調査・資料

市販飲料中の硝酸塩および亜硝酸塩の含有量調査

(平成 16 年 11 月 30 日受理)

村田美穂子^{*1,†} 石永正隆^{*2}Contents of Nitrate and Nitrite in Vegetable Juice,
Tea Beverage and Mineral Water on the MarketMihoko MURATA^{*1,†} and Masataka ISHINAGA^{*2}(*¹Hiroshima Bunka Two-Year College: 3-5-1, Nagatsukanishi,
Asaminami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima 731-0136, Japan;*²Prefectural University of Hiroshima: 1-1-71, Ujina-Higashi, Minami-ku,
Hiroshima-shi, Hiroshima 734-8558, Japan; † Corresponding author)

The contents of nitrate and nitrite in vegetable juice ($n=63$), tea beverage ($n=12$) and mineral water ($n=15$) were measured. The mean contents of nitrate were 0.73 ± 14.57 mg/100 g, 0.61 ± 1.12 mg/100 g and 0.25 ± 0.33 mg/100 g as NO_3^- , respectively. The contents of the nitrite were 0.03 ± 0.05 mg/100 g, 0.02 ± 0.01 mg/100 g and 0.001 ± 0.001 mg/100 g as NO_2^- , respectively. The content of nitrate is high in some vegetable juices, and warnings may be necessary for people who drink them frequently.

(Received November 30, 2004)

Key words: 硝酸塩 nitrate; 亜硝酸塩 nitrite; 一日摂取量 daily intake; 飲料 beverage

緒 言

硝酸塩は広く自然界に分布しており、植物などの重要な窒素源である。また、硝酸塩はヒトの体内に野菜類や飲料水などを介して、絶えず摂取されている。さらに、硝酸塩は食品添加物として食肉の発色剤などで食品の製造および加工に使用されるが、それによる摂取量はごくわずかであり、大部分は野菜類から摂取されている^{1), 2)}。飲料水や野菜類などに含有する硝酸塩は、野菜などを栽培する時の施肥肥料の状態により影響を受けることが知られている。

ヒトの体内に摂取された硝酸塩の一部は口腔内や消化管内で微生物により亜硝酸塩に変換され、この亜硝酸塩が胃内でアミン類と速やかに反応し、強い発がん原性を有するN-ニトロソ化合物を生成する可能性が指摘されたことから、食品中の硝酸塩は亜硝酸塩の前駆物質として食品衛生上の重要な問題点となった^{3)~5)}。

これまで、硝酸塩および亜硝酸塩の摂取量については、「マーケットバスケット方式による日本人の硝酸・亜硝酸の一日摂取量調査研究 (1995~1996 年度)」⁶⁾ や「食品添加物一日摂取量総点検調査報告書」がある⁷⁾。いずれにおいても日本人の硝酸塩の摂取量は、FAO/WHO 合同食品

添加物専門家委員会 (FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives; JECFA) の設定した一日摂取許容量 (acceptable daily intake; ADI) を上回る結果であった。JECFA の設定した硝酸塩の ADI は 3.7 mg/kg 体重/日であり、成人当たり (日本人では体重 50 kg 当たりとする) に換算すると硝酸塩の許容量は 185 mg となる。また、亜硝酸塩の ADI は 0.06 mg/kg 体重/日であり、成人当たりでは亜硝酸塩の許容量は 3 mg となる。

また、我々は陰膳方式により成人男性および学童における硝酸塩および亜硝酸塩の一日摂取量の実測値を求めており^{8), 9)}、これらの摂取量が ADI を超えた人の存在を確認している。硝酸塩の ADI を超えた人は、成人男性で 27%、学童では 16%であった。

