

コーヒー中のクロロゲン酸量に及ぼす焙煎時間および抽出条件の影響

高屋むつ子・和泉眞喜子・佐々木知子

(尚綱学院大学)

Influence of roasting time and extraction conditions on quantity of chlorogenic acid in coffee

Mutsuko Takaya, Makiko Izumi, Tomoko Sasaki

Shokei Gakuin College, 4-10-1, Yurigaoka, Natori-shi, Miyagi, 981-1295

〒981-1295 宮城県名取市ゆりが丘 4-10-1

The HPLC method is now commonly used for fractional determination of chlorogenic acid (Chl). We determined the quantity of Chl (5-CQA + 3-CQA) contained in raw coffee beans, and examined the influence of different roasting times and extraction conditions (temperature, device, water). The results were as follows:

- (1) Raw coffee beans contained 4.5 to 6.0% of Chl. This Chl was reduced by roasting, that is, about 60% of Chl was lost by mild roasting, 60 to 70% by moderate roasting, 70 to 80% by moderate to strong roasting, and 90 to 99% by strong roasting.
- (2) The influence of temperature on the extraction of Chl was slight, but the quantity of Chl extracted tended to be slightly higher at 95°C, followed in a descending order by 90°C and 85°C.
- (3) The quantities of Chl extracted by a spirit lamp siphon and paper drip were the same, while that extracted by an electric coffee maker was smaller.
- (4) The quantities of Chl extracted with distilled water and soft water were the same, but that extracted with hard water was smaller.

I. 緒 言

近年、コーヒーに含まれる機能性成分と効用、また、コーヒーと健康に関する疫学調査結果が次々と明らかにされ^{1)~3)}、これまでコーヒーに対して漠然とした不安を持ち、意識的にその摂取を避けてきた人にとっては安心できる嗜好飲料となった。

数ある機能性成分の中で、コーヒーの酸味や渋味などの味わいと深く関与しているクロロゲン酸類 (Chl 類) には抗酸化活性、糖尿病性合併症の予防効果、抗ウイルス活性、マクロファージ機能の亢進作用、抗高尿酸血症作用など多様な機能があり⁴⁾、生体へ好影響を及ぼすことが知られている。

コーヒー中の Chl 量については、生豆、焙煎豆および焙煎過程での変化、レギュラーコーヒー、インスタントコーヒーなどの報告^{1),5)}は見られるが、抽出温度、抽出器具、抽出用水の違いによる影響をみたものはほとん

どない。

Chl {5-Caffeoyl quinic acid (5-CQA)} には、他にコーヒー酸とキナ酸の結合位置により 2 種類の異性体 (3-CQA および 4-CQA) が存在し⁶⁾、生豆には 5-CQA 約 5~6%、3-CQA、4-CQA 各 0.5~1% 含むといわれている。しかし、4-CQA については標品が得難いので、一旦 5-CQA として計算した後、換算し求めている¹⁾。

コーヒー生豆、焙煎豆に含まれる Chl 類を分別測定する方法として、現在は Clifford らによって開発・発展された逆相 HPLC が広く用いられている¹⁾。王ら⁴⁾はゴボウ中の Chl 関連化合物の分離・定量を HPLC で行っているが、操作法が簡便であることから、コーヒー中の Chl 定量に利用できないかと考えた。

そこで、本実験では王らの方法⁴⁾を参考に、すなわち、グラジエントを行わずに同一溶媒だけで、Chl を定量し、生豆、焙煎豆、グラインド、抽出条件 (温度、器具、水)

の違いが Chl 溶出量にどのような影響を及ぼすか、また、ペーパードリッパ、インスタントコーヒー、缶コーヒーについても定量し比較検討したので報告する。

II. 試料および実験方法

1. 試料

市販のコーヒー生豆3種（モカ・シダモ、ブラジル、キリマンジャロ）と焙煎豆2種（モカ・シダモ、コロンビア）は仙台市内A店より、焙煎豆2種（モカ、ブラジル）はB店より、焙煎豆2種（コロンビア、マンデリン）はC店よりいずれも新鮮なものを購入し、直ちに分析に供した。また、インスタントコーヒー3種、缶コーヒー6種（無糖）も用いた。

