

# 栃木県産イチゴを利用した調理加工品の開発Ⅱ ～イチゴパウダーの製造法の検討～

## Processed food production using Tochigi strawberries Ⅱ ～ A study on the method of producing strawberry powder ～

山崎 敬子<sup>\*1</sup>      野中 春奈<sup>\*2</sup>  
Keiko Yamazaki      Haruna Nonaka

藤田 睦<sup>\*3</sup>      本間(橋本)環<sup>\*4</sup>  
Mutsumi Fujita      Tamaki Honma (Hashimoto)

### Abstract:

"Tochiotome" and "Skyberry" that are out of the standard are discarded. We aimed at these being used. In this paper, We studied an optimal method to make "Tochiotome" and "Skyberry" powder. Furthermore, We examined the way that the color of strawberry and anthocyanins are kept. The results obtained were as follows:

First, among the heat drying methods, the most suitable conditions were 50°C, 48 hours, and the thickness was 3 mm. Strawberry turned brown when heated at 60°C and 70°C. Powder at 50°C was better than powder at 40°C with color and the amount of anthocyanin. Second, the freeze drying was better than the heat drying at 50 °C with color and particle fineness. However, the amount of anthocyanin of powder at 50°C was higher.

### キーワード:

とちおとめ、スカイベリー、パウダー、フリーズドライ、色彩・色差

### 1. はじめに

栃木県はイチゴ (*Fragaria × ananassa* Duchesne ex Rozier) の生産量が全国第一位であり、「とちおとめ」「スカイベリー」などのブランドいちごを有している。これらには等級があり、規格外となったものは加工用としてジャムや菓子類の原料として利用

されているが、中には廃棄されているものがある。これまで筆者らは、加工用のイチゴの汎用性の幅を広げることを目的として「いちご寿司」、「いちごドレッシング」、「いちごのパウダー」の研究・開発を行ってきた<sup>1)</sup>。これらの中でいちごパウダーは、長期保存が可能であり食品加工原料として多種多様な

\*1 佐野日本大学短期大学 総合キャリア教育学科

\*2 佐野日本大学短期大学 総合キャリア教育学科

\*3 佐野日本大学短期大学 総合キャリア教育学科

\*4 佐野日本大学短期大学 総合キャリア教育学科

Sano Nihon University College Teaching Associate

Sano Nihon University College Senior Lecturer

Sano Nihon University College Associate Professor

非常勤講師

Sano Nihon University College Lecturer (Part-time)

利用が期待できる。国産イチゴのパウダーはこれまでも販売されているが、それらには、酸味料、増粘剤、香料等が添加されているものがほとんどで、イチゴ100%のものはその価格が高く、食品加工原料として使用すると原価が高騰してしまう。そこで、著者らは色や形などの悪さにより利用されないイチゴをパウダーに加工し、低価格のイチゴパウダーを供給することを考えた。また、イチゴパウダーを製造する上で、安定した品質を保持することが必須である。そのためには、再現性のある乾燥方法と品質管理基準が必要である。パウダー化の製造には、加熱乾燥法、フリーズドライ法（真空凍結乾燥法）などがあげられるが、これまで乾燥条件の詳細な研究報告はみられない。また、イチゴは赤い色が特徴であるため、イチゴパウダーの品質には、赤い色が保持されることが重要であると考えられる。すなわち、いちごの赤い色に寄与する色素であるアントシアニンが保持されることが望ましい。アントシアニンは広く植物に存在する天然色素成分の一つでありさまざまな生体機能（抗酸化機能、視機能改善機能、抗発癌性活動、血圧降下作用等）を有することが報告<sup>2)~6)</sup>されていることから安心・安全な天然の食品添加物としての有用性が期待できる。

そこで、本研究では規格外のイチゴの利用として、パウダー化を試み、1) 適切な乾燥方法の検討として、加熱乾燥とフリーズドライの比較、2) 品質基準の検討として色彩色差とアントシアニンの比較を行った。

