

白おぐらのブランチング冷凍貯蔵技術の確立

平田 達哉

Establishment of Blanching Refrigeration Storage Technology for “Shiro-Okra”

Tatsuya HIRATA

Abstract: “Shiro-Okra” is a traditional okra cultivated in the Misumi District of Nagato City, Yamaguchi Prefecture. Its various characteristics are outer skin that is light yellow to green color, delayed hardened, higher viscosity than ordinary okra, and high antioxidant properties. We established a blanching refrigeration storage technology that retains these characteristics. The result showed that the color of “Shiro-Okra” was affected by heating temperature and time of the blanching treatment. The optimum conditions to prevent discoloration in the blanching treatment were a heating time and temperature of 1 min and 100°C or 3 min and 80°C, respectively. After processing under this condition, freezing and storage at $\leq -20^{\circ}\text{C}$ did not change the characteristics such as the color, viscosity, number of general bacteria, and nutritional components for up to 15 months. This blanching refrigeration storage technology would make it possible to supply “Shiro-Okra” year-round.

Key Words: discoloration, viscosity, antioxidant

キーワード: 変色、粘性、抗酸化性

緒言

白おぐらはオクラの1系統であり、長門市三隅地区で50年以上前から栽培が続く本県の伝統野菜である。外皮が淡黄緑色で硬くなりにくいというえ、アクが少なく、粘りが通常のオクラの3倍ある、抗酸化性が高いなどの特長がある。長門市は市の特産野菜として生産拡大を図っているが、生産が短期に集中することによる価格低下や、曲がり、傷つき等の規格外品が多いことから生産振興の妨げとなっている。その対策として、規格品(MまたはLサイズ)や規格外品を冷凍貯蔵し、1次食品素材としての活用が検討されているが、適したブランチング条件が確立されていない。

本研究では、ブランチング冷凍貯蔵技術を確立したのでここに報告する。

材料および方法

1 供試材料

供試材料は、山口県長門市で収穫された白おぐら(三

隅系)の規格品(MまたはLサイズ)と規格外品を使用した。収穫した白おぐらは24時間以内に試験へ供与した。

2 ブランチング冷凍処理条件

白おぐらの特徴である淡黄緑色や粘りを変化させにくい処理条件を解明するため、網袋(木綿製)に入れた白おぐらを二重釜(直径50cm、容量30L)で温湯処理をした。ブランチング後は冷水にて急冷し、ポリプロピレンフィルム(230×270×0.025mm)に詰め、 -20°C および -50°C で冷凍庫に1か月保管した。その後、流水解凍して官能的に臭気、および色、粘度を測定した。要因は加熱温度、加熱時間、食塩濃度、凍結温度の4要因で2水準の多要因解析実験とした。各要因と水準は第1表のとおりである。

第1表 ブランチング処理における要因と水準

要因	水準	
加熱温度(A)	80°C	100°C
加熱時間(B)	1分	3分
食塩濃度(C)	1%	3%
冷凍温度(D)	-20°C	-50°C

3 冷凍貯蔵中における品質変化

2の試験で得られたブランチング条件から、加熱温度100℃、加熱時間1分を選択し、その条件で処理、急冷した後に300gずつ袋に詰めて冷凍庫に-20℃で保管した。所定期間(1, 3, 8, 12, 15か月)後、冷凍庫から取り出し、色、粘度、一般生菌数を測定するとともに、栄養成分および抗酸化性分析を行った。

1) 色

所定期間後、冷凍白おぐらを流水解凍をした。解凍後上部、中部、下部の色(L*値)を色差計(JS555 COLOR TECHNO SYSTEM(株))で測定し、平均値を全体の色として比較した。測定は4反復とした。

2) 粘度

凍結乾燥した白おぐら粉末に9倍量の水分を加えて練り、直径20mm、深さ30mmの円柱容器に20mmの高さになるように入れ、卓上物性測定器(RE2-3305S株式会社山電)を用いて粘度を測定した。測定条件はプランジャー接触面直径10mm、測定速度1mm/sec、測定開始クリアランス10mm、測定歪み率500%とした。測定は4反復とした。

3) 一般生菌

流水解凍した白おぐらをクリーンベンチ内で開封して細断し、10g量を精秤して、ストマフィルターに100mLの滅菌水を入れ、無菌的に90秒間攪拌して細菌懸濁液を得た。この懸濁液1mlを滅菌水9ml入りの試験管入れ、ミキサーで十分攪拌して10²倍希釈液を調製した。同様に10³~10⁵を調製した。