一方、平成 14 年の国民栄養調査の結果¹⁰⁾では、一人当たりの一日の野菜摂取量は約 270 g で、厚生労働省が推奨する野菜の摂取量の一日 350 g に約 80 g 不足していることが指摘されている。近年、野菜類を多く使用した野菜ジュースが市販され、野菜不足を改善する 1 つの方法として広く利用されるようになってきた。平成 13 年度の野菜系飲料の生産量は 37 万 4 千 kL (対前年比 110.0%) と増加傾向にある¹¹⁾。現在、野菜ジュース類と硝酸塩に関しては、関本ら¹²⁾の野菜汁飲料に関する報告がある。

本研究では、市販飲料として、野菜ジュース類、茶飲料およびミネラルウォーターを試料とし、硝酸塩および亜硝酸

† 連絡先

*¹ 広島文化短期大学: 〒731-0136 広島県広島市安佐南区長束西 3-5-1*² 県立広島大学: 〒734-8558 広島県広島市宇品東 1-1-71

酸塩の含有量を調査した。

試料および実験方法

1. 市販飲料中の硝酸塩および亜硝酸塩の分析

1) 試料

試料は市販野菜ジュース類 63 本、茶飲料 12 本、ミネラルウォーター 15 本を用いた。

野菜ジュース類は、トマトジュース 9 試料、トマトミックスジュース 8 試料、野菜・果実ミックスジュース 37 試料、乳酸発酵野菜飲料 5 試料および果汁入り飲料 4 試料で、メーカーは 20 社であった。

茶飲料は、メーカーの異なる緑茶 9 種類、ウーロン茶 2 種類および紅茶 1 種類であった。

ミネラルウォーターは、メーカーの異なる日本産 7 種類、フランス産 4 種類、イタリア産 2 種類、イギリス産 1 種類およびアメリカ合衆国産 1 種類であった。

試料の購入時期は、2003 年 4 月から 2004 年 10 月で、広島市内の小売店で購入した。

2) 試験溶液の調製

試料の硝酸塩および亜硝酸塩の分析は、食品添加物分析法¹³⁾に準じて試験溶液を調製した。

市販の野菜ジュース類および茶飲料は 10 g を正確にはかり取り、飽和ホウ酸ナトリウム溶液 25 mL を加え、80℃の湯浴上で 15 分間加熱し、室温まで冷却後、硫酸亜鉛溶液 10 mL を加え、30 分以上室温で放置後、ろ過して 100 mL に定容した。これを試験溶液とし、適宜希釈して分析に供した。ミネラルウォーターはそのまま分析に用いた。

3) 硝酸塩および亜硝酸塩の分析

硝酸塩および亜硝酸塩の分析は、それぞれ硝酸根 (NO_3^-)、亜硝酸根 (NO_2^-) として、フローインジェクション法 (flow injection analysis; FIA) により分析した^{14), 15)}。FIA システムは東京化成工業(株)製硝酸イオン・亜硝酸イオン分析装置 TCI-NOX1000、東ソー(株)製紫外可視検出器 UV-8020 および(株)島津製作所製クロマトパック C-R6A で構成したものを、波長 540 nm、流量 1.5 mL/min で測定した。発色試薬 (NO キャリヤー溶液 I (A7500) および NO 試薬溶液 A 液 (A7502) と B 液 (A7503)) は東京化成工業(株)より購入した。

なお、各試料は、1 飲料を 2 本ずつ購入し、1 試料につき 3 回繰り返して分析を行い、平均値を求めた。得られた含有量および ADI の数値は硝酸根 (NO_3^-) および亜硝酸根 (NO_2^-) として示した。

結果および考察

1. 市販飲料中の硝酸塩の含有量

市販飲料中の硝酸塩の含有量を Fig. 1 に示した。

野菜ジュース類 100 g 中の硝酸塩の含有量は 10.73 ± 14.57 mg (平均値 $\pm$ 標準偏差、以下同様) (範囲 0.09 ~ 74.29 mg) であった。内訳は、トマトジュース $1.04 \pm$

Fig. 1. Contents of nitrate in beverages

*Mean $\pm$ S.D.

The vertical line shows the mean.

