby sercowo-naczyniowej, szczególnie w najbardziej restrykcyjnej diecie wegańskiej [5]. Również ze względu na niedobór witaminy B<sub>12</sub> ścisły wegetarianizm jest szkodliwy dla niemowląt i dzieci oraz młodzieży w okresie wzrostu. Niedobór witaminy B<sub>12</sub>

u osób niespożywających mięsa może wywołać niedokrwistość makrocytową [6]. Szczególne niebezpieczeństwo niesie za sobą okres ciąży i laktacji u weganek. Wielokrotnie opisywano ciężkie uszkodzenia układu nerwowego oraz występowanie niedokrwistości u potomstwa [7, 8]. Ocena ustrojowych zasobów witaminy B<sub>12</sub> jest konieczna w celu wprowadzenia suplementacji w przypadku stwierdzenia jej niedoborów. Niewątpliwie należy przy tym uwzględnić typ diety wegetariańskiej oraz czas jej stosowania. Współczesna dieta wegetariańska obejmuje podaż gotowych półproduktów i produktów wzbogaconych w witaminę B<sub>12</sub>. Dlatego też wydaje się, że obecnie może występować mniejsze ryzyko niedoborów tej witaminy.

## Cel pracy

Celem pracy była ocena surowiczych stężeń witaminy B<sub>12</sub> w dużej grupie wegetarian oraz próba oceny wpływu typu i czasu stosowania danej diety.

## Materiał i metody

W badaniach wzięło udział 118 wegetarian (44 mężczyzn i 74 kobiety) oraz 90 osób odżywiających się tradycyjnie (30 mężczyzn i 60 kobiet) (tab. I). Dietę wegańską stosowało 40 osób, 24 dietę laktowegetariańską, a 54 laktoowegetariańską. W całej grupie wegetarian wyodrębniono 53 osoby, które odżywiały się zgodnie z zasadami diety wegetariańskiej krócej niż 5 lat, oraz 65 badanych będących wegetarianami dłużej niż 5 lat. Minimalny czas stosowania diety wyniósł 2 lata.

U wszystkich osób dokonano oceny zasobów ustrojowych witaminy B<sub>12</sub>. Jej stężenia w surowicy krwi oznaczono metodą chemiluminescencyjną przy użyciu testu Immulite-Witamina B<sub>12</sub> firmy Diagnostic Products Corporation (USA). Wyniki wyrażono w pg/ml. Zakres referencyjny witaminy B<sub>12</sub> w osoczu dla testu Immulite-Witamina B<sub>12</sub> wynosi 193–982 pg/ml (od 128 do 648 pmol/l), [pg/ml × 0,7378 = pmol/l] [9].

Badając występowanie różnic wartości analizowanych parametrów między grupą wegetarian a ochotników na diecie tradycyjnej oraz poszczególnymi grupami wegetarian, wykonano nieparametryczny test U Manna-Whitneya (zmienne niepowiązane). Za istotne statystycznie uznano wartości p < 0,05.

Zakres badań zatwierdzony został przez Komisję Etyczną Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

## Wyniki

Surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub> u osób odżywiających się tradycyjnie oraz u wegetarian stosujących

**Tabela I.** Podstawowe dane antropometryczne badanych wegetarian i osób odżywiających się tradycyjnie

*Table I. Basic anthropometric data in vegetarians and omnivores*

	Wegetarianie		Grupa kontrolna	
	X <sub>sr.</sub> ± SEM (mediana)	zakres	X <sub>sr.</sub> ± SEM (mediana)	zakres
wiek (lata)	26,7±0,5 (26,1)	18–49	27±0,5 (26)	18–55
masa ciała (kg)	62,5±1,1 (61,2)	44,5–89,2	63,6±1,5 (61,8)	49,2–87,2
wysokość ciała (cm)	169,7±0,8 (169)	158–192	168±1 (167)	156–186
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21,7±0,3 (21,6)	18–29,4	22,3±0,3 (21,9)	17,8–31,2

