

ワカメの凍結障害に関する研究

吉本亮子*

抄 録

ワカメを凍結する際に生じる品質劣化とその対策について検討した結果、生鮮ワカメの色調維持には、 -35°C 以下が必要であり、 -20°C では凍結保存中も色調劣化が進行していることが明らかになった。色調劣化はクロロフィル色素の酸分解物によるものと推察され、水酸化カルシウムを用いたpH調整により軽減された。また、氷結晶による茎部の凍結傷害が大きく、外観の劣化や物性の低下を引き起こしていた。これを改善するため脱水凍結について検討した結果、一定の改善が見られた。

1 はじめに

ワカメ加工法は、素干し、灰干し、塩蔵加工等、生産技術の向上や消費者ニーズに合わせて変遷してきた。最近では、利便性の高い乾燥カットワカメが多く製造され、スーパー等の乾物売り場に並べられている。しかし、近年の消費行動の変化あるいはワールドチェーンの充実に伴い、これまでの乾燥や塩蔵ではない、水酸化カルシウム等を用いた凍結形態の商品開発が行われている¹⁾。

一般に、植物細胞は凍結によるダメージが大きく生鮮野菜では凍結による品質低下が避けられないものがほとんどであり、凍結障害を軽減するための研究が行われている。

本報では、ワカメを凍結する際生じる品質劣化について、主に色調と物性を分析し、その対策についても検討したので報告する。

2 実験方法

2・1 供試試料

試料は、平成18及び19年の1月から4月にかけて徳島県鳴門地区で採取された藻体を用いた。

2・2 保存試験

以下の前処理を施した藻体 300g をナイロンポリ袋 (25×15cm) に脱気包装し、各設定温度にて凍結保存した。急速凍結処理には、ショックフリーザー (株)エフ・エム・アイ製、AL-5MC) を用いた。

(1) 水酸化カルシウム処理

藻体 4kg を 0.1% (w/v) 水酸化カルシウム溶液 15L に 10 分間浸した。

(2) 真空乾燥

藻体を、真空定温乾燥器 (ADVANTEC 製、V0-320) を用いて、設定温度 50°C 、減圧下で乾燥させた。

(3) 素干し

天日乾燥を 5 時間行った。

2・3 分析

各分析を行う前に、 95°C 、40 秒間試料のボイル処理を行った。

(1) 色調の測定

既報²⁾に準じて行い、ワカメの緑色を a/b (数値が 1 に大きいほど緑色が強い) で算出した。

(2) クロロフィル色素の分析

80%アセトン抽出液を高速液体クロマトグラフィー (島津製作所製、LC10A) で分析した。分析条件は以下の通り。

- ・カラム Supelcosil LC ABZ
- ・移動相 メタノール
- ・流速 1.0ml/min
- ・カラム温度 40°C
- ・検出器 350~700nm

クロロフィル a 及びフェオフィチン a 試薬 (和光純薬工業製) を標準品として定量した。

(3) 物性測定

測定にはテクスチャーアナライザ (SMS 製、TA-XT2i) を用いた。3mm 径の円柱シリンドルを用い、テストスピード 0.5mm/sec で試料を圧縮し、破断応力を測定した。

2・4 組織観察

ボイル処理した茎部の輪切り小片を 4%カルボキシメチルセルロース (株)ファイネック製) に包埋し、ヘキサソンドライアイス中で凍結させ試料ブロッ

クを作製した。試料の薄切には凍結マイクロトーム (LEICA 製, CM1850) を用いた。庫内温度 -22°C 、切削厚みを $7\ \mu\text{m}$ に設定し、CryofilmType2 (株ファインテック製) を用いて切片を採取した。その後 3.7% (w/v) ホルマリン-海水で固定、洗浄後、 0.02% (w/v) トルイジンブルーで染色した。 30% (w/v) グリセロールで封入し光学顕微鏡で観察した。

3 結果及び考察

3・1 保存期間中の色調の変化

図1に示したように、 -20°C では色調劣化は進行し、急速凍結しても、劣化の程度は同じであった。しかし、保存温度 -35°C では、 -70°C に近い色調を保った状態が得られた。

