

紅茶浸出液中の微量元素濃度の変動

安藤 達彦¹⁾, 館 博¹⁾, 吉田 宗弘²⁾

¹⁾東京農業大学短期大学醸造学科, ²⁾関西大学工学部生物工学科

Variation of Trace Element Contents in Black Tea Infusion

Tatsuhiko Ando¹⁾, Hiroshi Tachi¹⁾, Munehiro Yoshida²⁾

¹⁾ *Department of Brewing and Fermentation, Junior College of Tokyo University of Agriculture*

²⁾ *Department of Biotechnology, Faculty of Engineering, Kansai University*

Contents of 12 trace elements (Na, Fe, Al, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Se, As, Hg, Pb) in 30 black tea infusion samples were measured by inductively coupled plasma spectrometry or inductively coupled plasma mass spectrometry. The 30 tea samples consisted of Indian tea (9 samples), Ceylon tea (5 samples), Chinese tea (6 samples), Taiwan tea (3 samples), African tea (4 samples) and others (3 samples). The content of each element was as follows (mean \pm SD): Na, 2.19 ± 2.33 ppm; Fe, 0.077 ± 0.036 ppm; Mn, 3.83 ± 2.31 ; Zn, 0.249 ± 0.113 ppm; Al, 3.44 ± 2.18 ppm; Ni, 0.040 ± 0.020 ppm; Cr, 0.002 ± 0.003 ppm; Cu, 0.042 ± 0.023 ppm; As, 1.52 ± 2.31 ppb; Hg, 0.027 ± 0.021 ppb; Se, 0.55 ± 0.51 ppb; Pb, 3.38 ± 3.26 ppb. A regional variation was observed in Na and As contents; African tea showed higher Na contents and Chinese tea showed higher As values than other samples. Factorial analysis showed that the 12 elements were classified 3 groups; elements to belong to the same group showed a similar variation in their concentrations in the tea infusion each other. One group consisted of Mn, Zn, Al, Ni, Cr and Cu, and another group consisted of Fe, Se, As, Hg and Pb. Variation of Na was independent of those of other elements.

紅茶はコーヒーとともに世界中で愛好されている嗜好飲料であり、わが国にも世界各地から様々な銘柄が輸入されている。紅茶の風味には浸出に用いる水の硬度（カルシウム+マグネシウム濃度）が重要とされているが、紅茶葉自身に含まれている無機成分の影響はほとんど知られていない。

一方、食品中の微量元素の組成・濃度によってその食品の原産地を特定できる場合のあることが知られている¹⁾。しかし、紅茶浸出液中の微量元素の測定例は少なく、微量元素によって紅茶の銘柄や産地の特定が可能かは不明である。

われわれは、紅茶浸出液中の微量元素の動態を明らかにする目的で、浸出液中の微量元素（Na, Fe, Mn, Zn, Al, Ni, Cr, Cu, As, Hg, Se, Pb）濃度の測定を継続中である。本論文では、予備的に測

定した30検体の測定値の変動について検討をこころみた。

実験方法

測定に供した紅茶葉試料は、インド産9検体（ダージリン4検体、アッサム3検体、ニルギル1検体、テライ1検体）、セイロン産5検体、中国産6検体（雲南1検体、安徽2検体、湖南1検体、福建2検体）、台湾産3検体、アフリカ産4検体（ケニア2検体、南アフリカ1検体、モーリシャス1検体）、トルコ産1検体、ジャワ産1検体、ベトナム産1検体の合計30検体である。

いずれの検体も、300mlのトールビーカー中で茶葉5gに95℃の熱水180mlを加え3分後に濾過して浸出液を作成し、元素測定用の試料とした。元素の測定は誘導結合プラズマ分析法（ICPS-1000VI：Na, Fe, Mn, Zn, Al, Ni, Cr, Cu）または誘導結合プラズマ質量分析法ICPM-8500：As, Hg, Se, Pb）にて行った。測定結果の統計解析は統計解析プログラムパッケージ（StatView-J4.5）を用いて行った。

結果と考察

表1に、今回測定した12元素（Na, Fe, Mn, Zn, Al, Ni, Cr, Cu, As, Hg, Se, Pb）の測定値をまとめた。As, Hg, Pbなどのいわゆる有害元素の中で食品衛生学的に問題になるような高値は認められなかった。測定値の分布が正規分布に近い形状となったのは、Fe, Zn, Al, Ni, Cuの5元素にすぎず、残りの7元素の分布は対数正規分布の形状に近く、変動係数もきわめて大きかった。

