荒茶色沢評価法の開発と製茶工程中の色素類の変動の解析

鹿児島県茶業試験場*

樋口雅彦・濱崎正樹・折田高晃・佐藤昭一

鹿児島県経営技術課**

入来浩幸

Development of the Methods for the Evaluation of the Color of Made Tea and the Analysis for the Changes of the Pigments during Tea Manufacturing

Masahiko Higuchi, Masaki Hamasaki, Takaaki Orita and Syouchi Satou

Kagoshima Tea Experiment Station

Hiroyuki Iriki

Kagoshima Agricultural Management Division

Summary

The color of made tea is one of the most important factors of the quality of green tea. We have developed the methods to evaluate the color of made teas scientifically, and investigated the changes of the pigments related to the color of tea during manufacturing.

1. The scores evaluated visually showed higher correlations with the contents of chlorophylls than those of pheophytins. We defined "chlorophyll ratio" as the rate of chlorophylls per total chlorophylls (chlorophylls plus pheophytins). The chlorophyll ratios were higher when the teas that showed higher visually evaluated scores, moreover those ratios agreed with the comments obtained from the panels. Therefore chlorophyll ratio is a suitable indicator for the color of made tea.

2. High correlation was found between the visually evaluated scores and the color aspect angles calculated by the color measurements using a color meter. As the measurement of the color aspect angle needs little time for the preparations and less skills for the operations, it is also a good indicator for the color of made teas.

3. The contents of the chlorophylls decreased in the process of tea manufacturing. At the processes of drying leaves with rich moisture, the changes of chlorophylls to pheophytins were the major cause of the decrease of chlorophylls and the degradation of them also happened to some extent. On the other hand at the processes of drying leaves with little moisture, the degradation of chlorophylls mainly decreased the contents of them and little production of pheophytins were observed. It seemed profitable to use chlorophyll ratios to indicate the changes of colors during tea manufacturing.

* 〒897-0303 鹿児島県川辺郡知覧町永里3964

** 〒891-0116 鹿児島県鹿児島市上福元町5500

1 緒 言

荒茶の色沢は茶流通において、価格に大きく影響し、「赤み」、「黒み」、「笹色」等の欠点を指摘される茶は評価を大きく下げる。緑茶の場合は、色沢と内質の相関の高いことが経験上知られており、荒茶の色沢が品質評価の重要な指標となっている。

これまでに、荒茶色沢に関して、色沢の良好な被覆茶や鮮緑色の荒茶はクロロフィルa (Chl a) 及びクロロフィルb (Chl b) の含有量が多く、黒緑色系や黄褐色系の荒茶はChl a 含有量は少なく、フェオフィチンa (Phy a) の含有量が多いことが報告¹⁾されている。

また、荒茶色沢に関与する主要な色素であるクロロフィル (Chl) について、一番茶に比べ二、三番茶においてフェオフィチン (Phy) への変化率が大きいこと^{1)~2)}、製造工程においては色沢の低下は蒸熱時間の影響が大きいこと^{1)~4)}が知られている。

その他、ChlのPhyへの変化率が一番茶より二番茶で高い要因として荒茶のpHの違いについての知見が報告⁵⁾された。

更に、橘ら⁶⁾は、茶生葉の葉色について色の3属性である明度、色相、彩度と葉緑素量との間には高い相関が認められることを示し、さらに測色値から生葉重当たりの葉緑素量を推定する重回帰式を得ている。

一方、鹿児島県の茶市場に上場される荒茶の欠点で最も指摘が多かったのが色沢に関するもので、その改善が望まれていた。

そこで、荒茶色沢の低下原因を解明し、その改善を図るため(1)茶市場上場茶の色沢と色素量及び測色値の関係、(2)製茶工程(粗揉、中揉、精揉、乾燥)中の色素類の変化についての検討を行った。

2 試料と方法

2.1 供試試料

試験1 茶市場上場茶の色沢と色素量及び測色値の関係

鹿児島県産茶の色沢低下の実態を把握するため、鹿児島県茶市場において採集した荒茶のなかから色沢に特徴を有した荒茶を供試試料とした。年度別、茶期毎の供試点数は表1に示した。