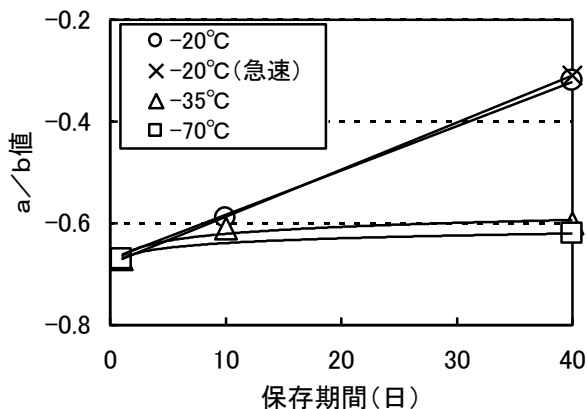


図1 保存期間中の色調の変化

一方、解凍ドリップをイオンクロマトグラフィーにより分析すると、硫酸イオン、硝酸イオン、リン酸イオンが検出され、さらにカルボン酸分析によりクエン酸等の有機酸も検出されたことから、これらの酸性物質によるクロロフィル色素の分解が示唆された。

そこで、クロロフィル関連色素を分析したところ、図2、3に示す結果が得られた。 -20°C 保存では、冷凍直後からクロロフィルaが減少し、逆にその酸分解物であるフェオフィチンaが顕著に増加した。水酸化カルシウムを添加すると、保存期間を通してフェオフィチンaの増加は見られなかった。これは、水酸化カルシウムの中和効果によるものと思われた。また、 -35°C では、クロロフィルaの減少傾向は緩やかとなり、劣化速度が抑えられている事がわかった。また、凍結した翌日にはクロロフィルaが6~7割に減少したが、水酸化カルシウム処理をして、 -35°C で保存すると、急激な減少は抑えられた。

このように、 -20°C (食品の凍結保存によく使われる温度帯) で保存した場合は、色素の分解が凍結保存中も進行してしまい、また、急速凍結を行ってもこの傾向は改善されなかったことから、ワカメ凍結加工品の色調維持には、保存温度を通常より低くするかあるいはpH調整等の処理が必要と思われた。

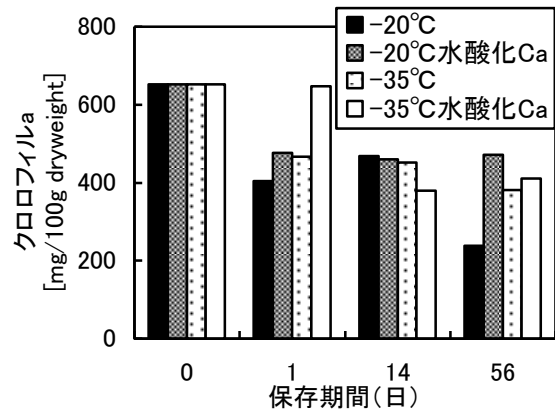


図2 クロロフィルaの推移

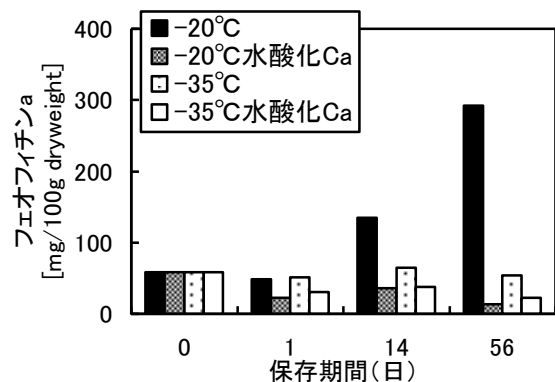


図3 フェオフィチンaの推移

3・2 茎部の収縮

-35°C で14日間凍結保存した試料をブランチングすると茎部に収縮が見られ (写真1) 外観が著しく劣化していた。この収縮は、氷結晶によるものと考えられたため、凍結前に脱水処理をして水分含有量を減らし、氷結晶を少なくする方法を検討した。

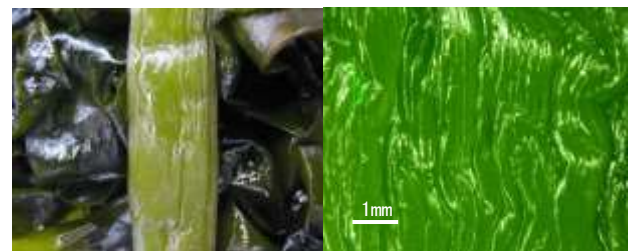


写真1 凍結傷害による茎部の収縮

その結果、表1に示したように、ドリップ量は減り、それに伴い破断応力の低下は軽減された。

表1 凍結傷害に対する脱水処理の効果

試料	凍結重量に対する ドリップの割合 [%]	破断応力 [N/mm ²]
生鮮	—	1.85
無処理冷凍	31.0	0.40
真空乾燥後冷凍	8.9	0.61
素干し後冷凍	4.6	0.79