## II. 試料および方法

### 1. 試料

栃木県佐野市野村農園で栽培された「とちおとめ」と「スカイベリー」の2品種について2017年12月に収穫したものを試料とした。

## 2. 乾燥条件

### (1) 加熱乾燥

試料の厚さの検討として、3mm、5mm、7mm、10mmにスライスしたものを小型食品乾燥機（大紀産業社）を用いて40℃および50℃の条件下で24時間および48時間、乾燥を行った。次に、乾燥温度の検討として、3mmにスライスしたものを40℃、50℃、60℃、70℃の条件下で48時間乾燥を行った。なお、乾燥機の吸気口および排気口は解放状態を維持した。これらの乾燥した試料を、粉碎機（KC-4811 ツインバード工業社）で粉碎してパウダーを作製した。

### (2) フリーズドライ

加熱乾燥法による試料のパウダー化では、乾燥後の粉碎工程で粉碎機へのパウダー付着が見られ、パウダー収量の低下が懸念されたことから、筆者らは、あらかじめ液体状にした試料をフリーズドライすることで粉碎の工程を省くことができるのではないかと考え、以下の予備実験を行った。試料をミキサーで液状にしたものを原液とし、さらに原液を水で2倍、4倍、8倍に希釈して糖度を変えた希釈試料を調製した。各2mlずつを-80℃で凍結させたのち、直結型油回転真空ポンプ（PS-22N ヤマト科学社）を使用して簡易的なフリーズドライを試みた。後述する結果より4倍希釈試料を選択して真空凍結乾燥機（DER-5N-A アルバック社）を用いてフリーズドライを行い、パウダーを作製した。フリーズドライの条件は乾燥時間72時間、棚温度25℃、乾燥時到達真空度20Pa以下とした。

## 3. 分析項目

### (1) 含水率

生のイチゴは、とちおとめ、スカイベリー各5つずつについて生重量を測定後、加熱乾燥機（FORCED CONVECTION OVEN FC-410 ADVANTEC）で80℃17時間乾燥後110℃13時間乾燥させた乾重量を測定し算出した。

パウダーについては、加熱乾燥とフリーズドライで得られたものについて、それぞれ0.2gを3つずつ秤量し、生のイチゴと同様の方法で含水率を算出した。

(2) 糖度

糖度は手持屈折計(MASTER REFRACTOME-TER Brix0.0~33.0%、アズワン社)を用い、とちおとめ、スカイベリー各5つずつBrix値を測定し、その平均値で算出した。

(3) pH

生のイチゴについて、とちおとめ、スカイベリー各5つずつの果汁のpHをpH METER (SM102型:ミルウォーキージャパン社)を用いて測定し平均値を算出した。

(4) 色彩・色差

色彩・色差はポータブル色差計(RM200QC:X-rite)を用いて色彩・色差としてL\*、a\*、b\*値を測定した。なお生のイチゴについては表面部分の色彩・色差を測定した。また、それぞれの試料を各5回ずつ測定し、その平均値を算出した。

(5) アントシアニン量の測定

アントシアニン量の測定は、乾燥条件の検討で良好な結果が得られたパウダー5種類(とちおとめ40℃および50℃で48時間加熱乾燥後パウダー化した2種類、スカイベリー40℃および50℃で48時間加熱乾燥後パウダー化した2種類、スカイベリー4倍希釈液をフリーズドライした1種類)について測定を行った。パウダーからのアントシアニンの抽出は、消費者の安全志向を考慮した河野らの方法<sup>7)</sup>に準拠し、抽出溶媒には純水を用いることとした。イチゴパウダーを各0.2gずつ精密に秤量し、純水10mlを加え、振とう混和した後、超音

波装置(SUS-100PN、SHIMADZU)でパウダーの色が白くなるまで超音波抽出を行った。15分間放置後、更に抽出液を減圧濾過(焼結ガラス30~50μm)を行い試料とした。分析は可視分光光度計(ASV11Dアズワン社)を用い535nmの波長で吸光度を測定した。この際、今回の標準物質として、シアニジン3グルコサイド(Cy-3-g)を用いた。検量線はCy-3-gを0.5mg/ml、0.1mg/ml、0.01mg/mlに調製しそれぞれの吸光度を測定した。そして、Cy-3-g相当量のアントシアニンの検量線を作成し、Cy-3-g相当量のアントシアニン量として算出した。

