

コンビニエンスストア弁当に含まれるリンの計算値と実測値の比較

谷崎 俊文, 山田 紗百合, 細見 亮太[†], 福永 健治, 吉田 宗弘
 (関西大学化学生命工学部生命・生物工学科*)
 (受付 2017年9月1日, 受理 2017年10月4日)

Comparison of the Calculated and Analyzed Values of the Phosphorus Content in Lunch Boxes Purchased from Convenience Stores

Toshifumi TANIZAKI, Sayuri YAMADA, Ryota HOSOMI, Kenji FUKUNAGA, and Munehiro YOSHIDA
*Faculty of Chemistry Materials and Bioengineering, Kansai University**

Summary

The amount of dietary phosphorus has increased considerably, primarily due to the phosphorus-containing additives in the convenience and fast foods. However, there is no report comparing the calculated phosphorus content in the lunch box purchased from a convenience store with the analyzed value. To establish such a comparative study, the phosphorus contents in the lunch boxes purchased from convenience stores were determined by chemical analysis (molybdenum blue method), and compared with those estimated based on the Standard Tables of Food Composition in Japan, 2015 edition. The calculated phosphorus content was 259 mg ± 37 mg (mean ± standard deviation (SD)) while the analyzed content was 320 mg ± 76 mg (mean ± SD). The correlation coefficient between the calculated and analyzed values was 0.604 and the slope obtained from the equation was 1.261. These results indicate that the calculated phosphorus content in a lunch box using the Standard Tables of Food Composition in Japan was lower than the actual phosphorus content.

近年、食生活は生鮮食品から加工食品の消費増大へと推移しており、加工食品に添加されるリン酸塩の影響により、リンの過剰摂取が問題視されている^{1,2)}。そのため不足よりもリン摂取量の増加、もしくは低カルシウム摂取との組み合わせによる低カルシウム/高リン摂取が骨へ負の影響を与えている可能性が指摘されている³⁾。また、有機リンの吸収率は40～60%であるのに対して、食品添加物として利用される無機リンの吸収率は90%以上であるため⁴⁾、副甲状腺ホルモンを刺激しやすいことが報告されている⁵⁾。米国では、食品添加物からのリン摂取推定量は1980年に400 mg/日であったが、1990年には470 mg/日に増加していると報告されている⁶⁾。平成27年国民健康・栄養調査では、リン摂取量は男性1,063 mg/日、女性925 mg/日と報告されているが⁷⁾、これは日本食品標準成分表2015(食品成分表)を基準とした半秤量式食事記録法によって推定されている。この調査では、調理済みの弁当類やファーストフードなどの外食に含まれるリン量は考慮されていないため、食生活によっては、より多くのリン量を摂取していることも考えられる²⁾。食品需給表を用いてリン

含有輸入食品およびリン含有食品添加物を計算に加えると、1995年で日本人は1人1日当たり1,500 mg以上のリンを消費していると報告されている⁸⁾。そのため、多種類の食品添加物が用いられている調理済みの弁当類では、リン含有量を過小評価している可能性が疑われる。しかし、これまでに計算値と実測値を比較し、どの程度の差異が生じているのか評価した報告は見当たらない。そのため本研究では、コンビニエンスストア弁当に含まれるリン量について、食品成分表により算出した計算値と化学分析にもとづく実測値との差異を評価した。

実験方法

1. 試料収集および調製方法

大阪府吹田市内のコンビニエンスストア5店舗で弁当(試料数:16)を2016年10月～2017年1月の期間に収集した。収集した弁当は、ご飯とおかずから構成されたものとし、丼物や麺類だけのものは含まれていない。食品重量は目視で確認できる食品について、それぞれの重量を電子

*所在地：大阪府吹田市山手町3-35 (〒564-8680)

†連絡先 (Corresponding Author), Tel: 06-6368-1765, E-mail: hryotan@kansai-u.ac.jp

天秤にて、0.1 g 単位まで測定した。ただし、揚物の衣は分離が難しいものは、そのままの状態で重量を測定した。その後、各弁当は凍結乾燥後、細粉化し、分析用試料とした。