測定用培地は、定法に従って一般生菌測定用標準寒天培地(日水製薬株式会社)23.5gを精製水1Lに加温融解し、オートクレーブで滅菌した後、50℃前後でシャーレに約20ml注入して作成した。

同一希釈段階の溶液について、2枚ずつ培地を用意し、各希釈試験溶液を1mlずつ分注し全体に塗布し、37℃で48時間培養し、コロニー数を計測した。測定は4反復とした。

4) 栄養成分

凍結乾燥した白おぐらを均一に粉砕して試料とし、食品分析ハンドブック(科学技術庁資源調査会食品成分部会編, 1997)に従って実施した。ただし、蛋白質はケルダール法に変えて燃焼法で測定した。すなわち、セルに50mgの白おぐらを採取して、燃焼法元素分析装置(NCH-22シリーズ(株)住友分析センター)で分析した。測定は3反復とした。

5) 抗酸化性

抗酸化機能評価法は、Yamaguchiらの方法(1998)に準じてDPPHラジカル捕捉能を測定し、以下の計算式によりラジカル消去能を算出した。試験管に500μmol/L DPPH溶液0.5mL、0.1mol/Lトリス緩衝液(pH7.2)800μL、試料溶液0.2mLを加えてよく攪拌し、暗所(15℃)で20分間反応をおこない、HPLCに供与した。また、試料と同時にトリス緩衝液をブランクおよび標準品溶液(500μmol/L Trolox)をコントロールとして測定した。分析装置はTSK-gel Octyl-80Ts(4.6mm×150mm, Tosho)を装着した液体クロマトグラフ(島津製作所製LC20A)を用いた。カラム温度は25℃、流速は1.0mL/min、溶離液はメタノール/水(70:30, v/v)として517nmで検出を行った。ラジカル消去能は、試料生鮮重100g中のTrolox相当量をラジカル補足活性として以下に示す式により求めた。測定は3反復とした。

$$\text{ラジカル補足活性} (\mu\text{mol Trolox eq.}/100\text{g}) = 500 \times (A-B) / (A-C) \times V / 1000 \times 100 / W$$

A: ブランクのピーク面積

B: 試料溶液を添加した時のピークの面積

C: コントロールのピーク面積

V: 試料溶液量(ml)

W: 試料採取量(g)

結果

1 ブランチング冷凍処理条件の違いが色に及ぼす影響

色(変色)に及ぼすブランチングの要因は、温度と時間による交互作用であった(第2表)。さらに交互作用を確認するため、温度と時間の組合せ試験を実施した。処理温度80℃では1分より3分、100℃では3分より1分が優れていた。処理時間1分処理では80℃より100℃、3分では100℃より80℃が優れていた(第3表)。これらより、変色を考慮した白おぐらのブランチングは、100℃で1分または80℃で3分が適していた。また、食塩や冷凍温度は褐変の要因として認められなかった。

2 ブランチング冷凍処理条件の違いが粘性に及ぼす影響

白おぐらの規格の違いにより粘度測定値に違いは見られた。同一規格内ではブランチング冷凍処理条件で粘度測定値に有意差はなく、粘性低下への影響はなかった(第4表)。

第2表 処理条件の違いが色 (L*値) に及ぼす影響

要因				色					
加熱温度 (°C)	加熱時間 (分)	食塩濃度 (%)	冷凍温度 (°C)	規格外				規格	
				極小	小	中	大	M	L
80	1	1	-20	40.1	36.4	41.5	42.3	37.2	39.9
80	1	1	-50	38.3	34.8	43.2	39.3	41.8	36.5
80	1	3	-20	33.5	38.9	43.2	40.9	41.8	37.9
80	1	3	-50	34.9	41.3	44.5	39.5	42.9	38.9
80	3	1	-20	36.4	38.8	42.7	43.6	36.1	44.4
80	3	1	-50	45.9	44.8	41.0	47.1	48.9	47.9
80	3	3	-20	32.4	42.8	55.1	46.8	50.1	42.5
80	3	3	-50	34.9	40.4	50.5	45.5	52.8	44.1
100	1	1	-20	31.3	42.7	46.7	50.3	46.4	51.6
100	1	1	-50	33.9	37.6	48.7	46.9	50.7	43.8
100	1	3	-20	33.0	44.4	48.7	48.4	49.7	47.4
100	1	3	-50	45.3	43.7	44.6	52.5	46.6	46.7
100	3	1	-20	35.4	38.3	42.2	43.2	44.1	43.0
100	3	1	-50	30.4	31.5	41.6	40.8	40.5	46.7
100	3	3	-20	29.6	33.9	46.4	46.1	45.2	44.3
100	3	3	-50	31.4	35.3	47.3	49.1	44.3	51.3
分散分析	加熱温度(A)			—	—	—	*	—	*
	加熱時間(B)			—	—	—	—	—	—
	食塩濃度			—	—	—	—	—	—
	冷凍温度			—	—	—	—	—	—
	A×B			—	*	*	*	*	*

