# 自家焙煎コーヒーの色調の変化とアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性について

# 山岸 美穂 辻 雅子 林 一也 四十九院 成子

コーヒーは嗜好飲料として古くから親しまれており、眠気防止などの作用や様々な薬理的作用も知られている。本報では、品種の異なる生のコーヒー豆を焙煎し、焙煎度合いにおける色調の違いとアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性について検討を行った。さらに銘柄別のコーヒー豆の色調の違いや ACE 阻害活性についても検討を行った。その結果、色調は焙煎度が進むにつれて色が茶色くなり、濃く変化した。また、品種や銘柄が異なる豆であっても、全てほぼ同量の ACE 阻害活性が認められた。しかし焙煎度が進むほど ACE 阻害活性は高くなる傾向が見られた。さらに、アラビカ種では明度と色差の両方とも ACE 阻害活性との間に強い相関がある可能性が認められた。

キーワード:コーヒー豆 自家焙煎 焙煎時間 色調 ACE 阻害活性

#### 1. はじめに

コーヒーは古くから世界中で飲用されている最も代表的な嗜好飲料の一つである。発見当初から眠気防止や疲労回復などの作用を持つことが知られている<sup>1)</sup>。さらに、様々な薬理的な作用があることも知られており、コーヒーに含まれる特徴的な成分としてカフェイン、クロロゲン酸、桂皮酸類などが挙げられ、これらの成分が様々な疾患のリスク低減や予防に関与している<sup>2)、3)</sup>と考えられている。

コーヒーの品種は大きく分けるとアラビカ種とロブスタ種があり、世界のコーヒー豆生産の6割弱が、アラビカ種である。アラビカ種は酸味が強く、香りは花のような甘い香りがする。原産地は、アフリカのエチオピアである。標高1000~2000mの熱帯高地での栽培に適しており、栽培には大変な手間がかかり、霜、乾燥、病害虫などにも弱いのが特徴で、栽培が難しい。一方ロブスタ種は、アラビカ種よりも病気に強く、標高300~800mと低高度で容易に栽培することができる。

豆の形は、アラビカ種よりも丸みを帯びている。 ロブスタ種は、苦味が強く渋みもあり、香りは麦 茶に似た香ばしい香りがある。

アンジオテンシン I 変換酵素(Angiotensin I Converting Enzyme)(以下 ACE と略す) は血圧上昇において関連酵素として重要な意味を持ち、この働きを阻害することで血圧上昇抑制作用を示すことが知られている。

コーヒーの ACE 阻害活性については、インスタントコーヒーを用いた報告 4 はあるが、自家焙煎をしたコーヒー豆についての報告はない。本報では、品種や銘柄の異なるコーヒー豆を自家焙煎し、その色調の変化および ACE 阻害活性を検討することとした。

# 2. 実験方法

2-1 試料および調製方法

## 1) コーヒー豆

生のコーヒー豆は、品種の違いとしてアラビカ種のコロンビア (コロンビア産)、ロブスタ種のジャバ (インドネシア産)を使用した。銘柄別の違いを検討する場合はアラビカ種とし、キリマン

ジャロ (タンザニア産)、マンデリン (インドネシア産)、ブルーマウンテン (ジャマイカ産)、コロンビア (コロンビア産) を使用した。これらの生のコーヒー豆は、ヤマモトコーヒー店 (東京・新宿) で購入した。

#### 2) コーヒーの焙煎および抽出

生豆を各 40g 計量し、電動焙煎機 ((株) ゴー エン)に、熱電対温度計(安立計器)を挿入して、 室温から焙煎をスタートし、温度を上昇させて焙 煎を行った。アラビカ種のシナモンローストは 149℃まで、ミディアムローストは163℃まで、 シティローストは164℃まで、フレンチロースト は177℃まで、イタリアンローストは173℃まで それぞれ温度上昇した。ロブスタ種のシナモン ローストは140℃まで、ミディアムローストは 159℃まで、シティローストは170℃まで、フレ ンチローストは179℃まで、イタリアンロースト は177℃までそれぞれ温度上昇した。焙煎時間は それぞれ 17 分、22 分、24 分、27 分、29 分間であっ た。銘柄別での検討を行うときは各22分間の焙 煎とした。いずれも室温から焙煎をスタートし、 温度上昇させて焙煎を行った。コロンビアは 163℃、ロブスタ種は159℃、ブルーマウンテン は168℃、キリマンジャロは180℃、マンデリン は173℃までそれぞれ温度上昇した。焙煎後冷却 し、電動ミル((株)富士珈機)で豆を挽き、挽 豆 15g と純水 167ml にてコーヒーメーカー ((株) カリタ)で抽出し、これを ACE 阻害活性用の試 料溶液とした。

