

紅茶葉から浸出液へのマンガンの移行

吉田 宗 弘[†], 春次 泉 美
 (関西大学化学生命工学部栄養化学研究室*)
 (受付 2021年8月23日, 受理 2021年9月28日)

Extraction of manganese from black tea leaves to tea infusion

Munehiro YOSHIDA, Izumi HARUTSUGU
 Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Faculty of Chemistry,
 Materials and Bioengineering, Kansai University

Summary

To confirm the effect of black tea on manganese intake, the extraction of manganese from black tea leaves to the tea infusion was examined. Thirty-one tea leaf samples (black tea, 22; flavored black tea, 5; Chinese Puar tea, 1; Louis Bosti, 2; herbal tea, 1) were collected. An infusion was prepared by adding 160 mL of boiling water to each 3 g of leaf sample and allowing it to stand for 3 minutes. The manganese concentration of tea leaves was measured by fluorescent X-ray analysis, and that in tea infusion was measured using an atomic absorption spectrophotometer. The manganese concentration of 28 samples using leaves of *Camellia sinensis* was 684 (257 to 2259) $\mu\text{g/g}$, which was significantly higher than that of 84 (58 to 131) $\mu\text{g/g}$ for Louis Bosti or herbal tea without leaves of *Camellia sinensis*. The manganese concentration in the infusion of 28 samples was 1.64 (0.34 to 6.74) $\mu\text{g/mL}$, and a significant correlation ($R^2 = 0.75$) was observed with the concentration in tea leaves. The manganese extraction rate of 28 samples into the infusion was $12.4 \pm 4.8\%$. Comparing the extraction rates for each shape of black tea leaves, the values of the tea leaves that were cut and crushed by a machine and then shaped into a round shape were significantly higher than those of needle-shaped elongated large leaves or finely cut leaves. Since it is calculated that nearly 1 mg of manganese can be ingested by drinking 3 teacups of black tea infusion, habitual drinking of black tea is a factor that significantly increases manganese intake.

食生活における紅茶は嗜好品の位置づけであり、栄養素の供給源とはあまり意識されていない。しかし、チャ (*Camellia sinensis*) をはじめとするツバキ科植物の葉には高濃度のマンガンが含まれていることが知られている。このため、われわれが日常的に飲用に用いる茶葉にも必須微量ミネラルであるマンガンが高濃度に含まれており、実際に飲む浸出液には $1 \mu\text{g/mL}$ を超えるマンガンが含まれていることが多い¹⁻³⁾。日本人のマンガン摂取量が $3 \sim 4 \text{ mg/日}$ であることを考えると⁴⁾、紅茶の飲用が個人ごとのマンガン摂取量に及ぼす影響は無視できないと思われる³⁾。

一方、紅茶は製造工程の最終段階でふるいにかけて茶葉の大きさと形状が揃えられ、等級区分が行われる。このような茶葉の形状は、マンガンの浸出液への移行に影響を及ぼすと考えられるが、実証した研究例は見当たらない。

本研究では、マンガン栄養における紅茶の地位を再確認する目的で、市販されている各種紅茶のマンガン濃度を測定するとともに、紅茶葉から浸出液へのマンガンの移行について、その割合と茶葉の形状の影響について検討した。

実験方法

1. 紅茶試料の収集と浸出液の調製

大阪市周辺の小売店において紅茶をはじめとする茶葉 31 試料を購入した。31 試料の内訳は、紅茶単体が 22 試料、フレーバー紅茶が 5 試料、中国産プーアル茶が 1 試料、チャ¹⁾の葉を使用していないルイボス茶とハーブ茶がそれ

1 本論文では植物としてのチャ (*Camellia sinensis*) の葉を示す場合にはカタカナ、嗜好品としての茶系飲料の茶葉を示す場合は漢字表記とした。

*所在地：大阪府吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

[†]連絡先：(Corresponding author), Tel: 06-6368-0970, E-mail: hanmyou4@kansai-u.ac.jp