2. 焙煎

各生豆150gを秤量後、IMEX ホームコーヒーロースター CR-100を用い焙煎した。焙煎時間は浅煎り（7分）、中煎り（8分）、やや深煎り（9分）、深煎り（11分）の4段階とした。

3. グラインド

生豆は BRIEL コーヒーグラインダー MEC-5009J（調整ダイヤル目盛1）を用いて粉碎後、篩別し450 μ m以下の粉末試料とした。

各焙煎豆は調整ダイヤル目盛1（450 μ m以下）、4（560~450 μ m）、9（710~560 μ m）の3段階で、粉碎後、篩別した。

4. 抽出

1) 温度 市販焙煎豆を用い、調整ダイヤル目盛9で粉碎後、直ちに30g精秤、湯量450ml（3杯分）とし、ペーパードリッパで抽出した。なお、抽出温度は85 $^{\circ}$ C、90 $^{\circ}$ C、95 $^{\circ}$ Cとし、抽出時間は蒸らし20秒、抽出終了時間は4分とした。

2) 器具 上記同様、市販焙煎豆を用い、ペーパードリッパ、電動式コーヒーメーカー4種（BRAUN AROMASTER KF-12, National NC-S7, SANYO SAC-ST6, メリタ）、アルコールランプ式サイフォンでの比較を行った。なお、粉碎の段階はペーパードリッパと電動式コーヒーメーカー用では調整ダイヤル目盛を9、アルコールランプ式サイフォン用では調整ダイヤル目盛を4とした。

3) 抽出用水 上記同様、市販焙煎豆を用い、蒸留水、軟水（サントリー天然水）、硬水（コントレックス）の比較を行った。抽出はペーパードリッパ方式、湯温は90 $^{\circ}$ Cとした。

なお、上記抽出は3回繰り返し平均した。

5. クロロゲン酸定量

1) 生豆、焙煎豆の試料調製 Chlの定量では、コーヒー粉末（450 μ m以下）1gを精秤し、33%アセトン50mlに懸濁、密封後、10分間超音波処理した。これを2日間室温抽出し、その後、遠心機（3,000rpm、10分）にかけ、上清液をディスポーザブルメンブラン・フィル

ターで濾過、希釈し、HPLC試料とした。

2) インスタントコーヒー、ペーパードリッパ抽出液、缶コーヒーの試料調製 インスタントコーヒー（粉末1.5g、熱湯140ml）とペーパードリッパ抽出液（粉末10g、90 $^{\circ}$ C熱湯150ml）は室温まで冷却、缶コーヒーはそのまま用いた。いずれも容器にコーヒー液67ml採取し、アセトンを加え33%濃度に調整後、ディスポーザブルメンブラン・フィルターで濾過、HPLC試料とした。

3) HPLC分析 HPLCには Waters LCモジュール1を、カラムには YMC-Pack Pro C18（3 μ m、75 \times 4.6mm）を用いた。移動相にはメタノール：水：酢酸（30：70：1）を用い、流速0.5ml/min、検出波長330nmで分析した。データ処理はSICクロマトコーダー21により絶対検量線法で行った。

なお、HPLC分析は5回繰り返し平均した。

6. 水分定量

常圧加熱乾燥法で測定した。

7. 色調測定

測色色差計（日本電色工業社製 ND-1001DP型）を用いてL*, a*, b*を測定した。

III. 結果および考察

1. クロロゲン酸

Chl定量は、王ら⁴⁾の方法を参考にして行った。すなわち、グラジエントを行わずに、同一溶媒で分析した。その結果、5-CQAと3-CQAのリテンションタイムは全く同じであった。4-CQAについては標品が得られなかったため、今回は5-CQA+3-CQA合計量をChl量とした。HPLCによる33%アセトン抽出物の分離例を図1に示す。また、コーヒー生豆（モカ・シダモ）33%アセトン抽出液に5-CQAと3-CQAを添加して分析し回収試験を行った。その結果は95.03% \pm 0.45（SD）であった。