dietę krócej i dłużej niż 5 lat przedstawiono w tab. II. W grupie wegetarian stosujących dietę dłużej niż 5 lat stężenia witaminy B<sub>12</sub> były istotnie statystycznie niższe ( $p=0,0000001$ ) niż stężenia w grupie kontrolnej oraz wegetarian stosujących dietę przez czas krótszy niż 5 lat ( $p=0,0011$ ). Wykazano statystycznie istotne różnice stężeń witaminy B<sub>12</sub> w zależności od typu i czasu stosowania diety wegetariańskiej (tab. II i tab. III). Obniżone stężenia witaminy B<sub>12</sub> stwierdzono u 6 (11,3%) osób stosujących dietę wegetariańską krócej niż 5 lat i u 19 (29,2%) będących wegetarianami dłużej niż 5 lat. Dodatkowo zaobserwowano, że stężenia witaminy B<sub>12</sub> u wegetarian były zależne od rodzaju stosowanej diety wegetariańskiej (tab. II). Najwyższe surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub> odnotowano u osób stosujących dietę laktoowo-wegetariańską, a najniższe u badanych stosujących dietę wegańską. Obniżone stężenia witaminy B<sub>12</sub> stwierdzono u 24 (60%) wegan i u jednej (4,2%) osoby stosującej dietę laktowegetariańską. U wszystkich laktoowo-wegetarian stężenia witaminy B<sub>12</sub> były prawidłowe. Istotności statystyczne różnic między stężeniami witaminy B<sub>12</sub> u osób na diecie tradycyjnej oraz stosujących różne odmiany diety wegetariańskiej przedstawiono w tab. III.

## Omówienie

W pracy dokonano oceny ustrojowych zasobów witaminy B<sub>12</sub> u osób stosujących różne rodzaje diety wegetariańskiej oraz odżywiających się tradycyjnie. Witamina B<sub>12</sub> jest magazynowana w organizmie człowieka i jej zasoby wystarczają na ok. 5–6 lat. Z tego względu w niniejszej pracy dodatkowo oceniono wpływ czasu stosowania diety wegetariańskiej.

Jednoznacznie wykazano, że rodzaj diety wegetariańskiej istotnie wpływa na stężenia witaminy B<sub>12</sub> w surowicy krwi. Najwyższe stężenia zaobserwowano u osób stosujących dietę laktoowo-wegetariańską, a najniższe dietę wegańską. Pewną zależność między zasobami witaminy B<sub>12</sub> a rodzajem spożywanej diety wegetariańskiej odnotowali również Herrmann i wsp. [10], wskazując na dietę wegańską jako najbardziej sprzyjającą awitaminozie B<sub>12</sub>. Z badań Solberg i wsp. [11] wynika, że nawet długotrwała dieta laktoowo-wegetariańska nie doprowadza do niedoborów witaminy B<sub>12</sub>, a jej surowicze stężenia korelują z wielkością spożycia w diecie. Hokin i wsp. [12] przeprowadzili badania w grupie adwentystów zamieszkujących tereny Australii i stosujących dietę wegetariańską dłużej niż 3 lata. Aż u 73% badanych stwierdzono surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub> poniżej dolnej granicy wartości prawidłowych (220 pmol/l). Także Krajcovicova-Kudlackova i wsp. [13] udowodnili, że typ diety wegetariańskiej istotnie wpły-

**Tabela II.** Surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub> w zależności od typu diety wegetariańskiej i czasu jej stosowania

**Table II.** Serum vitamin B<sub>12</sub> concentrations in relation to type of vegetarian diet and in length

	X <sub>sr.</sub> ± SEM (mediana)	Zakres
grupa kontrolna	364±14 (328)	159–723
wegetarianie <5 lat	381±30 (324)	119–2158
wegetarianie >5 lat	254±10 (244)	80–506
weganie	281±37 (178)	119–2158
laktowegetarianie	326±35 (262)	191–900
laktoowo-wegetarianie	336±10 (323)	209–582

**Tabela III.** Istotność statystyczna różnic stężeń witaminy B<sub>12</sub> u osób odżywiających się tradycyjnie i wegetarian

**Table III.** Statistical significance of difference of vitamin B<sub>12</sub> concentration in omnivores

	Witamina B <sub>12</sub>		
	VEG	LV	LOV
GK	0,0000001	NS	NS
VEG	–	0,000058	0,0000001
LV	–	–	0,095

