

	ゴラム ラスル
氏 名	Md. Golam Rasul
本籍（国籍）	バングラデシュ人民共和国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連論第188号
学位授与年月日	令和4年9月26日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当論文博士
研究科及び専攻	連合農学研究科
学位論文題目	Effects of drying, packaging and storage condition on the quality and shelf life of dried fishery products （乾燥水産物の品質と貯蔵寿命に及ぼす乾燥法、包装および貯蔵条件の影響）
学位審査委員	主査 岩手大学准教授 袁 春紅 副査 岩手大学准教授 折笠 貴寛 副査 山形大学教授 永井 毅 副査 弘前大学准教授 前多 隼人 副査 岩手大学教授 高木 浩一

論 文 の 内 容 の 要 旨

This study analyzed the chemical and microbiological hazards of dried seafood products in Bangladesh and investigated the effects of drying, packaging and storage on biochemical, microbiological and sensory properties of dried fishery products of Bangladesh.

In chapter 1, the state of knowledge regarding the contamination level of dried fish by heavy metals, harmful pesticides for human, degree of lipid oxidation and status of microbial quality of dried fishes from several districts in Bangladesh was studied. Results revealed that several common dried fish contaminated with excess amount of heavy metals (Pb, Cd, Cr etc.), pesticide residue (dichlorodiphenyltrichloroethane, heptachlor, endrin, aldrin, di-eldrin), more lipid oxidation products, excess total plate count (TPC) and presence of highly pathogenic *E. coli*, *Salmonella* sp. *Vibrio* sp. found in few dried fish can cause substantial human health hazard after consumption. The possible factors of these hazards are traditional drying, use of illegal pesticides with higher

dose, lack of maintaining proper hygiene, sanitation, packaging, storage, distribution, and water pollution. Moreover, factors influencing quality and safety of dried fishery products were also studied. To reduce quality loss of dried fishery products, excellent quality raw materials with vacuum drying, oven drying, solar tunnel drying with different pre-treatments of chlorinated wash, bleeding, gutting, blanching, ultrasound, and treatment with various plant extracts as clove, *M. oleifera*, tea polyphenol and salt along with clove extract have a broad potential application for the improvement of quality and safety of the dried products. Moreover, various chemical preservatives have also been found to be effective in increasing better organoleptic scores of the products although they have potential carcinogenic and toxic effects on human health. Drying temperature and relative humidity should be below 60°C and 10-43%, respectively to prevent loss of nutrients, quality decrease and consumer acceptability. Multilayer plastics, polyethylene films of high gauge, poly vinyl alcohol film containing 2% green tea extract along with vacuum packaging and oxygen scavenger packaging ensure the best quality protective effectiveness to prevent the dried fishery products from absorbing moisture and oxidizing of lipid. Recommended storage conditions for dried products are <60% relative humidity and temperature from 0-10°C; low oxygen levels of 0.5%. Low dose gamma irradiation (<5 kGy) reduces microbial loads, extends the shelf life and improves the taste and texture of dried fish. Ultraviolet light treatment, 10 mins cold oxygen plasma treatment, 3 mins atmospheric plasma treatment, corona discharge plasma (0-3 mins) and high hydrostatic pressure effectively inactivate the microbial contaminants from dried fishery products with better sensory properties. These findings will be helpful to develop an effective quality control and assurance program for producing safe fishery products for domestic consumption as well as earning foreign currency.

In chapter 2, the effects of different drying methods with different pre-treatments on the physico-chemical, microbiological and sensory properties of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Megalaspis cordyla* were evaluated. Results showed that the dried fish produced by solar tunnel drying method were rehydrated more rapidly than the products produced by traditional, improved and improved (T+C) drying methods. The protein, lipid and ash contents were found no significant ($p > 0.05$) difference among different drying methods on dry matter basis. Significantly ($p < 0.05$) the lowest moisture and total volatile base nitrogen (TVB-N) contents were observed in dried fish produced by solar tunnel drying method. Significantly the highest peroxide value, acid value, carbonyl value and aerobic plate count were found in traditionally produced dried fish compared to the fish dried by improved, improved (T+C) and solar tunnel drying methods. Sensory evaluation results revealed that solar dried products showed superior quality than the products produced by traditional and improved drying methods. The results revealed that the dried fish produced by solar tunnel drying method indicated the best product in terms of physico-chemical, microbiological and sensory aspects.