3種（モカ・シダモ、ブラジル、キリマンジャロ）の生豆、焙煎豆中のChl量を表1に、グラインドの違いによるChl溶出量を表2に示した。

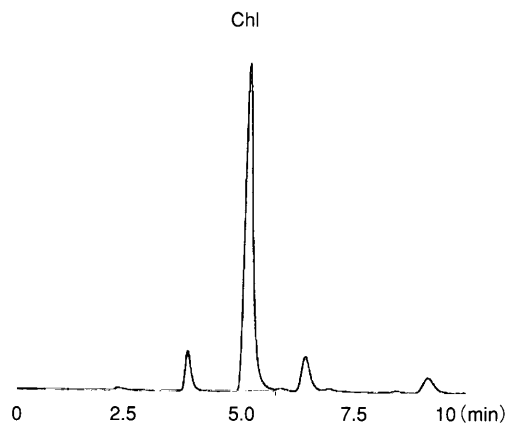


図1 HPLCによるモカ・シダモ生豆の33%アセトン抽出物の分離

表1 コーヒー生豆、焙煎豆中のクロロゲン酸量 (%)

豆の種類	クロロゲン酸量 (%)				
	生豆	浅煎り (7分)	中煎り (8分)	やや深煎り (9分)	深煎り (11分)
モカ・シダモ	6.04±0.22	2.68±0.12	2.62±0.05	1.71±0.01	0.47±0.01
ブラジル	4.53±0.12	1.76±0.01	1.44±0.01	0.20±0.00	0.13±0.01
キリマンジャロ	5.61±0.15	2.16±0.05	1.54±0.08	1.03±0.03	0.50±0.02

平均値±標準偏差

1) 生豆・焙煎豆中のChl量 表1に示す通り、生豆はChlを4.5~6%含むが、焙煎することで減少し、浅煎りで約60%が失われ、中煎りで60~70%、やや深煎りで70~80%、さらに深煎りでは91~99%消失していた。生豆・焙煎豆中のChl量については、すでに中林ら⁷⁾、友田⁷⁾が報告し、生豆にはChl類が約7~8%含むが、褐変の進行とともにその含量は減少し、イタリアンローストを過ぎるとほとんど消失する。また、生豆はChl類のなかでも5-CQAを多く含み、含量は5~6%であると報告しており、今回の値は近似していた。

2) グラインドの違いによるChl溶出量

表2に示す通り、モカ・シダモとブラジルについて、グラインドの違いによるChl溶出量を測定した。その結果、浅煎り、深煎りのいずれもグラインドによる差異はほとんど認められなかった。以上のことから、今回の方法は簡便、かつ再現性もよく、コーヒー中のChl定量に利用可能であることが確かめられた。

2. 生豆中の水分量

コーヒー生豆の水分量を表3に示す。生豆中の水分量は商取引にも関係があり、ブラジルでは12.5%以下と定められている⁷⁾。今回の場合、豆によって若干差が認

表2 グラインドの差異によるクロロゲン酸溶出量 (%)

豆の種類	クロロゲン酸量 (%)		
	グラインド	浅煎り (7分)	深煎り (11分)
モカ・シダモ	450 μm以下	2.75±0.05	0.47±0.01
	560~450 μm	2.64±0.04	0.46±0.01
	710~560 μm	2.68±0.12	0.48±0.00
ブラジル	450 μm以下	1.76±0.01	0.13±0.01
	560~450 μm	1.75±0.01	0.12±0.00
	710~560 μm	1.70±0.00	0.13±0.00

平均値±標準偏差

表3 コーヒー生豆の水分量 (%)