紅茶を含めた茶浸出液中の微量元素濃度に関する報告はきわめて少ない。稲荷田らは、セイロン産紅茶の浸出液において、Zn濃度として約9ppm、鉄濃度として約5ppmを報告している²⁾。今回のセイロン産紅茶5検体のZnとFeの測定値（平均値±標準偏差）はそれぞれ0.187±0.095ppmと0.062±0.019ppmであり、10～50倍のひらきがある。稲荷田らは浸出前後の茶葉の元素含量を放射化分析によって測定し、その差を浸出液中濃度としている。この方法には浸出前後の茶葉の乾燥の程度など、誤差を

Table 1. Trace element contents in black tea infusion (n=30)

Elements	Contents (mean±SD)	C.V.
Na (ppm)	2.19±2.33	1.06
Fe (ppm)	0.077±0.036	0.47
Mn (ppm)	3.83±2.31	0.63
Zn (ppm)	0.249±0.113	0.45
Al (ppm)	3.44±2.18	0.64
Ni (ppm)	0.040±0.020	0.51
Cr (ppm)	0.002±0.003	1.50
Cu (ppm)	0.042±0.023	0.53
As (ppb)	1.52±2.31	1.51
Hg (ppb)	0.027±0.021	0.77
Se (ppb)	0.55±0.51	0.93
Pb (ppb)	3.38±3.26	0.96

生ずる要因が多いと思われる。測定例を増やさないうり断定的なことはいえないが、浸出液を直接分析している今回の測定結果のほうが信頼性は高いと考える。

浸出液中の各元素の測定値の変動に地域差が関わっているかを検討するため、収集した紅茶葉試料を便宜上、インド・セイロン、中国・台湾、アフリカの3つに大別し、分散分析を用いて比較した。結果は表2にまとめた。なおこれ以後の検討においては、測定値が正規分布よりも対数正規分布の形状に近いとみなされた7元素の測定値は対数変換した。したがって、表中でこれらの7元素の測定値は幾何平均値(カッコ内は幾何平均値±幾何標準偏差の範囲)を記し、残りの5元素は平均値±標準偏差で示した。測定した12元素中、今回の対象の範囲内で地域による変動が有意であったのは、Na(アフリカでやや高値)とAs(中国でやや高値)であり、これらの元素濃度が原料産地の特定に使用できる可能性があると思われた。この点については、今後、各検体の栽培されている地域に関する地質学上の情報を収集し、より正確な検討を行いたい。

Table 2. Regional variation of trace element contents in black tea infusion

Elements	India and Sri Lanka	China and Taiwan	Africa	ANOVA
Na (ppm)	1.69(1.29-2.23)	1.57(1.04-2.36)	3.58(1.20-10.67)	$p=0.026$
Fe (ppm)	0.067±0.019	0.083±0.052	0.107±0.035	NS
Mn (ppm)	3.03(1.97-4.66)	2.81(1.91-4.13)	3.50(0.80-15.31)	NS
Zn (ppm)	0.260±0.122	0.242±0.079	0.256±0.198	NS
Al (ppm)	3.74±2.10	1.91±1.15	4.53±3.29	NS
Ni (ppm)	0.036±0.005	0.039±0.014	0.030±0.024	NS
Cr (ppm)	0.001(0.001-0.004)	0.001(0.001-0.004)	0.001(0.001-0.003)	NS
Cu (ppm)	0.042±0.023	0.034±0.020	0.045±0.033	NS
As (ppb)	0.52(0.31-0.89)	1.63(0.48-5.53)	0.27(0.16-0.47)	$p=0.002$
Hg (ppb)	0.25(0.012-0.050)	0.021(0.013-0.033)	0.018(0.010-0.032)	NS
Se (ppb)	0.52(0.33-0.83)	0.38(0.17-0.89)	0.38(0.29-0.51)	NS
Pb (ppb)	2.42(1.24-4.70)	3.37(1.52-7.46)	2.67(1.50-4.75)	NS

Table 3. Correlation matrix of trace element contents in black tea infusion

	Fe	Zn	Al	Ni	Cu	Na	Mn	Cr	As	Se	Hg
Zn	0.175										
Al	0.088	0.296									
Ni	-0.151	0.085	0.322								
Cu	0.174	<u>0.575</u>	0.440	0.209							
Na	<u>0.499</u>	-0.292	0.076	-0.345	-0.032						
Mn	0.033	<u>0.480</u>	<u>0.535</u>	0.341	0.399	-0.410					
Cr	0.161	0.333	<u>0.514</u>	0.370	0.263	-0.092	<u>0.475</u>				
As	0.196	0.110	-0.203	0.094	-0.037	-0.181	0.016	-0.006			
Se	0.319	0.050	0.102	-0.128	0.010	0.108	-0.041	-0.118	0.361		
Hg	0.035	0.287	0.060	-0.255	0.042	0.019	0.262	0.185	0.102	-0.024	
Pb	0.228	0.221	-0.049	-0.057	-0.076	0.067	0.241	-0.020	0.312	0.374	0.191

Values with underline are statistical significant at $p<0.01$.

