

## 甘ガキを原料とした二段階乾燥法による干し柿の製造方法

江嶋亜祐子\*・池田浩暢・馬場紀子

甘ガキ「富有」からソフトタイプの干し柿を短期間に製造する方法を確立するため、一次乾燥-冷・解凍-二次乾燥の工程を主とする二段階乾燥法が干し柿の品質に及ぼす影響を検討した。本法による干し柿の最終含水率を 55%程度に設定すると、乾燥後の減量率は 65%と計算された。乾燥温度を決定するため、「富有」を 30~60℃で 24 時間加熱すると、40℃以下で果実は軟化した。50℃以上では逆に硬化した。また、褐変は 50℃以上で増大したが、40℃以下では抑制された。温度が高いほど乾燥時間が短縮できることを考慮すると、乾燥温度は 40℃が適切であると考えられた。一次乾燥終了時の減量率が 0~50%の干し柿を冷・解凍すると、減量率が高いほどドリップの発生は抑制され、また褐変も 40%以上で抑制されたことから、一次乾燥終了時の減量率は 40%が適切であると考えられた。この二段階乾燥法で干し柿を製造した場合、連続乾燥と比べて干し柿の内側と外側の含水率差が小さくなり、乾燥時間も約 2 割削減することができた。また、製造した干し柿のカロテノイド類は剥皮直後に比べて約 3 倍に濃縮された。

以上のことから、「富有」を 40℃で減量率 40%まで一次乾燥させた後、冷・解凍し、更に減量率 65%まで二次乾燥させる二段階乾燥法は連続乾燥法よりも短い乾燥時間で含水率の内外差が少ない高品質な干し柿を製造できることが明らかになった。

[キーワード: カキ, 「富有」, 干し柿, 二段階乾燥法, 冷凍, 解凍]

Processing Method by Two-stage Drying for Soft-type Dried Persimmons Using Pollination Constant Non-astringent Persimmon Fruits cv. 'Fuyu' *Diospyros kaki* Thunb. ESHIMA Ayuko, Hironobu IKEDA and Noriko BABA (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 3: 43-48 (2017)

We determined the optimum conditions for processing soft type dried persimmons with 55% water content using pollination constant non-astringent persimmon cv. 'Fuyu'. We investigated the influence of processing conditions on the quality of the dried fruits and the use of freeze-thaw treatment to shorten the drying time. Persimmon fruits were dried by about 65% reduction in weight to 55% water content. Heat accelerated the rate of drying, but  $\geq 50^{\circ}\text{C}$  promoted both hardening and browning of fruits. The rare of drying  $\leq 30\%$  at the end of the primary drying treatment promoted browning and increased the amount of drip outflow after subsequent freeze-thaw treatment. Freeze-thaw treatment reduced the difference in water content between the inside and outside regions of dried fruits. Secondary drying following freeze-thaw treatment shortened the drying time by 20% compared with continuous drying. The carotenoid concentration of dried fruits was 3  $\times$  of fresh fruits. These results show that two-stage drying incorporating freeze-thaw treatment was suitable for efficiently producing high quality dried persimmons.

[Keywords: persimmon fruit, 'Fuyu', dried persimmon, drying, freezing, thawing]

### 緒言

干し柿は古くから親しまれている加工品であり、果実を乾燥することで保存性が高まるとともに成分が濃縮される(今田 2000)。干し柿の製造は、自然乾燥と人工乾燥に大別される。自然乾燥は天候に左右されやすく、完成までに数十日を要するため乾燥時間の短縮化が求められている(林 2013)。一方、人工乾燥は自然乾燥に比べて乾燥時間は短縮できるが、一般的な通風乾燥では果実表面が硬化し、果実の内側から外側への水分移動が抑制されることで、含水率は内側が高く外側が低い状態となる(林 1989b)。穀物では通風乾燥と休止を交互に繰り返す間欠乾燥をすることで休止中に水分が内側から外側に移動し、休止後の乾燥が促進されることが報告されている(豊田ら 1983)。干し柿でも間欠乾燥することで水分が内側から外側に移動しやすくなるため(林 1989b)、間欠乾燥は干し柿においても乾燥時間の短縮に有効であると考えられる。しかし、間欠乾燥では乾燥時間は短くなるものの、目標とする含水率に達するまで乾燥と休止を繰り返さなければならない(豊田ら 1983, 林 1989b)。この回数を減らすためには、休止中

