

水出しコーヒーの酸味と酸含有量の関係

2024年度 高校2年E組23番 鈴木 柚穂

目次

序論.....	3
本論.....	3
1節 先行研究の検討.....	3
1. 先行研究の分析.....	3
2. 考察.....	5
2節 酸に関する研究.....	6
1. コーヒーの抽出.....	6
2. 官能評価による検討.....	7
3. 滴定による検討.....	8
4. 検定.....	10
5. 考察.....	10
結論.....	11
参考文献.....	11
謝辞.....	12

序論

豊かな香りと奥深い味わいをもつコーヒーは、世界中で人気な世界で最も広く飲まれている嗜好品の一つであり、その市場は年々拡大している。国際コーヒー機関(ICO)のデータによれば、世界のコーヒー消費量は過去数十年間で着実に増加しており、特に新興国での需要が高まっている¹。2023年のフードサービス用コーヒー市場規模は約4,788億5,000万ドルと評価されており、2030年までに7,290億9,000万ドルに達すると予測されている。この期間の年間平均成長率(CAGR)は6.20%とされている²。成長を支えている要因には、外食文化の普及やスペシャルティコーヒーの需要増加が挙げられる。特に水出しコーヒー(コールドブリュー)が、豊かな風味と低い酸味で多くの消費者の支持を集め、注目されている。このトレンドは米国だけでなく、アジア太平洋地域やヨーロッパでも広がりつつあり、市場のさらなる成長を促進している²。

また、品質の高さが評価されたスペシャルティコーヒーの台頭により、品質への関心も高まりを見せている^{3,4}。コーヒーの味は主に苦味、酸味、甘味という3つの基本要素によって構成されるが、これらの要素のバランスが風味の評価に大きく影響する。例えば、苦味は主に焙煎やカフェインによるものであり、酸味はコーヒー豆の産地や精製方法に左右される。一方で、甘味は熟した豆の自然な糖分に起因する⁵。コーヒーの味覚は化学的要因と調理過程が複雑に絡み合っており味を構成する要素が多いため、世界中の数多くの飲料の中でも奥が深いと言われている。とりわけスペシャルティコーヒーの審査基準でもある酸味は全体の味に大きく左右する要素でありつつ、複数の成分が作用するため複雑さを増す要因でもある。

さらに、2010年代以降より高品質なコーヒーを愉しむ「サードウェイブ」の波が広がっている。その流れからアメリカのコーヒー専門店で誕生した「COLD BREW(コールドブリュー)」である水出しコーヒーが今人気となっている。カフェインレスコーヒーの人気の高まりに伴い、水出しコーヒーが注目されている⁶。

そこで本論では、水出しコーヒーの酸と酸味の関係について生産国(生豆の種類)、豆の焙煎方法の観点から検討する。抽出方法や豆の産地に基づく研究が進めば、味覚要素の科学的解明がコーヒー業界のさらなる発展を支えるだろう。

本論

1節 先行研究の検討

1. 先行研究の分析

『極める愉しむ珈琲事典』は 生豆に加える熱の程度によって色や香味が変化し、この変化の段階を「焙煎度合い」と呼ばれることを紹介している⁷。この焙煎度合いは大きく分けて浅煎り、中煎り、深煎りの三段階に分

けられており、さらにライトロースト、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の8段階に名付けられている。この著書によると焙煎が進むにつれて焙煎が進むにつれて酸味の強いものから苦みの強いものに変化する特徴がある。

中林敏郎氏の焙煎によるコーヒーの有機酸とpHの変化によると、焙煎温度や時間の変化がドリップコーヒーの香氣成分に与える影響の実験では、浅煎りではフローラルやフルーティーな香りが優勢となった一方で深煎りではナッツやキャラメルのような香りが強まる。さらに焙煎による非フェノール性カルボン酸とpHの関係を検討し、pHの変化は遊離滴定酸度に比例することが示された⁸。当研究ではコーヒーの有機酸のブチルエステルをガスクロマトグラフィーで分析して、ギ酸、酢酸、乳酸、グリコール酸、レヴリン酸、シュウ酸、マロン酸、コハク酸、リンゴ酸、およびクエン酸を同定した。メディアム以降の遊離酸の減少とpHの上昇は主に黒褐色多孔性のコーヒー豆組織による有機酸の吸着に基づくものである。