試験2 製茶工程中の色素類の変化

粗揉、中揉、精揉、乾燥の各工程において含水率、茶温、時間の関連を明らかにし、製茶工程中の色素量の変化より荒茶の色沢低下を推測するため、熱風温度または火室温度を表2に示すとおりそれぞれ3水準設定し、製造試験をおこなった。なお、供試原料は「やぶきた」一番茶で露地栽培したもので粗揉試験は2001年、中揉試験は2002年、精揉・乾燥試験は2000年におこなった。

表1 試験に用いた茶市場上場荒茶の概評別内訳点数

概 評	2000		2001			2002		
	二番茶	三番茶	一番茶	二番茶	三番茶	一番茶	二番茶	三番茶
褐色			1	2		1	2	3
笹色+赤黒み	1	3						
笹色		6	2	2	2	2	2	1
赤黒み	3	1	3	2	2	1		3
飴色	1	5	2	2	2	4	2	2
黄緑色				1		1	1	1
黒み	4	1	2	2		1	1	
鮮緑	2	1			2		2	1
標準	1	2	2	2	2	2	2	2
濃緑	3		2	2	2	2	2	1
	15	19	14	15	12	14	14	14

粗揉試験は蒸機胴傾斜5度で蒸熱し，カワサキ式粗揉機15K型を使用した。中揉試験は60K型製茶機械で揉捻まで製造したものを4分割して，寺田式中揉機15K型を使用した。その他の設定条件は表3に示すとおりである。

また，精揉・乾燥試験は60K型製茶機械で中揉または精揉まで製造したものを4分割して，精揉はカワサキ式35K型精揉機，乾燥は寺田式棚式透気乾燥機を使用した。色素類の分析試料は粗揉，中揉，乾燥工程で10分毎，精揉工程で15分毎にサンプリングし冷凍保存したものを用いた。

2.2 試料の調製

クロロフィルの測定はKohataら⁷⁾の方法に従った。すなわち，茶試料100mgを50ml遠沈管にとり，85%アセトン水溶液15mlを加えてパイオトロンホモジナイザー（木村㈱）で1分間攪拌した後，遠心分離（3500rpm×5分）し，上清を50mlメスフラスコにゆっくりと注入した。同様な抽出を2度繰り返した後，85%アセトン水溶液で50mlに定容し，0.5μmメンブレンフィルターにて濾過し試料溶液とした。

2.3 ChlのHPLC分析条件

分析装置のHPLCは横河アナリティカルシステムズ㈱HP1100シリーズ，分析用カラム：東ソTSKgel ODS-80TM（4.6mmφ×15cm），ガードカラム：東ソTSKguardgel ODS-80TM（3.2mmφ×1.5cm），移動相：0.005N NaClを含む95%エタノール溶液を用い，流速は0.8ml/分，カラム温度は40℃，検出波長は405nmまたは425nm，注入量は20μlとした。

2.4 Chl総量及びChl割合

Phy a，Phy bをそれぞれChl a，Chl bに分子量換算した値をChl aとChl bに足したものをChl総量（乾物100g中のmg）とした。

$\text{Chl総量} = \text{Chl a} + \text{Chl b} + \text{Phy a} \times 1.025 + \text{Phy b} \times 1.024$ で算出した。

Chl割合はChl総量に対するChl含有量（Chl a + Chl b）の割合と定義した。

荒茶の色沢評価の指標としては，貯蔵中の茶の変色を示す尺度⁸⁾及び緑茶の品質評価の指標になりうる⁹⁾と報告されたChlのPhyへの変化率も考えられるが，負の相関になるChlのPhyへの変化率よりも荒茶色沢と直接正の相関が考えられるChlに着目したので「Chl割合」として表記した。

