

食品加工技術

アカモクの加工法に関する研究

特定非営利活動法人ライヴ

要旨

大山町で穫れたアカモクの一次処理方法を検討した。アカモクの冷凍保管について検討した結果、良い色調を保つにはブライン凍結し、 -40°C の冷凍保存が良好であることが分かった。塩蔵し冷蔵したアカモクは81日程度品質を保持することが分かった。凍結乾燥を行ったアカモクのコイタン含量を調査した結果、枝より茎、加熱処理したもの、生殖器床が多い方が多いことが分かった。

1. 目的

大山町で穫れているアカモクの加工法について、その品質への影響を調査する。具体的には下記について行った。

- (1) 一次加工処理を行ったときの品質(色調、ぬめりの多少)を調査する。
- (2) アカモクの冷凍保管について検討する。
- (3) 塩蔵アカモクの保存性を調査する。
- (4) 凍結乾燥を行ったアカモクのコイタン含量を調査する。

2. 一次加工処理方法の検討

2-1. 材料

鳥取県大山町御崎海岸周辺で平成26年4月17日および22日に採取されたアカモクを用いた。

2-2. 試料の一次加工処理方法

採取したアカモクは、水に4分浸けワレカラ・異物等を取り、更に水に30秒浸け水切りを行った。一部をフリーズドライし、その他を加熱または非加熱状態で各種冷凍、塩蔵処理等で保存し実験に供した。

(*1ただし、4月17日のフリーズドライ・各種冷凍実験用検体のみ、再度海水に1時間20分浸し、その後もう一度真水で海水を洗い流し実験に供した。)

2-3. 塩蔵処理方法

一次加工をした1kgのアカモクに対し22%の塩をまぶし、1分間軽く揉んだ。10分放置後1分間軽く揉み、水を切った後、ザル状の物に入れ冷蔵庫(5°C)で一晩放置した。翌日水分を切り、冷蔵保存(3°C 及び -25°C)した。(保存試験用)

3. アカモクの前処理後の品質

アカモクを一次加工後、加熱処理（90℃の湯に30秒茹で流水にて冷やした。）した品質を調べた。結果を表1に示した。



写真1. 一次加工後の生アカモク



写真2. 加熱処理後のアカモク

表1. 一次加工・加熱処理後のアカモクの品質

	色	食感*	ねばり	臭い
加熱後	鮮やかな緑	+++	ほとんどなし	海藻臭

（刻み後は少しねばりが出た。）

* 食感については、収穫当日の加熱調理直後のシャキシャキ感を+++（非常にシャキシャキ）とし、これを基に++（シャキシャキ）、+（ややシャキシャキ）とした

4. アカモクの加熱時間の比較実験

加熱前（生の状態）のアカモクは茶色であり、加熱することで鮮やかな緑色となる。しかし雌の生殖器床部位は、冷凍や塩蔵等により加熱後も茶色のままのものが多く見られたことから、加熱時間による色の変化を実験した。

4-1. 方法

含気包装後-40℃冷凍検体を使用。90℃の湯で20秒・60秒加熱して、流水冷却した。

4-2. 結果

雌の生殖器床部位において、20秒加熱では加熱前より（若干茶色が残るが）緑色になり、60秒加熱では、加熱前と同じような茶色となった。（写真3）



写真3. 左・雌の生殖器床部位 右・雄の生殖器床部位

5. アカモクの冷凍保管に関する解凍試験

5-1. 方法

一次加工後加熱し、真空包装し -20°C にて冷凍したものを急速解凍(流水にて1時間10分)および緩慢解凍(5°C の冷蔵にて15時間)し、ねばり・色調を比較した。

5-2 . 結果

緩慢解凍・急速解凍とも色は同じであったが、ねばりは緩慢解凍の方が多かった。結果を表2に示した。

表2. 解凍実験(検体:4月22日収穫・加熱後 -20°C 冷凍)

	方法	色	ねばり
緩慢解凍	冷蔵(5°C)解凍(15時間)	モスグリーン	細い糸数本 糸がしばらく持つ
急速解凍	流水解凍(1時間10分)	モスグリーン	細い糸数本 糸がすぐ切れる