2. リンの計算値の算出

弁当に含まれる各食品の重量から、日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）に基づく、エクセル栄養君 Ver 8.0（建帛社製、東京）を用い、弁当に含まれるリン量を算出した。加熱調理してある材料については、「ゆで」または「焼き」項目を用いた。すでに各種の材料が混合された食品（コロッケなど）は、調理加工食品として算出して求めた。食品成分表に記載がない衣のついた揚げ物（ちくわの天ぷら）は、素材重量は精秤した重量を用い、衣の材料を加算した。さらに、揚げ物吸油量は、天ぷら、コロッケなどは 15%、唐揚げは 5% として算出した⁹⁾。また、添加してあるふりかけ、ソースおよび醤油はすべて使用したとして計算した。

3. リンの実測値の測定

日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）分析マニュアルのリン測定方法¹⁰⁾を一部改変して測定した。各弁当凍結乾燥粉末を 1.000 g 測りとり、500℃のボックス炉で 6 時間灰化した。その後、少量の濃硝酸で灰化試料を溶解後、希硝酸で 10 mL にメスアップし、試料溶液とした。試料溶液を 1 mL を 10 mL 容メスフラスコに加え、*p*-ニトロフェノール指示薬を数滴加えた。その後、希アンモニア水をわずかに黄色に呈するまで加えた後、蒸留水で 10 mL にメスアップした。これを 96 穴マイクロプレートに 200 μ L、発色試薬 50 μ L、1% (w/v) アスコルビン酸溶液 50 μ L を加え、15 分放置した後、波長 880 nm における吸光度を測定した。3 検体の平均値から各弁当 1 食当たりのリン含有量 (mg) を求めた。

4. 統計解析

実測値と計算値の関連性については、Paired *t*-test および Pearson's correlation coefficient test を用いて解析し、有意水準は $p < 0.05$ とした。統計解析は GraphPad Prism for Mac, ver 6.0 (GraphPad Software, Inc., California, USA), または StatView 5.0 (株式会社ヒューリンクス製) を解析した。

結果と考察

今回分析した弁当 16 種の内容とその重量を Table 1 に示した。今回分析した弁当は、めしが重量の約半分を占めており、残りはおかずから構成されていた。弁当の商品名は、さまざまなおかずが入っているものとして「幕の内」や「ミックス」を示したものが 4 種 (No. 7, 9, 10, 16) であった。主菜となる肉類を用いた料理名「唐揚げ」や「チキン南蛮」を示しているものが 5 種 (No. 1, 4, 11, 12, 14),

「とんかつ」を示したものが 3 種 (No. 3, 13, 15) あった。その他の弁当も肉類を用いた料理名が商品名に用いられており、「つくね」(No. 2), 「肉じゃが」(No. 5), 「チキンそぼろ」(No. 6), 「ハンバーグ」(No. 8) となっていた。

今回分析した弁当 16 種のリン含有量の計算値および実測値を Table 2 に示した。弁当のリン含有量の計算値は平均 259 mg, 範囲 188 ~ 322 mg, 中央値は 257 mg であり、実測値は平均 320 mg, 範囲 214 ~ 434 mg, 中央値は 304 mg であった。これまでに栄養価計算ソフトを用いて求めた市販弁当類のリン含有量は、 242.5 ± 75.9 mg⁹⁾ と 260 ± 77.6 mg¹¹⁾ (ともに平均 \pm 標準偏差 (SD)) との報告がある。さらに、コンビニエンスストア、スーパーマーケット、持ち帰り弁当店で購入した市販弁当 37 種に含まれる 100 g あたりのリン計算値においては、 71 ± 18 mg/100 g (平均 \pm SD) であった¹²⁾。本研究で得られた 100 g あたりのリン計算値は、 75 ± 8 mg/100 g (平均 \pm SD) であった。そのため、本研究で得られた計算値は、これまでの報告とほぼ同等の値であった。一方、コンビニエンスストア、スーパーマーケット、お持ち帰り弁当専門店、デパート、ハンバーガーショップおよび宅配ピッツァ店から 100 点収集したテイクアウト弁当および食品のリン実測値は、 250 ± 50 mg (平均 \pm SD) であり¹³⁾、本研究で得られた実測値の平均値との差は 70 mg であった。この報告では、ご飯とおかずからなる弁当に加え、麺類、ハンバーガーやピッツァなどの食品も合わせて、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法によりリン量を求めている。そのため、分析対象がお弁当だけでないことや分析方法が異なるため、このような差が生まれたと考えられる。

