

原料茶葉の萎凋後凍結による和紅茶品質への影響

～味や水色に関わる成分と官能評価による比較～

種場理絵*

Effect of Pre-wilting Methods for Frozen Tealeaves on Wakoucha Quality
- Comparison of Ingredients Related to Taste and Color and Sensory Evaluation -
Rie Taneba

山口県産茶を使用し、年間を通じて品質の良い紅茶を製造する目的で、原料茶葉の萎凋後凍結が及ぼす紅茶の品質への影響を調査した。これまで、萎凋後凍結による香りへの影響を調査し報告した¹⁾。本研究では、紅茶の味及び水色に関する成分分析及び官能評価を行い、70%萎凋後凍結葉による紅茶の水色及び香味の改善効果が期待できる結果が得られた。

1. 緒言

一般に紅茶は、摘みたての茶葉(以下、生葉)を用いて製造される。凍結保存した茶葉(以下、凍結葉)から紅茶が作られることもあるが、生葉から製造した紅茶と比較して発酵が弱く、香りは弱く水色は薄くなる。これまでの研究において、茶葉を萎凋し水分を減じた後に凍結保存する(以下、萎凋後凍結)ことによる香りの減少抑制効果や萎凋の程度による新たな香り物質生成について、既に報告¹⁾している。

今回、更に水色及び味に関与する成分に着目し、萎凋後凍結が及ぼす紅茶品質への影響を検証した。その結果、水色に関与するテアフラビン類量に影響があることが確認された。さらに、凍結保存前処理条件の異なる紅茶(3点)について、官能評価アンケートを行い、萎凋後凍結による紅茶の香味改善効果が確認されたので、その結果を報告する。

2. 材料及び実験方法

2・1 材料

本研究で用いた紅茶は、ヤブキタ種 2 番茶を用いて図 1 に示す工程で調製した¹⁾。また、分析に用いる紅茶は喫茶時の紅茶の状態を把握するため、日本紅茶協会の示す「紅茶の入れ方基本(ゴールデンルール)」²⁾に従い調製した。

2・2 味及び水色に関わる成分の比較

紅茶の味に影響すると考えられる代表的な成分(カフェイン、カテキン類、有機酸、糖、テアフラビン類)については 9 回、アミノ酸については 3 回ずつ繰り返し測定し、含有量を比較した。なお、成分含有量比較は Turkey 検定により有意水準 5% で有意性を検定した。

2・2・1 HPLC 分析

アミノ酸を除く成分分析は、高速液体クロマトグラフィ(島津製作所製 Prominence, 以下 HPLC)を用いて以下の条件で測定した。カフェイン及びカテキン類は、カラム Luna5u C18(2)100A(1.6mmI.D. ×250mm)を用い、カラム温度

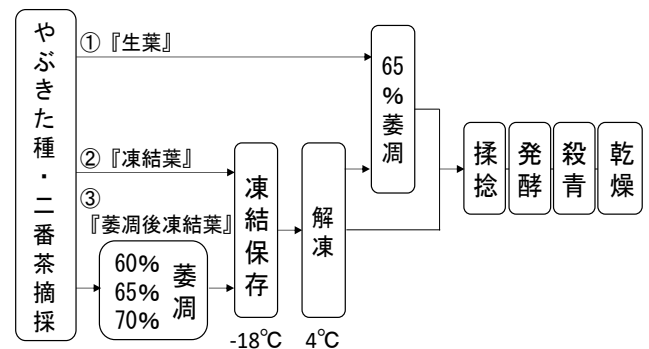


図 1 紅茶の製造工程

40°Cで、移動相 A(水:アセトニトリル:リン酸=1400:40:1)、移動相 B(移動相 A:メタノール:=2:1)を用いて、グラジエント溶離させた。試料は 20 μ l を注入し、紫外可視分光検出器を用いて、カテキン類は 242nm、カフェインは 272nm で検出した。有機酸の 1 つであるシュウ酸は、カラム Luna5u C18(2)100A(1.6mmI.D. ×250mm)を用い、カラム温度 37°Cで移動相 20mM リン酸を流速 0.6ml/min で流した。試料は 5 μ l を注入し、紫外可視分光検出器 210nm で検出した。その他の有機酸は、カラム Shim-Pack SCR-102H(8.0mmI.D. ×300mm)2 本を用い、カラム温度 40°Cで移動相有機酸分析移動相セット(島津製作所製)を流速 0.8ml/min で流した。試料は、5 μ l を注入し電気伝導度検出器を用いて検出した。糖分は、カラム Shodex SUGER SH21011(8.0mmI.D. ×300mm)を用い、カラム温度 50°Cで移動相 0.01N 硫酸を流速 1.0ml/min で流した。試料は、10 μ l を注入し、示差屈折率検出器を用いて検出した。テアフラビン類は、カラム Tskgel ODS-100v(5)(4.6mmI.D. ×250mm)を用い、35°Cで移動相水:アセトニトリル:リン酸=75:25:1 を流速 0.5ml/min で流し、20 μ l の試料を注入し紫外可視分光検出器を用いて 375nm で検出した。