6. 各種冷凍実験

6-1. 方法

一次加工したアカモクに*1処理をし、約500gずつ10袋に小分けし、5種類の処理[*2含気包装・真空包装・真空包装後ブライン凍結・真空包装後加熱(85°C ~ 90°C の湯にて5分間加熱し、氷水中で急冷する。)・真空包装後加熱しブライン凍結]したものをそれぞれ -20°C ・ -40°C にて冷凍した。

後に 5°C の冷蔵庫にて解凍(24時間)し臭い、ねばり、各部位の色、食感を比較評価した。また、非加熱冷凍の検体(①~⑥)を加熱(90°C の湯にて20秒加熱し、流水冷却)後、再度比較評価した。

表3. 非加熱時比較

含気包装 -20°C / -40°C

	ドリップ量	ドリップ色	ねばり	食感
① -20°C	+++	薄茶色	ほぼなし	++
② -40°C	++	薄茶色	細い糸数本 すぐ切れる	++

真空包装 -20°C / -40°C

	ドリップ量	ドリップ色	ねばり	食感
③ -20°C	+++	薄茶色	細い糸1本 すぐ切れる	++
④ -40°C	++	薄茶色	細い糸1本 すぐ切れる	++

真空包装後ブライン凍結 -20°C / -40°C

	ドリップ量	ドリップ色	ねばり	食感
⑤ -20°C	+	黄色	細い糸1本 すぐ切れる	++
⑥ -40°C	+	黄色	細い糸数本 やや長持ち	++

加熱後真空包装 -20°C / -40°C

	ドリップ量	ドリップ色	ねばり	食感
⑦ -20°C	+++++	薄茶色	太い糸数本 細い糸数本 かなり長持ち	++
⑧ -40°C	+++++	薄茶色	太い糸数本 細い糸数本 かなり長持ち	++

加熱後真空ブライン凍結 -20℃ / -40℃

	ドリップ量	ドリップ色	ねばり	食感	
⑨	-20℃	++++	薄茶色	太い糸数本 細い糸数本 かなり長持ち	++
⑩	-40℃	++++	薄茶色	太い糸数本 細い糸数本 かなり長持ち	++

*ドリップ量: +(少し)、++(やや少し)、+++ (多い)、++++ (かなり多い)、+++++ (非常に多い)

**食感: 収穫当日の加熱調理直後のシャキシャキ感を+++ (非常にシャキシャキ)とし、これを基に++ (シャキシャキ)、+(ややシャキシャキ)とした

表4. 解凍後加熱比較

含気包装 -20℃ / -40℃

	ねばり	食感	葉の色	雌生殖器床の色	雄生殖器床の色	
⑪	-20℃	太い糸数本 細い糸あり かなり長持ち	++	鮮やかな緑	茶色	緑色
⑫	-40℃	太い糸数本 細い糸あり かなり長持ち	++	鮮やかな緑	茶色	緑色
* 非加熱時-40℃				薄茶色	薄茶色	

真空包装 -20℃ / -40℃

	ねばり	食感	葉の色	雌生殖器床の色	雄生殖器床の色	
⑬	-20℃	太い糸数本 細い糸あり やや長持ち	++	鮮やかな緑	茶色	緑色
⑭	-40℃	細い糸数本 太い糸あり やや長持ち	++	鮮やかな緑	⑮より薄茶色	緑色

真空包装後ブライン凍結 -20℃ / -40℃

	ねばり	食感	葉の色	雌生殖器床の色	雄生殖器床の色	
⑮	-20℃	太い糸数本 細い糸あり かなり長持ち	++	鮮やかな緑	薄茶色	緑色
⑯	-40℃	太い糸数本 細い糸あり かなり長持ち	++	鮮やかな緑	⑮より薄茶色	緑色

加熱後真空包装 -20℃ / -40℃

	ねばり	食感	葉の色	雌生殖器床の色	雄生殖器床の色	
⑦	-20℃	太い・細い糸 かなり長持ち	++	モスグリーン	茶色入りモスグリーン	モスグリーン
⑧	-40℃	太い・細い糸 かなり長持ち	++	モスグリーン	茶色入りモスグリーン	モスグリーン