In chapter 3, sun dried *Trichogaster fasciata* was stored with airtight polyethylene bags at room temperature to investigate the changes in physical, chemical, microbiological and sensory characteristics for 90 days. Moisture content of *T. fasciata* was significantly ($p < 0.05$) increased from 15.1% to 17.8% during the storage period. No significant ($p > 0.05$) difference was observed in protein, lipid and ash contents on dry matter basis during storage. However, amount of lipids of the dried fish slightly decreased with the increasing of storage time. The pH value of dried *T. fasciata* decreased significantly from 6.5 to 5.9 during the storage period. The peroxide value (PV) increased from 13.8 to 27.9 meq/kg of lipid. Similarly, acid value and

conjugated diene of the lipids increased significantly, and this result suggested that lipid oxidation occurred over this period. Microbial load also increased from 1.1 to 8.4 log CFU/g with the increasing of storage time. However, according to the results during storage within 60 days, the PV of the lipid was 19.17 meq/kg, lower than the regulation, and the results of the sensory evaluation and physical characteristics of dried *T. fasciata* (water reconstitution rate > 40%, pH > 6.0), it was found that dried *T. fasciata* was edible and acceptable for human consumption up to 60 days of storage.

In chapter 4, this experiment was conducted to investigate the effects of *Moringa oleifera* water extract pre-treatment (1.5, 2.5 and 3.5%) and vacuum packaging on quality and lipid oxidation of sun dried Punti (*P. sophore*) during storage at ambient temperature for 7 months. Biochemical, aerobic plate count, and sensory changes of dried *P. sophore* were monthly analyzed. Total phenolic content, total flavonoid content and DPPH radical scavenging activity of moringa water extracts were also evaluated. Moringa water extracts had potent antioxidant activity. Moringa extract treated and vacuum-packed dried fishes showed lower aerobic plate count, total volatile base nitrogen than the untreated vacuum-packed samples. Vacuum packaging and moringa treatment significantly reduced the lipolysis (acid value) and oxidation of lipid (peroxide value and thiobarbituric acid reactive substance) in *P. sophore*. Application of moringa did not affect significantly on the sensory properties of the product. Results demonstrated that pre-treatment with moringa water extract (2.5%) and vacuum packaging could be an alternative to reduce the quality deterioration and lipid oxidation and improve the quality as well as shelf life of this dried product during processing and storage.

According to the research, the physico-chemical, microbiological and sensory quality and shelf life of dried products greatly influenced by various

processing, drying methods, packaging methods and storage conditions. Further studies might be carried out the effects of packaging materials and techniques, and storage temperature on quality characteristics and shelf life of dried fishery products.

論文の内容の要旨（日本語訳）

本研究はバングラデシュの水産物乾製品の化学的および微生物的危険性分析に着目し、乾燥、包装、貯蔵がバングラデシュの乾燥水産物に及ぼす生化学的、微生物学および官能特性への影響について調べた。

第1章では、バングラデシュのいくつかの地域における水産物乾製品の重金属汚染、有害農薬汚染、脂質酸化レベル、微生物の品質状態を調べた。その結果、いくつかの一般的な乾製品には、基準値を超える重金属（Pb、Cd、Cr など）や残留農薬（ジクロロジフェニルトリクロロエタン、DDT、ヘプタクロロ、エンドリン、アルドリン、ディルドリン）、多量な脂質酸化生成物、基準値を超える生菌数（TPC）や高病原性大腸菌、サルモネラ（*Salmonella sp.*）、ビブリオが含まれていた。一部の乾製品は、摂食後、人体の健康に深刻な危害を及ぼすことが報告されている。これらの害の要因として考えられるのは、伝統的な乾燥である。違法な殺虫剤の使用量が多く、適切な作業衛生、環境衛生、包装、保管、運送、水質汚染処理が維持されていない。水産物乾製品の品質や安全性に影響を与える要因について検討した。乾製品の品質損失を減らすために、高品質な原材料に、真空乾燥、オーブン乾燥、太陽エネルギートンネル乾燥および塩素化溶液洗浄、放血、内臓除去、加熱処理、超音波処理等の各種前処理を施し、数種植物由来の抽出物（ライラック、クローブ、オリーブ、茶ポリフェノール、塩チョウジ）の利用により、製品の品質と安全性を高めることを報告された。また、様々な化学防腐剤は、人の健康に対する潜在的な発がん性や毒性の影響を与える可能性があるが、製品の官能評価スコアを高める効果があることも明らかにした。60°C未満の乾燥温度、10~40%の相対湿度は栄養成分の流失を防ぎ、品質維持、消費者の受容性を維持する効果があった。多層プラスチック、高規格ポリエチレンフィルム、