2・2・2 アミノ酸分析

アミノ酸分析は、アミノ酸自動分析装置(日本電子製 JLC-500/V2)を用いた。

* 企業支援部食品技術グループ

表 1 官能評価における評価項目

| 評価項目 | 質問 | 具体例 | 選択肢 |
|-------|----------|--------------------|---|
| 「香り」 | 青草の香り | 若草, 青草, 春菊 | 「感じない」, 「非常に弱く感じる」, 「弱く感じる」, 「感じる」, 「強く感じる」, 「非常に強く感じる」 |
| | 木の香り | ゴボウ, 生木, 樹皮 | |
| | 乾いた香り | わら, 落ち葉, 紙 | |
| | 花の香り | すずらん, バラ, ジャスミン | |
| | 甘い香り | ハチミツ, 黒砂糖, バニラ | |
| | 新鮮な果物の香り | レモン, リンゴ, ライチ | |
| | 熟した果物の香り | ワイン, レーズン, ドライいちじく | |
| | 香ばしい香り | 焦げ, アーモンド, ビスケット | |
| 「味」 | スパイシーな香り | シナモン, 桜の葉, 正露丸 | 「感じない」, 「非常に弱く感じる」, 「弱く感じる」, 「感じる」, 「強く感じる」, 「非常に強く感じる」 |
| | 苦味 | | |
| | 渋味 | | |
| | 甘味 | | |
| 「嗜好性」 | 旨味 | | 「とても嫌い」, 「嫌い」, 「あまり好きではない」, 「比較的好き」, 「好き」, 「とても好き」 |
| | | | |

2・2・3 味覚分析

味覚分析は、味認識装置(インテリジェントセンサーテクノロジー製 TS-5000Z)を用いた。

2・3 水色分析

水色分析は、分光測色計(コニカミノルタジャパン製 CM-3600A)を用いて測定した。

2・4 官能評価

紅茶 3 点(生葉, 70%萎凋後凍結葉及び凍結茶を原料とした)について、当センター職員(23 名)を対象に官能評価アンケートを実施した。

アンケートは、「香り」「味」「嗜好性」について、「感じない」から「非常に強く感じる」の 6 段階で評価できるよう作成した。また、「香り」については、評価者が香りをイメージできるように、具体例を併記した(表 1)。結果の集計については、少人数で実施したため統計処理は行わず、各項目に対する回答者数で比較した。

3. 結果と考察

3・1 萎凋後凍結による味に関わる成分への影響

原料茶葉の萎凋後凍結が及ぼす紅茶の味への影響を検証する目的で、紅茶の味に関与する成分の比較を行った。検証には 180 分発酵の試料を用いた。但し、テアフラビン類及び水色については、90 分及び 180 分発酵の試料を用いた。

3・1・1 苦味成分分析

苦味を呈するカフェイン及びカテキン類含有量を比較した。カフェイン含有量は、生葉, 60%・65%・70%萎凋後凍結葉及び凍結葉において全て閾値(0.006%)以上の濃度であったが有意差はなかった(図 2)。さらに、ウェーバーの法則から、濃度差 1.2 倍で検体間による味の違いを感じるとされるウェーバー比比較を行ったが有意差は確認できなかった。一方、カテキン類((-)エピカテキン, (-)エピカテキンガレート, (-)エピガロカテキン, (-)エピガロカテキ

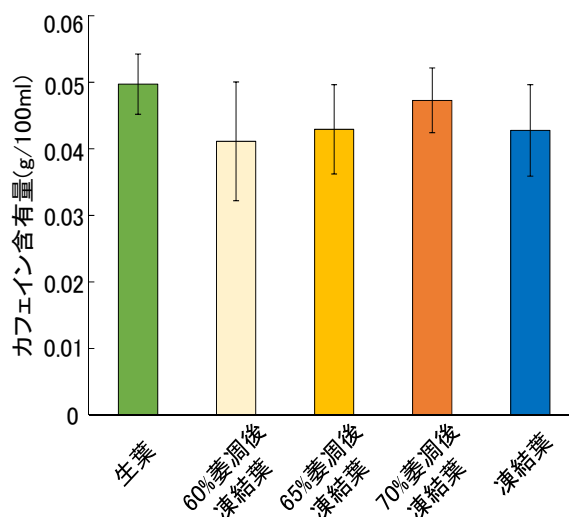


図 2 カフェイン含有量の比較

ンガレート)は、全ての試料において検出されなかった。カテキン類は、茶の発酵中に重合し、紅茶特有の赤色を呈するテアフラビン類等へ変化することが知られおり、発酵過程で消失したと考えられた。