#### 2-2 コーヒー豆の測色

生豆と各種焙煎したコーヒー豆を分光色差計 (日本電色工業(株)SD-3000)で測定し、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  および $\Delta E^*$ で示し、色彩管理ソフト「カラーメイト Pro」(日本電色工業(株))にてグラフを作成した。

 $L^*$  は明度、 $a^*$  は赤と緑の度合い、 $b^*$  は黄色と青の度合い、 $\Delta E^*$  は色差を示した。

## 2-3 ACE 阻害活性の測定

ACE 阻害活性の測定は ACE-Kit(同仁化学研

究所)を用い、マイクロプレートリーダー(バイオ・ラッド・ラボラトリーズ(株))で 450nm の吸光度を測定した。阻害率(%)は反応液に試料を加えて反応させ、試料を含まないコントロールに対する次式により求めた。

阻害率 (%) =  $\{E(C) - E(S)\} / E(C) \times 100$ 

E(C): 試料の代わりに純水を加えたもの: Control E(S): 試料を加えたもの: Sample

E(C)、E(S) はあらかじめ反応停止液を加えて反応させた Blank の値を各々差し引いて算出した。また、各試料間の阻害活性の比較は阻害活性が 50% を示す反応液中の試料量を 1unit とした。

# 2-4 統計処理

統計処理は、一元配置分散分析を行った後、独立多群全2群間比較と独立多群多重比較(Tukeyの多重比較検定)を行った。

#### 2-5 色調と ACE 阻害活性の関連性

色調と ACE 阻害活性の関連性については、 Excel 2013 を用い、ピアソンの相関係数を用い、 傾向を見た。

#### 3. 実験結果

#### 3-1 焙煎時間と色の変化について

#### 1) 品種別の焙煎変化

一般的にコーヒーの焙煎段階は、浅煎りから深 煎りまでを8段階に分け、浅い方からライトロー スト、シナモンロースト、ミディアムロースト、 ハイロースト、シティロースト、フルシティロー スト、フレンチロースト、イタリアンローストと している。

図1に示すように、各豆を焙煎した場合、焙煎時間17分がシナモンロースト、22分がミディアムロースト、24分がシティロースト、27分がフレンチロースト、29分がイタリアンローストに近い状態となった。焙煎時間17分では薄く茶色の色づいた状態で、生豆の青臭さが感じられるため、ほとんど飲用されることはないと考えられた。22分では生豆の青臭さは感じられなくなり、コーヒー特有の香ばしい香りがほのかに感じられ、より茶色く色づいた。この状態は浅煎りで酸味が強



図1 焙煎時間と色の変化



図2 銘柄別の豆の比較

表1 アラビカ種の焙煎時間と色調変化

焙煎時間	$L^*$	a*	<i>b</i> *	$\Delta E^{\star}$
生	54.21	1.15	11.25	0.00
I 17分	47.24	6.35	10.98	8.70
Ⅱ 22分	43.87	4.37	7.37	11.50
Ⅲ 24分	40.96	3.64	5.18	14.79
IV 27分	38.95	1.99	2.28	17.72
V 29分	38.25	1.77	1.98	18.47

 $L^*$ :明度  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  ${}_{4}E^*$ :色差

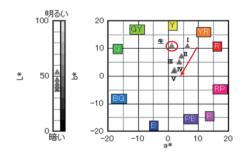


図3 アラビカ種の色調変化

表 2 ロブスタ種の焙煎時間とその色調変化

焙煎時間	$L^*$	a*	b*	$\Delta E^*$
生	56.56	1.37	14.87	0.00
I 17分	52.16	9.10	17.82	9.37
Ⅱ 22分	41.55	4.94	6.10	17.75
Ⅲ 24分	39.51	2.83	3.44	20.58
IV 27分	38.11	1.60	1.87	22.57
V 29分	37.64	1.29	1.34	23.26

 $L^*$ :明度  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  ${}_{}^{}$   ${}_{}^{}$  色差

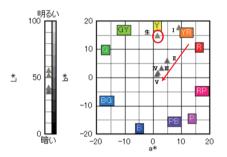


図4 ロブスタ種の色調変化

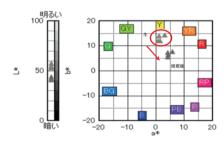


図5 銘柄別コーヒー豆の焙煎前後の色調変化

表3 銘柄別コーヒー生豆の色調

豆の銘柄	$L^*$	a*	<i>b</i> *	
キリマンジャロ	57.76	1.13	14.11	
マンデリン	53.07	2.98	14.46	
ブルーマウンテン	54.43	0.74	12.08	
コロンビア	55.05	1.53	12.13	

