

学 位 論 文 題 名

減圧油ちょうによる新タイプの乾燥食品の
開発技術に関する研究

学位論文内容の要旨

乾燥加工食品の乾燥法は熱エネルギーによる水分除去が主体であるが、ポテトチップスも油を熱媒体として脱水した食品である。このポテトチップスを160～180℃の高温で油ちょうした場合、原料のバレイショによっては褐変が著しく、商品価値のある製品を製造できない問題が生ずる。従って、低い油温で油ちょうが可能であれば、新製品開発の途が開かれよう。水の沸点は大気圧（760 torr）では100℃であるが、大気圧の低下とともに降下することが知られている。この原理を応用することによって低温下における油ちょうが可能と考えられた。しかし、減圧油ちょうによる食品の製造に関する研究は現在ほとんど見られない状況にある。

本研究では、バレイショ、野菜、魚肉等を実験用真空フライヤーで、真空度、揚げ油温度、揚げ時間等を調節し、まず、減圧油ちょうによる水分の蒸発率を常圧油ちょうと比較しながら検討した。次いで、減圧油ちょう製品の成分変化、特に熱に不安定な成分の残存性、褐変度、復元性等の基礎的データを得ることを目的に実験を行った。また、この技術の水産加工品に応用するための適正な製造条件と減圧油ちょう工程における魚肉タンパク質の変化およびその脂質中に含まれているエイコサペンタエン酸（EPA）、ドコサヘキサエン酸（DHA）の消長等についても検討した。

本研究の内容は4章からなり、第1章では減圧油ちょう過程における材料中の水分の蒸発率や成分変化等を検討した。第2章では、減圧油ちょう法を水産物の加工に応用するため、魚肉切り身、水産ねり製品および肉のりを

加工工程に取り入れ、油ちょう条件と製品品質との関係を検討した。第3章では、減圧油ちょう法で乾燥したカタクチイワシの製造工程のタンパク質の変化と脂質中のEPA、DHAの消長を検討した。第4章では、減圧油ちょう法で種々の食品を製造する場合の条件を総合的に考察した。得られた結果は以下のとおりである。

1) バレイショを薄切りとし、減圧法 (60 torr, 10分) で油ちょうすると、揚げ油温度が100℃でも色の白い、パリッとした食感のポテトチップスを製造することができたが、常圧法で同様な食感を得るには135℃以上の揚げ油温度が必要であった。しかしこの場合、製品の褐変が著しく、商品価値は著しく低下した。

2) バレイショを減圧法で油ちょう (10分) した場合、油ちょう初期 (3分まで) に常圧法 (140℃) の2倍以上の速度で急激な脱水がみられた。すなわち、常圧法と減圧法で製造したポテトチップス製品の水分はどちらも5%であったが、油ちょう10分間における脱水の履歴が異なることを認めた。また、カタクチイワシを減圧油ちょうした場合には、バレイショの場合と異なり、油ちょう初期の急激な脱水は起こらず、油ちょう5～6分までは比較的速く、それ以後は緩慢な脱水パターンを示し、材料による差がみられた。

3) カボチャ、ニンジン、ソラマメ等を薄切りとし、常圧法と減圧法でチップスを製造した場合、材料に含まれているカロチノイド、クロロフィルおよびビタミンC等の残存率は減圧法で高いことが認められ、外観も色調の鮮明な、食感の良いスナック製品を得ることができた。ただし、減圧法でも揚げ油温度を高くすると褐変や変色の進行が観察された。

4) 種々の材料を減圧法で油ちょうする場合、水分の蒸発と同時に材料組織中への揚げ油の浸透が起こり、その製品は、一般的な乾燥品に比べて脂質の多い特徴がみられた。そのため、貯蔵中の酸化による品質劣化が懸念されたが、この点については脱酸素剤の封入包装により37℃で4ヶ月間は品質の劣化を防止し得た。