3・1・2 渋味及び酸味成分分析

渋味を呈するシュウ酸及び酸味を呈する有機酸含有量(リン酸, クエン酸, リンゴ酸, 及びコハク酸)を比較した。シュウ酸含有量は、生葉, 60%・65%・70%萎凋後凍結葉及び凍結葉において全て閾値(0.0025%)以上の濃度であった(図 3)。ウェーバー比の比較では、検体間で生葉に対し 1.15 ~ 1.47 倍の濃度差が確認された。シュウ酸の含有量に差が生じた要因としては、凍結による細胞の破壊が起きたと推測された。また、シュウ酸による渋味を増強するリン酸³⁾含有量は、その効果を示す濃度(リンとして 0.0031%)には満たないが、平均 0.006%(リンとして 0.0018%)含まれて

いた(図 4)。酸味を呈するクエン酸含有量は、閾値(0.0025%)⁴⁾以下であり味への影響は小さいと推察された。リンゴ酸について、60%・65%・70%萎凋後凍結葉間では有意差があったが、凍結葉及び生葉間では有意差がなかったことから、その要因は凍結保存ではないと推察された。60%萎凋後凍結葉は、他の保存条件に比べ萎凋時に水分を多く減じていることから、その工程でリンゴ酸が減少したことが推察された。コハク酸について、60%及び70%萎凋後凍結葉と凍結葉間で有意差が確認された。しかし、生葉と凍結葉間及び65%萎凋後凍結と凍結葉間では有意差が無いことから、その要因は、凍結や葉の水分量ではないと推察された。しかし、それらの含有量は閾値(リンゴ酸：0.004%、コハク酸：0.002%)より小さく、味への影響は無いと推察された。

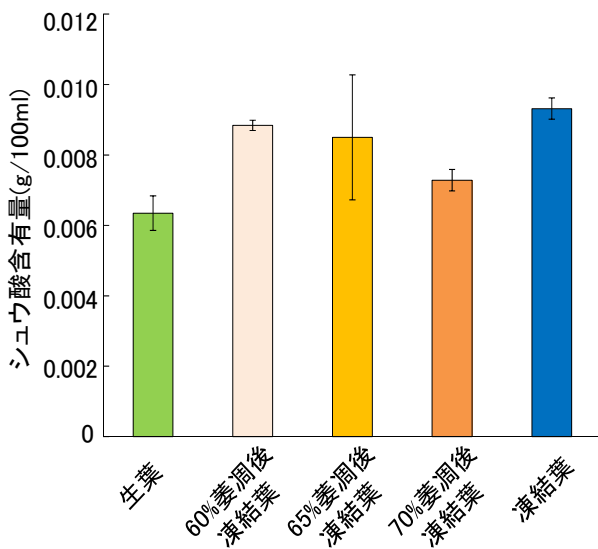


図3 シュウ酸含有量の比較

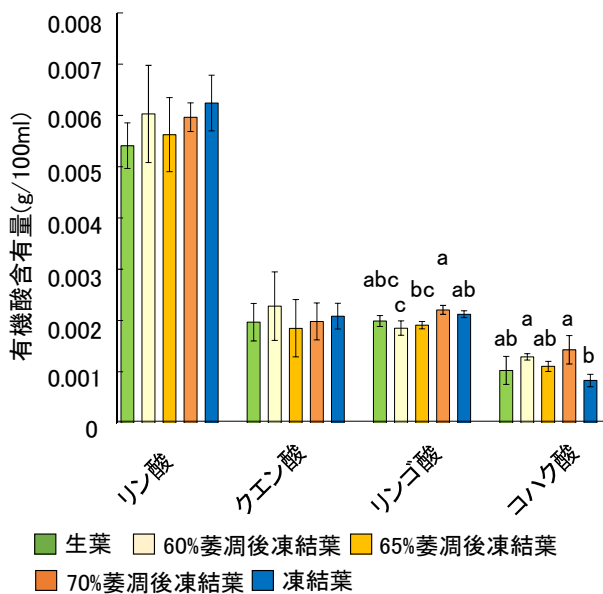


図4 有機酸含有量の比較
abc: 異文字間で有意差があることを表す

3・1・3 遊離アミノ酸分析

遊離アミノ酸分析の結果、味に関与するアミノ酸としてアスパラギン酸、グルタミン酸、テアニン及びアルギニンが検出されたが、萎凋後凍結による有意差はなかった(図5)。茶特有の旨味を呈するアミノ酸として知られるテアニンは、検出されたアミノ酸の中で最も多かったが、その濃度は閾値(1,500mg/L)⁵⁾以下であり味への影響は無いと推察された。その他のアミノ酸についても萎凋後凍結による閾値以上の濃度差は確認できなかった。

