

## 過熱蒸気を用いたブルーベリー葉の乾燥

誌名	研究報告 = Report of Miyazaki Prefecture Industrial Technology Center & Miyazaki Prefectural Food & R&D Center
ISSN	13455974
著者	松浦, 靖 甲斐, 孝憲 亀長, 浩蔵 國武, 久登 柚木崎, 千鶴子
巻/号	56号
掲載ページ	p. 81-85
発行年月	2013年3月

## 過熱蒸気を用いたブルーベリー葉の乾燥\*

松浦 靖<sup>\*1</sup>・甲斐 孝憲<sup>\*2</sup>・亀長 浩蔵<sup>\*2</sup>・國武 久登<sup>\*3</sup>・柚木崎 千鶴子<sup>\*1</sup>

Drying of Blueberry Leaves by Super-Heated Steam Treatment

Yasushi MATSUURA, Takanori KAI, Kouzou KAMENAGA,  
Hisato KUNITAKE and Chizuko YUKIZAKI

過熱蒸気を用いてブルーベリー葉を乾燥し、加工による品質や機能性成分変化を検討した。

ブルーベリー葉を120、150および180°Cに設定した過熱蒸気処理装置で1、3、5および7分間加熱した結果、150°C以上の過熱蒸気処理では、水分含量5%以下の乾燥葉原料を5分以内で加工できた。しかし、180°Cの過熱蒸気処理では、5分間以上加熱することで葉が焦げ始め、品質が低下するばかりでなく、ポリフェノール、プロアントシアニジン含量、またそれらに同調して抗酸化活性も低下する傾向にあった。これらの結果より、150°Cの過熱蒸気でブルーベリー葉を5分間加熱することで、機能性成分を保持した乾燥葉原料を短時間で加工できることがわかった。

キーワード：ブルーベリー葉、過熱蒸気、乾燥

### 1 はじめに

ブルーベリー葉は抗酸化作用、脂肪肝抑制作用<sup>1)</sup>、血圧上昇抑制効果<sup>2)</sup>、抗C型肝炎ウイルス作用<sup>3)</sup>等の生理機能を有する農作物として見出され、当県において産地化が進められている。ブルーベリー葉は目的に応じて茶葉や抽出エキス末原料に加工され、様々な加工食品に利用されている。一般的に緑茶などの不発酵茶は、茶葉内の成分変化を抑制し保存性を高めるため、蒸し、乾燥工程を経て乾燥葉原料として貯蔵される<sup>4)</sup>。ブルーベリー葉エキス末原料も同様に蒸し、乾燥工程を経て製造されている。

近年では、食品の乾燥における加熱媒体として過熱蒸気が注目され、農産物のブランピング加工<sup>5)</sup>や乾燥などに利用されている。過熱蒸気は、加熱初期において食品表面の凝縮による潜熱の伝達と水蒸気自体の熱容量により迅速な表面加熱が行われる。また、低酸素雰囲気での加熱が可能であるため、食品

の酸化を抑制し、機能性成分を高く保持する特徴を持つ<sup>6)</sup>。Zanoeloらは、マテ茶葉を過熱蒸気と加熱空気をを用いて乾燥し、乾燥マテ茶葉の総フェノール含量について検討した結果、過熱蒸気乾燥葉は熱風乾燥葉に比べ総フェノール含量が高かった<sup>7)</sup>ことを報告している。また、この実験において過熱蒸気乾燥は熱風乾燥に比べエネルギー要求量が少なかったことも報告している。この蒸しと乾燥工程を同時に進行可能な過熱蒸気の利用は、機能性を訴求したブルーベリー葉エキス末原料の加工にも応用でき、工程の簡素化、省力化が期待できる。

そこで本研究では、過熱蒸気を用いてブルーベリー葉を乾燥し、加工による品質や機能性成分の変化を検討したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試材料

