

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	齋 藤 利 則
題 目	マグロ肉および牛肉の保存性に及ぼす脱水および調湿シートの効果 (Effects of Osmotic Dehydrating Sheet and Humidity Stabilizing Sheet on Preservation of Tuna Meat and Beef.)
<p>浸透圧脱水シート (ODS)、調湿シート (HSS) が開発されて以来、食品の各種加工、保存に用いられてきた。これらのシートはいずれも鮮度保持の目的で魚肉および畜肉の保存に用いられるがその作用機序は ODS が浸透圧を用いた脱水作用であるのに対し、HSS は毛細管現象による吸水作用と調湿剤による調湿作用といったように全く異なっている。それぞれのシートについて、冷凍/解凍マグロ肉および冷蔵牛肉の冷蔵保存時の鮮度 (K 値) や色調 (<math>L^*</math>、<math>a^*</math>、<math>b^*</math>値) など品質のパラメーターに及ぼす影響の比較を行い、品質低下の少ない保存法について検討を行った。</p> <p>ODS を用いたマグロ肉解凍の検討では、ODS 未使用サンプルの細胞間にドリップが溜まっているのに対し、ODS 解凍サンプルでは細胞間の水分が脱水で除去され、生に近い組織の状態であることがわかった。これまで ODS 解凍マグロ肉のテクスチャーが生に近くなる理由は、過剰な水分除去による凍結時の冷凍破壊防止であるとされてきたが、本研究により、ODS は、マグロ肉解凍後に浸透圧脱水で細胞外に滞留した過剰なドリップを除去し、組織をチルドの状態に近づけることができるためであることが明らかになった。</p> <p>ODS による解凍マグロ肉の保存では、脱水能力が上がるほど、K 値上昇防止、イノシン酸濃度上昇が見られる反面、重量減少率も能力に応じて上昇した。一方、<math>a^*</math> 値減少、メト化率の上昇防止効果は低脱水能力 ODS だけで観察された。これに対し HSS による解凍マグロ肉の保存では、メト化率、チオバルビツール酸反応物質 (TBA-RS) 増加防止効果が見られた。また、調湿能力があがるほど揮発性塩基性窒素の増加防止効果および核酸関連物質減少防止効果が見られたが、同時に重量減少も大きくなった。</p> <p>ODS によるチルド牛肉の保存では、ODS の使用でメト化率、TBA-RS、K 値の増加抑制およびイノシン酸含量の上昇が見られた反面、脱水能力が高くなるほど重量減少が大きく、色調も暗紫色となり、実用上問題があった。これに対し HSS によるチルド牛肉の保存では、HSS の能力が高くなるほどメト化率、K 値の増加抑制ならびに核酸関連物質減少の抑制が見られ、色調変化や重量減少などの不具合は見られなかった。</p> <p>これらの結果より、ODS、HSS の効果の違い、特徴を明確にするとともに、不要なドリップが大量に発生している解凍マグロの保存には、解凍直後に ODS で脱水し、鮮度低下を防止し、長期保存には作用の穏やかな HSS で保存することで色調、臭いを維持することが品質を保つのに有効であることを見出し、また、ドリップの発生が少なく、脱水で色調が変化しやすい牛肉では、始めから HSS で保存することで、鮮度、色調を維持し、うまみが増えると考えられた。</p> <p>以上のことから、本研究により ODS、HSS を用いて牛肉や解凍マグロ肉の冷蔵保存性を向上する技術を確立した。</p>	