A:ギ酸 B:酢酸 C:乳酸 D:グリコール酸 E:レヴリン酸 F:シュウ酸 G:マロン酸 H:コハク酸 I:リンゴ酸 J:クエン酸

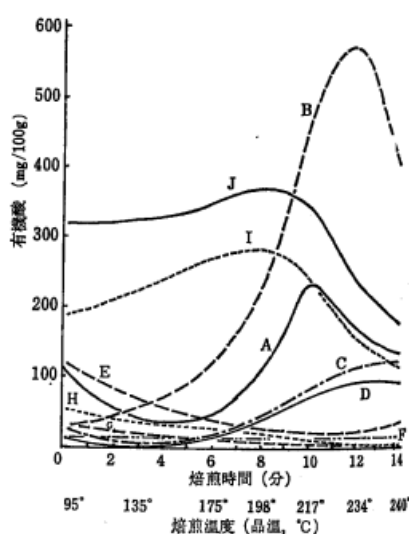


図1 焙煎温度と有機酸の変化

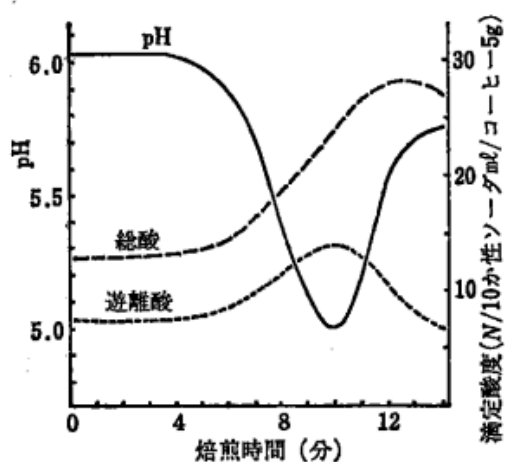


図2 焙煎によるpHと滴定酸度の変化

出典: 焙煎によるコーヒーの有機酸とpHの変化

和泉眞喜子、高屋むつ子のクロロゲン酸量と酸味の研究によると、ドリップコーヒーについて抽出湯の温度は酸味には大きな影響を与えない一方で、ペーパー、コーヒーメーカー、サイフォンの抽出器具の違いや抽出用水からは有意な差が認められた。また、クロロゲン酸量が酸味の指標になることが明らかにされ、クロロゲン酸量が多いほど酸味が強く、少ないほど酸味が弱くなることが示された⁹。

池田氏は硬水抽出は渋みを呈するタンニンの抽出が少ないと報告しているが、苦みは硬水で入れるほうが引き立たせるため酸味が弱く苦みが強くなった¹⁰。

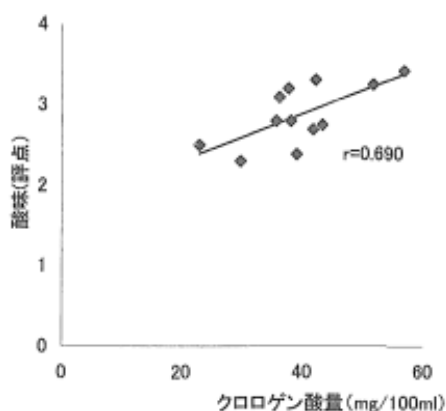


図3 クロロゲン酸量と酸味の相関

出典: コーヒーの味に及ぼす抽出条件およびクロロゲン酸量の影響

Qiaofeng Wangらの水出しコーヒーの抽出条件が物理が化学的特性に与える影響の研究によると、水温、コーヒーと水の比率、粉碎サイズ、抽出時間が総融解固形物に大きな影響を与えることが示された。さらに、最適な抽出条件を水温4℃、コーヒーと水の比率を1:14、粉末サイズ0.71mm、抽出時間24時間と結論付けた。また、抗酸化活性、揮発性化合物、有機酸などの特性をホットブリューコーヒーと比較したところ、水出しコーヒーは異なる風味特性と健康関連成分を持つことが分かった¹¹。このことから、ホットブリューコーヒーとは異なる水出しコーヒーは注目されるべき点があることが分かる。