宮崎大学農学部フィールドで栽培されたラビットアイブルーベリー葉を2011年11月に収穫し、-20°Cの冷凍庫で保存したものを使用した。

#### 2-2 乾燥葉の調製

ブルーベリー葉の乾燥は、ネットコンベア式の過

\* 農林畜水産物の機能性を活かした研究：ブルーベリー葉及び果実の機能性を活かした食品開発

\* 1 食品開発部

\* 2 株式会社なな葉コーポレーション

\* 3 宮崎大学農学部

熱蒸気処理装置 (SO-2000, 清本鐵工(株)) を用い、L 730 × W 400 × H 230 mmの処理室内を通過させて行った。過熱蒸気はコンベア上下の噴出口より供給し、加熱温度を120、150および180°Cに設定し、処理時間は1、3、5および7分とした。なお、各種条件で得た乾燥葉を評価するため、真空凍結乾燥装置 (Dura-Top MP & Dura Dry MP, FTS SYSTEM) を用いて乾燥葉を調製し、対照試料とした。

### 2-3 乾燥葉粉末の調製

超遠心粉碎機 (ZM200, Retsch Co., Ltd) で粉碎し、0.5 mmスクリーンを通して乾燥葉粉末を得た。

### 2-4 乾燥葉粉末からの抽出液の調製

湯量5 gに対して試料25 mgを使用し、95°Cに設定したヒートブロックで5分おきに攪拌しながら15分間抽出を行った。抽出後は、0.45 μmフィルターでろ過し、試料溶液を得た。

### 2-5 乾燥葉の品質評価

#### 1) 水分含量の測定

常圧加熱乾燥法により、100°Cで1時間乾燥し、水分含量を求めた。

#### 2) 明度、色度の測定

トリプルナイロン (NY-1, MICS化学(株)) に入れた乾燥葉粉末試料を分光測色計 (CM-508d, MINOLTA Co., Ltd) で測定し、ハンター表色系 ( $L^*a^*b^*$ ) で表示した。

### 2-6 乾燥葉の機能性評価

#### 1) ポリフェノールの測定

Folin-Ciocalteu法<sup>8)</sup> を用いてポリフェノール含量を測定し、乾燥葉粉末1 gあたりの没食子酸相当量で表した。

#### 2) プロアントシアニジンの測定

Li らの方法<sup>9)</sup> に準じ、試料溶液に0.1% p-dimethylamino-cinnamaldehyde (DMAC) 溶液を加え、20分間静置した後、640 nmの吸光度を測定した。標準溶液には(+)-カテキンを用い、作製した検量線によりプロアントシアニン含量を求め、乾燥葉粉末1 gあたりのカテキン相当量で表した。

#### 3) 抗酸化活性の測定

ORAC法による抗酸化活性測定は、食品機能性評

価マニュアル集 (第II集)<sup>10)</sup> に準じて行った。

試料溶液は、75 mM リン酸カリウム緩衝液 (pH 7.4) で適宜希釈し、測定に供した。希釈した試料溶液はTrolox溶液とともに96穴マイクロプレート (#3072, Becton Dickinson) に20 μL, 次に75 mM リン酸カリウム緩衝液に溶かした94.4 nMフルオレセイン溶液を200 μL加え、蛍光マイクロプレートリーダー (Synergy MX, Bio Tek) で蛍光強度を測定した。その後、75 mM リン酸カリウム緩衝液に溶かした31.7 mM 2,2'-Azobis (2-amidinopropane)-Di-hydrochloride (AAPH) 溶液を75 μL加えて振とう攪拌後、2分間隔で90分間、マイクロプレート下部から経時的に蛍光強度を測定した。試料存在下での蛍光強度の曲線下面積 (AUC: Area Under the Curve) と非存在下 (ブランク) でのAUCとの差 (net AUC) を求め、Trolox標準溶液で作製した検量線を用いてH-ORAC値を算出し、乾燥葉粉末1 gあたりのTrolox相当量で表した。

## 3 結果および考察

### 3-1 乾燥葉の品質評価

各加熱温度で過熱蒸気処理を行ったブルーベリー葉の水分含量の変化を図1に示した。加熱処理前の葉の水分含量は57.3%であった。120°C処理では、加熱時間の経過に伴い、水分含量は徐々に減少したが、