VEG – weganie

LV – laktowegetarianie

LOV – laktoowo-wegetarianie

GK – grupa odżywiająca się tradycyjnie

NS – nieistotne statystycznie

wa na surowicze stężenia kobalaminy (średnie stężenia – 140,1 pmol/l u wegan, 214,8 pmol/l u laktowegetarian i laktoowo-wegetarian oraz 344,7 pmol/l u osób na diecie tradycyjnej). Czas stosowania diety wegetariańskiej wyniósł 7–8 lat. Przyjmując za punkt odcięcia wartość 179 pmol/l, obniżone stężenia witaminy B<sub>12</sub> stwierdzono u 78% wegan i 26% pozostałych wegetarian oraz prawidłowe stężenia u wszystkich osób z grupy kontrolnej. Podobne obserwacje poczynili Haddad i wsp. [14]. U 10 spośród 25 wegan biorących udział w tym eksperymencie stężenia witaminy B<sub>12</sub> były niższe niż 150 pmol/l. Ponadto czas stosowania diety w badanej grupie nie był długi i wyniósł 4 lata. Uważa się, że witamina B<sub>12</sub> jest punktem krytycznym diety wegańskiej lub zbliżonej do niej diety makrobiotycznej. Autorzy pracy [15] stwierdzili niskie stężenia witaminy B<sub>12</sub> u dziewczynek i chłopców w wieku 9–15 lat odżywiających się zgodnie z dietą laktoowo-wegetariańską, którzy we wczesnym dzieciństwie stosowali dietę makrobiotyczną (bardzo podobną do diety wegańskiej). Dane te sugeru-

ją, że umiarkowane spożycie produktów zwierzęcych nie jest wystarczające do przywrócenia prawidłowego stanu kobalaminy u dzieci z nieodpowiednim jej spożyciem we wczesnych latach życia.

Wyniki badań własnych jednoznacznie sugerują, że zasoby witaminy B<sub>12</sub> u wegetarian są zależne od czasu stosowania diety wegetariańskiej. Porównanie stężeń witaminy B<sub>12</sub> u osób odżywiających się tradycyjnie i wegetarian stosujących dietę krócej niż 5 lat nie wykazało występowania istotnych różnic. Natomiast u wegetarian stosujących dietę dłużej niż 5 lat stwierdzono niższe surowicze stężenia witaminy B<sub>12</sub> (254±10 pg/ml) niż u osób odżywiających się tradycyjnie (364±14 pg/ml). Odnotowano ponadto statystycznie istotne różnice stężeń witaminy B<sub>12</sub> (p=0,0011) w zależności od dłuższego bądź krótszego stosowania diety wegetariańskiej. Miller i wsp. [16] także odnotowali odwrotnie proporcjonalną zależność między stężeniem kobalaminy w surowicy a czasem trwania diety wegetariańskiej. Podobne obserwacje poczynili Waldmann i wsp. [17]. W badaniach przeprowadzonych u starszych wegetarianek (>55 lat) w Chinach stosujących dietę dłużej niż 5 lat wykazano obniżone stężenia witaminy B<sub>12</sub> (<150 pmol/l) z jednoczesnym obniżeniem stężenia hemoglobiny (<9 g/dl), jednak bez wzrostu objętości erytrocytów [18].

Krytycznym punktem diety wegetariańskiej jest podaż witaminy B<sub>12</sub>. Jednym z istotnych elementów korygujących dietę wegetariańską okazać się może podaż wodorostów *Chlorella* i *Nori*. Z badań Watanabe i wsp. [19] wynika, że dla ścisłych wegan są one najlepszym źródłem witaminy B<sub>12</sub>. Jednocześnie niemożliwe wydaje się, aby dostarczały szkodliwej dla zdrowia dawki jodu. Z drugiej strony, pewną opcję może stanowić podaż gotowych półproduktów i produktów wzbogaconych w witaminę B<sub>12</sub>. Jednakże jak wykazują badania autorów niniejszej pracy może być to źródło niewystarczające. Stwierdzono również, że prowadzenie diety wegetariańskiej, zwłaszcza wegańskiej, wymaga długofalowego monitorowania surowiczych stężeń witaminy B<sub>12</sub>. Zmiany zasobów witaminy B<sub>12</sub> wymagają natomiast długotrwałej zmiany sposobu żywienia. Badania własne pokazują, iż mimo stosowania półproduktów i produktów wzbogaconych witaminą B<sub>12</sub>, ze stosowaniem współczesnej diety wegetariańskiej, w szczególności wegańskiej, wiąże się występowanie niedoborów witaminy B<sub>12</sub>. Tym samym nadal niezbędny jest stały nadzór nad jej stężeniami.