0.68 mg (0.39 ~ 2.01 mg), トマトミックスジュース 13.86 ± 14.56 mg (1.51 ~ 42.71 mg), 野菜・果実ミックスジュース 11.38 ± 17.72 mg (0.76 ~ 74.29 mg), 乳酸発酵野菜飲料 9.48 ± 3.94 mg (4.47 ~ 13.43 mg), 果汁入り飲料 2.41 ± 2.74 mg (0.09 ~ 5.61 mg) であった。また、茶飲料およびミネラルウォーター 100 g 中の硝酸塩含有量はそれぞれ 0.61 ± 1.12 mg (0.06 ~ 3.03 mg), 0.25 ± 0.33 mg (0.00 ~ 1.11 mg) であった。

野菜ジュース類の硝酸塩含有量は、商品によりかなりばらつきが見られた。トマトジュースはトマトを主原料としており、平均値で 1.04 mg/100 g と低い値であった。それに比べて、野菜・果実ミックスジュースやトマトミックスジュースは平均値でそれぞれ 11.38 mg/100 g, 13.36 mg/100 g と硝酸塩を比較的多く含有していた。これは、原材料に使用された野菜類の種類やその硝酸塩含有量に大きく影響を受けたと考えられる。五訂日本標準食品成分表¹⁶⁾の野菜類の硝酸イオン濃度では、トマトにはほとんど硝酸イオンは含まれていない。一方、原材料で多く使用されていた野菜類には、にんじん、ほうれん草、パセリなどがあり、各メーカーの飲料ごとにさまざまな組み合わせで使用されていた。これらの野菜は硝酸塩を 200 mg から 500 mg/100 g 程度含んでいるものも多い¹⁷⁾。特に 1 本で一日に必要な 350 g の野菜を摂取できると明記された飲料 6 本については 40 mg/100 g 以上の高い値を示しており、最高値は野菜・果実ミックスジュースで 74.29 mg/100 g であった。なお、野菜ジュース類の同メーカーの同一商品での硝酸塩含有量については製造年月日が不明のものが多かったため、製造年月日による比較は困難であった。

清涼飲料水の製造基準では原水で硝酸塩 $\text{NO}_3\text{-N}$ として 10 mg/L 以下であり、硝酸根としては 44.3 mg/L である。茶飲料での硝酸塩の含有量はいずれも原水の製造基準値の範囲内であった。また、緑茶やウーロン茶および紅茶の種類による含有量の違いは見られなかった。このことは、茶飲料では原材料の茶葉がその種類にかかわらず、茶飲料中の硝酸根の濃度にほとんど影響していないことを意味する。

Fig. 2. Contents of nitrite in beverages

*Mean $\pm$ S.D.

The vertical line shows the mean.

ミネラルウォーターの硝酸塩の含有量はいずれも 100 g 当たり 1.2 mg 未満で、ごく微量ではあるが硝酸塩が含まれていた。硬水や軟水といった水の種類や採水地の国による違いは見られなかった。ミネラルウォーターの製造基準も清涼飲料水と同様であり、いずれの商品も製造基準値以下であった。

2. 市販飲料中の亜硝酸塩の含有量

市販飲料中の亜硝酸塩の含有量の結果を Fig. 2 に示した。

野菜ジュース類 100 g 中の亜硝酸塩の含有量は 0.03 ± 0.05 mg ($0.01 \sim 0.20$ mg) であった。内訳は、トマトジュース 0.03 ± 0.01 mg ($0.01 \sim 0.06$ mg)、トマトミックスジュース 0.02 ± 0.01 mg ($0.01 \sim 0.03$ mg)、野菜・果実ミックスジュース 0.03 ± 0.01 mg ($0.01 \sim 0.04$ mg)、乳酸発酵野菜飲料 0.13 ± 0.14 mg ($0.02 \sim 0.35$ mg)、果汁入り飲料 0.02 ± 0.00 mg ($0.02 \sim 0.03$ mg) であった。