2. 考察

これらの先行研究から、酸味は焙煎度、成分(有機酸やクロロゲン酸量)、抽出器具、抽出水質など複数の要因に影響を受けることが示されているが、これらの研究は主に高温抽出(ドリップコーヒーやエスプレッソ)を対象としている。水出しコーヒーは低温で長時間抽出されることから、有機酸やクロロゲン酸の抽出挙動、pH変化が高温抽出とは異なる可能性が高い。しかしながら、水出しコーヒーにおける酸含有量の変化やその酸味への影響については、現時点では十分に解明されていない。特に、水出しコーヒーでは温度が低いため、酸の分解が抑制され、有機酸の種類や量が異なる形で抽出される可能性がある。それにもかかわらず、酸含有量がそのまま酸味の強さにどのように寄与するのか、あるいは抽出過程で他の成分との相互作用が酸味に与える影響については、明確な研究が不足している。以上のことから、水出しコーヒーにおける酸含有量と酸味の関係性を明らかにするためには、低温抽出条件における有機酸の定量分析や、酸味の官能評価を併用した体系的な検討が必要であると考えられる。

2節 酸に関する研究

1. コーヒーの抽出

今回はウォータードリップWD-45s(株式会社オージ)という水出しコーヒー専用の器具を用いて抽出を行った。コーヒー豆はマラウイ産、ケニア産、グアテマラ産のものをそれぞれ浅煎り・中煎り・深煎りにしたものを用意した(いずれもアタカ通商提供。詳しい内容は項目の最後に示す。)。また、水は水道水を3分間煮沸して常温で冷ましたものを利用し、抽出は室内の環境を気温20度、湿度50%に保って実施した。抽出をするまでのコーヒー豆と抽出後のコーヒーは冷凍で暗い場所で状態が変化しないように保存した。

まず、philips(cafe moulin)のブレードグライダーを用いて30gあたり15秒間でコーヒー豆をそれぞれ挽いた。また粉30g、水330g、出来上がり総量300gを目安に質量を計測して用意した。抽出の手順は以下のとおりである。ただし、抽出の作業は一貫して同一人が一貫して全てを行った。



図4 ウォータードリッパー

1. ロートに湿らせたフィルターをセットし、その上にコーヒー粉を30g入れる。
2. ウォーターボールに330gの常温水を入れて、ウォーターボール栓を閉め、本体にセットする。
3. コックを開き、ロートに入れたコーヒーの表面全体に水を浸透させる。(一旦粉全体を湿らし、粉から水が抜け出した時点を抽出開始時点とする。)
4. コックを調整しながら水滴の速度を3秒毎に1滴になるようにする。
5. 水がなくなるまで滴下する。

表1 使用したコーヒー豆の詳細

	マラウイ産	ケニア産	グアテマラ産
生産地域	マラウイ北部州 ミスク地域	ケニア中央州 キリニャガ県	グアテマラ アンティグア・パンチョイ溪谷
木の品種	ゲイシャ、ニカ、 アガロ、カツーラ、 カチモール、SL28	SL28、SL34、 バティアン、ルイル11	ブルボン
精製方法	フルウォッシュド 天日乾燥	フルウォッシュド 天日乾燥	フルウォッシュド 天日乾燥

2. 官能評価による検討

抽出したコーヒーを名称や焙煎度合いは隠して以下の表2のようにa~iと名付け、官能評価を実施した。計15人の高校生に9種類それぞれを2mlずつ口に含み、感じた酸味を1~5の5段階で非常に弱いを1、やや弱いを2、どちらでもないを3、やや強いを4、非常に強いを5、として評価してもらった。事前に苦みや甘みとの強さの比較ではなく、絶対的な酸っぱさに注目するように伝えた。ただし、酸味が他の味に影響されて感じ方が変化していると感じた場合は、影響後の感じた酸っぱさを評価するようにした。記録は評価シートに各自記入してもらった。

実験結果を以下表2、図5に示す。

表2 官能評価の結果

	マラウイ産 浅煎り	マラウイ産 中煎り	マラウイ産 深煎り	ケニア産 浅煎り	ケニア産 中煎り	ケニア産 深煎り	グアテマラ 産 浅煎り	グアテマラ 産 中煎り	グアテマラ 産 深煎り
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
平均	3.73	2.40	1.80	4.13	4.27	1.93	2.93	3.33	2.00
分散	0.462	1.84	1.09	0.649	0.596	0.862	1.66	1.29	1.07
標準偏差	0.704	1.40	1.08	0.834	0.799	0.961	1.33	1.18	1.07

