

湯通し塩蔵ワカメ・コンブのワレミア (*Wallemia ichthyophaga*) 増殖防止 対策マニュアル



令和7年3月19日

岩手県水産技術センター利用加工部

目 次

- 1 はじめに P2
- 2 薄茶色の微生物の種類同定 P3
- 3 ワレミアの増殖が確認された塩蔵海藻の水分・塩分・水分活性 P3
- 4 ワレミアの性状確認試験① P4
- 5 ワレミアの性状確認試験② P4
- 6 ワレミアの性状確認試験③ P5
- 7 令和3年産塩蔵コンブにおけるワレミアの発生と製造・出荷時期の気温 P6
- 8 令和6年産塩蔵ワカメにおけるワレミアの発生と製造・出荷時期の気温 P7
- 9 ワレミアの安全性およびワレミア付着塩蔵海藻製品の販売 P8
- 10 塩蔵海藻の製造・出荷段階における生産者のワレミア増殖防止対策 P8
- 11 塩蔵海藻の個包装製品の店頭販売時におけるワレミア増殖防止対策 P10
- 12 脱酸素剤の使用について P10
- 13 謝辞 P13
- 14 参考文献 P14
- 15 参考資料 P14
- 16 注意事項およびお願い P14

1 はじめに

令和3年度に、岩手県内の2漁協から湯通し塩蔵ワカメ・コンブ(以下、塩蔵海藻と記載)の葉体表面に付着した薄茶色のカビ様微生物に関する相談が3件ありましたが、これまでに報告事例等は見られず、微生物の種類や性状は不明でした(写真1～2)。そこで、利用加工部では東京海洋大学「学術研究院海洋生物資源学部門」の小林武志教授と寺原猛准教授に協力いただき、共同研究として、本微生物の種類の同定と性状確認試験を行いました。なお、本研究は、公益財団法人さんりく基金の令和4年度調査研究事業(水産食品に増殖する微生物に関する研究)の支援を受けて実施しました。



写真1 塩蔵コンブに増殖するワレミア (*Wallemia ichthyophaga*)