(6) 統計処理

イチゴパウダーのアントシアニン量の比較は2標本によるt検定を行った。解析にはエクセル統計(Bell Curve)を使用した。

III. 結果及び考察

1. 試料情報

とちおとめ(生)とスカイベリー(生)の含水率、糖度、pHを表1に示す。

2. 乾燥条件の検討

加熱温度と時間、試料の厚さの違いによる結果を表2に示す。40℃、50℃ともに24時間のものはすべての厚さで乾燥が不十分であった。48時間では3mmのものがとちおとめ、スカイベリーともに完全乾燥されていたが、5mm以上のものでは、とちおとめ、スカイベリーともに乾燥が不十分であった。このことから、試料の厚さは3mmが適しており、乾燥時間は48時間必要であることが示唆された。完全乾燥された、とちおとめとスカイベリーの試料について、粉碎機による粉碎を行ったところ、粒度の大きさに

表1 試料情報

試料	含水率(%)	糖度	pH
とちおとめ(生)	90.8±0.5*	10.8**	3.8**
スカイベリー(生)	90.8±1.1*	8.5**	3.7**

\*平均値±標準偏差(n=5)で表示  
\*\*平均値(n=5)で表示

表2 加熱乾燥条件の違いによる乾燥状態①

試料	加熱温度(°C)	加熱時間(h)	試料の厚さ(mm)			
			3	5	7	10
とちおとめ	40	24	×	×	×	×
		48	○	×	×	×
	50	24	×	×	×	×
		48	○	×	×	×
スカイベリー	40	24	×	×	×	×
		48	○	×	×	×
	50	24	×	×	×	×
		48	○	×	×	×

○:適する ×:適さない

表3 加熱乾燥条件の違いによる乾燥状態②

試料	加熱温度(°C)			
	40	50	60	70
とちおとめ	○	○	×	×
スカイベリー	○	○	×	×

加熱時間48時間、試料の厚さ3mm  
○:適する ×:適さない

表4 生果実とパウダーの含水率

試料	含水率(%)
とちおとめ(生)	90.8±0.5*
スカイベリー(生)	90.8±1.1*
とちおとめ(ドライパウダー)40°C	15.9±0.2**
とちおとめ(ドライパウダー)50°C	14.5±0.4**
スカイベリー(ドライパウダー)40°C	15.2±0.4**
スカイベリー(ドライパウダー)50°C	14.3±0.1**
スカイベリー(フリーズドライパウダー)	17.5±0.4**

\*平均値±標準偏差 (n=5)で表示

\*\*平均値±標準偏差 (n=3)で表示

ばらつきが見られ、均一ではないがパウダー化することができた。

加熱温度の違いによる結果を表3に示す。40°C、50°Cでは肉眼での色の変化はみられなかったが、60°C、70°Cでは茶褐色に変化していた。この褐変現象は、食品の加工や調理の過程で加熱によりおこる非酵素的反応(アミノカルボニル反応)<sup>8) 9)</sup>であることが推測される。これらのことから加熱温度は40~50°Cが適していることが示唆された。

フリーズドライ法による予備実験では原液および2倍希釈液ではべとべとした状態になり、乾燥が不十分であった。4倍希釈および8倍希釈液ではさらさらとした乾燥状態のパウダーになった。

真空凍結乾燥機を用いた4倍希釈液の乾燥においては、とちおとめではべとべとした状態になったが、スカイベリーはさらさらとした、均一できめ細かい粒度のパウダー

が完成した。

### 3. 含水率

試料の含水率を表4に示す。生のイチゴについては、とちおとめとスカイベリーに差は見られなかった。パウダーについてはフリーズドライが高い値であった。この結果から、含水率が17.5%以下であるとパウダー化ができることが明らかとなった。

### 4. 糖度

糖度の平均値は、とちおとめ10.8、スカイベリー8.5であった。一般的にとちおとめは酸味と甘みのバランスが特徴の品種であり、食した時の酸味を感じられる一方、酸味の弱いスカイベリーでは、食した時の甘みが強く感じられると考えられる。

また、とちおとめを用いてフリーズドライで作製したものにべたつきがみられたのは、とちおとめの糖度が高いことが影響していると思われることから、フリーズドラ

イに用いるイチゴ溶液の希釈倍率のさらなる検討の必要性が示された。

### 5. pH

生のイチゴは「とちおとめ」が3.8、「スカイベリー」が3.7と大きな差はみられなかった。アントシアニンは酸性で赤色、アルカリ性で青色を呈することが知られている<sup>10)</sup>ことから、酸性下における製造であればイチゴパウダーの色は影響を受けにくいと考えられる。