リンの計算値と実測値の間に、対応のある *t* 検定より有意差がみられた。また、実測値/計算値の比は平均 1.28, 範囲 0.93 ~ 2.05 であり、16 種類中 13 種類の弁当で実測値が計算値を上回った。さらに、計算値と実測値の差は 61 mg (平均値) であった。特にとんかつ弁当や唐揚げ弁当 (No. 3, 4, 8, 11, 15) に含まれるリン量は、実測値が計算値よりも 100 mg 以上の高く、著しい差がみられた。しかし、主菜がとんかつや唐揚げであっても計算値と実測値の差が低い弁当もみられた (No. 12, 13)。そのため、リンが高値を示す原因となる食品を断定することは困難であった。日本人の食事摂取基準 2015 年版において、リンの目安量は 18 歳以上の男性で 1,000 mg/日、女性で 800 mg/日と設定されている²⁾。本研究で得られた弁当中のリン実測値の平均値は 320 mg であり、男性の目安量の 1/3 にあたる 333 mg と大きな差異は見られない。一方、日本人の食品添加物の 1 日摂取量調査研究では、国民健康・栄養調査による食品群毎の 1 日平均摂取量を求め、マーケットバスケット方式により実測しており、リン摂取量は平均 1399 mg/日であった¹⁴⁾。この値と国民健康・栄養調査における値⁷⁾の差を過小評価されたリン摂取量と仮定すると、約 400 mg/日となる。1 日 1 食分を弁当で摂取したと仮定すると、本研究で得られたリン計算値と実測値との差異