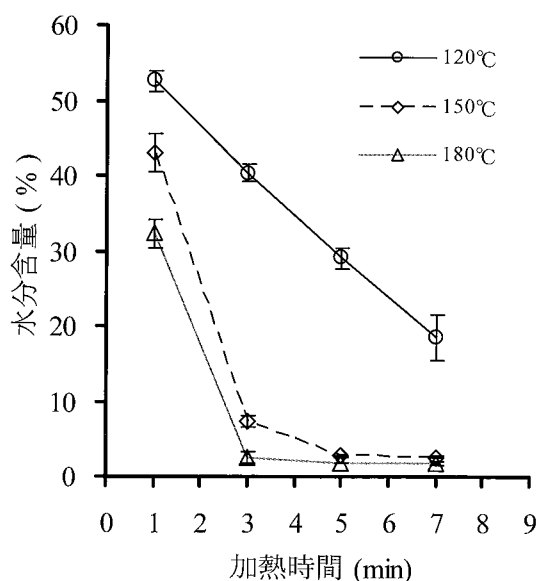


図1 各加熱温度における水分含量の変化

表 1 過熱蒸気処理したブルーベリー葉の色調変化

			L*	a*	b*
Lyophilization			56.55 ( 0.00 )	-4.46 ( 0.00 )	22.46 ( 0.00 )
Super-Heated Steam	120°C	1min	54.56 ( -1.99 )	2.58 ( 7.04 )	22.45 ( -0.01 )
		3min	54.73 ( -1.82 )	4.39 ( 8.85 )	20.89 ( -1.57 )
		5min	54.06 ( -2.49 )	4.48 ( 8.94 )	20.36 ( -2.10 )
		7min	53.48 ( -3.07 )	4.67 ( 9.13 )	19.12 ( -3.34 )
	150°C	1min	56.63 ( 0.08 )	2.67 ( 7.13 )	21.81 ( -0.65 )
		3min	53.67 ( -2.87 )	4.50 ( 8.96 )	21.03 ( -1.43 )
		5min	52.62 ( -3.93 )	4.72 ( 9.18 )	21.82 ( -0.64 )
		7min	52.06 ( -4.49 )	5.17 ( 9.63 )	21.19 ( -1.26 )
	180°C	1min	54.38 ( -2.17 )	3.29 ( 7.75 )	22.97 ( 0.51 )
		3min	52.20 ( -4.35 )	5.06 ( 9.52 )	21.47 ( -0.99 )
		5min	48.91 ( -7.64 )	6.27 ( 10.73 )	17.87 ( -4.59 )
		7min	46.68 ( -9.87 )	6.48 ( 10.94 )	14.78 ( -7.68 )

( ) 中の数字は、凍結乾燥葉と過熱蒸気乾燥葉の色調を比較し、その変化量を示した。

7分後の水分含量は19%であり乾燥不十分であった。そこで、更に加熱を続けた結果、水分含量は減少し、10分後には水分含量7.9%まで低下した（データ未掲載）。一方、150、180°C処理の場合、水分含量は一気に減少し、3分後には7.2%、2.6%となった。150°C処理では更に加熱を続けると、水分含量は5分後に2.7%となり5%を下回った。古谷らは、煎茶の貯蔵において水分5%以上では変質が激しく、品質が低下すること<sup>11)</sup>を報告している。ブルーベリー乾燥葉の水分含量も5%以下を目標としており、150°C以上の過熱蒸気処理では、効率的な熱伝達により5分以内に水分含量5%以下の乾燥葉を加工できた。

次に、各加熱温度で過熱蒸気処理を行ったブルーベリー葉の色調の変化を表1に示した。ブルーベリー葉は加熱処理により、a\*値は増加、b\*値およびL\*値は減少する傾向を示し、処理時間の経過に伴い、その変化割合は増大した。中でも180°C処理では明度、色度の変化が大きく、明度を示すL\*値は54.38, 52.20, 48.91, 46.68と変化し、明るさが減少した。一方色度では、a\*値は3.29, 5.06, 6.27, 6.48と増加し、緑色から赤色が強くなった。また、b\*値は22.97, 21.47, 17.87, 14.78と減少し、黄色から青色が強くなった。これより、180°C処理では処理時間の経過に伴い、a\*値、b\*値、L\*値は茶色が示す値に近づく傾向にあった。なお、180°Cで5、7分間処理した乾燥葉では、官能評価において焦げ臭が認められたことから、葉が焦げ始めていることが伺えた（データ未掲載）。これより、乾燥が急激に進行する逆転温度<sup>12)</sup>以上の過熱蒸気処理では、焦げの発生によ