加熱後真空ブライン凍結 -20℃ / -40℃

	ねばり	食感	葉の色	雌生殖器床の色	雄生殖器床の色	
⑨	-20℃	太い・細い糸 かなり長持ち	++	モスグリーン	茶色入りモスグリーン	モスグリーン
⑩	-40℃	太い・細い糸 かなり長持ち	++	モスグリーン	茶色入りモスグリーン	モスグリーン

* 食感: 収穫当日の加熱調理直後のシャキシャキ感を+++ (非常にシャキシャキ)とし、これを基に++ (シャキシャキ)、+(ややシャキシャキ)とした

6-2. ドリップについて

一次加工に*1 処理を加えてしまったことにより、冷凍実験の準備をする頃にはねばりが出てきてしまった。(一次加工のみの検体の場合、加熱冷凍保存後、解凍してもドリップはほぼ出なかった。)しかし*1 処理がなければ多くのド



写真4. ドリップの量及び色の比較

リップが出ることもなく、各冷凍条件による差異も見られなかったであろうことから、上記のことを踏まえた上で、ドリップの量と色の差異を結果として検討することにした。

ドリップの量については全ての冷凍条件(*2)において、 -40°C 冷凍群より -20°C 冷凍群のドリップ量が明らかに多かった。色においては真空包装後ブライン凍結したもののみ薄い黄色となり、それ以外は茶色であったことから、急速に凍結した方が何かしらの溶分が外部に出ずに済んだのではないかとと思われる。(写真4)

6-3. アカモクの全体的な色の変化について

加熱後冷凍保存し、解凍したアカモクは全体的にモスグリーンとなり、冷凍保存し解凍後に加熱したアカモクは全体的に緑色となった。(写真5)

収穫当日の加熱処理直後のアカモクは、鮮やかな緑色であり、加熱後の冷凍保存によりモスグリーンとなった。このことから冷凍保存前に加熱するより、冷凍保存後加熱処理した方が、色調の上では好ましいと思われた。



写真5. 左・加熱後冷凍 右・解凍後加熱

6-4 アカモクの各部位(加熱後)の色の変化について

各種冷凍処理により、葉の色と雄の生殖器床の色には差異が見られなかったが、雌の生殖器床部位の色には差異が見られた。

-40°C の2検体が最も緑色の発色が美しく、次に -20°C のブライン凍結が若干緑色に発色し、残り3検体は濃い茶色であった。(写真6)



写真6. 加熱後の雌の生殖器床部位の色比較

7. 塩蔵処理したアカモクの冷蔵保存(3°C)における経時的変化

7-1. 塩蔵処理アカモクの冷蔵保存実験方法

冷蔵保存(3°C)した塩蔵処理アカモクの経時的変化を調べた。(週1回)

実験当日、アカモクを塩抜き(水で2回洗い、3回目の水に1分間浸け水を切る)後、加熱(90°C の湯で20秒加熱し、流水冷却)処理をし、その加熱前と加熱後に臭い・ねばり・各部位の色・食感の評価を行った。また、塩蔵処理後14日目・117日目に、 -25°C にて保存した塩蔵アカモクと加熱後アカモクを冷蔵解凍し、比較を行った。

表5. 塩蔵処理アカモクの保存温度の違い(-25°C ・ 3°C)による品質の比較

14日目 塩蔵処理後 -25°C 保存と 3°C 保存の比較(加熱前)

	色	ねばり	におい	雌の生殖器床の色	雄生殖器床の色	
1	-25°C 保存	茶色	ほぼなし	漬物臭	茶色	薄茶色
2	3°C 保存	深い緑色	ほぼなし	漬物臭	茶色	薄茶色

14 日目 塩蔵処理後-25℃保存と3℃保存の比較(加熱後)

	色	ねばり	におい	雌の生殖器床の色	雄生殖器床の色	食感
3	-25℃保存	鮮やかな緑色	ほぼなし	海藻臭	緑色	++
4	3℃保存	鮮やかな緑色(少し濃い)	細い糸あり	海藻臭	先が緑色 真ん中茶色	++