1) ブランチング冷凍処理後-20°Cに貯蔵、1 か月経過時に流水解凍して色差計で測定した

2) 数値大(白) ←→数値小(黒)

3) 参照：生の白おくら (L規格) のL*値：53.2

第3表 温度と時間の組み合わせ処理が色 (L*) に及ぼす影響

条件	色					
	規格外				規格	
	極小	小	中	大	M	L
80°C 1分	36.6	37.9 ab	39.3 b	40.9 c	40.0 b	40.1 b
80°C 3分	36.3	41.4 a	48.9 a	45.8 b	45.3 ab	44.9 ab
100°C 1分	35.5	42.0 a	48.6 a	49.4 a	48.9 a	47.5 a
100°C 3分	34.9	34.7 b	43.4 ab	45.7 b	43.0 ab	45.8 a

1) 食塩：添加なし 貯蔵温度：-30°C

2) ブランチング処理後冷凍し、1 か月経過時に流水解凍して色差計で測定した

3) 各項目内で異符号間には、Turkeyの多重比較法により5%水準で有意差あり

3 冷凍貯蔵による色、粘性、一般生菌数の変化

100°Cの1分でブランチング処理した白おくらを-20°Cで冷凍保存した結果、色はわずかに変化したものの、粘性、一般生菌数には変化がないことから、15か月までの品質保持が確認された。(第5表)。

4 冷凍貯蔵による栄養成分および抗酸化性の変化

3と同様にブランチング冷凍貯蔵した白おくらの栄養成分および抗酸化性を経時的に調査した結果、いずれも冷凍後15か月まで変化は認められず、生の白おくらと同等であった(第6表)。

考 察

野菜は剥皮したり、スライスまたはダイスカットした後、十分に水で洗浄しても、ブランチング処理しなければ冷凍貯蔵中に品質低下がおこりやすい。ブランチング処理の重要性が説かれてからブランチング処理はあらゆる野菜冷凍工場で実施されている。ブランチング処理は酵素を不活性化する以外にも野菜の品質保持に関していくつかの重要な利点がある。色素の保持、組織の軟化、細菌数の減少、好ましくない成分の除去などである。(P. J. Velasco ら, 1982)

白おぐらのブランチング冷凍貯蔵技術の確立

第4表 処理条件の違いが粘度に及ぼす影響

要因				粘度					
加熱温度 (°C)	加熱時間 (分)	食塩濃度 (%)	冷凍温度 (°C)	規 格 外				規 格	
				極小	小	中	大	M	L
				(N)				(N)	
80	1	1	-20	6.6	4.4	3.6	4.3	4.0	3.7
80	1	1	-50	5.9	4.5	3.3	2.5	3.3	3.3
80	1	3	-20	4.5	6.9	2.8	2.8	3.0	3.6
80	1	3	-50	4.8	5.0	3.1	3.6	3.0	3.4
80	3	1	-20	4.6	5.8	3.1	4.0	2.9	3.9
80	3	1	-50	4.3	4.5	2.9	2.8	2.9	5.9
80	3	3	-20	5.1	4.0	3.6	2.9	4.9	4.9
80	3	3	-50	5.0	6.5	3.3	2.7	4.3	3.2
100	1	1	-20	3.8	3.8	3.2	2.6	5.2	3.1
100	1	1	-50	4.7	4.6	3.2	2.3	3.4	3.0
100	1	3	-20	5.0	4.8	3.3	2.9	3.9	2.9
100	1	3	-50	3.6	4.2	3.6	3.7	5.2	3.9
100	3	1	-20	4.6	4.5	4.0	2.3	4.7	4.1
100	3	1	-50	5.1	4.4	4.4	3.3	3.8	3.8
100	3	3	-20	5.1	4.2	4.0	3.1	3.5	3.9
100	3	3	-50	5.0	4.4	3.6	2.6	4.1	3.4
分散 分析	加熱温度(A)			—	—	—	—	—	—
	加熱時間(B)			—	—	—	—	—	—
	食塩濃度			—	—	—	—	—	—
	冷凍温度			—	—	—	—	—	—