緑茶抽出物を 2%含有するポリビニルアルコールフィルム、真空包装及び酸素吸収剤包装は乾燥水産物の吸湿及び脂質酸化に対する最適な品質維持効果があった。乾燥製品の推奨保管条件は、相対湿度が 70%未満、温度が 0~10℃であった。0.5%の低酸素レベル、低線量 (<5kGy) γ 線照射により、微生物負荷の低減、賞味期限の延長、乾製品の食味または食感の改善を図ることができた。紫外線処理、10 分間の冷酸素プラズマ処理、3 分間の常圧プラズマ処理、コロナ放電プラズマ (0~3 分間)、高静水圧処理は、乾燥水産物中の微生物汚染物質を効果的に不活性化し、官能特性も高かった。本研究で得られた結果は、バングラデシュの国内消費や外貨獲得のため安全な水産物を生産する有効な品質管理・保証プログラムの開発に役立つと思われる。

第 2 章では、異なる乾燥方法、異なる前処理がハクレン *Hypophthalmichthys molitrix* と オニアジ *Megalaspis cordyl* の理化学的、微生物学的特性と官能評価に与える影響を検討した。その結果、ソーラートンネル乾燥法により製造された乾製品は、改良型 (T+C) 乾燥法で製造されたものより復水速度が速いことが判明した。乾燥方法による蛋白質、脂肪、灰分の含有量の差は、乾燥物ベースでは有意ではなかった ($p > 0.05$)。ソーラートンネル乾燥法により製造された乾製品は、水分および総揮発性塩基性窒素 (TVB-N) の含有量が最も低かった ($p < 0.05$)。一方、従来型で製造された乾製品の過酸化値、酸価、カルボニル価及び一般生菌数は、改良型 (T+C) 及び太陽トンネル乾燥法と比較して、著しく高かった。官能評価の結果、ソーラー乾燥法は伝統型乾燥方法及び改良型乾燥方法よりも優れた品質を有することが示された。その結果、ソーラートンネル乾燥法で生産した乾製品は理化学的並びに、微生物学的特性と官能特性においてすべて最良の製品であることが明らかになった。

第 3 章では密閉ポリエチレン袋を用いて、*Trichogaster fasciata* (*T.Fasciata*) を 90 日間常温貯蔵し、その物理的、化学的、微生物学的特性並びに官能特性の変化を検討した。*T.fasciata* の含水率は貯蔵期間中、15.1%から 17.8%に有意に増加した ($p < 0.05$)。乾燥物中の蛋白質、脂質、灰分含有量は、

貯蔵中に有意差がなかった ($p > 0.05$)。しかし、保存期間が長くなるにつれて、魚肉の脂質含有量はわずかに低下した。乾燥 *T.Fasciata* の pH は 90 日の貯蔵期間中、6.51 から 5.94 に著しく低下した。脂質の過酸化物価 (POV) は 13.84 meq/kg から 27.87 meq/kg に上昇した。同様に、脂質の酸価や共役ジエンも著しく増加しており、脂質の酸化進行が示唆された。貯蔵期間の延長に伴い、一般生菌数も 1.13 から 8.37log CFU/g に増加した。一方、60 日保管の結果では、乾燥物の脂質の POV が 19.17 meq/kg、規定より低く、また官能特性および物理的特性 (復水率 $> 40\%$ 、 $\text{pH} > 6.0$) の結果も、*T.Fasciata* は 60 日以内の保管は可食可能であることが分かった。

第 4 章では、7 ヶ月間の常温保存下の天日干しプルバーブ (*Puntius sophore*) の品質に与えるモリンガ抽出液を用いた前処理 (1.5%、2.5%、3.5%) と真空パック包装の影響を検討した。月ごとに、生化学的特性、一般生菌数、官能特性を調査した。また、モリンガ抽出物の総フェノール含量、総フラボノイド含量及び DPPH ラジカル消去活性も評価した。モリンガ抽出物処理済、真空包装された魚肉は、未処理肉に比較して、好気性細菌数および総揮発性塩基性窒素が低かった。モリンガと真空包装処理により、プルバーブに含有する脂肪分解 (酸価) と脂質酸化 (過酸化物価とチオバルビツール酸反応物量) が大幅に低下した。モリンガ抽出物の使用は、製品の官能特性に明らかな影響を与えなかった。以上の結果から、2.5%モリンガ抽出液に前処理と真空包装を採用することによって、乾燥製品の貯蔵中の品質劣化を抑制し、製品の品質と保存性を高める効果があることを示唆した。

以上の研究結果から、異なる加工方法、乾燥方法、包装方法ならびに貯蔵条件は乾燥製品の理化学的特性、微生物学的特性、官能特性と賞味期限に大きな影響を与えることを明らかとなった。今後包装材料、包装技術、貯蔵温度が乾燥水産物の品質特性と賞味期限に与える影響を注目したい。