ぞれ2試料と1試料である。紅茶単体とプーアル茶を合わせた23試料については、茶葉の形状などを示す等級が示されており、その内訳は、針状の細長く大きな葉であるオレンジペコ（OP）が13試料、細かくカットした葉であるブローケンオレンジペコ（BOP）が6試料、機械で切断・押し潰してから丸く整形したcrush tear curl（CTC）が4試料である。

各試料3gを不織布製のティーバッグに入れ、沸騰水を160 mL 加えて3分間静置し、浸出液を調製した。

2. マンガン濃度の測定

茶葉のマンガン濃度は、蛍光X線分析装置（島津、EDX-7000）を用いて測定した。分析における主成分は $C_6H_{12}O_6$ とした。蛍光X線分析装置が示す値は相対的な半定量値であるため、標準参照試料10点についてマンガン濃度の測定を行い、保証値と測定値との間の換算式を求めた。用いた標準試料は次のとおりである（数値はマンガン濃度（ $\mu\text{g/g}$ ））：Apple leaves（SRM1515），54；Peach leaves（SRM1547），98；Non-fat milk powder（SRM1549），0.26；Wheat flour（SRM1567a），9.4；Rice flour（SRM1568a），20；Citrus leaves（SRM1572），23；Tomato leaves（1573a），246；Bovine liver（SRM1577a），9.9；Bovine muscle powder（RM8414），0.37；Whole egg powder（RM8415），1.78。茶葉のマンガン濃度は、蛍光X線装置が示す測定値に換算式を適用した値とした。浸出液のマンガン濃度はそのまま原子吸光光度計を用いて測定した。

3. 統計解析

紅茶葉の形状が浸出液へのマンガン抽出率に及ぼす影響を確認するため、葉の形状ごとの抽出率を一元配置分散分析と多重比較（Tukey-Kramer法）を用いて比較した。有意水準は5%未満とした。解析には、統計解析アプリケーションであるGraphPad Prism 7.0（GraphPad Software, Inc., San Diego）を用いた。

結果と考察

Fig. 1に標準参照試料10点について、蛍光X線装置によるマンガンの測定値と保証値との関連を示した。両者の間には強い相関が認められ、換算式として Y （保証値） $= 1.612X$ （分析値） $+ 1.1$ が得られた。標準参照試料10点のうち、4試料が高マンガン濃度の植物の葉であることから、蛍光X線分析装置の測定値にこの換算式を適用して紅茶葉のマンガン濃度を求めることは妥当であると判断した。

Table 1に収集した31試料の茶葉および浸出液のマンガン濃度をまとめた。チャの葉が入っていないルイボスとローズティーのマンガン濃度（ $\mu\text{g/g}$ ）の平均値は84に過ぎず、チャの葉が使用されている残りの28試料のマンガン濃度の平均値685に比較して極端に低値であった。

チャの葉を用いている28試料の中で比較すると、最高

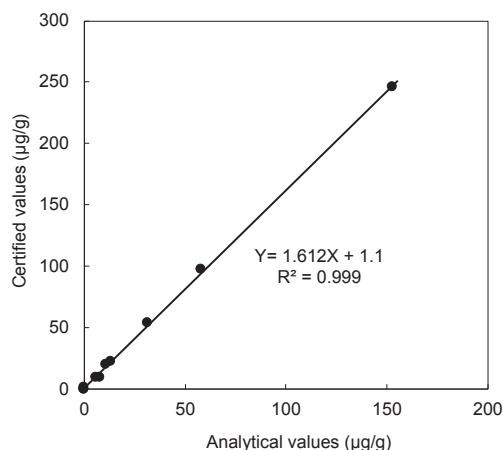


Fig. 1 Relationship between certified values and analytical values in X-ray fluorescence analysis for standard reference materials.