の水分移動をより早める必要がある。四宮・宮脇(2004)は、青果物を冷・解凍することにより細胞膜を破壊して水分を内側から外側に移動させる方法を明らかにしている。干し柿においても冷・解凍することで水分移動が早まると考えられることから、乾燥の促進が期待される。そのため、効率化および省力化の観点から乾燥を 2回に分けて行い、その間に冷・解凍による休止を行う二段階乾燥法が干し柿の製造に有効であると思われる。

最近では、消費者嗜好の変化により従来に比べて含水率が高いソフトタイプの干し柿が求められており(尾崎 2011)、市販されているソフトタイプの干し柿では含水率 50%以上のもも多い(松本 2007)。含水率が高いほど離水(以下、ドリップ)しやすいが、含水率 55%以下ではドリップの発生は小さい(渡部ら 2008)。また、カキは乾燥が進むとともに乾燥速度が低下するため(林 1989b)、含水率を低く設定するとより多くの乾燥時間を要する。そこで、ソフトタイプの干し柿を短期間に製造するためには干し柿の含水率は 55%程度が最適と思われる。

そこで、本報では「富有」を原料にして軟らかさを重

視した干し柿を製造するため、含水率が55%程度の干し柿を短期間に製造できる二段階乾燥法を検討したので報告する。

## 材料および方法

### 供試材料

2015年11月下旬に福岡県朝倉市で収穫されたカキ「富有」（2Lサイズ、260～310g）を厚さ0.06mmのポリエチレンフィルムで密封個包装した後、福岡県農林業総合試験場資源活用研究センターに搬入した。搬入後は試験実施まで-1℃の恒温庫で貯蔵した。カキは試験当日に開封し、以下の試験に供した。1試験区当たりの供試果数は10果とした。

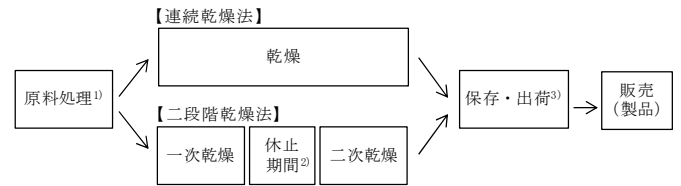
### 試験1 乾燥温度が干し柿の品質に及ぼす影響

剥皮した果実の赤道部を厚さ約2cmの円盤状に採取し、中心角が等しくなるよう放射線状に10等分した。水分の減少が品質に及ぼす影響を軽減するために、対角の果実片2片ずつを有孔ラミネートフィルム袋（10×10cm）で包装した。包装した果実片は30℃、40℃、50℃および60℃の恒温庫内に24時間静置した後、減量率、果実硬度および色調を測定し、褐変程度を調査した。減量率は、果実片の重量を（株）エー・アンド・デイ製の電子天秤（GX-200）を用いて測定し、剥皮直後の重量との差から算出した。果実硬度は、（株）山電製のクリープメーター（RE-3305）を用いて、切断面のうちへた側の果実表面が6mm貫入するのに要した最大荷重(N)を測定した。プランジャーはφ3mmの円柱形のものを用い、台座スピードは $1\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ とした。色調は、日本電色工業(株)製の測色色差計（ZE-6000）を用いて測定した。測定箇所は切断面のうちへた側の果実表面とし、φ6mmで反射光を測定した。褐変程度は、褐変が認められない状態を-、わずかに認められる状態を±、明らかに認められる状態を+、著しく認められる状態を++とし、評価に熟練した当試験場流通・加工部研究員2名の合議で行った。