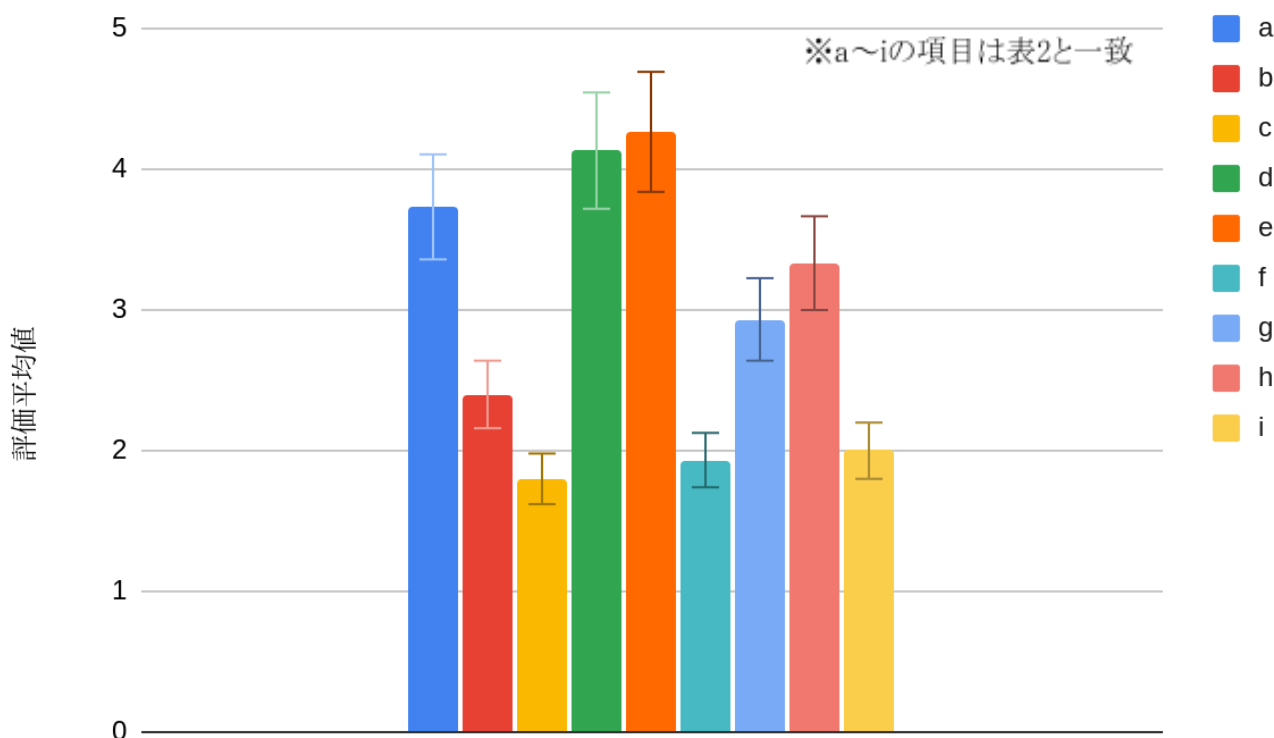


図5 官能評価の結果

焙煎度が浅いと酸味が強く、焙煎度が深いと酸味が弱いと感じる傾向があることが示された。また、産地によって結果に違いが生じており、ケニア産は他産地と比較して酸味の評価が高かった。一方でグアテマラ産の浅煎りは焙煎度が浅いにも関わらず酸味が低く評価されていた。分散に着目すると、浅煎りコーヒーで評価が安定しており、焙煎度が深くなるほど個人差が大きくなる傾向が見られた。特にグアテマラ産中煎りでは評価のばらつきが大きく、個人の感じ方による影響が顕著だった。