豆の種類	水分量 (%)
モカ・シダモ	9.96±0.01
ブラジル	9.77±0.04
キリマンジャロ	8.66±0.04

平均値±標準偏差

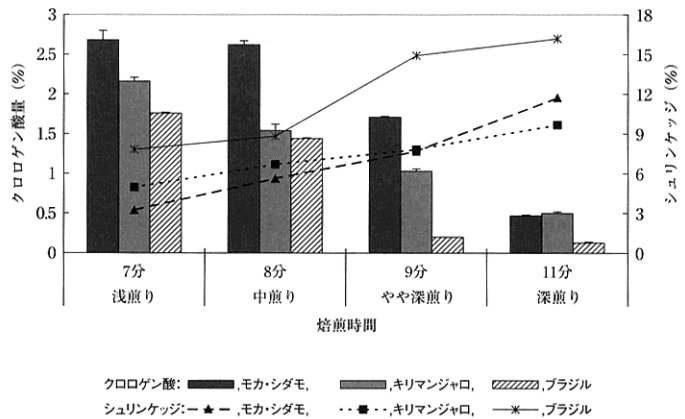


図2 焙煎によるコーヒー豆中のクロロゲン酸量とシュリンケッジの関係

められたものの水分量は9~10%の範囲内であった。

3. 焙煎によるコーヒー豆のシュリンケッジとChl量の関係

焙煎によるコーヒー豆シュリンケッジとChl量の関係を図2に示す。

シュリンケッジとは焙煎による豆の重さの減少率であるが、水分の消失や種々の化学変化の結果、15~18%減少すると言われている⁸⁾。今回焙煎程度を4段階に分けて測定した結果、モカ・シダモとキリマンジャロについては緩やかな減少傾向が見られたのに対し、ブラジルについては8~9分にかけて急減していた。11分でのシュリンケッジはモカ・シダモ11.73%、キリマンジャロ9.67%、ブラジル16.18%で、ブラジルが最も高値であった。重量の減少割合は、水分の蒸発が続く前段階では緩やかで、熱分解が始まると急激に進み、転位点は熱分解の開始期で、温度でいうならば185℃、生豆のシュリンケッジなら10%位の時期に相当するという⁷⁾。今回、生豆を同条件で焙煎したにも関わらず、モカ・シダモとキリマンジャロのシュリンケッジが低かったのは、焙煎器内の温度が低かったためではないかと考えられた。また、Chlはシュリンケッジ5~6%以下なら分解は抑制されるが、10%を超えると促進することが示唆された。

4. コーヒー豆の焙煎による色の変化

焙煎による色調の変化を調べるため、L* (明度), a*, b* (色度) を測定し比較検討した。その結果を表4に示す。

モカ・シダモ, ブラジル, キリマンジャロいずれも焙

表4 コーヒー豆の焙煎による色の变化

豆の種類	焙煎時間	L*	a*	b*
モカ・シダモ	浅煎り 7分	31.40	12.00	24.20
	中煎り 8分	26.70	11.30	19.60
	やや深煎り 9分	23.70	11.10	17.80
	深煎り 11分	13.80	8.50	8.00
ブラジル	浅煎り 7分	26.20	12.80	20.50
	中煎り 8分	23.30	11.70	16.70
	やや深煎り 9分	14.50	7.50	5.60
	深煎り 11分	12.90	5.50	3.90
キリマンジャロ	浅煎り 7分	26.70	12.40	20.50
	中煎り 8分	22.00	10.50	14.60
	やや深煎り 9分	18.70	10.20	11.90
	深煎り 11分	17.70	6.80	6.30

煎時間が長くなるほどL*, a*, b* 全てが低下した。すなわち、浅煎りは明るく、赤み、黄みが強いのにに対し、深煎りはその逆で、暗く、緑と青の度合いが増していることがわかった。コーヒーの褐色色素形成は現在のところ、ショ糖のカaramel化とアミノ酸と還元糖のメイラード反応の2経路で、これにたんぱく質や多糖類、さらにChl類やトルゴネリン分解物も関与した複雑な高分子の混合物と考えられている¹⁾。今回、豆の種類により若干の差がみられ、生豆に含む化学成分量の違いによるものと推測した。

5. Chl 溶出量に及ぼす抽出条件の影響

抽出温度・抽出器具・抽出用水がChl溶出量に及ぼす影響について検討した。その結果を図3に示す。

1) 抽出温度 ドリップ抽出法の好ましい適温は、テキストによりまちまちであり、95~85℃の範囲⁹⁾とする書がある一方で、95℃前後^{7),10),11)}、92~96℃¹²⁾、90~95℃¹³⁾、90℃¹⁴⁾、85~90℃¹⁵⁾、80℃以上⁸⁾など微妙に異なっていた。そこで、今回は85℃、90℃、95℃で比較