なお，Chl a及びChl bはC-13²位エピマー（立体異性体）であるChl a'，Chl b'をそれぞれ含むものとする。

表2 製茶工程中の色素類の変化試験での工程別熱風温度

工 程	粗 揉	中 揉	精 揉	乾 燥
温度(℃)	90- 80	50	90	60
	100- 90	60	100	75
	110-100	70	110	90

注) 粗揉は第1－第2工程

それぞれ付属の温度計による熱風（火室）及び排気温度

表3 製茶工程中の色素類の変化試験での粗揉，中揉機の設定条件

工 程	粗揉第1工程	粗揉第2工程	中揉工程
風量比 (m ³ /分・Kg)	1.8	1.0	0.27
主軸回転数 (rpm)	42	36	24
設定時間 (分)	20	適宜	適宜

2.5 色沢評点

色沢評点は官能審査で採点し、緑色の濃淡を図1のとおりに評価尺度でランク付けし、色沢の度合いにより1点きざみとした。

評点 (点)	色沢の系統	概評
30	濃い緑系統	濃緑
25	緑色系統	標準 鮮緑, 黒み
20	薄い緑色系統	黄緑色
15	赤み系統	飴色 赤黒み
10	薄い黄色系統	笹色
5	褐色系統	褐色
0	濃い褐色系統	濃褐色

図1 色沢評点の評価尺度

2.6 測色値

測色色差計(日本電色工業株式会社, ZE-2000)により L^* , a^* , b^* を測定し、色相角度 $=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ を求めた。

等色差表色系の測色値 a^* は+側でREDの程度、-側でGREENの程度を表し、 b^* は+側でYELLOWの程度、-側でBLUEの程度を表し、それぞれL軸から離れるほど、それらの程度は大きくなる。

3 結果と考察

3.1 茶市場上場茶の色沢と色素量及び測色値の関係

(1) 色沢評点と色素量

茶市場上場茶の色沢評点とChl含有量(Chl a + Chl b)及びPhy含有量(Phy a + Phy b)の関係を図2～5に示した。Chl含有量は69.9～521.7 (mg/100g)でPhy含有量は131.5～337.8 (mg/100g)の範囲であり、荒茶の色沢評点が高いほどChl含有量は高くなり相関も高いが、色沢評点とPhy含有量の関係は二、三番茶で判然としなかった。

このことから、Chl含有量は荒茶色沢の指標に成り得るが、Phy含有量は荒茶色沢の指標には適さないことが示された。

図2 色沢評点とChl含有量(一番茶)

**は1%水準で有意差有り

図3 色沢評点とChl含有量(二、三番茶)

**は1%水準で有意差有り

図4 色沢評点とPhy含有量(一番茶)

**は1%水準で有意差有り

図5 色沢評点とPhy含有量(二、三番茶)

色沢評点とChlの全体量であるChl総量との関係は図6, 7に示すとおり, 色沢評点が高いほどChl総量が多い傾向であり, 一番茶と比較し二, 三番茶では原料間でChl総量の幅が大きかった。また, Chl総量は色沢評点と有意ではあるが, 荒茶色沢の指標とするには一番茶で相関が低く, Chl総量の幅が小さかった。

また, 色沢評点とChl割合の関係は図8, 9に示すとおり, 色沢評点が高いほどChl割合は高い傾向にあり, 相関係数は一番茶で $r = 0.96$, 二, 三番茶で $r = 0.87$ となり, 高い相関にあった。

茶期間で比較すれば, 二, 三番茶のChl割合は一番茶より低く, 二, 三番茶はChlのPhyへの変化が大きく一番茶より色沢低下を招きやすいことが考えられた。

よって, 荒茶の色沢評点と色素量の関係はPhy含有量よりChl含有量の影響が大きく, か

つChl割合の方がChl含有量, Chl総量よりも一番茶, 二, 三番茶それぞれ色沢評点との相関が高いことが示された。

更に, 概評別にChl割合と評点の関係をみると, 図10, 11に示すとおり, 一番茶では濃緑, 標準, 鮮緑, 黒み系がChl割合65%以上で評点も高く, 赤黒み, 笹色, 褐色系はChl割合が55%以下で評点も低くなった。二, 三番茶においても同様な傾向が見られた。また, Chl割合の類似するものには同じ色沢概評が与えられていた。