3・1・4 甘味成分分析

甘味を呈する糖成分含有量(グルコース、フルクトース、及びマルトース)を比較した。その結果、マルトース及びグルコースについては、萎凋後凍結による有意差は確認できた。

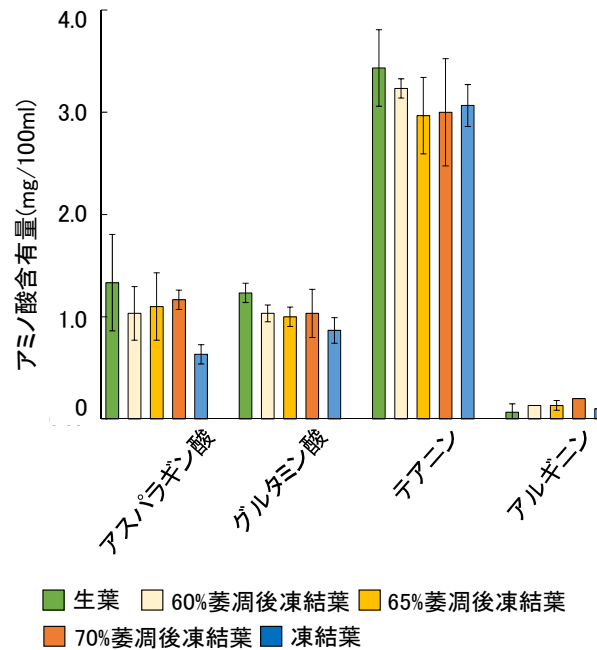


図5 アミノ酸含有量の比較

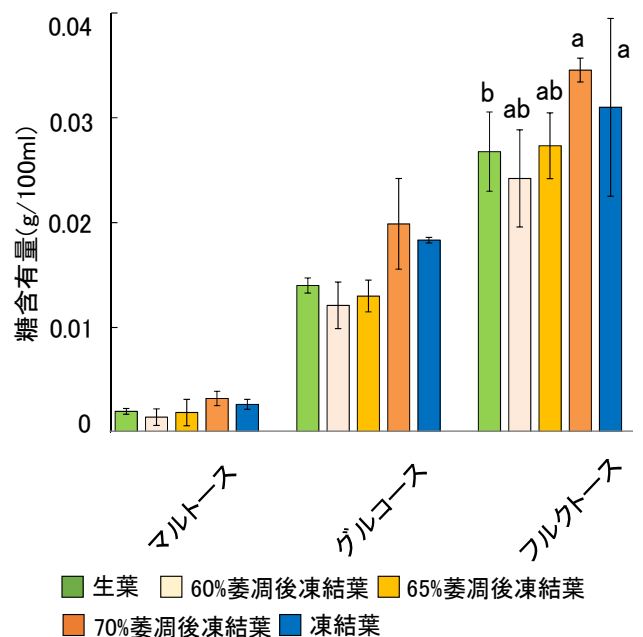


図6 糖の測定条件と含有量の比較
ab: 異文字間で有意差があることを表す。

なかった(図6)。フルクトースについて、生葉と凍結葉間及び70%萎凋後凍結葉間で有意差があった。この有意差は、70%萎凋後凍結葉は、60%及び65%萎凋後凍結葉と比較して水分を多く残したまま、また凍結葉は水分を減ずることなく凍結保存したことから凍結保存時の葉の水分量が影響したと推察された。しかし、糖の含有量は閾値(ショ糖として0.7%)⁶⁾より小さく、味への影響は無いと推察された。

3・1・5 味認識装置による味覚分析

成分分析の結果、閾値以上の濃度検出があった成分が関与する味の項目「苦味」「渋味」「旨味」について、味認識装置による比較を行った。その結果、生葉、60%・65%・70%萎凋後凍結葉及び凍結葉間において、ヒトが味に差を感じとされる値=1(味認識装置は、ウェーバーの法則の基づき20%濃度差によるセンサー応答値を「1」目盛りで味強度変換する)を超えるものは確認されなかった(図7)。この結果は、苦味及び旨味について、萎凋後凍結は味に関与する成分量に有意差が無い結果と一致していた。