### 試験2 干し柿製造方法の検討

第1図に示す2通りの製造方法について検討した。一方は乾燥工程を連続的に行う方法（連続乾燥法）であり、もう一方は乾燥工程を2回に分けて行う方法（二段階乾燥法）である。緒言で示すとおり、本報では製造する干し柿の含水率を55%程度とした。剥皮後の「富有」の含水率は $84.2\pm 1.2\%$ （±は標準偏差、30果分析）であったことから、含水率を55%にするときの減量率は $65.0\pm 2.6\%$ と算出された。そのため、両製造方法とも最終的に各試験区の減量率が約65%に達するまで乾燥させた。乾燥後は、冷凍保存することを想定して-30℃で48時間以上保存し、さらに販売時に解凍することを想定して5℃で24時間保存した。

(1) 乾燥時間が干し柿の減量率に及ぼす影響



第1図 干し柿の製造方法

- 1) 剥皮および殺菌処理
- 2) 一次乾燥後に冷凍保存し、二次乾燥前に解凍
- 3) 乾燥工程終了後に冷凍保存し、出荷前に解凍

剥皮してへた部を除去した果実を熱湯に10秒間浸漬して殺菌した後（以下、殺菌処理）、（株）木原製作所製の乾燥機（SM 4S-EH）を用いて乾燥させた。乾燥条件は、温度40℃、相対湿度（以下、湿度）30%、排気は自動排気方式とし、これらの条件を維持するために外気温を20℃に設定した。経時的に減量率を測定した。

(2) 二段階乾燥法における一次乾燥終了時の減量率が干し柿の品質に及ぼす影響

剥皮してへた部を除去後に殺菌処理した果実を、試験2-(1)と同じ条件設定で乾燥した。減量率が0%、20%、30%、40%および50%に達した時点で一次乾燥を終了した。その後、-30℃で48時間以上保存し、5℃で24時間保存して試験終了とした。試験終了時のドリップ量、果実硬度および色調を測定し、褐変程度を調査した。ドリップ量は、解凍後に漏出した水分と試料表面の水分を不織布（キムワイプ、日本製紙クレシア(株)）で除去し、解凍前の重量との差から算出した。干し柿の果実硬度は、赤道部を厚さ約2cmの円盤状に採取し、試験1と同じ条件で測定した。干し柿の色調は、赤道部の表面を試験1と同じ条件で測定した。

(3) 一次乾燥終了後の休止方法が干し柿の含水率および二次乾燥時間に及ぼす影響

剥皮してへた部を除去後に殺菌処理した果実を、試験2-(1)と同じ条件設定で乾燥した。減量率が40%に達した時点で一次乾燥を終了後、試験2-(2)と同じ条件で冷・解凍（冷・解凍区）および5℃で24時間保存（冷蔵区）し、二次乾燥中の減量率および含水率を測定し、乾燥時間を算出した。含水率は、剥皮直後の果実および干し柿の赤道部を厚さ約2cmの円盤状に採取して中心角が等しくなるように放射線状に8等分し、対角の2片ずつを内側と外側の面積比が2:1になるように切り分けて減圧加熱乾燥法（新食品分析ハンドブック編集委員会2000）により測定した。

(4) 連続乾燥法および二段階乾燥法が干し柿の品質に及ぼす影響

剥皮してへた部を除去後に殺菌処理した果実を、試験2-(1)と同じ条件設定で乾燥した。連続乾燥法は、減量率が65%に達するまで乾燥させた。二段階乾燥法は一次乾燥終了時の減量率を40%とし、試験2-(2)と同じ条件で冷・解凍した。さらに、減量率が65%になるまで二次乾燥させた。両乾燥法により製造した干し柿は

-30℃で48時間以上保存し、その後5℃で24時間保存して最終製品とした。含水率、果実硬度および色調を測定し、褐変程度を調査した。また、二段階乾燥法により製造した干し柿については、糖度およびカロテノイド類も測定した。糖度は、ミルサーで細断してペースト状にしたものを(株)アタゴ社製のポケット糖度計(PAL-J)で測定した。カロテノイド類を分析するために、糖度測定時に得たペースト0.5gを20mlのエタノールで抽出後、水酸化カリウムを加えて加熱酸化した。酸化物をヘキサソで分画後にエバポレータで濃縮乾固し、高速液体クロマトグラフ分析試料用溶液(メタノール(MeOH):メチルtert-ブチルエーテル(TBME)=1:1, 0.2%ブチルヒドロキシトルエン含有)5mlに溶解させた。カロテノイド類は、(株)島津製作所製の高速液体クロマトグラフ(Nexera X2)を用い、(株)ワイエムシー製のカロテノイド分析用カラム(YMC Carotenoid S-3 $\mu$ m, 内径4.6 $\times$ 100mm)で分析した。MeOHおよびTBMEを移動相としてMeOH割合を20%から80%とするグラジエント溶出を行った。1試料当たりの分析時間は20分とした。溶出液はUV-VIS検出器(SPD-20A)で波長450nmにおける面積値を測定し、標準試料溶液で作成した検量線により可食部100g当たりの $\alpha$ -カロテン、 $\beta$ -カロテン、 $\beta$ -クリプトキサンチンおよびリコピン含量を算出した。