117 日目 塩蔵処理後-25℃保存と3℃保存の比較(加熱前)

	色	ねばり	におい	雌の生殖器床の色	雄生殖器床の色
5	-25℃保存	茶色	ほぼなし	漬物臭	茶色入りモスグリーン
6	3℃保存	茶色	ほぼなし	腐敗臭	茶色

117 日目 塩蔵処理後-25℃・3℃保存(加熱後)と加熱後冷凍との比較

	色	ねばり	におい	雌の生殖器床の色	雄生殖器床の色	食感
7	塩蔵-25℃	鮮やかな緑色	細い糸数本やや長持ち	海藻臭	茶色入り緑色	++
8	塩蔵3℃	鮮やかな緑色(少し濃い)	細い糸数本やや長持ち	海藻臭	緑色入り茶色	+
9	加熱後冷凍	モスグリーン	細い糸数本やや長持ち	海藻臭	茶色入りモスグリーン	++

* 食感: 収穫当日の加熱調理直後のシャキシャキ感を+++ (非常にシャキシャキ) とし、これを基に++ (シャキシャキ)、+ (ややシャキシャキ) とした

7-2. 冷蔵保存の塩蔵処理アカモクの色の変化的変化

加熱後の全体的な色は 11 日目から少し暗めの緑色になり、14 日目には雌の生殖器床部位の色(写真 5)の先が緑色、真ん中が茶色になった。その後の雌の生殖器床部分の色は、茶色になる一方であった。



写真 7 塩蔵冷蔵 14 日目 加熱後の雌の生殖器床部位

7-3. 臭気の変化的変化(加熱前)

塩蔵した当初から漬物のような臭気を感じ(加熱後は海藻臭になった)、117 日目に腐敗臭がした。

7-4. 食感の変化的変化

シャキシャキ感は 11 日目にして少し減少したように思えた。24 日目には更に減少したように感じ、117 日目にはかなり減少したように思われた。117 日目に同じ塩蔵処理後-25℃保存した検体と比較すると、3℃保存検体より-25℃保存検体の方が、シャキシャキ感が損なわれていないように感じた。

7-5. ねばりの変化的変化

14 日目の-25℃保存検体との比較実験では、3℃保存の方が少しねばりが多かったように思われ、117 日目の比較実験では、-25℃保存も少しねばりが出てきており、3℃保存と同じくらいのねばりであった。

7-6. 117 日目における加熱後冷凍・塩蔵(-25℃)・塩蔵(3℃)検体の比較

ねばり・臭いにおいて、差異はみられなかった。しかし、全体的な色においては、塩蔵(-25℃)保存後加熱した検体の発色が最も良く、加熱後冷凍保存した検体は全体的にモスグリーンであった。



写真8 117日目左から加熱後冷凍・塩蔵(-25℃)・塩蔵(-3℃)
上段・加熱前 下段・加熱後

7-7. 117日目における加熱後冷凍・塩蔵(-25℃保存)・塩蔵(3℃保存)検体の生殖器床の比較

雌及び雄の生殖器床の色においては、塩蔵(-25℃)保存後加熱した検体の発色が最も良く、加熱後冷凍保存した検体は全体的にモスグリーンであった。(写真9)



写真9 117日目 雌の生殖器床部位(太い)・雄の生殖器(細い)の加熱後冷凍・塩蔵(-25℃)・塩蔵(-3℃)の加熱前後の色調の比較

8. フコイダンの定量

8-1. 方法

一次加工処理(4月17日収穫は*1処理も行った)を行ったアカモク各種検体(異なる部位・非加熱・加熱後・異なる収穫日)を凍結乾燥機(共和真空技術(株)RLEII-206)にてフリーズドライし、その後遠心粉碎機(Retsch ZM1)を用いて粉末化した。粉末化したアカモクを塩酸(1mol/L)で95℃、4時間処理し、pHを7.5に調整した試料をABEE Labeling Kit((株)J-オイルミルズ)とHonenpack C18カラム(4.6mm×75mm)を用いた高速液体クロマトグラフィーにより分析した。