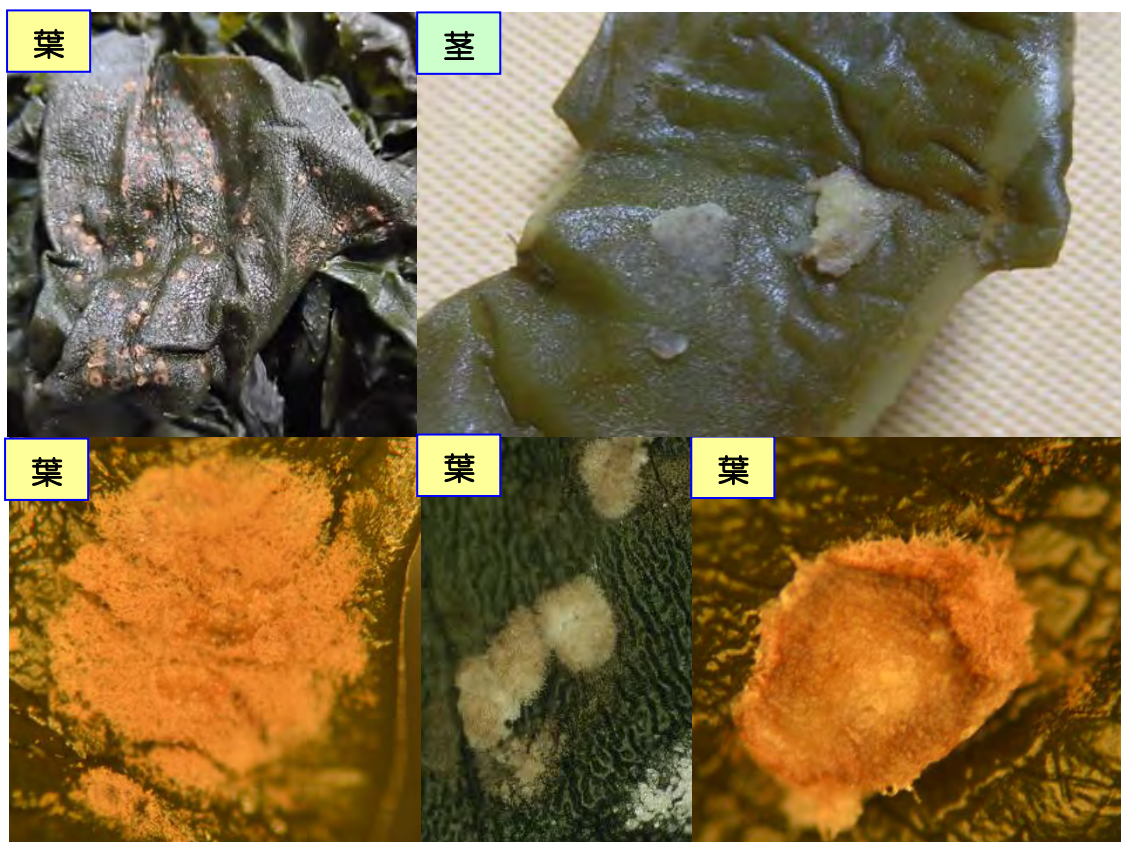


写真2 塩蔵ワカメに増殖するワレミア (*Wallemia ichthyophaga*)

2 薄茶色の微生物の種類の同定※1

クリーム品(試料A～C)に認められた薄茶色の微生物について、PDA 培地(食塩 20%等を添加したポテトデキストロース寒天培地、写真3)を用いて調製した純粋分離株の 26S/28S rRNA 遺伝子解析を行った結果、本微生物は *Wallemia ichthyophaga*(以下、ワレミアと記載)であると同定されました(参考文献 1～2)。本ワレミアは、塩蔵魚、塩蔵肉、干しコンブ、海外の塩田等で確認されている好塩・好乾性のカビであり、饅頭、羊かん、ジャム等の糖度の高い食品や塩干魚等に増殖する *Wallemia sebi*(別名:あずき色カビ、参考資料1)とは異なっていました(参考文献3)。

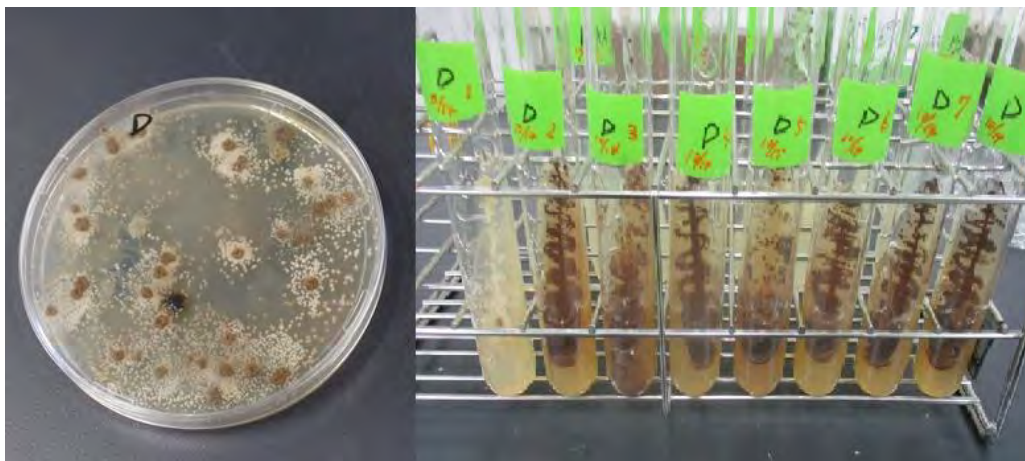


写真3 PDA 培地によるワレミアの培養（平板培地および斜面培地）※1

※1：データ提供（東京海洋大学）

3 ワレミアの増殖が確認された塩蔵海藻の水分・塩分・水分活性

ワレミアが増殖した塩蔵海藻(表1)の微生物の増殖のしやすさ(=食品の保存性)の指標となる水分活性は、塩蔵ワカメで 0.75～0.77、塩蔵コンブで 0.78～0.79 となり、高塩分(塩分 18～20%、水分活性 0.75～0.76)の塩蔵海藻にも増殖することが確認されました(表1)。また、ワレミアは脱水が適正(塩蔵ワカメの葉の水分 60%以下)であっても増殖することが確認されました(参考文献 1～2)。

表1 ワレミアの増殖が確認された塩蔵海藻の水分・塩分・水分活性

試料		水分 (%)	塩分 (%)	水分 活性
A	塩蔵コンブ（長切）令和3年産	67.30	19.62	0.784
B		65.40	18.92	0.798
C	塩蔵ワカメ（芯抜）令和3年産	56.65	17.79	0.756
D	塩蔵ワカメ（切葉）令和6年産	56.89	17.81	0.760
E		55.93	16.35	0.772
F		58.19	19.19	0.758