1) ブランチング処理1 か月後に流水解凍して物性試験器で測定

2) 数値大(粘性大) ←→数値小(粘性小)

3) 参照：生の白おぐら (L規格) : 3.5N

第5表 貯蔵中における品質

規格	色 (L*)				粘性				一般生菌数 (cfu/g)			
	月				月				月			
	0	3	8	15	0	3	8	15	0	3	8	15
M	50.6	48.0	47.6	48.2	4.7	4.6	4.7	4.6	2.8×10^2	2.4×10^2	2.5×10^2	2.8×10^2
L	52.7	47.4	48.2	47.6	4.2	4.3	4.2	4.2	3.4×10^2	2.9×10^2	3.2×10^2	3.5×10^2

1) ブランチング：100°C 時間：1分 食塩：添加なし 貯蔵温度：-30°C

2) ブランチング処理後冷凍し、3, 8, 15 か月経過時に流水解凍して色差計、物性試験器、寒天培地で測定した

3) 色：数値大(白) ←→数値小(黒)

4) 粘性：数値大(大) ←→数値小(小)

5) 測定は4 反復とした

第6表 冷凍白おぐらの栄養及び抗酸化性

分析項目	分析値				単位
	生	冷凍1か月後	冷凍8か月後	冷凍15か月後	
水分	91.3	90.1	90.5	90.0	g
たんぱく質	1.8	1.5	1.6	1.4	g
脂質	0.15	0.11	0.11	0.12	g
炭水化物	7.0	7.6	7.1	7.8	g
灰分	0.72	0.68	0.69	0.70	g
ナトリウム	3	3	3	3	mg
カリウム	241	239	237	236	mg
カルシウム	78	79	80	77	mg
マグネシウム	35	35	34	34	mg
リン	52	53	51	50	mg
鉄	0.4	0.4	0.4	0.4	mg
亜鉛	0.5	0.5	0.5	0.5	mg
銅	0.05	0.05	0.05	0.04	mg
ビタミンB1	0.1	0.1	0.1	0.1	mg
ビタミンB2	0.08	0.09	0.08	0.07	mg
ビタミンC	15	14	13	13	mg
食塩相当量	0	0	0	0	g
抗酸化性	603	584	556	541	

1) 新鮮重100g当たり

2) 温度：100°C 時間：1分 貯蔵温度：-20°C 食塩添加：なし

3) ブランチング処理後-20°Cに貯蔵、1、8、15 か月経過時に流水解凍して測定した

4) 抗酸化性はDPPHラジカル消去能法 単位：μmol Trolox eq

5) 測定は3 反復とした

これまでのブランチング処理試験では、堀内らがニンジンおよびダイコンでブランチングと冷凍適性の関係をテクスチャーの面から検討し、ブランチングと凍結解凍処理が大きく影響して、弾性率が生鮮物より低下していることを報告している（堀内・袴田, 1978、堀内, 1980）ように、ブランチング処理は、野菜の種類や目的によって最適条件を設定する必要がある。白おくらは粘り成分の多糖類を多く含み、内部に空間を持つ野菜であることから、弾性率はそれほど重要でないと考えられる。

そこで、本試験では、白おくらの特徴である色（淡黄緑色）がブランチング処理から冷凍貯蔵における工程で、酵素やその他の原因による変色（褐変）あるいは異臭の有無が重要と考え、最初に変色しない適した条件を試験により決定し、異臭の有無を嗅覚で確認した。その上で冷凍白おくらの製品化に向けて、冷凍貯蔵中の色、粘性、栄養成分および抗酸化性の変化を試験し、品質保持期限を設定した。