8-2. フコイタン含量

表6.フコイタン量

収穫日	試料	フコイタン(g/100g)*
4月17日	加熱後凍結乾燥(茎)	0.75
4月17日	加熱後凍結乾燥(枝)	0.52
4月17日	非加熱凍結乾燥(枝)	0.28
4月22日	加熱後凍結乾燥(枝)	0.68

*フコース換算量

結果を表6に示した。枝を凍結乾燥した試料のフコイダン含量は100g当たり0.52gに対し、茎を凍結乾燥した試料のフコイダン含量は100g当たり0.75gであった。また、非加熱の状態で凍結乾燥した試料のフコイダン含量は100g当たり0.28gであったのに対し、加熱処理後凍結乾燥した試料のフコイダン含量は100g当たり0.68gであった。4月22日に収穫した試料は4月17日に収穫した試料と比較して生殖器床が多く見られていたが、4月17日に収穫した試料のフコイダン含量が100g当たり0.52gに対し、4月22日に収穫した試料のフコイダン含量が100g当たり0.68gと多いことが分かった。

よってフコイダン含量は、(1) アカモクの部位では枝より茎が多い。(2) 加熱処理をすると多くなる。(3) 生殖器床が多いとフコイダン含量が多い傾向がみられた。

9. まとめ

アカモクを湯通しして食用とする場合、収穫当日調理のものは鮮やかな緑色で、食感はシャキシャキ感が強く、ねばりはほとんどなかった。(刻むと少し粘りが出た。)しかし、アカモクを保存のために冷凍或いは塩蔵等することで品質に変化がみられた。

色調において、実験4では雌の生殖器床部位の緑色の色調が加熱時間20秒で多くなり、60秒でなくなった。その他の部位は緑色に変化はなかった。このことから、色の上では雌の生殖器床部位が一番加熱などの影響を受けやすい部位であると思われた。また、緑色の色調変化は、緑色の発色をするクロロフィル(葉緑素)の変化によるもので、そのクロロフィルは酸性下や長時間加熱などで分子内のマグネシウムが水素に置換しフェオフィチンという褐色色素に変化してしまう。このことから、アカモクの加熱時間は20秒くらいが好ましいと思われた。また、今回の実験では雌の生殖器床部位が茶色になることが多く見られたことから、全体像として緑色の中に茶色のものがまだら状に混ざることによって商品としての見た目に影響があると思われた。そこで実験7より、良い色調を保つには-40℃の冷凍保存が良く、ブライン凍結できればより好ましいと思われた。また、ドリップの実験結果も合わせると-40℃・ブライン凍結が一番好ましいと考えられた。

一方、実験6-3から、保存前に加熱処理したアカモクは全体の色調がモスグリーンとなり、一方で非加熱にて冷凍・塩蔵保存した後加熱処理したアカモクは、鮮やかな緑色となった。このことから、おそらく加熱して発色したクロロフィルが冷凍保存・解凍をすることにより、変化または退色して色が悪くなったと思われた。よって色調においては、加熱処理は冷凍解凍後、食べる前に行う方が好ましいと思われた。

塩蔵アカモクにおいては、冷蔵(3℃)保存にて117日目に腐敗臭がしたことから、今回の実験においては117日に賞味期限の安全係数0.7を掛け、約81日までに消費するのが好ましいのではないか思われた。(しかし、その点においては今後細菌的調査が必要と思われる。)また、アカモク全体(特に雌の生殖器床部位)の色および食感の変化から、塩蔵処理後も3℃保存より-25℃保存の方が品質維持のためにも好ましいと思われた。

今回の各実験から、今後のアカモク加工法として冷凍する場合は、ブライン凍結による急速冷凍及び-40℃以下の冷凍が好ましく、塩蔵する場合も-25℃保存が好ましい結果となった。また、凍結乾燥したアカモクのフコイダン含量は、アカモクの部位では枝より茎が多く、加熱処理をすると多くなり、生殖器床が多いとフコイダン含量が多い傾向がみられた。