4 ワレミアの性状確認試験①※¹

ワレミアの純粋分離株を PDA 平板培地に画線し、ガスバリア性のあるパウチ用袋と脱酸素剤を使用して、4つの条件(嫌気(4℃、27℃)、好気(4℃、27℃))にて 28 日間培養した結果、好気条件下ではワレミアが増殖(27℃で顕著、4℃で軽微)しましたが、脱酸素剤を入れた嫌気条件下では全く増殖しませんでした(表2、参考文献1～2)。



写真4 PDA 培地によるワレミアの嫌気培養

表2 PDA 培地におけるワレミアの培養 28 日目のコロニーの状況※¹

	27℃好気	27℃嫌気	4℃好気	4℃嫌気
試料 A	+++	×	△	×
試料 B	+++	×	△	×
試料 C	+++	×	△	×

※ ×印（増殖なし）、△（微量の増殖）、+++（画線部の全域で増殖）を示す。

5 ワレミアの性状確認試験②

ワレミアが付着していない塩蔵ワカメ(130g、試料G～I)とワレミアが付着した塩蔵コンブの粉碎物(種菌として約 13g)をパウチ用袋に詰めて含気包装し、好気条件下の5～10℃で保管した結果、1.5～5ヶ月間で複数の薄茶色の視認できる微生物が発生し、遺伝子解析によりワレミアと確認されました(表3、参考文献1～2)。一方、脱酸素剤を入れた嫌気条件下ではワレミアは発生しませんでした。

表3 種菌入り塩蔵ワカメ（含気包装品）の冷蔵保管中の薄茶色の微生物の発生状況

保管期間(月数)				1.5	3	5
試料	保管温度	保管条件	薄茶色のカビ様微生物の発生(袋数)			
塩蔵ワカメ	G	10℃	好気	1	4	1
			嫌気			
	H	5℃	好気		2	
			嫌気			
	I	5℃	好気			1
			嫌気			

※ ワレミア様のコロニーが確認された試料(袋数)を示す。

※ 空欄はコロニーが確認されなかったことを示す。

6 ワレミアの性状確認試験③

近年、塩蔵海藻の製造時期の気温が高い傾向にあるため、ワレミアが付着した塩蔵ワカメ(試料D～E、合計約1kg、写真5)を種菌として、当所で冷蔵保管していた塩蔵ワカメ(約5kg、芯抜・芯付の混合品、写真6)に混合し(写真7)、好気条件下の18℃で保管試験を行いました(写真8)。その結果、10日間の保管では薄茶色の微生物の増殖を確認できませんでしたが、20日間ではワレミアと見られる多数の薄茶色の微生物が確認され、活発に増殖している様子が観察されました(表4、写真9)。よって、18℃で保管すると2～3週間でワレミアが急激に増殖する可能性があり、20～30℃保管ではさらにワレミアの増殖は加速するものと考えられました。

本結果により、製造・出荷・入札・搬出・搬入までの間に塩蔵海藻が常温保管される日数が最大で10～20日間程度あると推定されるため、ワレミアやその孢子が付着していれば塩蔵海藻の製造から買受人の搬入までの段階でワレミアが増殖する可能性があると考えられました。



写真5 ワレミア付着塩蔵ワカメ(切葉)



写真6 塩蔵ワカメ(芯付・芯抜混合品)



写真7 写真5と写真6の混合品



写真8 恒温機による18℃保管

表4 種菌入り塩蔵ワカメの18℃保管中の薄茶色のカビ様微生物の発生状況

保管期間(日数)				10	20	30
試料		保管温度	保管条件	薄茶色のカビの発生状況		
塩蔵ワカメ	J	18℃	好気	×	△	○

※ ×印(増殖なし)、△(一部で増殖)、○(全域で増殖)を示す。



写真9 18℃で20～30日間保管した塩蔵ワカメに増殖するワレミアの様子

7 令和3年産塩蔵コンブにおけるワレミアの発生と製造・出荷時期の気温

令和4年度に実施した本調査研究事業では、令和3年産塩蔵コンブ（令和3年6月中旬入札品、生産者1名の出荷した約10箱程度）でもワレミアの発生を確認しており、ロット違いの2検体の成分分析を行った結果、塩分は18.9～19.6%、水分活性は0.78～0.80であり、令和6年産塩蔵ワカメ（切葉）の水分活性と類似していました（表1）。本塩蔵コンブの製造された令和3年5月末～6月中旬までの気温を確認（気象庁HP：<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/>）すると（図1～2）、令和3年5月下旬以降の最低気温は概ね12℃以上、最高気温は5月下旬で概ね18℃以上かつ6月以降は概ね20℃以上、平均気温は概ね15℃を超えており、塩蔵ワカメの製造時期の気温よりも高いため、塩蔵コンブの製造・出荷段階におけるワレミアの増殖リスクは塩蔵ワカメよりも高いと考えられました。