## 結果および考察

### 試験1 乾燥温度が干し柿の品質に及ぼす影響

果実硬度は剥皮直後に比べて30℃区および40℃区では有意に低くなったが、50℃区および60℃区では逆に高くなった(第1表)。L\*およびb\*はいずれの試験区でも剥皮直後より有意に低下したが、その低下割合は乾燥温度が高いほど顕著であった。a\*はいずれの試験区でも剥皮直後に比べて有意差は認められなかった。褐変程度は乾燥時の温度が高くなるほど大きくなったが、40℃以下ではわずかに認められる程度であった。

真部ら(1980)は、渋ガキ「平核無」を5~40℃で乾燥した場合、乾燥温度が高くなるほど水溶性ペクチンの増加と塩酸可溶性ペクチンの減少が認められ、細胞相互の結合力が低下して果肉が軟化すると考察している。本報においては、30℃区および40℃区では果実硬度が低下したことから、甘ガキにおいても渋ガキと同様にペクチンの変化により干し柿が軟化したと推察された。一方、ダイコンでは50~60℃、クリでは50~65℃で加熱した場合、ペクチンエステラーゼ(PE)によるペクチン質の低エステル化によって組織が硬化することが報告されている(真部1980a, 1980b)。今回の結果では、50℃区および60℃区では果実硬度が高くなったことから、甘ガキでもPEの影響により干し柿が硬化した可能性が考えられた。このため、干し柿の硬化を抑制するためには、乾燥温度は40℃以下が適していると考えられた。

林(1986)は、干し柿が褐変するとL\*およびb\*の低下が認められたと報告しており、これはカキに含まれるカロ

第1表 乾燥温度が干し柿の品質に及ぼす影響

温度	果実硬度 (N)	色調			褐変 程度 <sup>2)</sup>
		L*	a*	b*	
剥皮直後	5.1 b	67.3 a	8.1	37.8 a	-
30℃	3.9 a	59.0 b	7.9	34.2 b	±
40℃	4.4 a	58.0 b	7.5	32.8 b	±
50℃	6.0 c	55.2 c	7.9	32.4 b	+
60℃	6.6 c	46.4 d	7.5	24.8 c	++
有意差	**	**	n. s.	**	