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	Saito, Katsunori
題 目	Effects of Osmotic Dehydrating Sheet and Humidity Stabilizing Sheet on Preservation of Tuna Meat and Beef. (マグロ肉および牛肉の保存性に及ぼす脱水および調湿シートの効果)
<p>Many applications were developed in processing and preservation of fish and meat since Osmotic dehydration sheet (ODS) and Humidity stabilizing sheet (HSS) were invented Both sheets were used in order to keep freshness of fish and meat by removing water Water removing mechanism of ODS is caused by osmotic dehydration, meanwhile mechanism of HSS is caused by water absorption using capillary phenomenon and humidity control. The purpose of this study is to investigate the effect of ODS and HSS on quality parameters such as freshness parameter (K value) and color parameters (Hunter color value; L* value, a* value, b* value) of cold stored chilled beef and cold stored thawed tuna.</p> <p>The results obtained in this study were :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. The use of a ODS on thawing of tuna meat was effective to remove intercellular water and effectively reform waterly texture of thawed tuna meat tissue,</li><li>2. The use of a ODS on tuna meat stored at 4°C for 4 days was effective to increase the total sample content of adenosin triphosphate-related compounds (ARC) and inosine monophosphate (IMP, a component of umami) and effective to prevent increase of the K values. However, high performance ODS caused unfavorable percentage of weight loss (Wt-loss %) and color change from bright red to dark purple. Meanwhile low performance ODS gave higher a* values and lower percentage of metmyoglobin (Met-Mb%) compared to other samples.</li><li>3. The use of a ODS on chilled stored beef biceps femoris muscle was effective to prevent increase of Met-mb %, K value and effective to increase total ARC and IMP. However a high performance ODS caused unfavorable Wt-loss % and color changed from bright red to dark purple. Low performance ODS wrapping reduced the Thiobarbituric acid reactive substance (TBA-RS) values below those found with polyvinyliden chloride film and high performance ODS processing.</li><li>4. The use of a HSS on chilled stored thawed tuna meat was effective to stabilize humidity of atmosphere around sample and effective to prevent increase of Met-Mb %, TBA-RS, volatile basic nitrogen. Although HSS increase Wt-loss %, it is effective to increase total ARC.</li><li>5. The use of a HSS on chilled stored beef is effective to prevent increase of K value, Met-mb %, effective to stabilize humidity of atmosphere around samples effective to conserve the concentration of IMP. This research suggests that a HSS is a useful moisture controller and prevents deterioration of meat quality, discoloration, and desiccation.</li></ol> <p>As a conclusion, this research has suggested that although excess dehydration with ODS (wrapping tuna or beef with high performance ODS for long period) caused unfavorable desiccation and color change is caused on cold stored beef or tuna meat, stored with HSS or stored with ODS under moderate dehydration condition is effective to prevent deterioration of cold storage beef and tuna. More over, ODS is effective tool in reforming waterly texture of thawed tuna meat.</p>	

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏 名	齋 藤 利 則
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 杉元 康志
	副査 鹿児島大学 教授 越塩 俊介
	副査 佐賀大学 教授 藤田 修二
	副査 琉球大学 教授 和田 浩二
	副査 鹿児島大学 准教授 南 雄二
審査協力者	宮崎大学 教授 六車 三治男
題 目	マグロ肉および牛肉の保存性に及ぼす脱水および調湿シートの効果 (Effects of Osmotic Dehydrating Sheet and Humidity Stabilizing Sheet on Preservation of Tuna Meat and Beef.)
<p>近年、冷凍したマグロ肉は冷凍技術の進歩により自然状態に近い状態での鮮度保持が図られたが、解凍後の肉質の変化を抑えることが大きな課題である。一方、畜肉は真空包装による鮮度保持が普及しているが、ドリップによる品質低下や肉色の退色など改善すべき問題を残している。</p> <p>冷凍肉の肉質の鮮度保持の1つとして考案された浸透圧脱水シート（ODS）およびチルド肉に対して普及している調湿シート（HSS）の効果については詳細な化学的な解析はなされてなかった。本研究では冷凍／解凍マグロ肉および冷蔵牛肉について鮮度・品質保持におけるODSおよびHSSの効果について、化学的解析を行い、それらの実質的根拠を明らかにした。</p> <p>第一に、ODSで包んで解凍したマグロ肉は、未処理の肉では細胞間にドリップが蓄積しているのに対し、細胞間水が除去され、テクスチャーも天然に近い状態であると考えられ、その効果は解凍後に細胞間に蓄積した水分を浸透圧によって除去できる作用と結論した。</p>	

第二に、ODSで包んだ解凍マグロ肉の化学的評価を行った。重量減少率、色調（彩度L値、赤色a値、黄色b値）、メト化率、チオバルビツール酸反応物（TBA-RS）濃度、核酸関連物質（ARC）および鮮度値（K値）について調べた。ODS処理では最大約20%の重量減が見られたが、コントロールのラップフィルムで包んだ解凍と比べ、L値およびb値は有意差がなかった。一方、a値の減少は抑えられ、イノシン酸含量は増加し、メト化率およびTBA-RS値の上昇は抑制された。また、鮮度の指標であるK値の上昇を抑えることが観察された。よって、ODS保存は冷凍マグロ肉の保存法に適していると判定した。

第三に、ODSによるチルド牛肉の保存について調べた。緩和なODS処理ではメト化率、TBA-RS値およびK値の上昇抑制が見られ、イノシン酸含量も増加していた。一方過度なODS処理では、重量減少が大きく、色調も暗紫色となり、実用化する上での問題点を明らかにした。