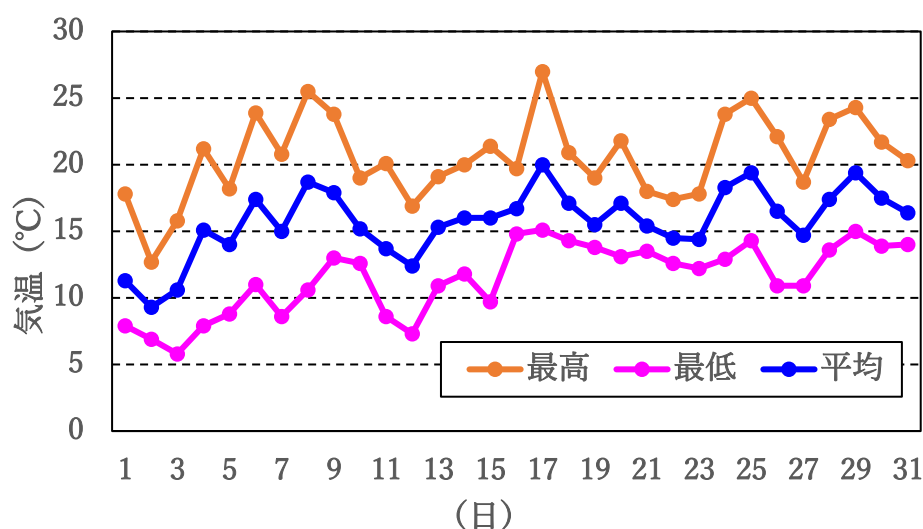


図1 令和3年5月の沿岸南部（大船渡市）の気温

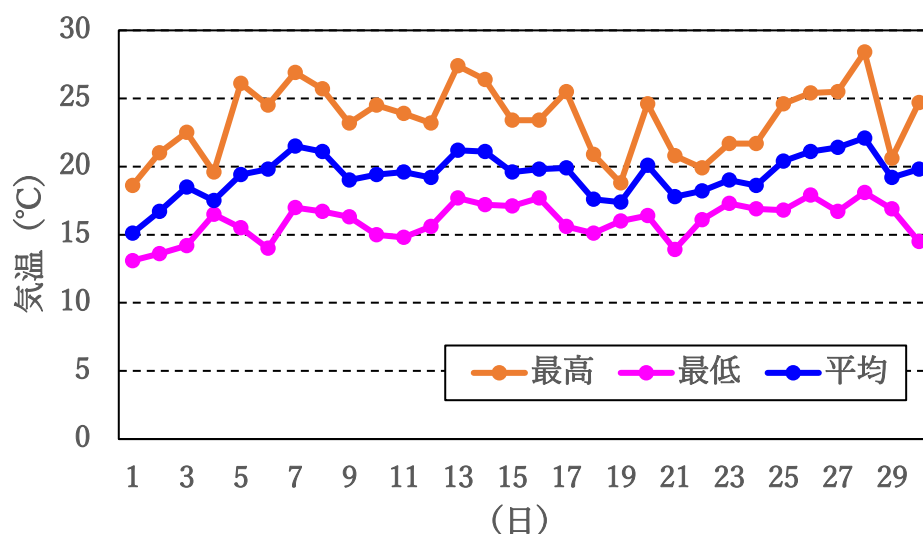


図2 令和3年6月の沿岸南部（大船渡市）の気温

8 令和6年産塩蔵ワカメにおけるワレミアの発生と製造・出荷時期の気温

岩手県沿岸南部の3名の生産者が製造・出荷した令和6年産湯通し塩蔵ワカメ（切葉、令和6年4月中旬入札品）にワレミアの増殖が約3年ぶりに確認されたことから、これらの塩蔵ワカメの成分分析を行いました。その結果、水分は全て60%未満と脱水は適正であり、岩手県漁業協同組合連合会の出荷基準を満たしており、塩分は16～19%かつ水分活性は0.75～0.77となり、全成分で適正值が得られ、成分的には保存性は良好な製品であると判断されました（表1）。よって、ワレミアの増殖は塩分が適正な製品でも防ぐことができないことを再確認しました。