次に、写真2～4に脱水凍結処理した茎から作製した凍結切片の光学顕微鏡像を示した。写真2白矢印は表層と呼ばれ、藻体が海水と接する部位である。それより内側の皮層細胞は、細胞壁あるいは細胞間等がトルイジンブルーにより紫色に染まった。無処理凍結した藻体内部には氷結晶の成長に伴う細胞破壊によって生じた大きな空洞が多数見られ、押しつぶされたようになっていた(写真3黒矢印)。さらに一部の空洞は表層にまで達して亀裂を生じさせており、これが外観の著しい劣化原因になっていると思われる。これに対し、真空乾燥処理したものは、内部の小さな組織破壊にとどまっていた(写真4黒矢印)が、表面の収縮を無くす事はできなかった。また、素干ししたものは組織が脆く薄切できなかった。

以上のように、今回用いた方法では、藻体内部の氷結晶を小さくあるいは少なくすることにより物性の改善や組織構造破壊の低減化はある程度可能であったが、組織を復元させることはできなかった。一般に植物細胞の凍結によるダメージは大きく、凍結は難しいとされている。今後、添加物や新たな凍結方法の組み合わせについて検討しなければならない。

4 まとめ

ワカメを凍結する際に生じる品質劣化とその対策について検討し、以下の結果を得た。

- (1) 色調維持には、-35℃以下が必要である。
- (2) 色調劣化はクロロフィル色素の酸分解であると推察され、水酸化カルシウムによりpH調整することで軽減された。
- (3) 氷結晶生成による茎部の凍結傷害が大きく、外観の劣化や物性の低下を引き起こしていた。
- (4) 茎部の凍結傷害を改善するため、脱水凍結について検討した結果、一定の改善が見られた。



写真2 生鮮藻体ボイル直後の組織構造

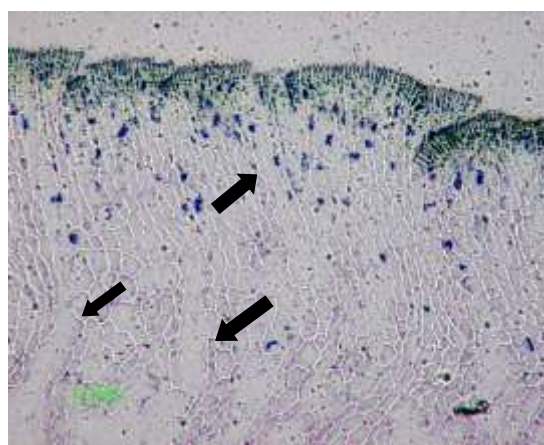


写真3 無理凍結後ボイルした状態

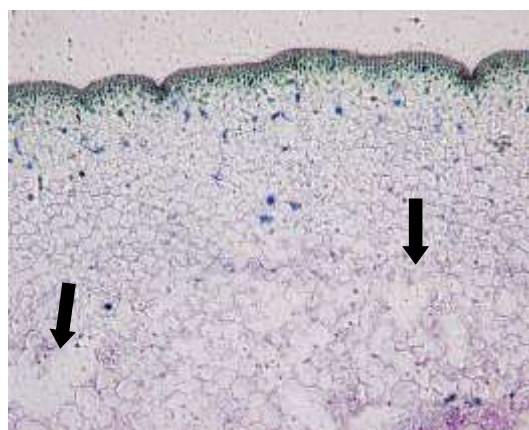


写真4 真空乾燥後凍結しボイルした状態

参考文献

- 1) 小野寺宗伸. “冷凍生ワカメ開発と商品化について(製造マニュアル)”. 岩手県水産技術センター. 2006-01-04. https://www2.suigi.pref.iwate.jp/download/dl_info
- 2) 吉本亮子: 「湯通し塩蔵ワカメの品質評価」, 徳島県立工業技術センター研究報告, vol.14, pp30-34(2005)