1) 供試果実数は各試験区10果

2) 褐変程度は、-:認められない、

±:わずかに認められる、+:明らかに認められる、  
++:著しく認められる、とした

3) \*\*は分散分析により1%の危険率で有意差有り、  
n. s.は有意差無し

4) 縦列の異なるアルファベット間には、Tukeyの検定により  
5%の危険率で有意差有り

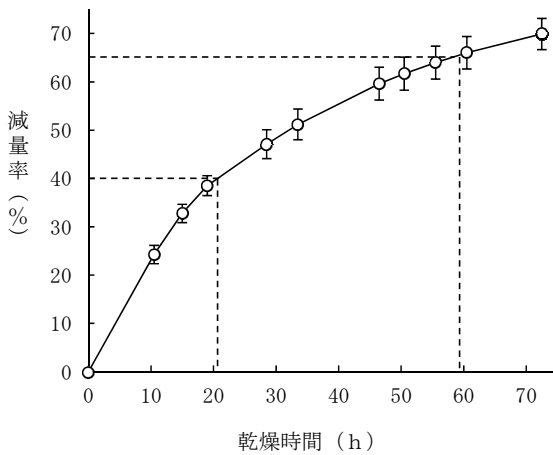
テノイド類やタンニンの酸化が要因であると推察している。L, bおよびL\*, b\*はいずれも分光光度計で測定した三刺激値(X, Y, Z)を国際照明委員会の規定式にかけて得られた色彩値であり、L\*とb\*は現在の規定式、Lとbは過去の規定式から得られた値である。L\*とLは明度、b\*とbは黄色方向を表す色度であるため、それぞれ値は異なるものの、変化は同じになる。本報では、明らかに褐変が認められた50℃区では40℃以下の試験区に比べてL\*の低下が、特に褐変程度が著しかった60℃区ではL\*およびb\*の低下が認められたことから、「富有」においても林(1986)の報告と同様に、褐変とL\*およびb\*の間には強い関係があることが確認された。干し柿の褐変には、非酵素的褐変と酵素的褐変が関与していると推察されている(林1986)。非酵素的褐変として還元糖とアミノ化合物が反応するメイラード反応が関与しており、「富有」には還元糖が多く存在する(辻・小宮山1987)。一方、酵素的褐変の代表的なものはポリフェノールオキシダーゼによるカロテノイド類やタンニンなどの酸化反応であり、この酵素の至適温度は25~45℃付近であると報告されている(加藤ら1984, 松本ら1993, 中田ら2008)。カキにおいてもメイラード反応およびポリフェノールオキシダーゼによる酸化反応により褐変が起こる可能性が考えられるが、それぞれの温度区で認められた褐変の原因については今後の検討が必要である。

乾燥速度は乾燥温度が高くなるほど増大するが(真部ら1980)、急激に乾燥すると干し柿の表面が硬化することが知られている(林1989a)。より短期間に干し柿を製造するためには、品質に影響しない範囲で乾燥温度を高く設定する必要がある。今回、40℃区の果実硬度、色調および褐変程度は30℃区のものと同様であったことから、乾燥時間の短縮化を図るためには乾燥温度は40℃が適切であると考えられた。

## 試験2 干し柿製造方法の検討

### (1) 乾燥時間が干し柿の減量率に及ぼす影響

減量率は時間の経過とともに上昇したが、減量率が高くなるにつれて単位時間当たりの減量率の上昇割合（乾燥速度）は低下した（第2図）。減量率が10%上昇するのに要した時間は、0%から20%までが約4時間、20%から30%までが約5時間、30%から40%までが約6時間、40%から50%までが約13時間であり、40%を超えるとそれ以前の2倍以上の時間を要した。また、減量率が40%および65%に達するまでに要した時間は、それぞれ約20時間、約60時間であった。減量率が低い場合は食品内部から表面への水分移動が十分であるため、蒸発は表面で起こり乾燥速度は一定となるが、減量率が高くなると食品の内部から表面への水分移動が蒸発に追いつかなくなる（林 1992）。そのため、減量率が高くなるにつれて、乾燥速度が低下したものと考えられた。



第2図 乾燥時間が干し柿の減量率に及ぼす影響

- 1) 供試果実数は10果
- 2) 40℃, 湿度30%で乾燥
- 3) グラフ中のエラーバーは標準偏差

(2) 二段階乾燥法における一次乾燥終了時の減量率およびその後の休止方法が干し柿の品質に及ぼす影響

減量率0%区のカリウム量は重量の約10%となり、他の試験区に比べて著しく多かった（第2表）。減量率が20%区から50%区では統計的な差は認められないものの、減量率が高くなるほどカリウム量は少なくなった。果実硬度はいずれの試験区においても剥皮直後より著しく低下し、減量率による影響は認められなかった。L\*およびb\*はいずれの試験区でも剥皮直後より低下したが、その低下割合はL\*では減量率20%以上で、b\*は40%以上で抑制された。a\*は減量率0%区および20%区で剥皮直後より低下したが、30%以上では剥皮直後との差は認められなかった。褐変程度は減量率が高くなるほど小さくなったが、特に減量率40%以上ではわずかに認められる程度であった。