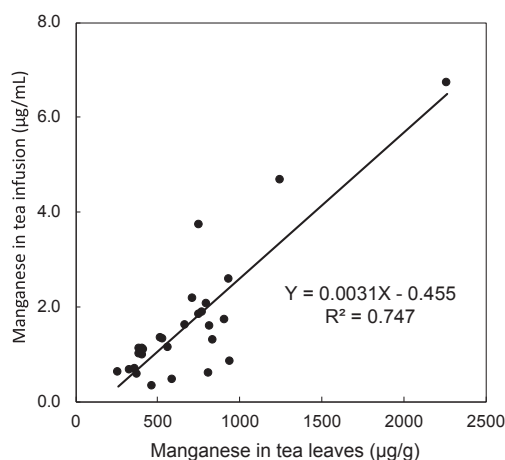


Fig. 2 Relationship between manganese in tea leaves and in tea infusion for 28 black tea samples.

値はキリマンジャロの2260、最低値はセイロン・ディンブラの257であった。複数点の試料がある銘柄間で比較すると、セイロン（スリランカを含む）5試料が257～463、ダージリン4試料が361～587であるのに対して、アッサム3試料が711～796であり、差を認めた。これらのことは紅茶の産地や銘柄によって茶葉のマンガン濃度が相当に変動していることを意味している。また、茶葉の摘む時期によって商品が分かれていたダージリンにおいては、春摘みと秋摘みの3試料（first flush および autumnal）が、夏摘み（second flush）よりも低値を示しており、季節によって茶葉のマンガン濃度が異なる可能性が考えられた。

一方、浸出液のマンガン濃度（ $\mu\text{g/mL}$ ）はチャの葉が使われている28試料の平均値が1.647、使われていない3試料が0.186であり、茶葉と同様に大きな差を認めた。28試料の茶葉と浸出液のマンガン濃度の関連をFig. 2に示した。両者の間には明らかに関連があったが、ややバラツキが認められた。

浸出液への抽出率の平均値 \pm 標準偏差はチャの葉が使われている28試料全体で $12.4 \pm 4.8\%$ であった。この抽

Table 1 Manganese concentration in tea leaves and tea infusion

Tea type or brand	Shape of tea leaves*	Manganese concentration	
		Leaves ($\mu\text{g/g}$)	Infusion ($\mu\text{g/mL}$)
Black tea			
Afternoon tea	OP	516	1.345
Assam	CTC	753	3.748
Assam, Calcutta	CTC	711	2.182
Assam, Diksam	OP	796	2.064
Ceylon, Dimbula	CTC	257	0.641
Ceylon, Kandy	BOP	403	0.998
Ceylon, Nuwara Eliya	BOP	463	0.34
Ceylon, Ratnapura	OP	405	1.13
Darjeeling, the autumnal	OP	372	0.591
Darjeeling, the first flush	OP	361	0.703
Darjeeling, the first flush in 2020	OP	390	1.136
Darjeeling, the second flush	OP	587	0.482
Decaf Special	OP	532	1.331
English blend	OP	410	1.11
Hyuga (Miyazaki, Japan)	BOP	808	0.61
Keemun Queens Hope	OP	907	1.731
Kilimanjaro	CTC	2259	6.736
Lapsang souchong, Fujian	OP	562	1.153
Nilgiri	OP	834	1.316
Nilgiri, broken	BOP	935	2.589
Sri Lanka	BOP	329	0.684
Uva, Highlands	BOP	772	1.883
Puar tea			
Monhai Puar, Yunnan	OP	940	0.859
Flavored black tea			
Apple	-	1244	4.671
Cherry Blossoms	-	666	1.628
Earl Grey, Darjeeling	-	384	1.014
Rosé wire	-	753	1.846
White peach	-	819	1.595
Mean	-	685	1.647
Standard deviation	-	390	1.385
Other types of tea			
Rooibos, Earl Gray	-	62	0.108
Rooibos, lemon	-	131	0.171
Rose tea	-	58	0.28
Mean	-	84	0.186
Standard deviation	-	41	0.087

* OP, orange pekoe; BOP, broken orange pekoe; CTC, crush tear curl.