表3に各元素含量間の相関係数をまとめた。FeとNa, ZnとCu, ZnとMn, AlとMn, AlとCr, MnとCrの間に有意(危険率1%未満)な相関を認めた。この結果をもとに因子分析(因子抽出法, 主因子法; 因子数, 6; 直交変換, バリマックス法)を行ったところ, 表4のように固有値が2以上の因子として, Zn, Al, Cu, Mn, Crと関連の大きい因子1とFe, Se, Pbと関連の大きい因子2が抽出された。さらに図5のように, 因子1と因子2をXY軸とする座標軸上に各元素を配置したところ, 今回測定対象とした12元素は3つのグループに分かれる可能性が示唆された。つまり紅茶浸出液中濃度の

Table 4. Results of factorial analysis

Eigenvalues of each factor			Correlation of each variable with factors 1 and 2		
	Magnitude	Variance proportion	Variables	Factor 1	Factor 2
Factor 1	3.068	0.256	Fe	0.125	0.699
Factor 2	2.101	0.175	Zn	0.721	0.211
Factor 3	1.596	0.133	Al	0.698	-0.057
Factor 4	1.268	0.106	Ni	0.480	-0.404
Factor 5	0.942	0.078	Cu	0.661	0.023
Factor 6	0.804	0.067	Na	-0.331	0.433
			Mn	0.833	-0.031
			Cr	0.696	-0.078
			As	0.060	0.484
			Se	-0.001	0.679
			Hg	0.258	0.298
			Pb	0.149	0.650

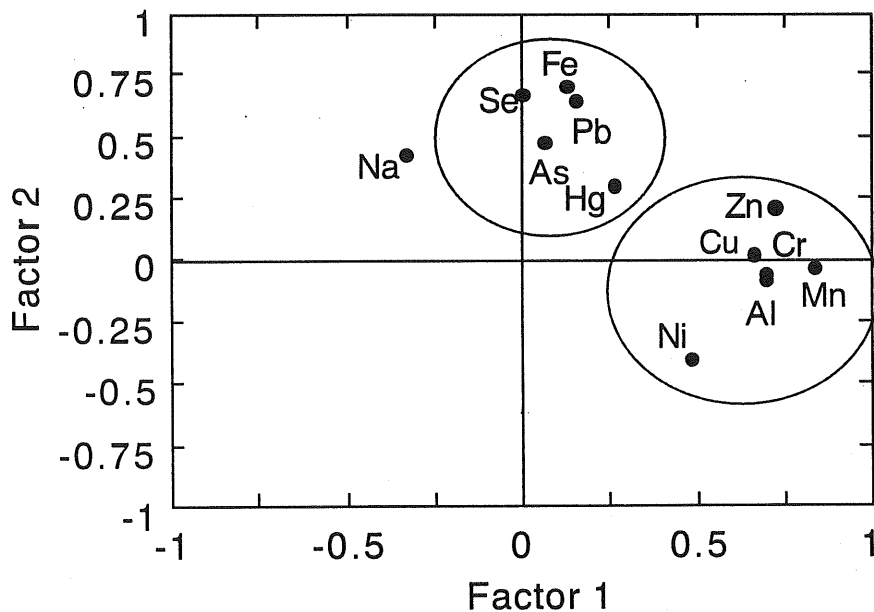


Fig. 1. Unrotated factor plot of factor 1 and factor 2.

変動において、Zn, Al, Cu, Cr, Mn, Ni の6元素間, Fe, Se, Pb, As, Hg の5元素間にはそれぞれ類似のパターンが存在するが、Na はどの微量元素とも類似のパターンを持たないと考えられた。したがって今後の検討においては、元素を3グループにわけ、各グループを代表させる合成変量を作成する必要があると思われる。現在、さらに多くの検体を分析中であり、詳細は別の機会に報告する予定である。

文 献

- 1) 吉田宗弘, 安藤達彦, 舘 博 (1995) 食品と開発 30(10) : 41
- 2) 稲荷田萬里子, 保屋野美智子, 野崎 正 (1984) 栄食誌 37 : 151