5) 減圧法による乾燥ニンジンに水を加え、吸水させると常圧法のものに比べ、吸水性に優れていることから、スナック製品以外に即席麺等の具に

も使用できることを明らかにした。

6) 魚の切り身を常圧法 (100℃-7分)と減圧法 (60 torr, 100℃-7分)で油ちょうした場合、減圧法では常圧法に比較して5~10倍も脱水が速く、明らかに脱水能に差があることが実証できた。次に、スケトウダラ冷凍すり身から調製した塩ずり肉を扁平状に成形して減圧法で油ちょうすると、真空度が高い場合には中心温度が上昇し難く、微生物に対する殺菌効果はほとんどなく、その製品は膨化が著しく、揚げかまぼこと言うよりも油揚げ状を呈することが観察された。また、オキアミ冷凍すり身とイワシから調製した塩ずり肉を短冊状に成形し、減圧油ちょうすると、それぞれ単独でもパリッとしたスナック製品を製造できた。また、でん粉を添加することで膨化率はさらに向上したが、ソルビトールの添加は逆に抑制する傾向を示した。

7) カタクチイワシを無処理のまま減圧油ちょうすると、魚体の変形、表皮の銀白色の消失、肉質の硬化等、品質の劣化が認められた。しかし、カタクチイワシを塩漬、風乾してから減圧油ちょう (60 torr, 100℃-7分)した場合には水分が12%に減少しているにもかかわらず、外観がきれいで、しかも肉は粘性と柔軟性を保持し、高品質の製品を得ることができた。この理由を明らかにするため、SDS-PAGE法でタンパク質の変化を各工程(塩漬、脱塩、風乾、油ちょう)で検討した。その結果、ミオシン重鎖(HC)の多量化が最初の塩漬工程で強く起こり、以降の脱塩、風乾、油ちょう工程ではそれ以上の反応が起こらない(HC_nのような巨大な多量体の生成が起こらない)ことが品質に良い影響を及ぼしている原因と考えられた。また、カタクチイワシの脂質に含まれるEPA、DHA等の高度不飽和脂肪酸は、塩漬方法により減圧油ちょう時の損失率に差があり、立て塩法が振り塩法に比べ損失率は小さいことを確認した。さらに、カタクチイワシを大豆白絞油で油ちょうした場合、魚体中の脂質と揚げ油の置換がどの程度起きているかを、それぞれの構成脂肪酸を基に計算した。その結果、カタクチイワシの脂質はほとんど流失せず、製品中の脂質の60%は揚げ油(大豆白絞油)で占められていることが推定された。

8) このように、減圧油ちょう技術を用いると、常圧法に比べてより低い

温度で脱水が可能で、高温で起こり易い退色、メイラード反応、タンパク質の変性等を防止でき、また、特異な脱水パターンにより独特な食感が発現すること等から新製品の開発技術となり得ることを確認することができた。

学位論文審査の要旨

主査教授 信濃晴雄 副査教授 羽田野六男
副査教授 高間浩蔵 副査教授 猪上徳雄

学位論文題名

減圧油ちょうによる新タイプの乾燥食品の 開発技術に関する研究

食品の乾燥法は熱による水分除去が主体であり、その一つに油ちょう法がある。常圧下では油ちょう法による油温は120～270℃で、この高温は製品の劣化を招く場合が多い。本研究では、このような常圧法の欠点を補うべく常圧法よりも低温で水分除去が可能な減圧法を種々の食材に初めて適用し、二油ちょう法の脱水パターンと製品の品質との関連性を比較検討している。

まず、炭水化物系食材として広く人口に膾炙し、一般に製品名がポテトチップスとして知られている馬鈴薯を対象に、二法による脱水パターンと製品の品質を観察しているが、減圧法(60Torr、100℃・10分)で処理した場合(水分量5%)には白色で食感の良いチップスが得られるが、常圧法の場合、5%の水分量の脱水までには135℃以上の油温を要し、高温による褐変、それに伴う苦味など品質の低下は免れないことを確認している。また、この場合の二法による脱水過程は減圧法では脱水量の大部分が初期段階(3分以内)で脱水され、常圧法では対照的に直線的に均一な脱水過程を辿るのが特徴であり、このような脱水パターンが油ちょう時の温度差と相俟って品質に影響を与えていることを示唆した。