検討した。すなわち、モカ・シダモとコロンビアについて、焙煎豆を購入後、直ちに粉碎、85℃、90℃、95℃熱湯(蒸留水)を用い、ペーパードリップ抽出した。その結果、Chl溶出量はモカ・シダモが43.67~41.66mg/100ml、コロンビアも44.00~40.13mg/100mlで、温度による差は僅かであった。しかし、いずれも95℃が若干高い傾向にあり、次いで90℃、85℃の順であった。

2) 抽出器具 次にサイフォン、コーヒーマーカー、ペーパードリップについて比較検討した。その結果、Chl溶出量はサイフォンとペーパードリップに差は認められなかったものの、コーヒーマーカーの場合、低値であった。モカ・シダモの場合、サイフォン、ペーパードリップではChl溶出量が57~52mg/100mlであるのに対し、コーヒーマーカーでは約43mg/100mlであった。また、コロンビアもサイフォン、ペーパードリップではChl量が約36mg/100mlに対し、コーヒーマーカーでは約23mg/100mlであった。コーヒーマーカーの殆どはドリップ式を自動化したものであるが、湯口からの注湯量やタイミングなどはメーカーによって異なるものと推測される。そこで、今回4種のコーヒーマーカーを用い、全抽出時間を測定したところ(水タンクの水量450ml)、3分20秒~5分と、メーカーによってかなりの差がみられた。コーヒー粉に注湯すると、粉は湯を含んで膨張し、十分に膨らんだ状態で、はじめて本来のよい味や香りの成分を引き出してくれる。しかし、コーヒーマーカーの場合は、豆の状態に関係なく、ひっきりなしに湯が滴下されるため、豆が十分湯を含まなかったり、逆に多すぎたり、適切な抽出状態を維持できないことが欠点と考える。今回使用したコーヒーマーカー2種はシャワー式で全抽出時間が約5分と、他と比べ長かった。モカとブラジルを用い実験した結果(表5)、Chl溶出量はシャワー式の方が若干値は高く、このことはシャワー式の方が粉に満遍なく湯がいきわたること。また、抽出時間が長い

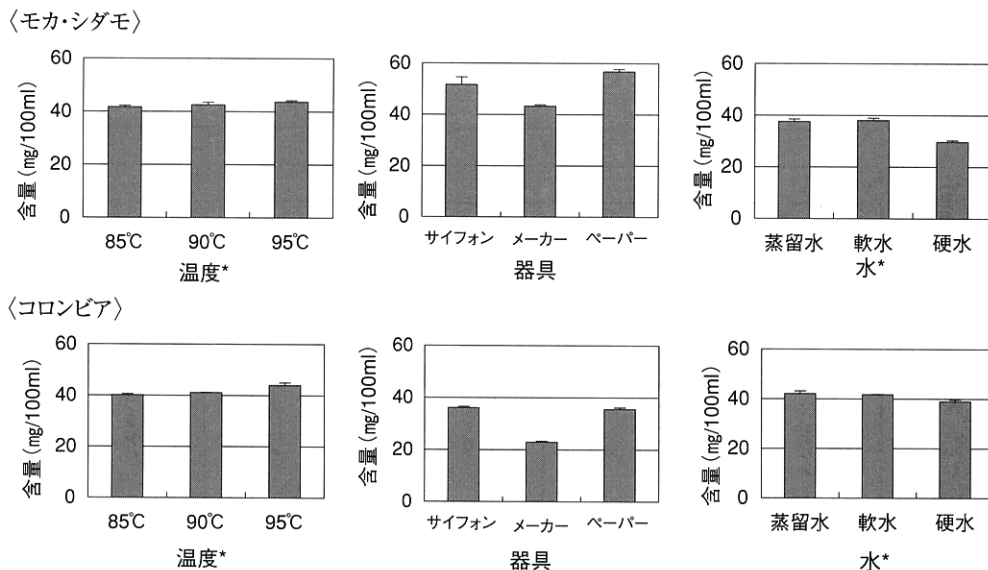


図3 クロロゲン酸溶出量に及ぼす抽出温度・抽出器具・抽出用水の影響 (*: ペーパードリップ抽出)