3. 滴定による検討

水酸化イオン濃度を調べることにより酸含有量を知るため、中和滴定を行った。今回は試薬としてNaOH(水酸化ナトリウム)水溶液を用いた。ただし、滴定で使用するビュレット、ホールピペットはあらかじめ内部を共洗いをし、ビーカーはイオン交換水で洗浄した。調べたいそれぞれの抽出液を正確に10mLをメスフラスコに測り取り、イオン交換水を200mLに希釈し、ビーカーに移す。抽出液に塩基性の指示薬としてフェノールフタレイン溶液を数滴加える。0.10mol/Lに調整したNaOH水溶液をビュレットにセットし、ビュレットのノズル部分を空にしないように注意しながら初期目盛を記録する。ビュレットからビーカー内の抽出液にNaOH水溶液を少量ずつ滴下しながら、ビーカー内部の液を均一になるように混ぜる。指示薬の色が完全に变化した地点を滴定終点(中和点)と判断し、ビュレットの目盛を記録する。

実験結果を以下表3に示す。

表3 中和滴定の結果

	マラウイ産 浅煎り	マラウイ産 中煎り	マラウイ産 深煎り	ケニア産 浅煎り	ケニア産 中煎り	ケニア産 深煎り	グアテマラ 産 浅煎り	グアテマラ 産 中煎り	グアテマラ 産 深煎り
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
始点	3.69	7.30	9.31	11.30	14.58	17.92	20.60	23.77	26.88
終点	7.30	9.31	11.30	14.58	17.92	20.60	23.77	26.88	29.39
滴定量 (mL)	3.61	2.01	1.99	3.28	3.34	2.68	3.17	3.11	2.51
酸含有量 (mol/L)	0.28	0.50	0.50	0.38	0.30	0.37	0.32	0.32	0.40