さらに、生ワカメを海水の湯でボイルし、振り塩や飽和塩水で塩漬を行った後、脱水・芯抜・選別・再脱水・箱詰めまでの間に生じる芯抜作業等で葉が切れたもの（先枯れ・元葉等を除く）を集めてから出荷されるため、通常の芯付・芯抜製品よりも出荷が遅れて常温保管が長くなることもワレミアの増殖に影響を及ぼしたと考えられます。

令和6年産塩蔵ワカメ（切葉）でワレミアの増殖が確認された岩手県沿岸南部の気温を確認すると（図3）、4月中旬以降の最低気温はほぼ9℃以上、4月の最高気温はほぼ15℃以上（最高気温25℃程度）、4月中旬以降の平均気温は概ね13℃以上となっており、塩蔵ワカメの製造・出荷時期はワレミアの増殖に最適な気温であったことが確認されました。よって、製造・出荷までに時間を要する塩蔵ワカメの切葉では、通常の塩蔵ワカメ製品よりもワレミアの増殖リスクが高かったと考えられました。

**塩蔵ワカメ(切葉)⇒製造・出荷までの時間が長い
【常温保管】＝ワレミアの増殖リスクが高くなる**

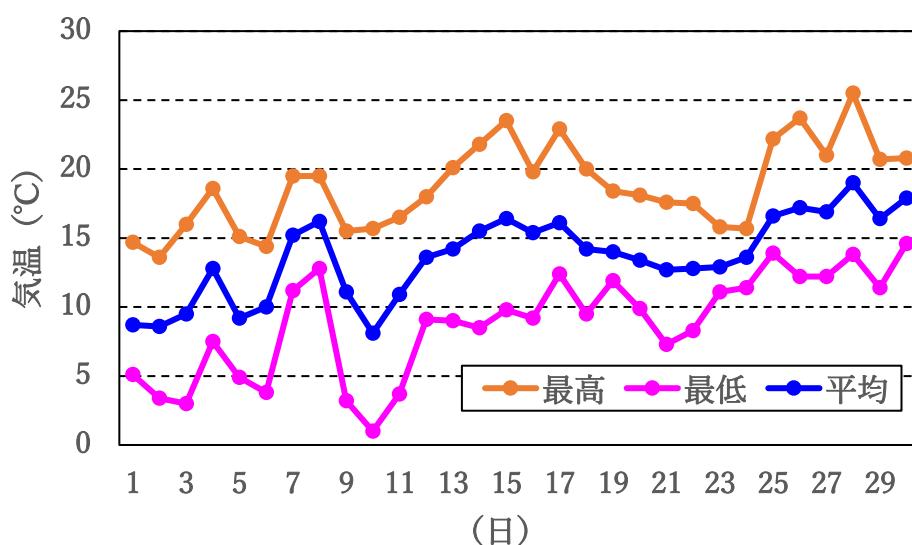


図3 令和6年4月の沿岸南部（大船渡市）の気温

9 ワレミアの安全性およびワレミア付着塩蔵海藻製品の販売（関係法令）

ワレミアの食中毒事例や毒素生成に関する研究知見が認められないため、誤って食べた場合の安全性については証明されていません。よって、食品衛生法第6条の三「病原微生物により汚染され、又はその疑いがあり、人の健康を損なうおそれがあるもの」または同法第6条の四「不潔、異物の混入又は添加その他の事由により、人の健康を損なうおそれがあるもの」に抵触する可能性があるため、ワレミアの付着した塩蔵海藻は販売できず、製品の自主回収が必要になると考えられます。