り品質低下が懸念された。

### 3-2 乾燥葉の機能性評価

各加熱温度で過熱蒸気処理を行ったブルーベリー葉のポリフェノール、プロアントシアニジン含量および抗酸化活性値を表2に示す。120°C、150°C処理では加熱時間の経過にかかわらずポリフェノール含量は高く保持されていた。しかし、180°Cで5分、7分間処理した乾燥葉のポリフェノール含量は、凍結乾燥葉の91.8%、91.3%であり、わずかに低値を示した。プロアントシアニジン含量は、全ての加熱温度において、時間の経過に伴い低下した。しかし、その低下割合は加熱温度により異なり、各加熱温度における7分後のプロアントシアニジン保持率を対照の凍結乾燥葉と比較すると、92.8%、91.4%、57.3%であり、特に180°C処理ではプロアントシアニジンが大きく減少した。一方、抗酸化活性の指標であるH-ORAC値は、ポリフェノール含量と同調して変動し、加熱温度180°Cでわずかに活性が低下した。

過熱蒸気は凝縮による潜熱の伝達と水蒸気自体の熱容量により迅速な表面加熱が行われるため、ポリフェノールオキシダーゼ (PPO) を失活させ、ブルーベリー葉に含まれるポリフェノール化合物の酸化抑制が期待できる。仲島らは、ヤーコン葉を30秒間蒸し処理した結果、PPO活性は不検出となり、ポリフェノールの損失を抑えることができた<sup>13)</sup>と報告している。今回行った120°C処理ではポリフェノール、プロアントシアニジン含量ともに高く保持されていたことから、過熱蒸気処理でも短時間でPPOを失活させ、ポリフェノール化合物の酸化を抑制し

表2 過熱蒸気処理したブルーベリー葉のポリフェノール化合物および抗酸化活性値の変動

		ポリフェノール (mg-没食子酸相当量/g DW)	プロアントシアニジン (mg-カテキン相当量/g DW)	H-ORAC (mmol-Trolox相当量/g DW)	
Lyophilization		138 ( 100 )	14.5 ( 100 )	2.83 ( 100 )	
Super-Heated Steam	120°C	1min	148 ( 107 )	15.9 ( 110 )	2.87 ( 101 )
		3min	142 ( 103 )	14.6 ( 101 )	2.93 ( 104 )
		5min	143 ( 104 )	15.3 ( 106 )	3.05 ( 107 )
		7min	138 ( 99.9 )	13.5 ( 92.8 )	2.72 ( 96.0 )
	150°C	1min	142 ( 103 )	14.7 ( 101 )	2.89 ( 102 )
		3min	137 ( 99.6 )	14.6 ( 101 )	2.78 ( 98.0 )
		5min	138 ( 100 )	14.0 ( 96.3 )	2.88 ( 102 )
		7min	140 ( 101 )	13.3 ( 91.4 )	2.77 ( 97.7 )
	180°C	1min	135 ( 98.2 )	13.1 ( 90.5 )	3.01 ( 106 )
		3min	138 ( 99.8 )	12.2 ( 84.2 )	2.87 ( 101 )
		5min	127 ( 91.8 )	9.36 ( 64.4 )	2.66 ( 93.9 )
		7min	126 ( 91.3 )	8.32 ( 57.3 )	2.54 ( 89.6 )