亜硝酸塩は、乳酸発酵野菜飲料が比較的多く含有していたが、この原因として、この原材料に乳酸菌が使用されており、他の材料である野菜類中の硝酸塩を亜硝酸塩に変換した可能性があると考えられる。その他の試料の亜硝酸塩は、いずれも 100 g 当たり 0.10 mg 以下であった。

また、茶飲料 100 g 中の亜硝酸塩は 0.02 ± 0.01 mg ($0.01 \sim 0.04$ mg) で、市販野菜ジュース類とほぼ同じであった。

市販ミネラルウォーター 100 g 中の亜硝酸塩の含有量は 0.001 ± 0.001 mg ($0.000 \sim 0.003$ mg) であり、野菜ジュース類や茶飲料の 10 分の 1 程度であった。

3. 市販飲料中の硝酸塩および亜硝酸塩の ADI との比較

今回得られた市販飲料中の硝酸塩および亜硝酸塩の含有量について、日本人の成人（体重 50 kg）一日当たり市販飲料 100 g を飲用した場合を例として ADI の数値と比較した (Table 1)。

野菜ジュース類は ADI の 5.8%、茶飲料やミネラルウォーターはそれぞれ 1% 未満に相当していた。本調査で、硝酸塩含有量が最も多かった商品に、100 g 当たり 74 mg の野菜・果実ミックスジュースがあったが、本製品 1 本 (190 g) 当たりでは 141 mg となり、日本人の ADI の約 76% に相当する。野菜不足の人が野菜ジュース類でそれを補うには大きな問題にはならないが、硝酸塩含有量の高い商品の場合は、1 本の飲用で ADI 値にかなり近づく摂取量になり得る可能性があると考えられる。これは、関本らの報告¹²⁾にも同様の報告が見られた。また、硝酸塩に関する多くの摂取量調査^{6), 7)}や我々の行った陰膳方式による調査^{8), 9)}からも明らかのように、硝酸塩摂取の主な原因は野菜類である。市販飲料はあくまでも一日で摂取する食事の一部分にすぎない。しかしながら、野菜不足を補うために野菜飲料の利用に頼りすぎないよう考慮すべきである。また市販の野菜類などと同様に、市販飲料の硝酸塩含有量の一定の上限値の設定が必要になってくるのではないかと考える。

また、亜硝酸塩では、野菜ジュース類で ADI のわずか 1% に相当しており、茶飲料およびミネラルウォーターではそれ以下であったので、この数値からは特に問題はないように思われる。しかしながら、近年、亜硝酸塩などを多く含む加工食品の利用が増加傾向にあることや、硝酸塩が生体内で亜硝酸塩に変換され、発がん性の物質を生成する可能性があることなどを考慮すれば、簡単に摂取できる市販野菜ジュース類などが生体に何らかの影響を及ぼす可能性があるかもしれない。

要 約

市販飲料中の硝酸塩および亜硝酸塩の含有量について調査した。

硝酸塩の含有量は 100 g 当たり硝酸根として平均値で野菜ジュース類 10.73 ± 14.57 mg、茶飲料 0.61 ± 1.12 mg、ミネラルウォーターは 0.25 ± 0.33 mg であった。

亜硝酸塩の含有量は 100 g 当たり亜硝酸根として平均

Table 1. Comparison of Nitrate and Nitrite Levels in Beverages with ADI

Sample	n	A: NO_3^- (mg/100 g)	A/ADI* $\times 100$ (%)	B: NO_2^- (mg/100 g)	B/ADI* $\times 100$ (%)
Vegetable juices	63	$10.73 \pm 14.57^{**}$	5.8	$0.03 \pm 0.05^{**}$	1.0
Tea beverage	12	0.61 ± 1.12	0.3	0.02 ± 0.01	0.7
Mineral water	15	0.25 ± 0.33	0.1	0.00 ± 0.00	0.0