 $L^*$ :明度  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い

豆の銘柄	$L^*$	a*	<i>b</i> *	$\Delta E^*$
キリマンジャロ	41.67	4.41	6.43	18.13
マンデリン	42.22	5.78	7.72	13.08
ブルーマウンテン	40.94	4.08	5.54	15.36
フロンビア	44.90	<i>I</i> 10	7 38	19 14

表 4 銘柄別焙煎後のコーヒー豆の色調

 $L^*$ :明度  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  $a^*$ :赤(+)と緑(-)の度合い  ${}_{4}E^*$ : 色差

く、苦味は弱いので、アメリカンコーヒーに適し ている。24分は中煎りで、さらに香ばしい香り が感じられ、日本や北欧で好まれる焙煎度合いで ある。酸味と苦味のバランスがよく、この焙煎度 は多くのコーヒー豆に適用でき、バランスよく飲 用できる。27 分は深煎りで、香り、色ともに深 味が増し、酸味はほとんどなく、苦味が際立って くる。豆からは油がにじみ出て、フレンチロース トはカフェオレやウィンナーコーヒー、エスプ レッソ、アイスコーヒーなどに向いている。29 分では、さらに豆から油が出て、最も黒に近くな り、苦味が強く、香ばしい香りも強く出て来るた め、アイスコーヒーなどに向いている。ほとんど 酸味はなく、濃厚な苦味が際立っている。以上の ように、コーヒー豆は、焙煎時間が長くなるほど 色が茶色くなり、濃くなっていった。香りは、焙 煎時間が長くなるほどコーヒー特有の香ばしさが 増していき、焙煎時間27分を超えると豆から油 がにじみ出た。

#### 2) 銘柄別の焙煎変化

図2に各銘柄別の焙煎前の生豆と焙煎後の豆を示した。焙煎前の生豆を見ると、マンデリンはややオレンジ色をしているが、他はほぼ同様の色だった。これらの生豆を22分間焙煎し、ミディアムローストとした。焙煎後の色は、銘柄別では概ね同じであり、差はあまり見られなかった。

## 3-2 色調

# 1) 品種別の色調

各種自家焙煎したアラビカ種は表1、図3に示すように、焙煎前の生豆と比較して、焙煎時間に

よる  $L^*$ 、  $a^*$ 、  $b^*$  は、すべての値が 0 に近づいている。焙煎時間が増すにつれて、黒くなっていくのが確認できた。  $4E^*$  は焙煎前の生豆との差である。表 1 と図 3 に示してある I ~ V は焙煎時間を示し、 I は 17 分、 II は 22 分、 III は 24 分、 IV は 27 分、 V は 29 分の色差の値と色の位置を示したものである。

ロブスタ種も表 2、図 4 に示すように、アラビカ種と同様の傾向が得られたが、 $a^*$ 、 $b^*$  ともロブスタ種の方が数値は 0 に近くなり、黒くなる度合いがより強かった。表 2 と図 4 に示してある I  $\sim$  V は焙煎時間を示し、 I は 17 分、 II は 22 分、 III は 24 分、 IV は 27 分、 V は 29 分の色差の値と色の位置を示したものである。

# 2) 銘柄別の色調

各種銘柄別の焙煎前の生豆と焙煎後の豆の色調を計測し、図 5、表 3、表 4 に示した。焙煎前の生豆の状態では、マンデリンの橙味がやや強い傾向が見られたが、焙煎後は大きな差はなく、全体的にどれも茶色く色づく傾向が見られた。なお、図 5 の丸で囲まれたものは、各種産地別の焙煎前の生豆の色調であり、丸で囲まれていないものは焙煎後の豆の色調である。

#### 3-3 ACE 阻害活性の変化

#### 1) 品種別の ACE 阻害活性

アラビカ種の焙煎時間別のコーヒー抽出液のACE 阻害活性を図6に示した。またロブスタ種の焙煎時間別のコーヒー抽出液のACE 阻害活性を図7に示した。両方とも焙煎時間が長くなるほど ACE 阻害活性が高くなる傾向が認められた。