### 6. 色彩・色差

加熱温度40℃および50℃、乾燥時間48時間、厚さ3mmで完成したものを粉砕機で3分間粉砕したパウダーと、4倍希釈液をフリーズドライ法で乾燥したパウダーの状態

を写真1に示す。また加工食品原料として使用する際の工程を想定して、水溶液にした場合の色調を比較したものを写真2に示す。肉眼ではフリーズドライ法のものがパウダー、水溶液ともに鮮やかなピンク色を呈し、加熱乾燥法のもは、ややくすんだ色を呈していた。加熱乾燥法の温度による比較では50℃の方が40℃よりやや明るい色であった。果実中に含まれるポリフェノール物質が果実中の酸化酵素の作用により褐変物質に変化し、色彩・色差へ影響を与えていることも推測される。

表5および図1に色差計による色彩・色差の測定結果を示す。パウダーの比較では、肉眼同様にフリーズドライ法で明度が最も

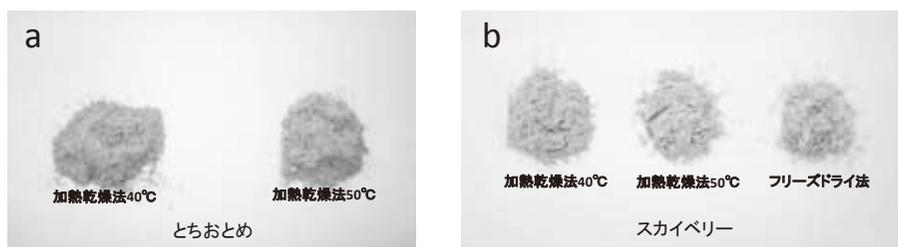


写真1 加熱乾燥法およびフリーズドライ法によるパウダー化の状態

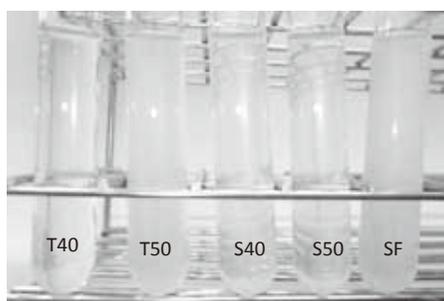


写真2 パウダー水溶液の色の比較

T40; とちおとめ 40℃、T 50; とちおとめ 50℃、S 40; スカイベリー 40℃  
S 50; スカイベリー 50℃、S F; スカイベリーフリーズドライ

表5 生果実とパウダーのL\*、a\*、b\*測定値\*\*

試料	L*	a*	b*
とちおとめ(生)	32.7±5.2	36.4±6.4	28.3±7.5
スカイベリー(生)	36.4±2.8	44.2±1.7	38.3±8.1
とちおとめ(ドライパウダー)40℃	62.2±0.4	16.3±0.3	15.9±0.2
とちおとめ(ドライパウダー)50℃	64.4±0.7	18.6±0.3	13.4±0.4
スカイベリー(ドライパウダー)40℃	61.9±1.5	15.1±0.5	17.9±0.6
スカイベリー(ドライパウダー)50℃	64.5±1.5	15.6±0.5	14±0.8
スカイベリー(フリーズドライパウダー)	68.0±0.5	20.0±0.7	7.9±0.1

\*\*平均値±標準偏差(n=5)で表示

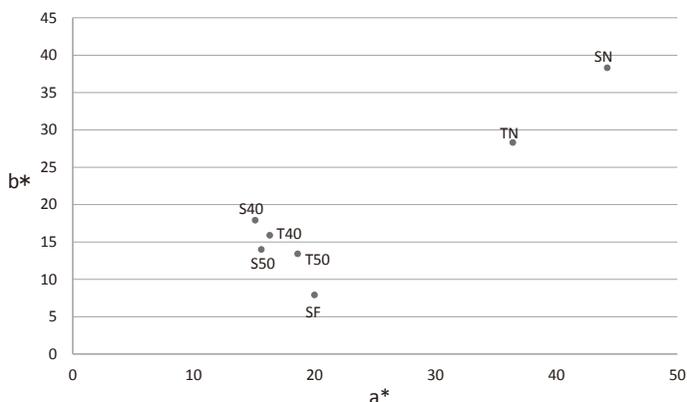


図1 色差計による a\*b\* 平面図

TN；とちおとめ生果実、T40；とちおとめ 40℃、T 50；とちおとめ 50℃、SN；スカイベリー生果実  
S 40；スカイベリー 40℃、S 50；スカイベリー 50℃、SF；スカイベリーフリーズドライ