出率は茶葉を 20 メッシュ (粒度 0.84 mm) 未満の細粉にしてから浸出液を調製した場合の 33.2 %²⁾よりも明らかに低く、茶葉の形態が抽出率に影響を及ぼしていることが考えられた。紅茶葉の形状についての表示があった 23 試料について、形状ごとに抽出率 (平均値 \pm 標準偏差) を比較すると、OP (13 試料) が 11.0 ± 3.7 %, BOP (6 試料) が 10.0 ± 4.9 %, CTC (4 試料) が 18.0 ± 5.8 % であり、CTC が OP および BOP に比較して有意に高い抽出率であった。このことより、葉の形状が抽出率に影響を及ぼしていることが確認できた。CTC は短時間で紅茶の成分を浸出させるために、茶葉を機械を用いて引き裂くように押しつぶし、細くなった葉を丸めて小さなボール状に整形したものである。したがって、マンガンの抽出率が高かったのも当然といえる。また、OP と BOP の間についても平均値では差がなかったが、同一銘柄で OP と BOP の 2 種類を分析したニルギルについて比較すると、BOP であるニルギル・ブローケンが 14.8 % であるのに対して、OP

であるニルギルが 8.5 % であり、葉を細かく切断するだけでもマンガンの抽出率が高くなる可能性が考えられた。

食事摂取基準においてマンガンの必要量は定められていないが⁴⁾、ヒトを対象にした研究からは約 1 mg/日と考えられる⁵⁾。紅茶浸出液には平均で約 1.6 $\mu\text{g/mL}$ のマンガンが含まれていたことから、紅茶をティーカップ 3 杯 (約 400 mL) 飲用すれば 1 mg 近いマンガンが摂取できる計算になる。一方、季節ごとの 7 日間連続の食事秤量記録にもとづいて日本人の習慣的なマンガン摂取量を算出した研究では、マンガン摂取量の平均値を男性 3.69 mg/日、女性 3.90 mg/日とし、摂取量の 40.6 % がコメ、22.5 % が茶系飲料に由来するとしている⁶⁾。この研究の男女の平均値をもとに茶系飲料からのマンガン摂取量を算出すると 0.854 mg/日となり、今回の研究結果と矛盾しない。日本人が摂取する茶系飲料としては緑茶がもっとも多いが、紅茶を習慣的に飲用する人においては、紅茶がマンガンの安定した供給源になっているといえるだろう。

参考文献

- 1) 松島文子, 飯塚舜介, 能勢隆之 (1993) 茶葉および茶浸出液中のアルミニウムおよびマンガン含量. 日衛誌 48: 864-872.
- 2) 林 希未子, 大西美加, 堀越亮介, 佐古和也, 吉田宗弘 (2004) 茶葉および茶浸出液に含有されるマンガンの濃度と化学形態. 微量栄養素研究 21: 115-120.
- 3) 林 希未子, 福永健治, 吉田宗弘 (2005) 大学生における茶からのマンガン摂取量の推定. 日健医誌 14: 19-23.
- 4) 厚生労働省 (2019) 微量ミネラル:「日本人の食事摂取基準 (2020年版)」策定検討会報告書: pp. 311-321, <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586568.pdf> (2021年8月15日閲覧)
- 5) Friedman BJ, Freeland-Graves JH, Bales CW, Behmardi F, Shorey-Kutschke RL, Willis RA, Crosby JB, Trickett PC, Houston SD (1987) Manganese balance and clinical observations in young men fed a manganese-deficient diet. J Nutr 117: 133-143.
- 6) Imaeda N, Kuriki K, Fujiwara N, Goto C, Tokudome Y, Tokudome S (2013) Usual dietary intakes of selected trace elements (Zn, Cu, Mn, I, Se, Cr, and Mo) and biotin revealed by a survey of four-season 7-consecutive day weighed dietary records in middle-aged Japanese dietitians. J Nutr Sci Vitaminol 59: 281-288.