( ) 中の数字は、凍結乾燥葉のポリフェノール、プロアントシアニジン含量および抗酸化活性値を100とし、過熱蒸気乾燥葉の各種値と比較し、その保持割合を示した。

たことが推察される。しかし、詳細の解明にはさらなる検討が必要である。一方で、各加熱温度でのプロアントシアニジン含量は時間の経過とともに低下し、その低下割合は過熱温度が高くなるほど大きくなった。樋口らは、栗渋皮を200°Cでロースト処理した結果、処理時間の増加とともにプロアントシアニジンが減少する<sup>14)</sup>ことを報告している。これより、逆転温度以上の過熱蒸気処理ではプロアントシアニジンが分解し易く、ブルーベリー葉エキス末原料の機能性低下に繋がること示唆された。しかし、ポリフェノールはプロアントシアニジンに比べ保持率が高く、それに伴い抗酸化性も高い結果となった。コーヒーは多糖類やタンパク質などが熱分解によりカルボニル化合物やアミノ化合物になり、ポリフェノール化合物も加わってアミノカルボニル反応などを起こすものと推定され、その反応化合物は抗酸化成分である<sup>15)</sup>ことがわかっている。ブルーベリー葉もコーヒー焙煎と同様に、高温加熱ではアミノカルボニル反応などより新たな化合物が生成し、抗酸化性を示すためにポリフェノールおよび抗酸化が保持されたものと推察された。

これらの結果を踏まえると、過熱蒸気を用いたブルーベリー葉の乾燥は、品質と機能性成分を保持しつつ、加工時間を短縮できる可能性を含んでいる。実用化に向けて、熱風乾燥による従来法との生産コストを比較検討していきたい。

#### 4 まとめ

本実験では、過熱蒸気を用いてブルーベリー葉を乾燥し、加工による品質や機能性成分変化を検討した結果、次のことがわかった。

- 1) 150°C以上の過熱蒸気処理では、水分含量5%以下の乾燥葉原料を5分以内の短時間で加工できた。
- 2) 180°Cの過熱蒸気処理では、5分以上の加熱で葉が焦げ始め、品質が低下する傾向にあった。
- 3) 180°Cの過熱蒸気処理では、機能性成分であるプロアントシアニジン含量が低下する傾向にあった。

以上より、過熱蒸気を用いてブルーベリー葉抽出エキス末原料を加工する際は、150°Cで5分間加熱することで、品質および機能性成分を保持した乾燥葉原料を短時間で加工できることがわかった。

#### 5 参考文献

- 1) N.Inoue, K.Nagao, S.Nomura, B.Shirouchi, M.Inafuku, H.Hirabaru, N.Nakahara, S.Nishizono, T.Tanaka, and T.Yanagita, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **75**, 2304-2308 (2011).
- 2) H.Sakaida, K.Nagao, K.Higa, B.Shirouchi, N.Inoue, F.Hidaka, T.Kai, and T.Yanagita, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **71**, 2335-2337 (2007).
- 3) M.Takeshita, Y.Ishida, E.Akamatsu, Y.Ohmori, M.Sudoh, H.Uto, H.Tsubouchi, and H.Kataoka, *J Biol Chem.*, **284**, 21165-21176 (2009).
- 4) 村松敬一郎：茶の科学, 朝倉書店, 52-56 (1991).

- 5) 佐藤昭一, 眞正清司, 入来浩幸, 浅井淳也: 茶業研究報告, **106**, 81-90 (2008).
- 6) 宮武和孝: 電学誌, **128-2**, 97-100 (2008).
- 7) ZANOELO.F.E., CARDOZO.L., and CARDOZO.E.L., *J Food Process Eng*, **29-3**, 253-268 (2006).
- 8) 須田郁夫: 食品機能研究法, 218-221 (2000).
- 9) Li.Y.G., Tarner.G., and Larkin.P., *J Sci Food Agric*, **70-1**, 89-101 (1996).
- 10) 沖智之, 竹林純, 山崎光司: 食品機能性評価マニュアル集 (第II集), 79-86 (2008).
- 11) 古谷弘三, 原利男, 久保田悦郎: 茶業研究報告, **18**, 42-46 (1961).
- 12) 伊與田浩志, 野邑奉弘: 食品工業, **48-14**, 20-28 (2005).
- 13) 仲島日出男, 樋口誠一, 常見崇史, 茂木八千代, 矢嶋みづほ, 川田由香, 三浦理代: 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **4**, (2006).
- 14) 樋口誠一, 仲島日出男: 日食科工第59回大会講演要旨集, 131, 北海道 (2012).
- 15) 本間清一: 日栄食誌, **58-2**, 85-98 (2005).