色の変化は、処理時の温度と時間の交互作用による影響が大きく、100℃で1分および80℃で3分の2つの条件が示された。このことから、総熱量だけではなく、熱の伝わり方が変色防止に寄与していると考えられる。そのメカニズムは不明であるが、ブランチング処理の総熱量が少なければポリフェノールオキシダーゼが十分に失活せずに褐変し、多ければ細胞の破壊により彩かさが無くなると推察される。

異臭については、ペルオキシダーゼ、リポキシダーゼ等の酵素による含硫揮発成分生成の報告がある（Dan et al, 1997、壇ら, 1999）が、白おくらでは嗅覚で感じられる臭いはなかった。含硫物質または関連酵素が潜在的に少ないのではないかと考えられる。

筆者は白おくらの特徴である強い粘性が熱によって低下することを懸念していたが、ブランチング処理の諸条件による粘性の低下は見られず、生の白おくらとほぼ同等であった。この白おくらの粘性維持の理由は不明であり、一般的なオクラの粘りの構造も詳細に解明されていないが、糖の結合様式または多糖に結合している蛋白質の違いで熱に強い性質になっている可能性が考えられる。

加熱処理100℃で1分のブランチング冷凍処理した白おくらの色、粘性、一般生菌数を経時的に調査したところ、褐変酵素による変色又は化学的変化はおこっていない。粘性が保持されたことはアミラーゼをはじめとした糖分解酵素が不活性であったと考えられる。

栄養成分や抗酸化性は15か月まで変化がなく生の白おくらと同等の値を示した。

本研究によって、ブランチング条件は100℃で1分または80℃で3分が適しており、これらの条件で処理された冷凍白おくらは12か月間（15か月×安全率0.8）品質保持できることが明らかになった。これによって、冷凍白おくらを活用した周年安定供給の実現と「白おくら」の消費拡大を図ることが可能となった。

なお、ブランチング冷凍処理の方法として、蒸気による加熱も実施した。しかし、目視で明らかな褐変が認められ、色差計の数値でも変色が確認された（データ省略）ことから、温湯で行うことが適している。また、温湯でブランチング処理する場合、1回の処理量が多いときには、材料投入後の温度維持から、100℃で1分の条件が安定性に優れている。

摘 要

白おくらは長門市三隅地区で生産される本県の伝統野菜である。外皮が淡黄緑色であり、硬くなりにくく、通常のオクラよりも粘性が強く、抗酸化性が高いという特徴がある。その特徴が保持できるブランチング冷凍貯蔵技術を確立した。白おくらの変色（褐変）は、ブランチング処理における加熱温度と加熱時間の影響が要因である。変色させないブランチング処理の適した条件は、①加熱温度100℃で加熱時間1分または②加熱温度80℃で加熱時間3分であった。この条件で処理した後、-20℃以下で白おくらを冷凍貯蔵すると、色、粘性、一般細菌数及び栄養成分等は15か月まで変化しなかった。このブランチング冷凍貯蔵技術を用いれば、白おくらは周年供給することが可能である。

引用文献

- 壇和弘・永田雅靖・釘貫靖久・山下市二. 1999. ブロッコリー栽培品種のメタンチオール発生量、S-メチル-L-システインスルホキシド含量およびC-Sリアーゼ活性. 園学雑. 68(3): 694-696.
- K. Dan, S. Todoriki, M. Nagata and I. Yamashita. 1997. Formation of Volatile Sulfer Compounds in Broccoli Stored under Anaerobic Condition. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65(4): 867-875.
- 堀内久弥・袴田恵子. 1978. 冷凍ニンジンのテクスチャーに対する試料各要因の効果. 日本食品工業学

会誌 25(4): 207-212.

堀内久弥. 1980. ダイコンのテクスチャーと冷凍処理による影響. 日本食品工業学会誌. 27(12): 597-603.

科学技術庁資源調査会食品成分部会編. 1997. 五訂 日本食品標準成分表分析マニュアル. 1-88. 社団法人資源協会. 東京.

P. J. Velasco, J. R. Whitaker, A. Chen, J. R. Hitker. 1982. 野菜のブランチングに関する資料紹介. 日本コールドチェーン研究会誌「食品と低温」(日本冷凍食品協会外国文献ほん訳委員会). 8(2-3): 85-93.

T. Yamaguchi, H. Takamura, T. Matoba and J. Terao. 1998. HPLC Method for Evaluation of the Free Radical-scavenging Activity of Foods by Using 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62(6): 1201-1204.