これらのことより, 一番茶, 二, 三番茶ともにChl割合が色沢評点と最も相関が高く, かつChl割合は色沢概評の目安になることから色沢評価の指標として適すると考えられた。

(2) 色沢評点と測色値

荒茶の色沢評点と測色値の関係を表4に示

図6 色沢評点とChl総量 (一番茶)

**は1%水準で有意差有り

図8 色沢評点とChl割合 (一番茶)

**は1%水準で有意差有り

図7 色沢評点とChl総量 (二, 三番茶)

**は1%水準で有意差有り

図9 色沢評点とChl割合 (二, 三番茶)

**は1%水準で有意差有り

図10 概評別の色沢評点とChl割合 (一番茶)

図12 色沢評点と色相角度 (一番茶)

**は1%水準で有意差有り

図11 概評別の色沢評点とChl割合(二, 三番茶)

図13 色沢評点と色相角度 (二, 三番茶)

**は1%水準で有意差有り

した。色沢評点は測色値のなかで a^* 、 b^* との相関が高く、 a^* 、 b^* が負であるほど色沢は良好となった。

また、表4及び図12、13に示すとおり色沢評点は色の3属性の中で色相角度と各茶期ともに高い相関にあり、色相角度が高いほど評点も高いことが示された。茶期では一番茶が二、三番茶より色相角度は大きかった。 L^* 、彩度においては一、二番茶で相関係数が低かった。

このことから、橘らは生葉で測色値から葉緑

素量を推定すること⁹⁾を報告しているが、荒茶の色沢についても、色相角度を求めることにより、推定することが可能であると思われた。

更に、Chlの個別定量には試料の調製及びHPLC分析に時間を要すが、測色値の測定には前処理が不要で、荒茶をセルに入れるだけで測定可能であるので簡易な測定法として有効と考えられた。ただし、以下の研究においてはより詳細な検討をするためChlの個別測定法を用いた。

表4 測色値及び色相角度、彩度と色沢評点との相関係数

	一番茶 (n=28)	二番茶 (n=44)	三番茶 (n=45)
L^*	-0.26	-0.24	-0.39**
a^*	-0.68**	-0.77**	-0.33*
b^*	-0.42*	-0.35*	-0.51**
色相角度	0.91**	0.89**	0.75**
彩度	-0.35	-0.24	-0.46**

注) **: 1%水準で有意差有り

* : 5%水準で有意差有り

3.2 製茶工程中の色素類の変化

製茶工程中の色素量は、工程が進むにつれChlの減少、Phyの増加が起きることが報告されて³⁾いるがChl総量については報告がない。

また、筆者らはChlの変成要因を明らかにするためのモデル試験を実施し、製茶工程中での色素変化量は、含水率・温度・時間により体系的に説明できる可能性があることを報告¹⁰⁾

した。

そこで、製茶工程の粗揉、中揉、精揉工程の含水率と茶温の関係を図14に示し、粗揉、中揉、精揉、乾燥工程における、Chl含有量とPhy含有量及びChl総量を図15、16に示した。

Chl含有量及びChl総量は各工程とも時間の経過に伴い減少する傾向が見られた。特に茶温の影響が大きく、粗揉で約40℃、中揉及び

精揉で約50℃まで茶温が上がった時、Chl含有量及びChl総量は大きく減少した。

一方、Phy含有量の増加は含水率の高い粗揉、中揉、精揉工程の順で大きく、含水率の低い乾燥においてはほとんど増加しなかった。また、Chlの減少量がPhyの増加量に一致しないことが示された。てん茶においてもこの結果と同様な報告¹¹⁾がなされている。

Chl割合は図17, 18に示すとおり、Chl含有量及びChl総量と同様に各工程ともに時間の経過、茶温の上昇に伴い低下する傾向が見られた。

このことから、粗揉及び中揉工程の高水分域でのChlの減少は茶温の上昇によるPhyへの変化及びChlの破壊であることが推測された。それに対し、精揉及び乾燥工程の低水分域でのChlの減少はChlそのものの破壊であり低水分の条件下ではPhyへの変化はほとんど起こらないことが推察された。