一方、渋味については、渋味成分であるシュウ酸の濃度比が生葉・凍結葉間及び70%萎凋後凍結葉・凍結葉間において、1.2を超えていることから、成分量と味認識装置間で結果に齟齬が生じた。その原因として、使用した渋味センサーが濃度依存的にはシュウ酸に反応しないことが確認されことから、渋味センサーの応答はポリフェノールに対する応答であったためと考えられる。

3・2 萎凋後凍結が及ぼすテアフラビン類及び水色(Lab値)への影響

原料茶葉の萎凋後凍結が及ぼす水色への影響を検証するため、紅茶特有の赤色を呈する成分テアフラビン類(テアフラビン、テアフラビン-3-ガラート、テアフラビン-3'-ガラート及びテアフラビン-3,3'-ジガラート)の含有量を比較した(図8)。その結果、生葉が最も多く、次いで萎凋後凍結葉、凍結葉の順となった。また、萎凋条件の違いについては、70%萎凋後凍結葉が60%及び65%萎凋後凍結葉より

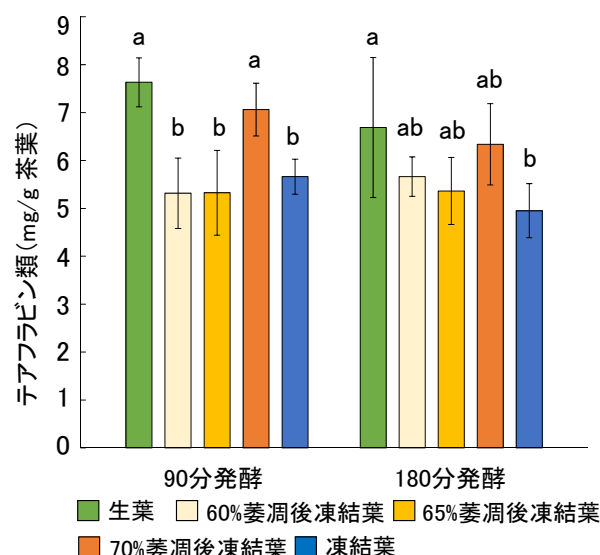


図8 テアフラビン類含有量の比較

ab:異文字間で有意差があることを表す。

含有量が多く、生葉と同等の水準であった。また、テアフラビン類はカテキン類が重合し生成されるが、その後さらに重合や分解を繰り返し、テアルビジン等の別の物質に変化する。そのため発酵時間によりその含有量が変化すると推察された。そこで、発酵時間の違い(90分及び180分)によるテアフラビン類含有量を比較した。その結果、生葉において90分発酵に比べ180分発酵はテアフラビン類含有量が減少した。また、70%萎凋後凍結葉においても減少が確認された。一方、凍結葉及び60%、65%萎凋後凍結葉については、90分発酵と180分発酵間にテアフラビン類含有量に差は確認されなかった。これらの結果から萎凋の程度により発酵速度に差が生じ、凍結葉の中では70%萎凋条件において、発酵が最も速やかに進んだと考えられた。茶の発酵は微生物が増殖しやすい環境で行うことから、発酵時間をむやみに延長することは、茶葉を変敗させる危険性がある。萎凋後凍結による発酵能の維持は、食品衛生の観点からも有益である。

次に、分光測色計を用いてLab値による水色の比較を行った(図9)。その結果、生葉及び70%萎凋後凍結葉は凍結葉に比べa値及びb値が高く、また生葉との色差 ΔE を式(1)に従い算出した。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots (式1)$$

70%萎凋後凍結葉は ΔE (90分発酵)=3.5、 ΔE (180分発酵)=4.3であり、その他の条件と比較して最も小さな値を示した(表2)。しかしながら、工業製品において色の違いを感じるとされる $\Delta E=3.0$ を超えたことから、生葉とは見た目も異なる水色であるといえる。一方、60%及び65%萎凋後凍結と比較して、70%萎凋後凍結葉は ΔE が小さいことから、水色は萎凋時の水分量による影響を受けると確認された。これは、テアフラビン類量の比較結果と同じ傾向であり、水色のLab値の違いは、テアフラビン類量の影響を受