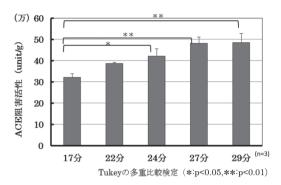


図6 アラビカ種の焙煎時間と ACE 阻害活性

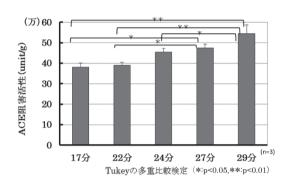


図7 ロブスタ種の焙煎時間と ACE 阻害活性

#### 2) 銘柄別の ACE 阻害活性

アラビカ種の各産地のコーヒー抽出液の ACE 阻害活性を図8に示した。銘柄が異なっても、同程度の ACE 阻害活性が認められた。

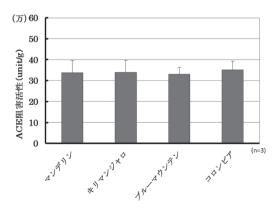


図8 銘柄別の ACE 阻害活性

# 3-4 色調と ACE 阻害活性の関連性

## 1) L\* と ACE 阻害活性の相関

 $L^*$  と ACE 阻害活性の相関を図 9、図 10 に示した。アラビカ種においては  $R^2$ =0.9835 となっており、相関性は強かったが、ロブスタ種においては、 $R^2$ =0.5553 でアラビカ種に比べ相関性は弱かった。

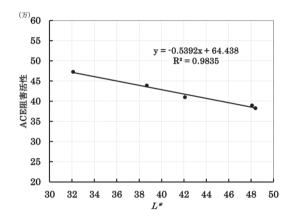


図9 アラビカ種 L\*と ACE 阻害活性の相関

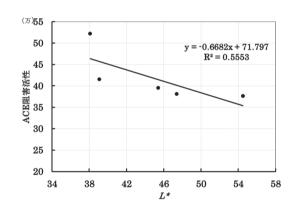


図 10 ロブスタ種  $L^*$  と ACE 阻害活性の相関

## 2) ΔE\* と ACE 阻害活性の相関

 $\Delta E^*$  と ACE 阻害活性の相関を図 11、図 12 に示した。アラビカ種においては  $R^2$ =0.9834 となっており、相関性は強かったが、ロブスタ種においては、 $R^2$ =0.6696 でアラビカ種に比べ、ばらつきがあり、相関性は弱かった。

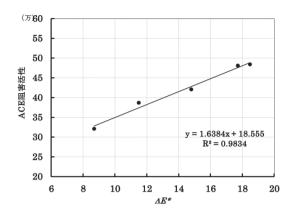


図 11 アラビカ種 $\Delta E^*$ と ACE 阻害活性の相関

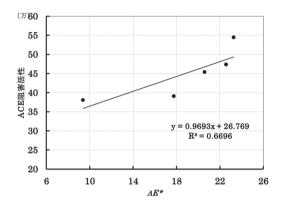


図 12 ロブスタ種 $\Delta E^*$ と ACE 阻害活性の相関

# 4. 考察

品種や銘柄の異なる生のコーヒー豆を焙煎した後、品種別では焙煎度ごとの色調と ACE 阻害活性の関係について検討した。さらに銘柄別では生および 22 分焙煎のコーヒー豆と ACE 阻害活性の関係についても検討を行った。焙煎度については、焙煎時間 17 分をシナモンロースト、22 分をミディアムロースト、24 分をシティロースト、27 分をフレンチロースト、29 分をイタリアンローストとした。

まず品種別の焙煎度ごとの色調において、焙煎時間17分のシナモンローストのみ、アラビカ種とロブスタ種の色がやや異なった。ロブスタ種は明るいオレンジ色でアラビカ種は暗いオレンジ色

であった。アラビカ種は図1に示すように、焙煎時間が増すにつれて、茶色が濃くなり、やがては黒に近づく傾向を示したのに対し、ロブスタ種は図1に示すように、焙煎時間17分のシナモンローストは、オレンジ色になり、焙煎時間22分から徐々に茶色が濃くなり、やがては黒に近づいていく傾向を示した。両種とも焙煎過程での17分では色の違いが見られたものの、最終的には黒に近づき、その色調に大きな差は認められなかった。

次に焙煎度ごとの ACE 阻害活性結果では、ア ラビカ種において、17分と27分、17分と29分 の間でそれぞれ1%未満の危険率で有意に高まり、 17分と24分の間でも5%未満の危険率で有意に 高くなった。コーヒー豆は、焙煎時間が長くなる に従い、ACE 阻害活性が高くなることが認めら れた。以前に行った研究において、アラビカ種の コロンビア産のコーヒー生豆の ACE 阻害活性を 測定した結果、10万弱 (unit/g) の阻害活性があ ることを明らかにしており (未発表研究)、本結 果では、生豆よりも焙煎した方が ACE 阻害活性 は高くなることも明らかとなった。また、ロブス タ種においては、17分と29分の間、22分と29 分の間でそれぞれ1%未満の危険率で有意に高ま り、17分と27分の間、22分と27分の間、24分 と29分の間ではそれぞれ5%未満の危険率で有 意に高くなった。ロブスタ種も、アラビカ種同様 に焙煎時間が長くなるに従い、ACE 阻害活性が 高くなる傾向が見られたが、アラビカ種よりばら つきがあった。これは、コーヒー豆の形状が、ア ラビカ種よりも小さく丸いため、アラビカ種より 熱伝導が良かったためではないかと考えられた。