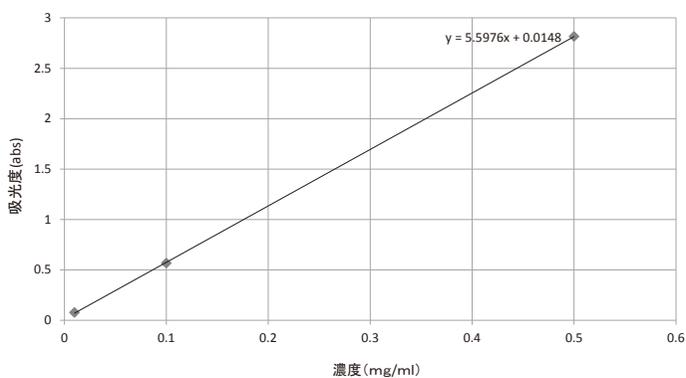


図2 シアニジン3グルコサイド (Cy-3-g) 標準品による検量線

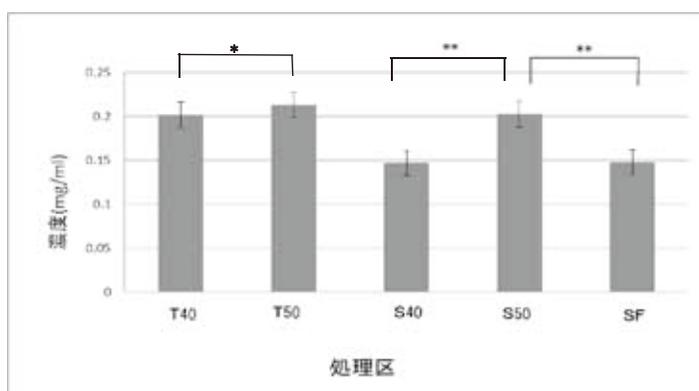


図3 イチゴパウダー各種のCy-3-g相当濃度

T40；とちおとめ 40℃、T 50；とちおとめ 50℃、S 40；スカイベリー 40℃  
S 50；スカイベリー 50℃、S F；スカイベリーフリーズドライ

平均値±標準誤差 (n = 3) で表示

\* p<0.05

\*\* p<0.01

高い値を示し、赤方向の色相が最も強く表れていた。また、加熱乾燥法では50℃の方が40℃より明度および赤方向の色相が高い値を示した。これらのことから、パウダー化には加熱乾燥法よりフリーズドライ法の方が適していることが示唆され、加熱乾燥法では40℃より50℃の方が適していると考えられる。

#### 7. アントシアニン含有量

イチゴに存在する主要なアントシアニンは、シアニジン3グルコサイド (Cy-3-g)、ペラルゴニジン3グルコサイド (Pg-3-g)、ペラルゴニジン3マロニルグルコサイド (Pg-3-mg) の3種類の存在が報告されている<sup>11) 12)</sup>。またK.OgawaらはCy-3-gとPg-3-gの2種の含有量を報告している<sup>13)</sup>。本分析ではその中の一つであるシアニジン3グルコサイド (Cy-3-g) 相当量として測定を行った。シアニジン3グルコサイド (Cy-3-g) の検量線を図2に、イチゴパウダー5種類のCy-3-g相当量のアントシアニン量の結果を図3に示す。加熱温度の違いでは、とちおとめ、スカイベリーともに有意差がみられ、40℃より50℃の方が高い値を示した。これは色彩・色差の結果と一致していた。フリーズドライについては、加熱乾燥法40℃とほぼ同じ値を示した。加熱乾燥した試料は、粉碎機で粉碎するため、摩擦熱によりアントシアニンが壊れる<sup>14)</sup>ことを推測したが、50℃の方がフリーズドライよりも高い値を示した。加工食品原料として三次機能の観点からもアントシアニン量が製品の良し悪しに大きく影響することから、加工条件の更なる検討が必要である。