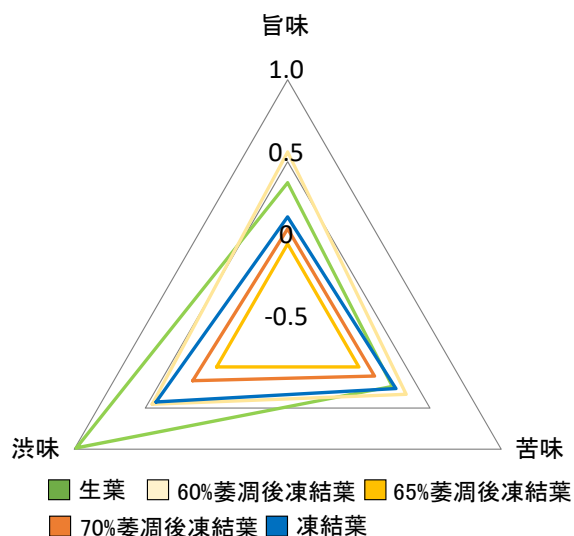


図7 味認識装置による比較

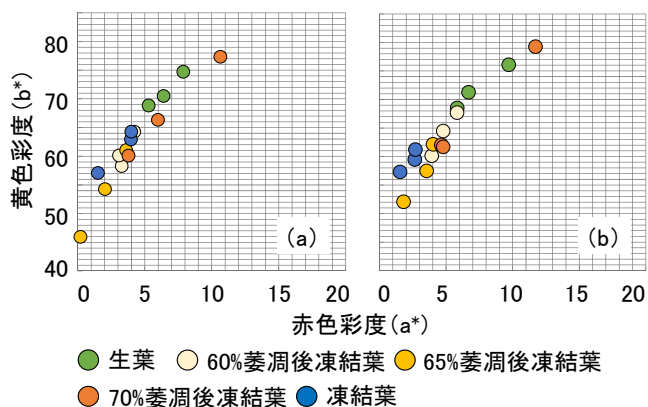


図9 a値b値による水色の比較
(a) 90分発酵, (b) 180分発酵

表2 生葉との色差(ΔE)

| | 色差(ΔE) | |
|-----------|--------|--------|
| | 90分発酵 | 180分発酵 |
| 生葉 | — | — |
| 60%萎凋後凍結葉 | 11.0 | 8.4 |
| 65%萎凋後凍結葉 | 18.5 | 15.7 |
| 70%萎凋後凍結葉 | 3.5 | 4.3 |
| 凍結葉 | 10.7 | 14.1 |

けていると推察された。これらの結果から 70%萎凋後凍結による水色の改善効果が期待できる結果となった。

3・3 萎凋後凍結が及ぼす官能評価への影響

原料茶葉の凍結保存前処理が及ぼす和紅茶(生葉, 70%萎凋後凍結葉及び凍結葉)の香味への影響を官能評価により調査した。

3・3・1 香りの比較

香りに係る官能評価では, sweet 香, fresh fruit 香, processed fruit 香, spicy 香及び roast 香は, いずれもパネラーの半数以上が「感じない」と回答した(データの記載なし)。一方, green 香は生葉では 78%, 萎凋後凍結葉及び凍結葉では 70%が感じると回答した(図 10-(a))。特に, 生葉では「感じる」「強く感じる」の回答数が萎凋後凍結葉及び凍結葉に比べて多く green 香が強いと考えられた。この結果は, におい分析結果において, 青草様の香りを出す hexanal の検出強度が, 生葉で最も高いという結果と一致していた¹⁾。また flowery 香は, 生葉及び凍結葉と比較して萎凋後凍結葉において多くのパネラーが香りを感じており, 香りが強いことが分かった(図 10-(b))。花様の香りの成分としては萎凋香としても知られる E-2-hexanal や紅茶の香り linalool がある。萎凋後凍結葉では, 生葉と比較して, hexanal, E-2-hexenal, 及び linalool の減少が確認されている。¹⁾青草様の香り hexanal は嗅覚閾値が低く, また検出されたピーク強度が大きいことから, 紅茶への香り寄与率は高いと推察された。萎凋後凍結葉では, hexanal が減少することで, 香りのバランスが変わり, より強く花様