青果物を冷・解凍すると細胞膜が破壊され、細胞液が漏出しやすくなる（四宮・宮脇 2004）。しかしながら、干し柿では減量率が上昇するにつれて表面付近にペクチン質が変化した二次表皮と呼ばれる膜が形成されることから（林 1989a）、減量率が20%以上の試験区では外部に漏出するカリウム量は少なかったと思われる。一方、「富有」では、冷・解凍すると果肉が著しく軟化することが報告されている（樽谷・真部 1960）。本報においても、冷・解凍することで干し柿の軟化現象が確認されたが、これも細胞膜の破壊によるものと推測された。

林（1990）は渋ガキ「三社」において、干し柿の含水率が高いものほど褐変するが、脱酸素剤を用いることで褐変が抑制されることを報告している。このことから、含水率が高い場合に起こる褐変は酵素的褐変によるものと考えられた。食品の酵素的褐変は水分活性が低下すると抑制されることから（中谷 1987）、干し柿の減量率が高くなるほど水分活性が低下し、酵素的褐変が抑制されたものと思われる。以上のことから、一次乾燥終了時の減

第2表 二段階乾燥法における一次乾燥終了時の減量率が冷・解凍後の干し柿の品質に及ぼす影響

減量率	ドリップ量 <sup>2)</sup> (g・100g <sup>-1</sup> )	果実硬度 (N)	色調			褐変程度 <sup>4)</sup>
			L*	a*	b*	
剥皮直後	-	5.3 a	58.7 a	11.7 bc	36.7 a	-
0% <sup>3)</sup>	10.06 a	0.10 b	27.7 c	7.9 a	18.0 c	++
20%	0.97 b	0.18 b	35.8 b	8.1 a	18.4 c	+
30%	0.44 b	0.25 b	35.6 b	10.2 ab	19.9 c	+
40%	0.33 b	0.26 b	39.6 b	10.9 ab	25.1 b	±
50%	0.17 b	0.31 b	38.6 b	13.8 c	28.1 b	±

- 1) 供試果実数は各試験区10果
- 2) 40℃で各減量率になるまで乾燥後、-30℃で48時間以上保存し、その後5℃で24時間保存した後に測定した離水量
- 3) 剥皮直後の果実を2)と同条件で保存
- 4) 褐変程度は、-：認められない、±：わずかに認められる、+：明らかに認められる、++：著しく認められる、とした
- 5) 縦列の異なるアルファベット間には、Tukeyの検定により5%の危険率で有意差有り

量率を40%以上にすることで解凍後のドリップ量や色調変化を抑制できることが明らかとなった。

(3) 一次乾燥終了後の休止方法が干し柿の含水率および二次乾燥時間に及ぼす影響

休止期間直後の干し柿の含水率の内外差は、冷蔵区が17.5%、冷・解凍区が15.1%となり、冷・解凍区は冷蔵区と比べて内外差が有意に小さかった(第3表)。四宮・宮脇(2004)は、冷凍および解凍により細胞膜が破壊されることで細胞内の水分が内側から外側へ移動することを報告している。今回、干し柿においても細胞内の水分が内側から外側へ移動し、含水率の内外差が小さくなったと考えられた。また、減量率が40%から65%に達す

るのに要した時間(二次乾燥時間)は、冷蔵区では約35時間であったが冷・解凍区では約27時間であった。これは、冷・解凍区では干し柿表面からの乾燥が促進され、乾燥速度が冷蔵区より高く推移したためと考えられた。以上のことから、乾燥の休止期間に冷凍保存を行う二段階乾燥法によって、乾燥時間の短縮が可能であることが明らかとなった。

(4) 連続乾燥法および二段階乾燥法が干し柿の品質に及ぼす影響

製造方法が干し柿の果実硬度、色調および褐変程度に及ぼす影響は認められなかった(第4表)。二段階乾燥法は連続乾燥法と比べて外側の含水率はほぼ同じであっ

**第3表 二段階乾燥法における一次乾燥終了後の休止方法が休止後の含水率および二次乾燥時間に及ぼす影響**

休止方法	休止後の含水率(%)			二次乾燥時間 <sup>4)</sup> (h)
	内側	外側	内外差	
冷・解凍 <sup>2)</sup>	81.1	66.0	15.1	26.7
冷蔵 <sup>3)</sup>	81.1	63.6	17.5	35.1
有意差	n. s.	**	**	**