Table 1 Food content (g) in the lunch boxes purchased from convenience stores

No.	Purchased from convenience store	Food content (g)
1	A	Rice (157.8), deep-fried chicken (85.1), tubular kamaboko tempura (17.1), potato salad (14.6), rolled omelet (10.9), Japanese radishes salted pickles (7.4), sesame (1.0)
2	A	Rice (155.1), Japanese chicken meatball (73.6), boiled eggs (23.6), boiled carrot (15.8), boiled pumpkin (13.7), boiled sweet potato (12.8), rehydrated and boiled hijiki* (8.8), boiled broccoli (7.7), boiled East Indian lotus root (6.5), baked tofu and carrot (6.2), purple laver (4.9), boiled peas (1.9)
3	A	Rice (182.1), breaded and fried pork (149.1), napolitan pasta (18.2), potato salad (13.1), sesame (0.7)
4	A	Teriyaki chicken (180.8), rice (139.4), napolitan pasta (16.7), Japanese mustard spinach (9.4), scrambled eggs (2.4), sesame (0.6)
5	A	Rice (176.0), boiled potatoes and meat (82), rolled omelet (26.7), baked salmon (20.8), chopped burdock root (8.2), pickled with rice bran and salt (3.7), rehydrated and boiled hijiki* (6.9), sesame (0.4)
6	A	Rice (167.0), deep-fried chicken (70.2), napolitan pasta (47.6), scrambled eggs (46.8), tartar sauce (24.3), baked onion and carrot (23.5), leaf mustard salted pickles (7.2)
7	A	Sweet rice with mountain vegetables (139.6), fish cake tempura (23.6), fried fish (21.8), baked salmon (16.9), omelet (16.1), konjac (10.4), chicken meatloaf (12.4), mottled kidney beans (6.3)
8	B	Rice (179.0), hamburger steak (130.8), rolled omelet (39.1), neapolitan pasta (19.6), macaroni salad (13.1), sausage (9.0)
9	B	Rice (168.7), rolled omelet (37.1), baked salmon (26.2), East Indian lotus root tempura (12.6), fried mixture of crushed tofu (12.5), boiled green beans (12.4), pumpkin tempura (12.1), boiled carrot (11.9), shrimp tempura (11.8), shiitake mushroom tempura (11.0), mume salted pickles (2.3)
10	C	Rice (151.5), boiled carrot, konjac, and deep-fried tofu (25.3), croquettes (23.6), baked salmon (20.3), fried Japanese mustard spinach and shimeji (12.8), pumpkin salad (13.3), chicken meatloaf (12.1), rehydrated and boiled hijiki* (10.9), Japanese radishes salted pickles (4.3), mume salted pickles (3.8), sesame (0.3)
11	C	Rice (226.3), deep-fried chicken (111.7), boiled East Indian lotus root and green soybeans (11.7), cabbage (11.1)
12	D	Rice (212.3), deep-fried chicken (108.4), potato salad (16.7), pickled with rice bran and salt (10.2), sesame (0.5)
13	D	Rice (209.6), breaded and fried pork (148.5), neapolitan pasta (41.7), sauce (17.1), Japanese radishes salted pickles (5.7), mustard (2.1), sesame (0.5)
14	E	Rice (295.0), deep-fried chicken (117.1), tartar sauce (23.4), neapolitan pasta (15.0), yellow pickled radish (6.9), sesame (0.5)
15	E	Rice (198.2), breaded and fried pork (140.0), chopped burdock root (10.7), Japanese mustard spinach (6.8), plum (6.0), carrot (1.6), deep-fried tofu (1.5), mustard (1.3), sesame (0.3)
16	E	Rice (210.9) croquettes (30.5), hamburger steak (22.6), rolled omelet (18.0), steamed meat dumpling (17.9), trout (17.0), carrot (9.0), freeze-dried tofu (6.9), turnip salted pickles (6.6), kombu (4.0), mume salted pickles (2.4), sesame (0.4)

**Hizikia fusiformis*

60 mg が過小評価されているが、400 mg の 15% にしか過ぎず、他の影響も考えられる。

弁当に含まれるリンの計算値を独立変数 (X)、実測値を従属変数 (Y) とした回帰分析の結果を Fig. 1 にまとめた。リン含有量の計算値と実測値間で強い相関がみられた ($R = 0.604$)。回帰式の傾き (回帰係数) が 1.261 であったために、計算値はリン量を過小評価している傾向にあると考えられる。

本研究結果より、弁当中の個々の食品重量を測定し、栄養価計算ソフトによってリン量を求めた計算値は、化学分析によって求められた実測値よりも、低く算出される可能性があることが示唆された。そのため、弁当を頻繁に摂取するような個人や少人数を対象とした栄養調査でリン摂取量を評価する場合には、注意が必要であると考えられる。

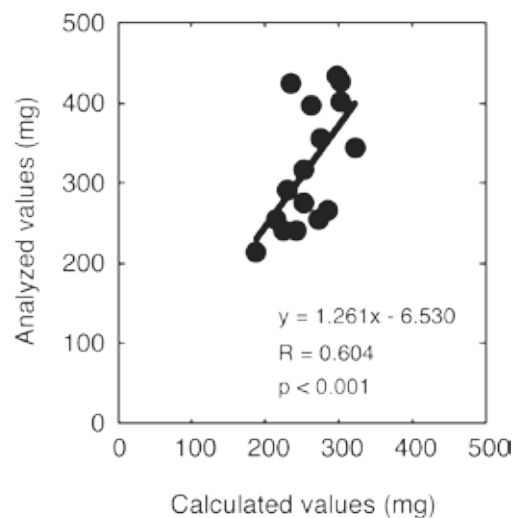


Fig. 1 Relationship between the calculated and analyzed values of phosphorus content in the lunch boxes purchased from convenience stores (number = 16 item)