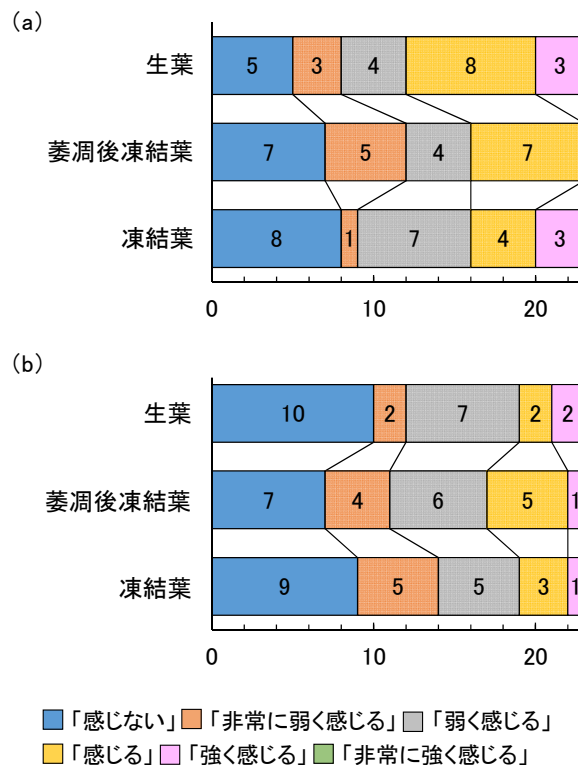


図10 官能評価結果
(a)green 香, (b)flowery 香

の香りが感じられたと推察した。

3・3・2 味の比較

味に係る官能評価では, 「苦味」「渋味」「甘味」「旨味」について評価した。

苦味について, 「感じる」「強く感じる」「非常に強く感じる」と回答した割合は, 生葉が最も高く, 逆に「感じない」「非常に弱く感じる」と回答した割合は凍結葉が高いことから, 凍結葉が苦味強度は最も弱い評価であった(図 11-(a))。苦味成分であるカフェインの含有量は検体間で濃度差が無く, 味認識装置の結果でも差が確認できなかった。一般的に味に係る官能評価は, 香りの影響を受けると言われており, 茶の香りがカフェインの味強度を強めたという報告もある。生葉及び萎凋後凍結葉では, 青草様の香り hexanal が高く検出され¹⁾, また青草様の香りである「green 香」が官能的に感じられていることから, その香りが苦味の強度を強めたと推察された。

渋味について, 強さの感じ方に大きな差はないが, 凍結葉, 萎凋後凍結葉, 生葉の順に, 「強く感じる」回答数が増加した(図 11-(b))。この結果は, シュウ酸の濃度比による有意差と一致していた。これらの結果から, 凍結葉の渋味の強さはシュウ酸含有量に影響されると推察された。

甘味について, 「弱く感じる」「感じる」「強く感じる」「非常に強く感じる」と回答した割合は, 萎凋後凍結葉が最も高く, 続いて生葉, 凍結葉の順となった(図 11-(c))。これは, 香りの官能評価における「flowery 香」の分布と似た傾向であった。また, 萎凋後凍結葉は, 生葉及び凍結葉と

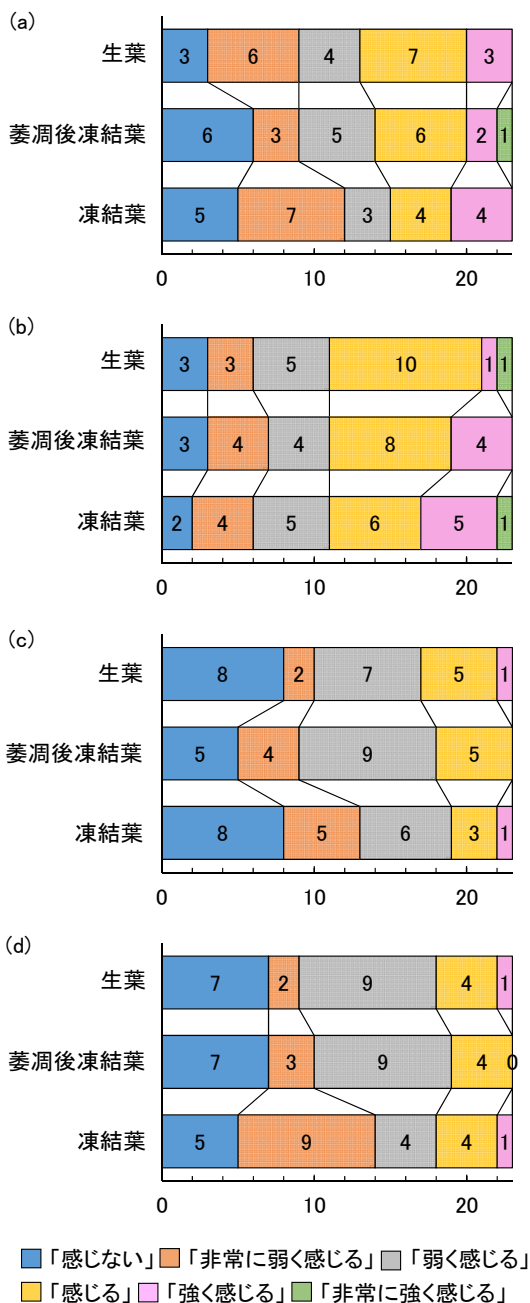


図 11 官能評価の結果

(a) 苦味, (b) 渋味, (c) 甘味, (d) 旨味

比較して propan-2-one 及び 2-methylbutanal と考えられる「甘い」香り成分が増加していることから¹⁾、これらの香りに影響され甘味を感じたパネラーがあったと推察された。

