



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ホタテ貝卵巣発酵醸造物の化学特性に関する研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	濱岡, 直裕
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第11160号
Issue Date	2013-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/54724
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Naohiro_Hamaoka_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名： 濱 岡 直 裕

学 位 論 文 題 目

ホタテ貝卵巣発酵醸造物の化学特性に関する研究

水産物は貴重な食糧資源であり、陸上動植物由来のものとは異なった栄養成分を含むことも多い。例えば、水産脂質中に多く含まれるエイコサペンタエン酸(EPA)やドコサヘキサエン酸(DHA)などの優れた栄養機能性については良く知られているところである。このように食糧資源として価値の高い水産物であるが、未利用や低利用の資源も多く、また、水産物の加工工程中で排出される残渣にも栄養成分が多く残っている場合もある。そこで、本研究では、北海道で水揚げされる多獲性の魚貝類の有効活用を念頭において、特に低利用な水産資源としてホタテ貝の貝柱以外の可食部である卵巣に着目し、発酵を資源利用のキーテクノロジーとすることで、新しい食品素材を創出した。

日本では伝統的な発酵食品の文化がこれまで培われてきた。大豆の発酵食品である味噌や醤油などは、微生物による力と、細菌の産生する酵素を同時に利用する特徴的な発酵食品と言える。水産物を原料にした味噌状の発酵食品ほとんどないが、古くから大豆を原料とする味噌に慣れ親しんできた我が国では、食材として受け入れられる可能性がある。こうした背景の基、本研究では、新しい水産発酵食品を製造するにあたって、基本の製品コンセプトを、麴と酵母で発酵させた味噌状の製品とすることとし、その原料としてホタテ貝卵巣を用い、製品としての価値を科学的な視点から検証した。

第1章では、水産原料からの味噌状発酵食品の製造方法を検討した。味噌状の製品を目指すにあたっては、大豆と米麴を主な原料とする米味噌の製造方法を基にし、様々な条件を予備的に検討した結果、以下のような製造方法を確立した。まず、原料水産物には、加熱処理を施した。麴は、予備的検討により官能評価の高かった22%(w/w)添加とした。塩分濃度は減塩と発酵管理の両者を勘案し、発酵に悪影響を及ぼさない9%(w/w)とした。最終的に、原料の配合比率を水産物：米麴：食塩＝3：1：0.4（重量比）に設定した。また、麴の酵素による分解作用と微生物の発酵とのバランスを考慮し、発酵温度は30℃とした。この方法でホタテ貝卵巣を主原料とした発酵食品の製造を試みたところ、遊離アミノ酸量は、米味噌同様、発酵開始2週間で顕著に増加し、順調な発酵が確認された。一方、有機酸組成は米味噌と異なり、コハク酸は確認されたが、ギ酸や乳酸はほとんど検出されないことが分かった。

第2章では、ホタテ卵巣発酵物に含まれる脂質の組成とその化学的性状を中心に検討した。ホタテ卵巣発酵物の製造では、高度不飽和脂肪酸を含むホタテ貝卵巣を主原料に、30℃で約2ヶ月間の発酵熟成を行った。しかし、酸化されやすい高度不飽和脂肪酸を多く含むにもかかわらず、発酵終了後においても酸化油臭が感じられなかったことより、発酵中における脂質酸化の進行が抑制されていると推測できた。そこで、発酵前後の各試料から抽出した脂質の脂肪酸組成を分析したところ、発酵前後でEPA（20:5n-3）とDHA（22:6n-3）

の含量に違いは認められなかった。また、ホタテ卵巣発酵物から抽出した脂質を、実験室内で強制酸化させたところ、発酵前試料の脂質は酸化されやすかったが、発酵が進むにつれて抽出脂質の酸化安定性は増大することが示された。したがって、ホタテ卵巣発酵物の脂質そのものが発酵によって酸化されにくい形態となっていくことが明らかになった。