10 塩蔵海藻の製造・出荷段階における生産者のワレミア増殖防止対策

（1）製造施設等の清掃・換気の実施

ワレミアは好塩・好乾性のカビであり、高塩分（塩分 18～20%、水分活性 0.75～0.76）の塩蔵海藻にも増殖できるため、脱水を強くして水分を低下させても、あるいは、高塩分にして水分活性を飽和食塩水と同等の 0.75 に低下させても、塩蔵海藻におけるワレミアの増殖は防止できません。また、国産干しコンブから分離された *Wallemia ichthyophaga* の菌株も製品評価技術基盤機構（NITE）から販売されており（NBRC No. 111179）、日本国内にも海水・土壌・空気・ハウスダスト中の至る所にカビや胞子の状態で存在している可能性があります。温度、水分、栄養素、酸素、pH などの条件が適合するとワレミアは増殖するので、建物内の高温多湿および結露の防止、栄養となるほこりや汚れ等の除去が有効な増殖防止対策であり、塩蔵海藻の製造施設や保管場所のこまめな清掃と換気が必要であると考えられます。

**ワレミア⇒日本の至る所に存在する可能性あり
（高塩分の製品でも増殖を防止できない）**

(2) 塩漬で使用する飽和食塩水等の使用期限

ワレミアは酸素がない嫌気条件下では増殖することはできず、さらに、ワレミアが仮に存在していたとしても増殖速度が非常に遅いという特徴があります(表2～3)。そのため、従来の振り塩式の塩漬では、湯通し海藻に対する塩分の浸透に伴う脱水作用で塩漬タンク内に生じる飽和濃度に近い滲出液(最大使用期間1～3日間程度:塩分濃度は25～26%程度で塩漬後の海藻に付着した食塩粒を洗い流す作業にも使用される、写真10)や、湯通し海藻の攪拌式塩漬法(「しおまる」を用いた塩漬法)に使用する約26%の飽和食塩水(最大使用期間2～4日間程度、写真11)の中に、ワレミアやその胞子が存在していたとしても、塩水中ではワレミアは急激には増殖できない環境にあると考えられます。



写真10 従来の海藻の塩漬の様子
(塩漬タンク内には滲出液が発生)



写真11 飽和食塩水による海藻の攪拌
塩漬の様子

(3) 塩蔵海藻の製造・出荷段階における常温保管日数の短縮化および冷蔵保管の実施

塩蔵海藻の製造・出荷段階に発生したと考えられるワレミアの増殖は、令和3年産塩蔵コンブおよび令和6年産塩蔵ワカメ(切葉)において気温が高い時期に発生していることと、10℃以下の冷蔵保管試験(表2～3)ではワレミアの増殖はかなり抑制されることから、塩蔵海藻の製造・出荷段階の常温保管日数を可能な限り短縮化することが有効な増殖防止対策になると考えられます。なお、塩蔵海藻の製造・販売業者等では-18℃～-10℃程度の凍結しない状態での低温保管が行われており、この温度帯ではワレミアは増殖できない環境下にあると考えられます。

**気温が連続的に10℃を超える場合
塩蔵海藻の製造・出荷段階でも
冷蔵保管する方が良い
(特に、塩蔵ワカメの切葉、塩蔵コンブ)**

(4) 塩蔵海藻の入札・買受人の搬入段階における常温保管日数の短縮化および冷蔵保管の実施

令和3年産塩蔵コンブと令和6年産塩蔵ワカメ（切葉）において、塩蔵海藻の出荷後から1ヶ月以内あるいは約5ヶ月後に買受人が箱を開封した段階でワレミアの多数の増殖が確認されました。生産者の出荷以降、入札～買受人の冷蔵庫搬入までの間で常温保管が長くなると、箱内でワレミアが急激に増殖するリスクが高くなるので、入札以降の冷蔵輸送・冷蔵保管が有効な対策になります。

**気温が連続的に10℃を超える場合
入札～買受人の輸送段階でも
冷蔵保管する方が良い**

11 塩蔵海藻の個包装製品の店頭販売時におけるワレミア増殖防止対策

塩蔵海藻の個包装製品の賞味期限は、冷蔵で2～3ヶ月間程度に設定されており、ワレミアやその孢子が付着していれば店頭販売時や消費者等が購入した後の冷蔵保管時にも増殖する可能性があるため、真空包装や脱酸素剤の使用による嫌気条件下での冷蔵保管が望ましいと考えられます。



写真12 塩蔵ワカメの真空包装



写真13 塩蔵ワカメの含気包装（脱酸素剤入）

12 脱酸素剤の使用について

以下の(1)～(6)は、脱酸素剤の製造・販売メーカーのホームページや取扱説明書（参考資料2～3）を参考に概要をまとめたものです（詳しくはHPをご覧ください）。

(1) 真空包装や脱酸素剤充填包装に使用する包装容器（袋）の選択

真空包装や脱酸素剤充填包装では、ガスバリア性の高い（＝気密性の高い）包装容器（酸素透過度 $20\text{ml/m}^2\cdot\text{atm}\cdot 24\text{h}$ 以下を推奨、参考資料2～3）を使用します。