これらのことから、精揉及び乾燥工程の低水分域でも色沢低下は起こると考えられ、茶

温が上がりすぎないように品温管理をおこなう必要がある。

更にChl含有量の減少量がPhy含有量の増加量と一致しないことから試験1と同様にChl割合の方がChl含有量よりも色沢の指標に適し、製茶工程中における色素量の変化についてもChl割合により要約化できると考えられた。

4 摘 要

荒茶の色沢は品質上重要である。そこで、色沢の評価法及び製茶工程中の色沢に関連する色素類の動態について解析した結果以下の知見が得られた。

(1) 荒茶の色沢評点はPhy含有量より、Chl含有量との関係が大きかった。そこで、Chl総量に対するChl含有量の割合をChl割合と定義したが、その値が高いほど色沢は良好であり、かつ色沢概評も推測できた。このことからChl割合は色沢評価の指標とし適することが示された。

図17 高水分域 (粗揉及び中揉工程) でのChl割合

図18 低水分域 (精揉及び乾燥工程) でのChl割合

(2) 荒茶の色沢評点は色差計で求めた測色値から計算した色相角度と相関が高く、色相角度が大きいほど色沢は良好となった。また、測色値の測定は試料の調製に時間を要せず容易なのが利点である。

(3) 製茶工程中のChl含有量の低下は、高水分域ではPhyへの変化が主要因で一部Chlの破壊も起こった。一方、低水分域ではChlそのものの破壊のためにChl含有量が低下しPhyへの変化はほとんど起こらなかった。また、Chl割合は製茶工程中の色沢の変化の指標としても有効であった。

5 引用文献

- 1) 和田光正・中田典男・本荘吉男・家弓実行・岡田文雄(1988):クロロフィル含量からみた緑茶の品質. 茶研報No.68, 22-32.
- 2) 高嶋和彦・黒木高幸・堀江秀樹・木幡勝則(2000)緑茶品種‘さきみどり’のクロロフィル及びフェオフィチン含有量から見た特質. 茶研報No.89, 15-21.
- 3) 高柳博次・阿南豊正(1986):荒茶製造工程における茶葉の理化学性の変化. 茶研報No.64, 39-43
- 4) 高柳博次・阿南豊正・池ヶ谷賢次郎(1987):蒸し度の差異による製茶の理化学性の変化. 茶研報No.65, 81-92.
- 5) 木幡勝則・城下昌弘・高嶋和彦・氏原ともみ・堀江英樹(2001):クロロフィルのフェオフィチンへの変化率が一番茶より二番茶で高いのは何故. 茶研報No.92(別冊), 114-115.
- 6) 橘 尚・庄山孝義(1979):茶葉の測色と葉緑素量の関係. 茶研報No.49, 56-60.
- 7) Kohata K., K. Hanada, H. Horie (1998): High performance liquid chromatographic determination of pheophorbide-a and its related chlorophyll derivatives in tea leaves. Food Sci. Technol. Int. Tokyo, 4 (1), 80-84.
- 8) 田中伸三・原利男(1972):緑茶貯蔵中のクロロフィルの変化. 茶技研No.44, 25-30.
- 9) 木幡勝則・山下陽市・山内雄二・堀江秀樹(1999):クロロフィル及びその誘導体含有量から見た市販緑茶の品質と特質. 茶研報No.87, 13-19.
- 10) 樋口雅彦・入来浩幸・伊地知仁・佐藤昭一(1999):葉緑素の熱変成に及ぼす含水率・温度・時間の影響. 茶研報No.88(別冊), 122-123.
- 11) 木幡勝則・原口隆文・辻正樹・氏原ともみ・堀江秀樹(2000):てん茶製造工程における色素類含有量およびクロロフィル活性の変化. 茶研報No.90(別冊), 98-99.