表5 コーヒーメーカーの差異によるクロロゲン酸溶出量

豆の種類	コーヒーメーカー	クロロゲン酸(mg/100ml)
モカ	A社	21.50±0.13
	B社	25.55±0.56
	C社 (シャワー式)	27.34±0.91
	D社 (シャワー式)	31.36±0.20
ブラジル	A社	0.62±0.02
	B社	0.83±0.02
	C社 (シャワー式)	1.70±0.06
	D社 (シャワー式)	1.29±0.02

平均値±標準偏差

ということは、1回の注湯量が他と比べ少ないものと推測され、その結果、粉が膨張しChlがよく抽出されたものと考えられた。

3) 抽出用水 一般にコーヒーには軟水が適すると言われているが、鉱物質含量が極端に多くなければ、硬水使用も可能であり、どちらが適しているかは一概には言えない。要は好みであり、鉱物質が多過ぎるとカフェインやタンニンの抽出が妨げられ、一方、苦味は軟水には溶けにくい、硬水にはなじむと言われている^{12),13)}。そこで、Chl溶出量に及ぼす抽出用水(蒸留水、軟水、硬水)の影響を検討した。

モカ・シダモの場合、Chl溶出量は蒸留水、軟水では37.64~38.04mg/100mlの範囲内であるのに対し、硬水では29.70mg/100mlであった。また、コロンビアも蒸留水、軟水で約42mg/100mlに対し、硬水では38.99mg/100mlと若干低値であった。今回使用した軟水は硬度約30mg/l、硬水は硬度約1,551mg/lの超硬水であった。したがって、硬水については、水に含むカルシウムイオン(48.6mg/100ml)やマグネシウム(8.4mg/100ml)などの金属イオンがChlと結合し、水に難溶の塩をつくり、遊離のChlが少なくなったものと考えられた。

6. 各種コーヒー中のChl含量

3店舗から焙煎豆(計5種)を購入、粉碎を依頼しド

リップ抽出したもの、インスタントコーヒー3種、缶コーヒー(無糖)6種、また、生豆3種を焙煎(中煎り)、調整ダイヤル目盛9で粉碎後ドリップ抽出したものを図4に示した。

A店は大手焙煎店、B・C店は自家焙煎専門店である。Chl含量は71.58~33.83mg/100mlの範囲内であったが、大手焙煎店と自家焙煎専門店が認められた。大手焙煎店の場合は焙煎の全過程が自動化され、大量かつ短時間で焙煎するのに対し、自家焙煎専門店の場合は豆の種類や状態に合わせ、時間をかけてきめ細かに焙煎するものと推測され、この違いがChl量に影響したものと推察された。

インスタントコーヒーのChl溶出量は、27.27~14.94mg/100mlの範囲内、また、缶コーヒー(無糖)では44.02~10.07mg/100mlの範囲内であり、ドリップ抽出と比べ低値であった。それに対し、生豆から焙煎・抽出したものは高値で、Chl溶出量は豆の品種よりも、むしろ焙煎度合いによる影響の方が顕著であることが示唆された。

現代はストレス社会といわれている。そのような中で、一杯のコーヒーは疲れを癒し、心を豊かにしてくれる。また、コーヒーには様々な機能成分が含まれているが、その効果も焙煎度合いや抽出条件で異なるものと推測される。今回、機能成分のひとつであるChlを定量した。その結果、焙煎時間、抽出温度、抽出器具、抽出水で差異が認められた。すなわち、「浅煎り豆」「軟水」「ドリップ式(湯温95℃)」または「アルコールランプ式サイフォン」を用いて入れると、Chl溶出量が高くなるのが今回の実験結果から確かめられた。今後は「おいしさ」との関係について検討する予定である。