第四に、HSSを用いて解凍マグロ肉およびチルド牛肉の保存における品質変化効果について検証した。解凍マグロ肉ではメト化率およびTBA-RS値の上昇の抑制、揮発性塩基性窒素の増加抑制および核酸関連物質の減少抑制が確認された。解凍マグロ肉では重量減少が観察されたが、チルド牛肉ではその変化は少なく、重量減少と色調変化に有意な差は見られなかった。HSSによるチルド牛肉ではメト化率、K値の増加および核酸関連物質減少の抑制が見られた。つまり牛肉ではドリップが少ない一方、色調変化が著しいことから、HSSで保存することは鮮度と色調を保持でき、さらに呈味成分の増加をもたらすチルド牛肉の有効な保存法であることを明らかにした。本研究では、ODSとHSSによる品質保持効果の違いを詳細に解析し、解凍直後のマグロ肉の保存にはODSが適し、長期保存ではHSSが品質を保持するのに有効であると結論した。

以上のように、本論文でまとめた冷凍肉の解凍法およびチルド肉の品質保全に関する研究は食料の有効活用、多様化する消費者のニーズおよび食品の品質保全に重要な情報を提供し、食品加工貯蔵学分野に大きく貢献するものである。したがって、審査委員一同は、本論文について博士（農学）の学位論文として十分な価値を持つと判定した。

学力確認結果の要旨	
学位申請者 氏 名	齋 藤 利 則
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 杉元 康志
	副査 鹿児島大学 教授 越塩 俊介
	副査 佐賀大学 教授 藤田 修二
	副査 琉球大学 教授 和田 浩二
	副査 鹿児島大学 准教授 南 雄二
審査協力者	宮崎大学 教授 六車 三治男
実施年月日	平成 2 1 年 8 月 4 日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <span style="float: right;">(口答) (筆答)</span>	
<p>主査および副査は、平成 2 1 年 8 月 4 日の公開審査会において学位申請者に対して学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について諮問を行った。具体的には別紙のような質疑がなされ、いずれも満足できる回答を得ることが出来た。</p> <p>また、筆記により、外国語 (英語) の学力を確認した。</p> <p>その結果、審査委員会は、申請者が大学院連合農学研究科博士課程修了者と同等以上の学力および識見を有するもと認め、農学の分野に貢献する研究成果を提供したことにより、博士 (農学) の学位を与えるに十分な資格を持つものと認めた。</p>	

学位申請者 氏 名	齋 藤 利 則
<p>【質問 1】本研究に使用した肉は複数の個体なのか1個の個体なのか。</p> <p>【回答 1】各章ごとに1つの固体から採取したサンプルで実験を行った。牛肉は1本の部分肉（モモ）を購入し、分割して実験に用いた。マグロ肉は加工業者に依頼し、1本のコロ（背胴肉＝筋や脂が少なく色調が安定している）の表面に近い部分（表面近い方が冷凍速度が速いため）からサク取りしたものを用いた。</p> <p>【質問 2】脱水シートの使用状況（普及状況）について説明しなさい。</p> <p>【回答 2】多くの用途が開発されたがシートのコストが高いために広く一般に普及するに至っていない。工業的には鮮度感のある塩干魚（一夜干）の製造や、高価な冷凍の贈答用品に使用されている。一方料理店では、保存用具というよりは調理用具としていくつかの用途に用いられている。本研究の報告した冷凍魚の解凍のほかにも、煮物、揚物、焼物の下拵え、燻製生ハムの製造など幅広く使用されている。</p> <p>【質問 3】ここで解析したデータは非常に因子が多いので、多変量解析を行うべきではないか</p> <p>【回答 3】今回の報告では多変量解析を行っていないが、新しい知見が得られる可能性が大きく有用であると考え。本実験を実施するに際し、これまでに料理人が原理や作用機序が分からないまま経験的に得ている効果や、企業秘密で公開されていない未整理のデータが示す現象に対する検証に重点を置いて実験計画を立案した。</p> <p>【質問 4】解凍肉を天然状態に近い状態で提供できるシート法であるが、どのような肉にも適用できるのか、また、その短所は。</p> <p>【回答 4】冷凍解凍時の肉質の水っぽさなど種類によって効果の発現の程度が異なる。牛肉のように脱水シートによる冷凍解凍が不適な畜肉もある。一方、シートのコストが高いため、トリなどの安価な肉には経済的な理由で用いられない。冷凍肉への応用はもっぱら、単価が高く冷凍流通が一般的なマグロに用いられる。本シートの欠点は、高価であること以外に、浸透圧の効果が濃度拡散によって発現するために、肉厚が厚くなると内部と表面で肉質が異なるために、大きなブロック肉には適さないということである。しかし、近年増加してきている個食流通食品など、小割冷凍食品などには有用であると考え。また、広く普及するためには使用済みのシートが廃棄物となる点も改善の余地がある。</p> <p>【質問 5】ODSが牛肉に適さない理由を説明しなさい。</p> <p>【回答 5】チルド牛肉はもともと保存による水っぽさはあまり問題にはならず、ODSにより水分を除くことは、肉質が硬くなり、色素濃縮により外観も暗赤色となってしまう、ビーフジ</p>	