Table 2 Comparison of the calculated and analyzed values of phosphorus content in the lunch boxes purchased from convenience stores (number = 16 item)

No.	Calculated values		Analyzed values	
	mg/lunch box	mg/100 g	mg/lunch box	mg/100 g
1	230	62	292	78
2	252	51	317	64
3	234	45	424	81
4	300	61	423	86
5	223	64	241	69
6	322	73	343	78
7	214	72	254	85
8	262	44	397	67
9	271	92	255	86
10	188	59	214	67
11	274	59	355	76
12	252	67	274	72
13	284	79	265	74
14	303	51	400	67
15	298	55	434	81
16	241	63	239	62
Means	259	62	320	75
SD	37	13	76	8
Minimum	188	44	214	62
Median	257	61	304	75
Maximum	322	92	434	86
Paired <i>t</i> -test	p < 0.05			

参考文献

- 1) Uribarri J, Calvo MS (2003) Hidden sources of phosphorus in the typical American diet: does it matter in nephrology?. *Semin Dial* 16: 186-188.
- 2) 厚生労働省 (2014) 日本人の食事摂取基準 [2015年版], 第一出版, 東京: pp.201-217.
- 3) Palacios C (2006) The role of nutrients in bone health, from A to Z. *Crit Rev Food Sci Nutr* 46: 621-628.
- 4) Sherman RA, Mehta O (2009) Phosphorus and potassium content of enhanced meat and poultry products: implications for patients who receive dialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 4: 1370-1373.
- 5) Bell RR, Draper HH, Tzeng DY, Shin HK, Schmidt GR (1977) Physiological responses of human adults to foods containing phosphate additives. *J Nutr* 107: 42-50.
- 6) Calvo MS (1993) Dietary phosphorus, calcium metabolism and bone. *J Nutr* 123: 1627-1633.
- 7) 厚生労働省 (2017) 平成 27 年国民健康・栄養調査報告. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h27-houkoku.pdf>: pp.72-79. 2017 年 8 月 19 日 アクセス.
- 8) 武田英二, 坂本恭子, 横田貴美, 篠原麻衣子, 竹内豊, 森田恭子, 山本浩範, 宮本賢一 (2002) 1960 年から 1995 年の食糧需給表を用いた食品からの日本人 1 人当たりのリン消費量. *日本栄養・食糧学会誌* 55: 102-108.
- 9) 友松滋夫, 加藤保子 (1990) 持ち帰り弁当の栄養価. *日本家政学会誌* 41: 1225-1235.
- 10) 文部科学省 (2017) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) 分析マニュアル. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/fieldfile/2016/03/25/1368932_02_1.pdf: pp.57-59, 2017 年 8 月 25 日アクセス.
- 11) 川井孝子 (2002) 市販弁当類の栄養素含量と問題点. *信愛紀要* 42: 18-28.
- 12) 高村仁知, 近藤聡子, 岡野悦子, 荻野麻里, 松澤一幸, 山中信介, 的場輝佳 (1999) 市販弁当類および惣菜類におけるミネラル含量とその問題点. *日本家政学会誌* 50: 377-387.
- 13) 川越昌子, 亀井正治 (2003) テイクアウト弁当およびファースト・フードのミネラルバランス. *生活衛生* 47: 217-225.
- 14) Tsuji S, Yomota C, Shibata T, Isshiki K, Kamikura M, Nishijima M, Hayashi H, Fukasawa Y, Kuroda H, Goto M, Sakabe Y, Sasaki K, Ouchi K, Mishima Y, Oshiro Z, Moriguchi H, Uchiyama H, Shiro T, Ito Y (1995) Daily Intake of Naturally Occurring Chemically Synthesized Food Additives in Japan. *J Food Hyg Soc Japan* 36: 428-441.