## Wnioski

U współczesnych wegetarian dochodzi do istotnego obniżenia surowiczych stężeń witaminy B<sub>12</sub>. Najbardziej restrykcyjna w tym względzie jest dieta wegańska. Dla ustrojowych zasobów witaminy B<sub>12</sub>, oprócz

rodzaju diety, decydujące znaczenie ma także czas jej stosowania. Tym samym prowadzenie diety wegetariańskiej, a zwłaszcza wegańskiej, wymaga systematycznej kontroli surowiczych stężeń witaminy B<sub>12</sub>, a przede wszystkim profesjonalnej pomocy dietetycznej, która pozwoli zminimalizować ryzyko występowania jej niedoborów.

## Piśmiennictwo

1. Abdulla M, Andersson I, Asp NG i wsp. Nutrient intake and health status of vegans. Chemical analyses of diets using the duplicate portion sampling technique. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2464-77.
2. Novy MA. Are strict vegetarians at risk of vitamin B<sub>12</sub> deficiency? *Clin J Med* 2000; 67: 87-8.
3. Waldmann A, Koschizke JW, Leitzmann C, Hahn A. Dietary iron intake and iron status of German vegans: results of the German vegan study. *Ann Nutr Metab* 2004; 48: 103-8.
4. Larsson CL, Johansson GK. Young Swedish vegans have different sources of nutrients than young omnivores. *J Am Diet Assoc* 2005; 105: 1438-41.
5. Misra A, Vikram NK, Pandey RM i wsp. Hyperhomocysteinemia and low intakes of folic acid and vitamin B<sub>12</sub> in urban North India. *Eur J Nutr* 2002; 41: 68-77.
6. Hronek M, Kudlackova Z. Deficient intake of nutrients and the resulting health complications in vegetarians in the course of pregnancy and lactation. *Ceska Gynekol* 2005; 70: 161-4.
7. Herrmann W, Obeid R, Schorr H i wsp. Functional vitamin B<sub>12</sub> deficiency and determination of holotranscobalamin in populations at risk. *Clin Chem Lab Med* 2003; 41: 1178-88.
8. Hozyasz K. Zawartość i biodostępność witamin i pierwiastków śladowych w dietach wegetariańskich. *Med Rodz* 2000; 1: 8-12.
9. National Committete for Clinical Laboratory Standards. Procedures for the collection if diagnostic blood specimens by venipuncture; approved standard. NCCLS Document H3-H4, 1998.
10. Herrmann W, Schorr H, Obeid R, Geisel J. Vitamin B<sub>12</sub> status, particularly holotranscobalamin II and methylmalonic acid concentrations and hyperhomocysteinemia in vegetarians. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 131-6.
11. Solberg EE, Magnus E, Sander J i wsp. Vegetarians and vitamin B<sub>12</sub>. A controlled trial of vitamin B<sub>12</sub> status in 63 lactovegetarians. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1994; 114: 2601-2.
12. Hokin BD, Butler T. Cyanocobalamin (vitamin B<sub>12</sub>) status in Seventh-day Adventist ministers in Australia. *Am J Clin Nutr* 1999; 70 (3 Suppl): 576S-8S.
13. Krajcovicova-Kudlackova M, Blazicek P, Kopcova J i wsp. Homocysteine levels in vegetarians versus omnivores. *An Nutr Metab* 2000; 44: 135-8.
14. Haddad EH, Berk LS, Kettering JD i wsp. Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 586-93.
15. Bissoli L, Di Francesco V, Ballarin A i wsp. Effect of vegetarian diet on homocysteine levels. *Ann Nutr Metab* 2002; 46: 73-9.
16. Miller DR, Specker BL, Ho L, Norman EJ. Vitamin B<sub>12</sub> status in a macrobiotic community. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 524-9.
17. Waldmann A, Koschizke JW, Leitzmann C, Hahn A. Homocysteine and cobalamin status in German vegans. *Public Health Nutr* 2004; 7: 467-72.

18. Kwok T, Cheng G, Woo J i wsp. Independent effect of vitamin B<sub>12</sub> deficiency on hematological status in older Chinese vegetarian women. *Am J Hematol* 2002; 70: 186-90.
19. Watanabe F, Takenaka S, Katsura H i wsp. Dried green and purple lavers (Nori) contain substantial amounts of biologically active vitamin B(12) but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *J Agric Food Chem* 1999; 47: 2341-3.