* ADI: NO_3^- 3.7 mg/kg/day

NO_2^- 0.06 mg/kg/day

** Values are means $\pm$ S.D.

値で野菜ジュース類 0.03 ± 0.05 mg, 茶飲料 0.02 ± 0.01 mg, ミネラルウォーターは 0.001 ± 0.001 mg であった。

市販ジュース類の中には、硝酸塩を多く含有するものがあるため、習慣的に利用する場合は注意する必要があると考える。

謝 辞

本研究を実施するに当たりご協力いただいた県立広島女子大学生生活科学部健康科学科の船田亜希さん、新本恭子さんに深く感謝いたします。

文 献

- 1) Tsuji, S., Kohsaka, M., Morita, Y., Shibata, T., Kaneta, N., Wakabayashi, K., Uchibori (Hase), S., Ide, S., Fujiwara, K., Suzuki, H., Ito, Y., Naturally occurring of nitrite and nitrate existing in various raw and processed foods. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* (J. Food Hyg. Soc. Japan), **34**, 294–302 (1993).
- 2) Okabe, S., Yasai Oyobi Shokuhinchu No Shousanen Wo Megutte. *Kagaku* (Chemistry) To Seibutsu, **15**, 352–359 (1997).
- 3) Tannenbaum, S. R., Young, V. R., Land, P. D., Bruce, W. R., Nitrite and nitrate are formed by endogenous synthesis in the human intestine. *Science*, **200**, 1,487–1,489 (1978).
- 4) Ishiwata, H., Tanimura, A., Metabolic fate of nitrate and nitrite. *Eisei Kagaku*, **28**, 171–183 (1982).
- 5) Eichholzer, M., Gutzwiller, F., Dietary nitrates, nitrites, and *N*-nitroso compounds and cancer risk: A review of the epidemiologic evidence. *Nutr. Rev.*, **56**, 95–105 (1998).
- 6) Yada, T., Fujii, M., Tabuchi, Y., Hirasawa, Y., Hirano, R., Fukui, H., Toyota, Y., Koh, T., Hayashi, S., Semma, M., Ito, Y., A study on daily intake of nitrate and nitrite in Japan in fiscal year 1995–1996. *Nippon Shokuhin Kagaku Gakkaishi* (Jpn. J. Food Chem.), **5**, 69–73 (1998).
- 7) 厚生省 “食品添加物一日摂取量総点検調査報告書” (2000).
- 8) Murata, M., Ishinaga, M., Daily intakes of nitrate and nitrite in middle-aged men by the duplicate portion method. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* (J. Food Hyg. Soc. Japan), **42**, 215–219 (2001).
- 9) Murata, M., Kishida, N., Ishinaga, M., Survey of the daily intake of nitrate and nitrite in school children by the duplicate portion method. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* (J. Food Hyg. Soc. Japan), **43**, 57–61 (2002).
- 10) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室栄養調査係 “平成 14 年国民栄養調査結果の概要” 平成 15 年 12 月 24 日.
- 11) Maeda, H., A Recent Trend in Vegetable-based Drinks. *The Food Industry*, **45**(11), 34–41 (2002).
- 12) Sekimoto, H., Kodama, I., Komatsu, T., A survey of nitrate concentration in vegetable juices and an evaluation of nitrate intake from them. *Nippon Dojyohiryogaku Zasshi* (J. Science Soil and Manure, Japan), **71**, 700–702 (2000).
- 13) 厚生省環境衛生局食品化学課編 “食品中の食品添加物分析法”, 東京, 講談社, 1982, p. 14.
- 14) Higuchi, K., Motomizu, S., Flow-injection spectrophotometric determination of nitrite and nitrate in biological samples. *Analyt. Sci.*, **15**, 129–134 (1999).
- 15) Murata, M., Determination of nitrate and nitrite contents of various vegetables by flow injection analysis method. *Nippon Chouri Kagakukaishi* (Journal of Cookery Science of Japan), **33**, 244–247 (2000).
- 16) 科学技術庁資源調査会編 “五訂日本標準食品成分表” 2001.
- 17) Yamashita, I., Nitrate in vegetable. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* (J. Food Hyg. Soc. Japan), **43**, J12–J15 (2002).