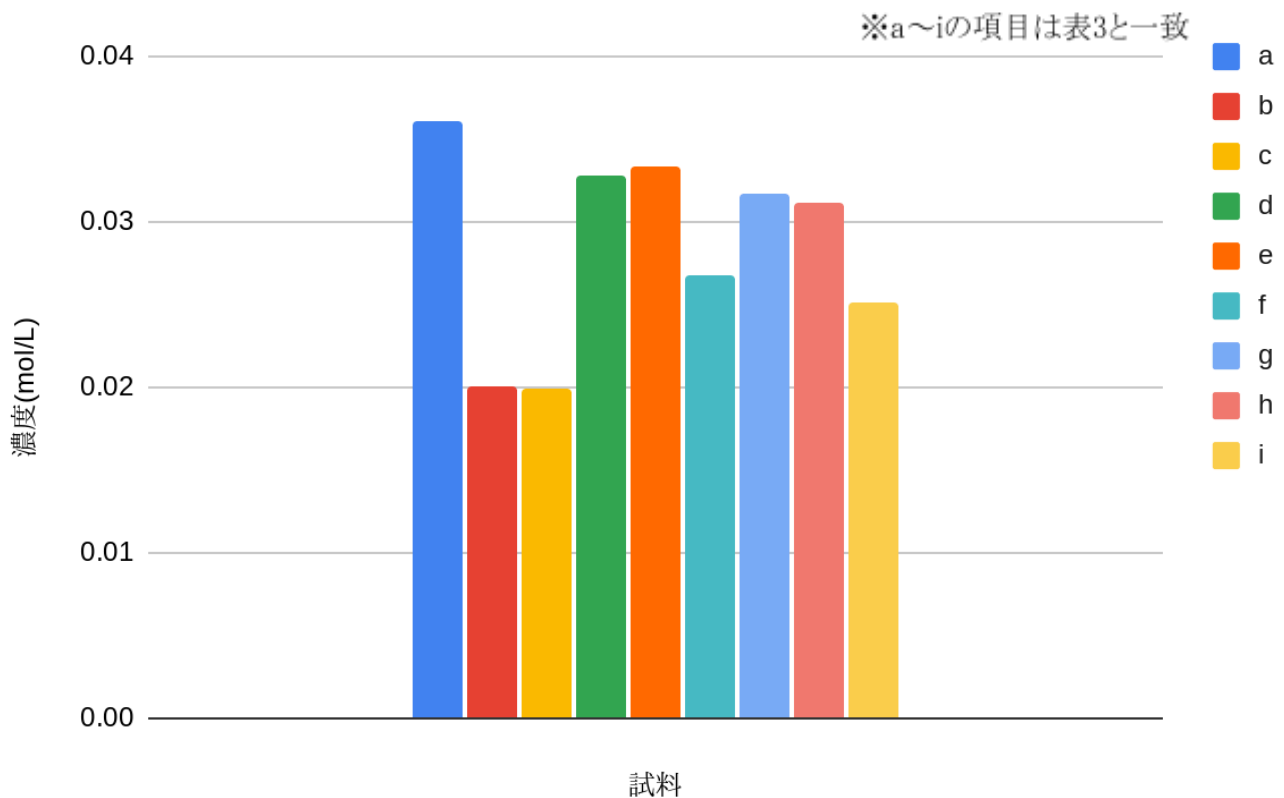


図6 中和滴定による酸含有量

酸含有量はコーヒー豆の産地及び焙煎度合いによって変化していることが分かる。マラウイ産、ケニア産、グアテマラ産の全てに一貫して浅煎りが酸含有量が多く、深煎りが酸含有量が少ない傾向があった。これは焙煎度が高くなるに

つれ、酸の分解や化学的変化が進むことにより酸含有量が減少するためと考えられる。産地ごとに比較すると、グアテマラ産はマラウイ産やケニア産と比べて酸含有量が多い結果となった。産地特有の気候や土壌条件、コーヒー豆の品種が酸含有量に影響を及ぼしている可能性がある。

4. 検定

官能評価による結果と滴定による酸含有量の相関の検定をt検定を用いて行う。「2変量に相関はない」を帰無仮説、「母平均と標本平均には差がある」を対立仮説とする。今回は有意水準を0.05に設定し、その際のt分布の値kをt分布表より得る。以下の式に従って計算する。

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (-1 \leq r_{xy} \leq 1) \quad \dots \text{式1 標本相関係数}$$

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad \dots \text{式2}$$

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{(\sum x_i^2 - n \bar{x}^2) \cdot (\sum y_i^2 - n \bar{y}^2)}} \quad \dots \text{式3}$$

$$T = \frac{r_{xy} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} \quad \dots \text{式4 検定統計量}$$

S_{xy} : 共分散
 S_x, S_y : x と y の標準偏差
 x_i, y_i : i 番目のデータ点
 \bar{x}, \bar{y} : x と y の平均値
 r_{xy} : 相関係数
 n : データ数
 T : 検定統計量

2節の官能評価の平均値を変数x、3節の中和滴定の値を変数yとすると、上記式1~3より、共分散 $S_{xy}=0.0491$ 、 $S_x=0.910$ 、 $S_y=0.0765$ 、 $r_{xy}=0.706$ と計算することができる。さらに、式4より $T=2.636877924$ と分かる。ここで、有意水準 $\alpha=0.05$ で設定し、自由度は $9-2=7$ なので、t分布表より $k=1.895$ が得られる。 $T > k$ より帰無仮説を棄却し、対立仮説は採用される。つまり、有意水準 $\alpha=0.05$ で2変量には相関関係があるといえる。したがって、官能評価による酸味と中和滴定によって得られた酸含有量には相関関係があることが示された。

5. 考察

今回の実験ではケニア産やグアテマラ産のような酸味が特徴的なコーヒーは酸味が強く、焙煎度合いが浅いほど酸味が強くなり、ドリップコーヒーと同様の傾向が見られた。ただし、水出しコーヒーは低温で長時間抽出するため、酸味成分が穏やかに抽出されやすい一方で、ドリップコーヒーは高温で短時間の抽出が行われ、酸味の抽出効率が高くな

る可能性があると考えられる。高温抽出では、焙煎度が浅い場合、酸味がより際立つ傾向があるため、今回の水出しコーヒーで見られた焙煎度と酸味の関係はドリップコーヒーと比べて穏やかであると考えられる。

結論

本研究では、水出しコーヒーにおける酸味と酸含有量の関係について検討した。コーヒー豆の産地(マラウイ産、ケニア産、グアテマラ産)および焙煎度合い(浅煎り、中煎り、深煎り)による酸味の官能評価と酸含有量の滴定を行い、その結果の相関を統計的に分析した。