#### IV. 要約

本研究では規格外のいちごの利用拡大を目的として、長期保存が可能で多種にわたる食品加工原料として使用できるいちごパウダー化を試み、その化学的性状から最適

なパウダー化の工程方法を検討し若干の知見を得た。

- 加熱乾燥では、加熱時間が48時間で厚さ3mmのイチゴ切片が最適な乾燥状態であった。温度の違いでは、40℃、50℃で色の変化がなく、良好なパウダーが得られたが、60℃、70℃では褐変現象がみられた。
  - パウダーでは、アントシアニン含有量は40℃より50℃の方が多く、色彩・色差結果でも50℃の方が赤色方向に大きく出た。
  - フリーズドライのものは加熱乾燥法50℃より色彩・色差が赤色方向に大きく、粒子のきめ細かさにおいても良好な結果が得られた。しかし、アントシアニン含有量は、加熱乾燥50℃の方が高い値を示した。
- 以上のことから、低価格で乾燥ができる加熱乾燥法でイチゴパウダーを製造する適切な条件が明らかとなった。また、色彩・色差およびアントシアニン量の動向を検討することで、イチゴパウダーの品質管理への有用性が期待できることが示唆された。

#### 謝辞

本研究の実施にあたり、フリーズドライ機器のご協力を賜りました有限会社ベンチャーラボ川上秀樹様に深く感謝致します。

尚、本研究は平成29年度佐野日本大学短期大学共同研究費の助成により実施したものをまとめたものである。

#### V. 参考文献

- 1) 藤田睦、山崎敬子：栃木県産いちごを用いた調理加工品の開発 - いちごずしへの利用 -、佐野短期大学紀要、24、81-88 (2013)
- 2) 伴 琢也：ブルーベリーを中心とした園芸作物のアントシアニン蓄積機構の解明および成熟・加工特性に関する研究、日本食品保蔵科学会誌 38, 101-108 (2012)
- 3) 片山佳子、米尾香澄：いちごジャムの

- 退色と抗酸化活性について、日本調理科学会大会研究発表要旨集 28 (0) , 152 (2016)
- 4) 細谷 孝博、久保田 通代、熊澤 茂則 :NMRを用いたベリー果実中のアントシアニンの定量と果実の抗酸化活性、分析化学、65 (6) , 321-329, (2016)
- 5) Matsumoto、H et al:Stimulatory Effect of Cyanidin 3-Glycosides on the Regeneration of Rhodopsin、J. Agric. Food Chem. 51、3560-3563 (2003)
- 6) Wang L.S.、Stoner G.D.:Anthocyanins and their role in cancer prevention. Cancer Lett.、269 (2)、281-290 (2008)
- 7) 河野 俊夫：黒米からのアントシアニン色素抽出特性、植物環境工学、17 (2)、84-89 (2005)
- 8) 下橋 淳子：アミノカルボニル反応により褐変化したタマネギの抗酸化性について、駒沢女子大学研究紀要 20、191-195 (2013)
- 9) 的場輝佳 et al：新しい食品加工学、改訂南江堂第2版、8 (2017)
- 10) 渥美みはる、佐藤真理：実験で学ぶ化学V . 色で測る、東京女子大学紀要論集 . 科学部門報告 = Science reports of Tokyo Woman's Christian University 63、1961-1975 (2013)
- 11) 枳穀 豊、福原 公昭、斉藤 勲、太田 英明：イチゴアントシアニン色素の同定と高速液体クロマトグラフィーによる分析、日本食品科学工学会誌、42、118-123 (1995)
- 12) 松添 直隆 et al: 夜温がイチゴ果実の糖、有機酸、アミノ酸、アスコルビン酸、アントシアニンおよびエラグ酸濃度に及ぼす影響、植物環境工学、18 (2)、115-122 (2006)
- 13) K.Ogawa et al : Anthocyanin Composition and Antioxidant Activity of the Crowberry (*Empetrum nigrum*) and Other Berries J. Agric. Food Chem.56、4457-4462 (2008)
- 14) 寺原典彦 et al：紫甘しょに含まれる主要アントシアニンの一斉定量、日本食品科学工学会誌、54 (1)、33-38 (2007)