1) 供試果実数は各試験区10果

2) 40℃で減量率40%になるまで約20時間乾燥させ、-30℃で48時間以上保存した後5℃で24時間保存

3) 2)と同条件で乾燥させ、5℃で24時間保存

4) 40℃で減量率が65%になるまでの乾燥時間

5) \*\*は分散分析により1%の危険率で有意差有り、n. s. は有意差無し



**第3図 二段階乾燥法<sup>1)</sup>により製造した干し柿**

1) 一次乾燥(40℃で約20時間)後、休止期間(-30℃で48時間保存した後、5℃で24時間保存)を経て二次乾燥(40℃で約27時間)

**第4表 連続乾燥法<sup>2)</sup>および二段階乾燥法<sup>3)</sup>が干し柿の品質に及ぼす影響**

乾燥方法	含水率(%)			果実硬度 (N)	色調			褐変程度 <sup>2)</sup>	乾燥時間 (h)
	内側	外側	内外差		L*	a*	b*		
二段階乾燥法	57.6	42.4	15.2	0.9	41.1	20.3	32.8	±	47.2
連続乾燥法	65.1	44.7	20.4	0.8	43.8	19.2	33.1	±	59.6
有意差	**	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		**

1) 供試果実数は各試験区10果

2) 40℃で約60時間乾燥

3) 一次乾燥(40℃で約20時間)後、休止期間(-30℃で48時間保存した後、5℃で24時間保存)を経て二次乾燥(40℃で約27時間)

4) 褐変程度は、-:認められない、±:わずかに認められる、+:明らか認められる、++:著しく認められる、とした

5) \*\*は分散分析により1%の危険率で有意差有り、n. s. は有意差無し

**第5表 甘ガキ「富有」を原料とした二段階乾燥法による干し柿の成分含量**

	含水率 (%)	糖度 (°Brix)	カロテノイド類(mg・100g <sup>-1</sup> )			
			α-カロテン	β-カロテン	β-クリプトキサンチン	リコピン
剥皮直後	84.3	15.1	0.02	0.14	0.53	1.32
干し柿	53.0	46.7	0.05	0.54	1.61	3.73

1) 供試果実数は各試験区10果

2) 干し柿の減量率は66.6%

たが、内側では低く、内外差は小さかった。乾燥時間は連続乾燥法では約60時間であったが、二段階乾燥法では約47時間となり、二段階乾燥法は連続乾燥法に比べて乾燥時間が約20%短縮された。これは、前述の通り、二段階乾燥法では冷・解凍の効果により二次乾燥時に果実表面からの乾燥が促進されたために、連続乾燥法より速く乾燥したと考えられた。これらのことから、二段階乾燥法は連続乾燥法と比較して、水分の均質性に優れる干し柿をより短い乾燥時間で製造できる方法であることが明らかとなった。

「富有」を原料に二段階乾燥法で製造した干し柿(第3図)の成分含量を第5表に示した。乾燥によって成分がそのまま濃縮されたと仮定すると、例えば $\beta$ -クリプトキサンチン含量は $1.59\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ と計算された。干し柿の実測値は $1.61\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ であったことから、 $\beta$ -クリプトキサンチンは乾燥中に分解されなかったものと考えられた。他の成分も同様の結果を示し、いずれも剥皮直後の約3倍に濃縮されたと考えられた。近・榛葉(1987)は、渋ガキ「四溝」では干し柿のカロテノイド含量は水分の減少により増加するが、乾燥前の果実重量で換算したカロテノイド含量と比較すると17%減少したと報告している。今回、カロテノイド含量が減少しなかった要因として、近・榛葉(1987)は常温での自然乾燥が35日間であったのに対し、本報では $40^{\circ}\text{C}$ での通風乾燥が約2日間と非常に短かったため、温度や酸素による影響が軽減され、カロテノイド類の酸化が抑制されたと推察された。