官能評価の結果、浅煎りのコーヒーでは酸味が強く感じられ、深煎りでは酸味が弱くなる傾向が確認された。一方、滴定による酸含有量の測定では、浅煎りのコーヒーにおいて酸の含有量が多く、深煎りでは少なくなることが示された。また、統計的検定(t検定)を用いた結果、官能評価による酸味と滴定で得られた酸含有量には有意な正の相関があることが明らかになった。

これにより、水出しコーヒーにおいて酸味の強弱は酸含有量と密接に関係していることが示唆された。また、焙煎度合いによる酸味と酸含有量の変化は、コーヒー豆の加熱過程における有機酸の分解や吸着が影響していると考えられる。さらに、産地ごとの結果では、ケニア産の浅煎りが最も酸味が強く、酸含有量も高い傾向にあったことから、産地による成分の違いも酸味に影響を与える可能性が示された。

本研究の結果は、水出しコーヒーの風味の向上や製品開発において、豆の産地や焙煎度合いの選定が重要であることを示している。今後は、抽出条件及び酸の種類ごとの含有量と嗜好との関係についてさらに詳しい検討を行うことで、コーヒーの味覚要素の科学的理解が一層深まり、コーヒー業界の発展に寄与することが期待される。

参考文献

1. Mordor Intelligence. “コーヒー市場のシェア、規模、動向、業界分析”. Mordor Intelligence . 2023年更新 . <https://www.mordorintelligence.com> . (2024年12月6日閲覧) .
2. SurveyReports.jp. “フードサービスコーヒー市場規模、シェア、メーカー、分析、成長予測 2034” . SurveyReports.jp . 更新日不明 . <https://www.surveyreports.jp> . (2024年12月6日閲覧)
3. Renub Research. “世界のコーヒー市場、規模、2024-2030年予測、産業動向、シェア、成長” . DRIジャパン . 2023年更新 . <https://www.dri.co.jp> . (2024年12月6日閲覧) .
4. SCAJ日本スペシャルティコーヒー協会. “スペシャルティコーヒーとは” . SCAJ日本スペシャルティコーヒー協会公式サイト . <https://scaj.org/about/specialty-coffee> . (2024年12月6日閲覧) .
5. 全日本コーヒー協会(AJCA). “コーヒーマーケットレポート - April 2023” . 全日本コーヒー協会公式サイト . 2023年4月更新 . <https://coffee.ajca.or.jp> . (2024年12月6日閲覧) .
6. 一般社団法人日本コーヒー学会. “水出しコーヒーの魅力について” . 日本コーヒー学会ウェブサイト . https://www.ejcra.org/column/ca_31.html , (閲覧日: 2024年12月6日) .

7. 鈴木太郎. 極める愉しむ珈琲事典. 西東社, 2022, [288ページ].
8. 中林 敏郎. 焙煎によるコーヒーの有機酸とpHの変化. 日本食品工業学会誌. 1978年, 25巻, 3号, p.142-146. https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/25/3/25_3_142/_pdf/-char/ja. (閲覧日: 2024年12月6日).
9. 和泉眞喜子・高屋むつ子. コーヒーの味に及ぼす抽出条件およびクロロゲン酸量の影響. 日本調理科学会誌. 2008, 41巻, 4号, p.257-261. https://www.jstage.jst.go.jp/article/cookeryscience1995/41/4/41_257/_pdf. (閲覧日: 2024年12月6日).
10. 池田博子. 水の硬度が抹茶の起泡性に及ぼす影響. 日本調理科学会誌. 2006, 39巻, p.254-258. (閲覧日: 2024年12月6日).
11. 11)Qiaofeng Wang, Mingshuai Sun, Liang Li, Jing Fu, Liang Huang, Wanling Li, Jinbo Zhao, Xihua Sun, Jianming Lin. Optimization of cold brew coffee extraction conditions and flavor properties analysis. Food Chemistry. 2023;425:136764. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37372624/> (閲覧日: 2024年12月6日).

謝辞

本研究の遂行にあたり、専門分野に関する御教授及び多大なる御支援を賜った、アタカ通商株式会社代表取締役 荒木守氏並びに同株式会社池田氏に深謝致します。また、適切なご助言及び研究の協力をしていただいた、飯野達也先生にここに感謝の意を表します。本研究の官能評価にご協力いただいた皆様、ありがとうございました。最後に、これまで助言やご支援をいただきました全ての皆様に感謝申し上げます。