各種野菜に含まれているカロテノイド、クロロフィル、ビタミン(C)などの有用成分は減圧法(60Torr、100-120℃、5-10分)でいずれも50～90%の残存率を認めたのに対し、常圧法では(135-170℃、10分)では10～50%であることを示し、減圧法の優位性を指摘した。

タンパク質系食材については、5種の魚類をその大きさによって頭部と内蔵を除去したドレス、3枚におろしたフィレーをさらに厚さ5・7mmの刺身状の切身として油ちょうを試みている。

ここでは魚肉に対する減圧法の効果を的確に知るため、両法の温度、時間を同一に設定(60 Torr、100℃・7分、および100℃・7分)し、油ちょう過程の脱水速度と油ちょう後の水分量をみたところ、減圧法では脱水速度が常圧法よりも5-10倍

速く、水分量は減圧法で15-30%、常圧法では61-69%で脱水効果がほとんど認められず、温度を上昇させた場合には水分量は減少するものの、身割れ、変形、褐変などが著しく、劣化が大きいとしている。また減圧法で得られた製品についても、魚体の変形、表皮の銀白色の退化、肉質の硬化など品質の劣化をみている。このような現象はタンパク質系食材としての魚肉の油ちょうの場合、減圧法処理によっても炭水化物系食材の常圧法処理と同様な直線的に均一な脱水過程を示すことから、その脱水パターンの違いが製品の品質に関与することを推察し、未処理のままでは減圧法が適用できず、この点を改善するために何らかの前処理が必要であることを提案し、材料を塩析(食塩濃度5%、18時間)、脱塩、風乾(25℃、8時間)後に減圧法(60Torr、100℃・10分)で処理すると品質の良い製品が得られることを示した。この理由として、SDS-PAGE法による各工程におけるタンパク質の変化を検討した結果、塩析工程においてミオシン重鎖(HC)の多量化が起こり、以後の脱塩、風乾、減圧油ちょう工程ではそれ以上の反応が起こらず、塩析工程が魚肉タンパク質の高次構造を構築し減圧法による製品の肉質に大きく関与するとともに、風乾によっては剥皮、色調の退色、変形などの劣化要因が遞減されることを実験的に証明している。また、立て塩法による塩析工程による減圧法処理を行った場合、撒き塩法よりも赤身魚類に多く含有されているEPA、DHAなどの高度不飽和脂肪酸の残存率が高いことを指摘している。

さらに、種々の食材を減圧法で油ちょうした場合、脱水と同時に油ちょう油の食材組織への浸透が起こり、一般の乾燥食品よりも脂質含量の多い食品が得られる。そのために、製品の貯蔵中における脂質の酸化による品質の劣化が懸念されるが、一般に油ちょう油として使用される植物油は、抗酸化物質のトコフェロール類(大豆油の場合 α : 9.3、 β : 42.9、 γ : 5.1 mg/100g)を含有しており、組織に浸入した油中のこれらトコフェロールがEPAおよびDHAあるいは油自体の酸化を遅延させる作用を有することを示した。また、脱酸素剤の封入包装によって、37℃、4ヶ月の品質劣化の防止が可能であることを指摘している。

このように減圧油ちょう技術は、常圧法に比較してより低い温度で脱水可能であることから、高温で起こり易い退色、メイラード反応、有用成分の減少などを防止し、また、特異的な脱水パターンによって独特な食感を発現でき、新製品の開発技術として有用であると述べている。

以上の成果は食品製造学の分野、特に乾燥食品の製造技術の面で貢献するところ大きく、また食品業界に与えたインパクトの大きさを評価して、審査員一同は本論文が博士(水産学)の学位を受けるに十分な内容を有するものと認定した。