チャーキーのようになってしまうため適さない。冷凍牛肉については、現在牛肉を冷凍保存すること自体ほとんど無いため用いられることはない。

【質問6】メト化率の上昇を防ぐためにHSS法がよい理由は

【回答6】生体の酸化は水分が多く酵素活性が高くなると反応が進むと考えられる。一方、乾燥することで、基質や酸素の濃度が上がることで酸化が進むなど、適度な水分範囲があると考えられる。ODSでも脱水能力の弱い方が、メト化が少ないことが示唆された。一方、HSSでは能力の高い方が、メト化が抑制される傾向にあり、適度な水分除去が行われていると考えられる。また、ODSは浸透圧で強制的に水分を除くのに対し、HSSは毛細管現象によるマイルドな吸水により、適度な水分が除かれ、適度な水分を保つことがよい理由と考えられる。

【質問7】細胞破壊は起こっているのか

【回答7】近年の急速凍結では細胞破壊が起こっていないにもかかわらず、解凍時の水っぽさは依然残っている。細胞破壊ではなく、細胞外凍結したものが再吸収されずに細胞間に残っていることが水っぽさの原因であると考えられる。

【質問8】TBA-RSで酸化を測定しているが、マグロなどの水産物の場合、脂肪酸組成の変化はどうか

【回答8】今回の評価では検討していない。しかし、米田ら、瀬戸ら、藤本らの研究によりPOV、AV、アニジジン価などでも酸化を抑制する傾向が得られている。

【質問9】調湿シートは吸湿しているだけなのか、放湿はないのか

【回答9】本実験では密閉系内の水分が多く、高湿度で安定しているため、吸湿の現象のみが観察されている。しかし、系内の水分量が少ないHSSによる海上輸送コンテナの結露防止の検討（吉井）や絹織物保存の検討などでは放湿の効果も得られている。そのときの結果では、吸湿速度よりも放湿速度の方が速いという結果が得られている。本実験では観察されていないが同様の効果は発現していたと考えている。

【質問10】糖濃度が重要と考えられるが、その最適濃度は

【回答10】肉の種類、チルド／冷凍、保存時間によって異なると思われる。外部に滲出した水分と組織内に滞留した水分を積極的に除くことのできる能力が好ましい。保存期間が長くなるほど能力を弱める必要がある。

【質問11】ARCの変化がマグロと牛肉とでは異なっている。この違いは。

【回答11】マグロと肉の違いよりは本実験の結果の違いは冷凍とチルドの差が大きく影響していると考えられる。解凍のマグロは解凍直後に過剰な水分が組織内に認められ、積極的に除くことが必要であるのに対し、牛肉は元来ドリップの発生がマグロと比較して少ないのに加え、チルドであることにより、水分除去の必要が少ない。そのため水分の多いマグロでは脱水能力

の弱いHSS保存では試験区間で差が見られないが、牛肉では有意な差が見られた。

【質問12】重量減少率についてODSとHSSではどのように違うのか。

【回答12】ODSによる重量現象は浸透圧を用いた脱水であるため、濃度勾配により食品内部の水を強い力で除くことが可能となっている。ただし、半透膜を水分が透過するのに時間がかかるため速度はさして速くはない。従って、初期では水分が過剰の状態であっても、その浸透圧が高くても重量はゆっくりと減少するが、その後ある程度重量減少した後でも、さらに重量減少は進み、濃縮された肉の水分と希釈されたシート内容液の濃度差がなくなるまで重量減少は進む。これに対し、HSSは毛細管現象による重量減少であるため、過剰な水分は速やかに除去されるが、食品内部の水分を除く力は強くはない。そのため、解凍したマグロでは重量減少は速いが、チルド牛肉ではODSと比較してほとんど重量減少は起こらない。

【質問13】ARCと自己消化との関連について説明しなさい。

【回答13】解凍中やチルド保存中でも自己消化は起こると考えられる。ARCの代謝の一番上流はATPであり、その代謝はIMPまでは可逆的に進む。IMPは旨み成分でもある。これは自己消化によって増加していくが、その後の分解によって減少していくがODSやHSSにおいてはゆっくりと進むと考える。

【質問14】メト化率と自動酸化とはパラレルの関係にあるのか。

【回答14】本研究の結果パラレルの関係が見られた。また、O'GradyやFaustmanらの研究でも同様な結論が得られている。

【質問15】ODSとHSSの今後の普及における利点と問題点を述べよ。

【回答15】HSS、ODSともにその特性を理解したうえで効果的な用途では普及が進んでいるが、コストが高い点と産業上廃棄物が増えるという問題がある。より安価で、廃棄物の量を減らしたシートを設計開発することで用途はさらに広がると考えられる。