IV 要 約

コーヒー生豆中のChl量(5-CQA+3-CQA)をHPLCを用いて定量した。さらに、焙煎時間および抽出条件(温度、器具、水)の影響について検討し、以下

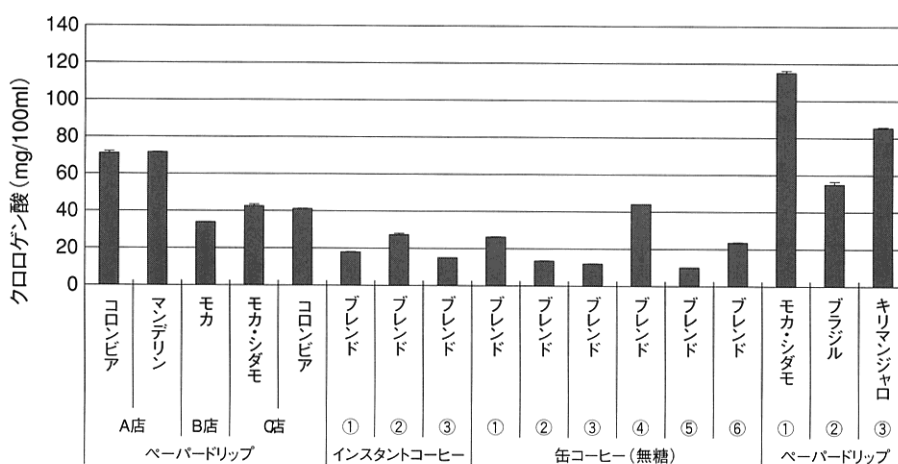


図4 各種コーヒー中のクロロゲン酸含量

の結論を得た。

(1) 生豆は、Chlを4.5～6%含むが、焙煎することで減少し、浅煎りで約60%が失われ、中煎りで60～70%、やや深煎りで70～80%、深煎りでは91～99%消失していた。

(2) Chlは、抽出温度による差は僅かであったが、95℃が若干高い傾向にあり、次いで90℃、85℃の順であった。

(3) アルコールランプ式サイフォンとペーパードリッブによるコーヒー抽出液のChl量は、同程度であったが、それらに比べ電動式コーヒーメーカーを使用したものは低値であった。

(4) 蒸留水または軟水を用いて入れたコーヒー抽出液のChl量は、同程度であったが、それらに比べ硬水を使用したものは低値であった。

文 献

- 1) 中林敏郎・箆島 豊・本間清一・中林義晴・和田浩二：コーヒー焙煎の化学と技術，アイ・ケイコーポレーション，神奈川，pp.170-181，p.18，p.166，p.21，p.22，p.66，p.68 (2002)
- 2) 西澤千恵子・グエン・ヴァン・チュエン：食科工，**48**(7)，533 (2001)
- 3) 食の科学編集部：食の科学，光琳，東京，p.22 (1999)
- 4) 王 蓉・綾野秀志・古本敏夫・近藤 昭・福井宏至：食科工，**48** (11)，857 (2001)
- 5) 東野哲三・藤田修二・川辺正幸：日食工誌，**36**(7)，587 (1989)
- 6) Trugo, L. C. and Macrae, R.: *Analyst*, **109**, 263 (1984)
- 7) 友田五郎：序説珈琲学，光琳，東京，p.85，p.36，p.38，p.73 (1987)
- 8) 日本コーヒー文化学会編：コーヒーの事典，柴田書店，東京，p.115，p.145 (2002)
- 9) 橋本慶子・島田淳子：調理科学講座6，朝倉書店，東京，p.184 (1993)
- 10) 嘉茂明宏：コーヒー最高の一杯，大泉書店，東京，p.72 (1997)
- 11) 秋山悟堂：コーヒー入門，有紀書房，東京，p.105 (1997)
- 12) UCC コーヒー味覚表現委員会，珈琲ブック，新星出版社，東京，p.70，p.36 (1999)
- 13) 広瀬幸雄・星田宏司：コーヒー学講義，人間の科学社，東京，p.159，p.174 (2003)
- 14) <http://www.nhk.or.jp/gatten/archive/2004q2/20040609.html>
- 15) 川中幸博：珈琲に遊ぶ，未知谷，東京，p.68 (2003)