旨味について、感じると答えた人数は凍結葉が最も多かった(図 12-(d))。しかし、その強度に着目すると、「非常に弱く感じる」が大半を占めており、「感じる」「強く感じる」と回答した人数は、生葉及び萎凋後凍結葉と同じであった。この結果から旨味については、萎凋後凍結による差は無いと推察された。

3・3・3 嗜好性

嗜好性について、「とても好き」「好き」「比較的好き」と回答した割合は、生葉については 70%、萎凋後凍結葉については 54%であった(図 12)。一方、凍結葉については、52%

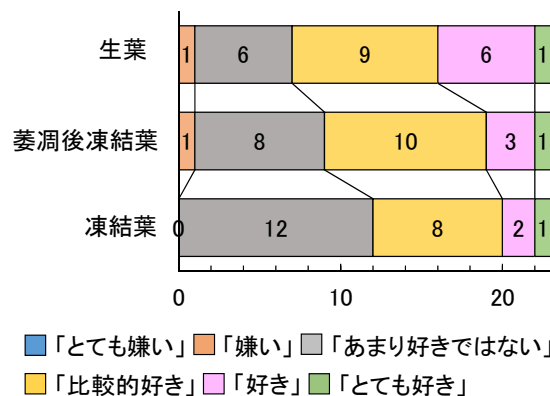


図 12 官能評価(嗜好性)の結果

が「あまり好きではない」と回答した。萎凋後凍結では凍結葉に対し、好きと回答した人数の増加が認められたことから、萎凋後凍結による品質改善効果があったと考えられた。その要因として、萎凋後凍結により、シュウ酸含有量が抑えられ渋味強度の抑制されたこと及び発酵過程で生成された香り成分量の差が影響したと推察された。

4. 結 言

茶葉の萎凋後凍結が及ぼす紅茶品質(香味や水色等)への影響を検証した。その結果、

- (1) 味に影響する成分量について、カフェイン、カテキン類、有機酸、アミノ酸及び糖について、萎凋後凍結による含有量の差は確認できなかった。但し、シュウ酸については、生葉に対し濃度比 1.15~1.47 倍の差が確認された。
- (2) 味認識装置による比較では、「苦味」「渋味」「旨味」について、検体間でヒトが味に差を感じるとされる値(=1)を超えるものは確認されなかった。
- (3) 水色に影響する成分について、テアフラビン類総量は、生葉が最も高い値を示し、次いで萎凋後凍結葉、凍結葉の順であった。また、萎凋後凍結葉の萎凋条件の違いについては、70%萎凋後凍結葉が 60%及び 65%萎凋後凍結葉より高く生葉と同等の水準であった。さらに、水色の Lab 値は、70%萎凋後凍結葉が凍結葉と比較して生葉に近い値となり、70%萎凋後凍結による水色の改善効果が期待できる結果となった。
- (4) 官能評価における「香り」について、保存条件の違いにより生じたと考えられる香り成分量の違い¹⁾(青草様の香りを呈する hexanal, 花様の香りを呈する E-2-hexenal, linalool)が、green 香や flowery 香として官能的にも感じられることが確認された。
- (5) 官能評価における「味」について、官能評価の「苦味」「渋味」及び「甘味」では味に違いを感じているパネラーが散見された。渋味については、シュウ酸含有量の差が影響していること、また、「苦味」及び「甘味」については、甘い香りを呈する propan-2-one や 2-methylbutanal による影響を受けたと推察された。「旨味」については、差が無かった。

- (6) 官能評価における「嗜好性」では、生葉が最も良い評価であった。萎凋後凍結葉は、凍結葉よりも「好き」と回答した人数の増加が確認され、萎凋後凍結は品質の改善効果が期待される結果となった。

本研究を行うにあたり、茶葉をご提供いただいたお茶生産者の皆様並びに JA 山口宇部緑茶センターの職員の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 種場理絵：原料茶葉の萎凋後凍結による和紅茶品質への影響～香り成分による比較～, 山口県産業技術センター研究報告, **32**, p. 37-39(2020).
- 2) 日本紅茶協会, 紅茶の入れ方, http://www.tea-a.gr.jp/make_tea/(2020).
- 3) 堀江秀樹, 木幡勝則: 各種緑茶中にシュウ酸含量とその味への寄与, 茶研報, **89**, 23-27(2000).
- 4) 堀江秀樹, 氏原ともみ, 木幡勝則: 有機酸の緑茶中含有量と茶品質への寄与, 茶研報, **93**, 26-33(2002).
- 5) 堀江秀樹, 氏原ともみ, 木幡勝則: 玉露のうま味, 茶研報, **93**, 91-94(2002).
- 6) 萩原清和: 食品の苦味成分, 調理科学, **13**, 21-26(1980).