以上のことから、「富有」を原料に干し柿を連続乾燥法よりも短い乾燥時間で製造できる二段階乾燥法を明らかにすることができた。本法は、果実を一次乾燥後に冷・解凍することを特徴としている。今回の冷・解凍には合計72時間以上を要したため、製造所要時間については連続乾燥法よりも長くなった。しかし、一次乾燥後の冷凍期間を調整することで乾燥機の稼働率を上げることができるため、従来よりも多くの果実を加工することが可能になる。また、労働力の分散も図られ、製造から販売までを生産者が行う6次産業化が可能になるものと期待できる。

## 引用文献

- 林 弘通(1992)食品の乾燥(2)各種乾燥機の原理. 調理科学25: 66-75.
- 林 節男(1986)干柿の乾燥特性. 乾燥過程における変色について. 農機誌48: 389-392.
- 林 節男(1989a)柿の乾燥過程における2次表皮とその検知. 農機誌51(5): 71-77.
- 林 節男(1989b)柿の乾燥速度特性. 農機誌51(6): 71-76.
- 林 節男(1990)干柿の品質保持に関する試験. 農機誌52(1): 95-99.
- 林 節男(2013)美味な干し柿生産とその事例. 美味技術学会, 広島, p. 1-166.
- 今田節子(2000)食文化・伝統技術に学ぶ. 製品開発の着眼点. 乾燥野菜・果実. 地域資源活用. 食品加工総覧第5巻加工品編. 社団法人農山漁村文化協会, 東京, p. 424-429.
- 加藤みゆき・大森正司・小幡弥太郎・西條了康・竹尾忠一・長谷川忠男・鈴木隆雄(1984)茶葉に存在する $\beta$ -カロチン退色酵素の精製とその性質. 日農化会誌58: 999-1004.
- 近 雅代・榛葉良之助(1987)四ッ溝柿の成熟, 貯蔵および干し柿加工中のカロチノイド組成の変化. 日食工誌34: 155-162.
- 真部正敏・上川尚義・樽谷隆之(1980)カキ果実の乾燥に関する研究(第3報)乾燥脱渋における温度の影響. 園学雑48: 519-524.
- 真部孝明(1980a)水煮クリ果肉の硬度とペクチン質に及ぼす予備加熱の影響. 日食工誌27: 183-187.
- 真部孝明(1980b)ダイコンの予備過熱による硬化現象機構について. 日本食品工業学会誌27: 234-239.
- 中田啓子・尊田民喜・安田みどり・熊川景子・高智徳弥香・森永訓子(2008)結球レタス(Head lettuce)の緑色部位および白色部位のポリフェノールオキシダーゼの性質. 西九州大健福紀38: 1-8.
- 中谷延二(1987)食品の主要成分. 水分. 食品化学(中谷延二(編)). 朝倉書店, 東京, p. 1-4.
- 松本通夫(2007)過熱水蒸気処理があんぼ柿の日持ちに及ぼす影響. 鳥取県産業技術センター研究報告10: 27-32.
- 松本信二・高野克己・鴨居郁三(1993)キウイフルーツのポリフェノールオキシダーゼの性状について. 熱帯農業37: 197-201.
- 尾崎嘉彦(2011)干し柿の製造に関係する技術開発の動向. 果実日本66(10): 34-38.
- 四宮陽子・宮脇長人(2004)凍結・解凍効果を利用した食品廃棄物の脱水処理. 日本食品工学会誌5: 153-162.
- 新食品分析ハンドブック編集委員会(編)(2000)新食品分析ハンドブック. 株式会社建帛社, 東京, p. 17-19.
- 樽谷隆之・真部正敏(1960)カキ果実の利用に関する研究(第3報)カキ果の貯蔵温度について. 園学雑29: 114-120.
- 豊田浄彦・前川孝昭・山沢新吾・上田貞夫(1983)穀類の水分移動特性に関する研究(第2報)2層モデルによる間欠乾燥過程の考察. 農機誌45: 223-228.
- 辻 政雄・小宮山美弘(1987)カキ果実のインベルターゼ活性と糖組成の関係. 日食工誌34: 425-431.
- 渡部恵美・武田 愛・鈴木東子・今野 周・遠藤宏幸・仲野英秋(2008)減圧乾燥装置を用いたあんぼ柿の製造法と高品質加工条件. 山形県農事研報40: 11-19