さらに、銘柄別の ACE 阻害活性について検討を行った。アラビカ種のマンデリン、キリマンジャロ、ブルーマウンテン、コロンビアについて比較を行ったところ、銘柄が異なるコーヒー豆においても、同様の ACE 阻害活性の高まりが認められた。しかし、銘柄別の ACE 阻害活性に有意な差は認められなかった。このことから、コーヒー豆の銘柄が異なっていたとしても ACE 阻害活性に違いはなく、どのコーヒー豆でも同様の効果が得られることが明らかとなった。

色調と ACE 阻害活性の関連性を見るために、

 $L^*$  と ACE 阻害活性の相関と $\Delta E^*$  と ACE 阻害活性の相関を行ったところ、いずれもアラビカ種においては、関連性がある可能性が考えられたが、ロブスタ種においては、いずれもアラビカ種に比べ、ばらつきがあり、相関性がある可能性は低いと考えられた。アラビカ種は、 $L^*$  が下がる、つまり色が黒に近づくにつれ、ACE 阻害活性は高くなる傾向が見られた。また、 $\Delta E^*$  が大きくなるにつれ、OE 阻害活性は高まる傾向が見られた。このことから、アラビカ種においては焙煎度が高まることにより、ACE 阻害活性も高まることが確認できた。しかし今回の相関は n 数が少ないため今後さらにサンプル数を増やして測定を行う必要があると考えられた。

今回自家焙煎をしたコーヒー豆は、焙煎時間が 長くなるほど色は濃くなり、なおかつ ACE 阻害 活性が高くなることが認められた。ロブスタ種の 相関性は見られなかったものの、アラビカ種にお いては、相関性が見られた。普段一般的に飲用さ れるミディアムロースト(22分)やシティロー スト(24分)において ACE 阻害活性が認められ た。さらにはフレンチロースト(27分)のよう な飲用にはやや濃いものであるが、ACE 阻害活 性はより高まることが認められた。これは、焙煎 によって生成する Maillard 反応生成物による部 分的な関与 5) と同様の結果が得られたものと考え られる。

# 5. まとめ

品種や産地の異なる生のコーヒー豆を自家焙煎 した結果、品種、銘柄が異なるコーヒー豆におい ても、同等の ACE 阻害活性が認められ、焙煎度 の違いでは、焙煎時間が長くなるほど色は黒くな り、ACE 阻害活性も有意に高くなる傾向が認められた。以上のことから、コーヒーは銘柄や品種の違い、焙煎の程度を変えることで、様々な味わいを楽しむことができるとともに様々な薬理作用も得られる。さらには血圧上昇抑制に関与する飲料としても期待できることが示唆された。

## 6. 謝辞

本研究を行うにあたり、多くのご協力をして下さった、四十九院研究室の卒業生の曾根原優理さん、仲村麻裕美さん、藤本佳那恵さんに深く御礼を申し上げます。

## 7. 引用文献

- 1) 栗原久, Nestlé Coffee & Health (Vol.10) 2015 Nov. http://www.nestle.co.jp/asset-library/documents/ nhw/interview10.pdf 22/5/2017
- 岡希太郎、コーヒーの糖尿病予防効果を説明する 栄養成分の薬理学、薬学雑誌、127 (11) 1825-1836、 (2007)
- 3) 横田正,加藤久喜,宮下知也,衛藤英男,生コーヒー豆の亜臨界水抽出による機能性飲料の製造,科学・技術研究,第3巻2号,121-126,(2014)
- José A. Rufián-Henares and Francisco J. Morales, Angiotensin- I converting enzyme inhibitory activity of coffee melanoidins, J. Agric. Food Chem., 55
  (4), 1480-1485, (2007)
- 5) 三浦理代, Maillard 反応の生理機能的研究 ACE (アンギオテンシン I 変換) に及ぼす Maillard 反応 生成物の影響—, 食生活科学・文化及び地球環境科学に関する研究助成 研究紀要, 財団法人アサヒビール学術振興財団, 第12巻, 45-60, (1996)

(受付 2017.3.29 受理 2017.6.19)