さらに、ホタテ卵巣発酵物中の抗酸化性物質について分析したところ、脂質中に含まれる α -トコフェロール含量は、発酵が進むに伴い増加することが見出された。したがって、発酵中のトコフェロールの増加が発酵過程での EPA や DHA の酸化安定性向上の理由の一つとして考えられた。また、ホタテ卵巣発酵物から得た脂質のうち、特に脂肪酸エステル量が発酵の進行に伴い増大した。このことより、脂質が麴のリパーゼによって加水分解され、さらに遊離脂肪酸の一部は、酵母によって生成されたエタノールとの反応により、発酵中に脂肪酸エステルが生成されたと考えられた。生じた脂肪酸エステルは、主として、ミリスチン酸(C14:0)エチル、パルミチン酸(C16:0)エチル、オレイン酸(C18:1)エチル、EPA(C20:5)エチル、およびDHA(C22:6)エチルからなることも分かった。

遊離脂肪酸とそのエステルの酸化安定性を比較した場合、後者の方が酸化安定性に優れている。したがって、麴リパーゼにより EPA や DHA が遊離脂肪酸として切り出されたまま存在せず、アルコールとエステルを形成することで、脂質全体の酸化安定性向上に寄与しているものと考えられた。また、一般にバルクの状態で EPA や DHA は、リン脂質形態となることで高い酸化安定性を示すが、この高い酸化安定性には少量のトコフェロールの存在が必要であり、少量の EPA または DHA 含有リン脂質とトコフェロールの存在により、魚油の酸化安定性が著しく向上するとされている。発酵によりリン脂質は減少しているとはいえ、まったく消失したわけではなく、少量残存しているリン脂質とトコフェロールの存在が、発酵物中の脂質の高い酸化安定性に寄与するその他の要因と考えられた。

第3章では、ホタテ卵巣発酵物脂質の栄養機能について *in vitro* で検討した。検討の指標には、白色脂肪細胞の分化、および機能調節のマスターレギュレーターである核内受容体のペルオキシソーム増殖剤応答受容体 PPAR γ の活性化に与える影響を用いた。PPAR はリガンド依存的に活性化され、様々な脂質合成関連遺伝子の発現に関わるため、PPAR γ の活性化は、脂肪やエネルギー代謝異常の改善につながる。ホタテ卵巣発酵物中の脂質には PPAR γ のリガンドとなりうる EPA や DHA が存在し、摂取した場合にこれらが何らかの生体機能を発揮する可能性がある。こうした背景のもと、ホタテ卵巣発酵物の脂質による PPAR γ 活性化能を測定したところ、発酵が進むにつれて活性が上昇することが見出された。上述のように、発酵により脂肪酸エチルエステルが増加していたので、この画分が活性本体ではないかと類推し、発酵後の脂質からエチルエステル画分を回収してその活性を測定した。その結果、分画したエステル画分には PPAR γ 活性化能が認められ、かつ、ホタテ卵巣脂質を強制的にエチルエステル化すると PPAR γ 活性化能が増大することが分かった。標品の EPA エチル、DHA エチルにも強い PPAR γ 活性化能が認められたので、ホタテ卵巣発酵物脂質の示した PPAR γ 活性化能の主体は、脂質中に含まれる EPA エチルおよび DHA エチルと考えられた。ただし、EPA エチルや DHA エチル単独よりもエチルエステル画分全体の方がより強い活性を示した。遊離脂肪酸による PPAR γ 活性化能に関する報告は多いが、脂肪酸エステルによる PPAR γ 活性化を明らかにした例はこれまでほとんどなく、新たな知見であると考えられた。この点について今後動物実験などを用いたさらなる検討が必要であると考えられた。

高度不飽和脂肪酸に富んだ水産資源を喫食することは疾病予防に有効であるとされている。本研究の成果より、高度不飽和脂肪酸を発酵食品の形態にすることにより、酸化によ

る劣化を回避して、長期間安定に維持できることが見出された。また、発酵により脂質の形態などは変化し、より機能性に優れた成分の生成も予測できた。これらの結果は、生体にとって重要な栄養素である高度不飽和脂肪酸の安定で安全な新たな供給法を示すものであり、未利用低利用の水産資源や廃棄される水産資源の有効活用にも大きく資するものであると考えられた。