包装容器の酸素透過度 $20\text{ml/m}^2\cdot\text{atm}\cdot 24\text{h}$ 以下を推奨

(2) 脱酸素剤の選択（脱酸素剤の種類）

塩蔵海藻（ワカメの中芯・元茎を含む）の水分は50～70%程度であるため、耐水性のある鉄系や非鉄系の自力反応型（空気に触れると酸素の吸収を開始するタイプ）の脱酸素剤を選択します。プラ製のトレーの使用により塩蔵海藻と脱酸素剤が接触しない場合（写真14）には脱酸素剤に耐水性は必要ないと考えられますが、長期の冷凍保管中に塩蔵海藻から遊離水が生じる可能性がある場合には耐水性の脱酸素剤を使用の方が良いと考えられます。さらに、包装後の塩蔵海藻製品の金属探知機による検査を行う場合には非鉄系の脱酸素剤を使用する必要があります。



写真14 塩蔵ワカメの含気包装
（トレー・脱酸素剤入）

(3) 塩蔵海藻を充填した容器全体の体積の推定

【脱酸素剤の取扱説明書（参考資料2～3）より】

- ア：水を容器の上いっぱい（満タン）まで入れ、塩蔵海藻を詰めた包装容器全体を水に完全に沈めます。
- イ：包装容器を水から取り出し、カップ等を用いて水を容器の上いっぱい（満タン）に戻します。この時に補充した水の量が500mlであれば包装容器全体の体積は500mlとなります。

【脱酸素剤の取扱説明書を参考にして一部改変した方法】

- ア：中型電子台秤（8～10kg 程度秤量可能、0.1～1g 表示）の上にトレー（溢れた水を受けるもの）を乗せ、重さの表示を0に設定します（写真15）。
- イ：5L程度のプラ製ビーカー等を上記トレーの上に乗せ、水道水を上いっぱい（満タン）まで入れ（写真16）、塩蔵海藻を詰めた包装容器全体を水に完全に沈めます。この時に塩蔵海藻を詰めた包装容器は水に浮くので、平らなフタ等を乗せて完全に包装容器を完全に水中に沈めることが重要です（写真17）。
- ウ：包装容器を水から取り出し、ビーカーをトレーから引き上げると、溢れた水の重さが表示されます（写真18）。この水の重さ（g） $\div$ 塩蔵海藻を入れた包装容器の体積（ml）と見なします。
- エ：上記の中型電子台秤が用意できない場合には、作業手順のイから行い、溢れた水をビーカー等の容器に回収して、水の重さ（500～1000g 程度秤量可能な小型電の電子台秤や電子天秤などを使用、写真19）や水の体積（500～1000ml の目盛付きのメスシリンダーやビーカー等を使用、写真20）を測定します。
- オ：本測定は2～3回行ってバラツキを確認するとより正確になります。



写真 15 台秤へのトレイ・ビーカーの設置



写真 16 ビーカーに水を入れた状態



写真 17 上フタを乗せて包装容器に沈めた状態

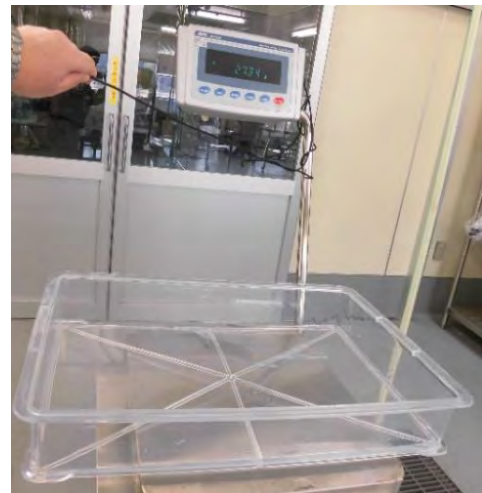


写真 18 溢れた水の重さの測定



写真 19 溢れた水の重さの測定



写真 20 ビーカー等による水の体積の測定

(4) 塩蔵海藻の包装容器内の酸素量の推定（不定形容器の場合）

以下の計算式（参考資料2～3から引用したもの）により塩蔵海藻の包装容器内のおおよその体積を算出します。

$$\text{計算式① 容器内の酸素量 (ml)} = [\text{容器全体の体積 (ml)} - \text{中身の塩蔵海藻の重さ (g)} \\ \div (\text{中身の塩蔵海藻の比重}^{\ast 2} \div 1)] \times 0.21^{\ast 3}$$

さらに、計算式①を簡略化すると計算式②となります。

$$\text{計算式② 容器内の酸素量 (ml)} = [\text{容器全体の体積 (ml)} - \text{中身の塩蔵海藻の重さ (g)}] \\ \times 0.21$$

※2：密度（ g/cm^3 、 $\text{cm}^3 = \text{ml} = \text{cc}$ ）とは一定の体積あたりの質量（重さ）を示し、比重とは水の密度（ $1\text{g/cm}^3 = 1\text{g/ml}$ ）との比を示す（水の密度が分母）。よって、塩蔵海藻の比重 $\div 1$ と定義すると、塩蔵海藻の重さ（g） $\div$ 塩蔵海藻の体積（ml）となる。

※3：0.21とは空気中の酸素の割合を示す。

(5) 脱酸素剤の選択（包装容器内の推定酸素量と脱酸素剤の酸素吸収量）

上記計算式より算出した塩蔵海藻の包装容器内の推定酸素量（ml）よりも大きめで一番近い酸素吸収量を有する脱酸素剤のサイズを選択します。

包装容器内の推定酸素量 < 脱酸素剤の酸素吸収量

(6) 脱酸素剤の保管・使用期限・留意事項

脱酸素剤の種類・仕様・メーカー等の違いによりメーカー出荷後の保証期間や保管方法が異なるので注意すること。また、使用前には脱酸素剤が脱気状態で保管されていたかを確認し、必要な分だけ取り出して、脱酸素剤が重ならないように広げた状態で使用し（山積すると発熱して性能低下が早くなるため）、残りは直ぐに脱気包装すること。

13 謝辞

- (1) 本マニュアルを作成するにあたり、塩蔵海藻に増殖するワレミアの種の同定や性状確認は、東京海洋大学学術研究院海洋生物資源学部門の小林武志教授ならびに寺原猛准教授との共同研究により実施されました。終始多大なる御支援、御助言および御指導を賜りましたことに心より感謝の意を表し、ここに厚く御礼申し上げます。
- (2) ワレミアが付着した塩蔵海藻の収集や塩蔵海藻の生産状況等に関する情報収集にご協力いただきました岩手県漁業協同組合連合会ならびに関係漁協の皆様方に、この場を借りて深い感謝の意を表します。

(3) 本研究を行うにあたり、有益なご指導・助言等を賜りました岩手県水産技術センター神康俊所長並びに職員の皆様方にこの場を借りて深い感謝の意を表します。

14 参考文献

- 1) 小野寺宗仲. ワカメの品質に関する研究. 岩手県水産技術センター令和5年度年報. 2023:122-129. https://www2.suigi.pref.iwate.jp/download/dl_works
- 2) 小野寺宗仲. 水産食品に増殖する微生物に関する研究. 三陸総合研究第48号. 2023: 41-48. <https://sanriku-fund.jp/jyosei/kakonojyoseiitiran/>
- 3) Janja Zajc, Nina Gunde-Cimerman. (2018). The Genus *Wallemia*—From Contamination of Food to Health Threat, *Microorganisms*, 6, 46.

15 参考資料

- 1) 食品衛生の窓（ワレミア）. 東京都保健医療局.
<https://www.hokeniryol.metro.tokyo.lg.jp>
- 2) 脱酸素剤エージェレス取扱説明書（食品用途関連製品の製品カタログ）. 三菱ガス化学株式会社.
<https://www.mgc.co.jp/special/>
- 3) 脱酸素剤サンソカット製品ホームページ. アイリス・ファインプロダクツ株式会社.
<https://www.irisfinep.co.jp/products/oxygencut/>

16 注意事項およびお願い

- (1) 本マニュアルを引用または転載する場合は、必ず出所を明記して下さい。
- (2) 本マニュアルを参考にしてワレミア対策を実施した場合には、県内外の事業者様に関係なく、ご一報をいただけますと幸いです。

【開発担当者】利用加工部 上席専門研究員 小野寺宗仲 TEL:0193-26-7916 FAX:0193-26-7920 E-mail: mm-onodera@pref.iwate.jp
--