論文審査の結果の要旨

本研究はバングラデシュの水産物乾製品の化学的および微生物的危険性分析に着目し、乾燥、包装、貯蔵がバングラデシュの乾燥水産物に及ぼす生化学的、微生物学および官能特性への影響について調べた。

第1章では、バングラデシュにおける水産物乾製品の重金属汚染、有害農薬汚染、脂質酸化レベル、微生物の品質状態を調べた。その結果、いくつかの一般的な乾製品には、基準値を超える重金属 (Pb、Cd、Cr など) や残留農薬、多量な脂質酸化生成物、および生菌数や高病原性大腸菌、サルモネラ、ビブリオが含まれていた。これまで伝統的な乾燥方法で違法な殺虫剤の使用量が多く、適切な衛生管理、包装、保管、運送、水質汚染処理が維持されていない現状であった。そして、水産物乾製品の品質や安全性に影響を与える要因について詳細に検討し、原材料の鮮度、乾燥方法、洗浄前処理を行い、植物由来の抽出物の利用により、製品の品質と安全性を高めることが可能であった。

第2章では、異なる乾燥方法、異なる前処理がハクレン *Hypophthalmichthys molitrix* とオニアジ *Megalaspis cordyl* の理化学的、微生物学的特性と官能評価に与える影響を検討した。その結果、ソーラートネル乾燥法により製造された乾製品は、改良型 (T+C) 乾燥法で製造されたものより復水速度が速い、水分および総揮発性塩基性窒素 (TVB-N) の含有量が最も低かった ($p < 0.05$)。脂質の過酸化値 (PV)、酸価、カルボニル価及び一般生菌数においても最良の製品であることが明らかになった。

第3章では密閉ポリエチレン袋を用いて、*Trichogaster fasciata* を60日間常温貯蔵の試験をおこなった。その結果、乾燥物の脂質のPVが19.17 meq/kgであり規定より低く、また官能特性および物理的特性 (復水率 $> 40\%$ 、 $\text{pH} > 6.0$) であった。この結果から、*T. Fasciata* は60日以内の保管は可食可能であることが明らかになった。

第4章では、7ヶ月間の常温保存下の天日干しプールバーク (*Puntius sophore*) の品質に与えるモリンガ抽出液を用いた前処理 (1.5%、2.5%、3.5%) と真空パック包装の影響を検討した。モリンガ抽出物処理済、真空包装された魚肉は、未処理肉に比較して、好気性細菌数および総揮発性塩基性窒素が低かった。また2.5%モリンガ抽出液に前処理と真空包装を採用することによって、脂肪分解や脂質酸化が大幅に減少し、製品の品質と保存性を高める効果があることが示唆された。

以上の研究結果から、異なる加工方法、乾燥方法、包装方法ならびに貯蔵条件は乾燥製品の理化学的的特性、微生物学的特性、官能特性と賞味期限に大きな影響を与えることを明らかとなった。本研究で得られた結果は、バングラデシュの国内消費や外貨獲得のための安全な水産物を生産に有効な品質管理・保証プログラムの開発に役立つと思われる。今後包装材料、包装技術、貯蔵温度が乾燥水産物の品質特性と賞味期限に与える影響を注目したい。

以上より、本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士 (農学) の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

【以下、学位論文の基礎となる学術論文】

学位論文の基礎となる学術論文
主論文

Main Papers

1. M.G. Rasul, B.C. Majumdar, F. Afrin, M.A.J. Bapary and A.K.M.A. Shah (2018)
Biochemical, microbiological, and sensory properties of dried silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) influenced by various drying methods.
Fishes 3: 25.
2. M.G. Rasul, B.C. Majumdar, F. Afrin, M. Jahan, C. Yuan and A.K.M.A. Shah (2019)
Physico-chemical, microbiological and sensory changes in sun-dried *Trichogaster fasciata* during storage.
Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology 7(10): 1568-1574.
3. M.G. Rasul, C. Yuan and A.K.M.A. Shah (2020)
Chemical and microbiological hazards of dried fishes in Bangladesh: A food safety concern.
Food and Nutrition Sciences 11: 523-539.
4. M.G. Rasul, I.E. Kabir, C. Yuan and A.K.M.A. Shah (2021)
Effects of drying methods on physico-chemical, microbiological and sensory properties of Torpedo Scad (*Megalaspis cordyla*).
Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences 10(6): 1-6.
5. M.G. Rasul, C. Yuan, K. Yu, K. Takaki and A.K.M.A. Shah (2022)
Combined effect of Moringa (*Moringa oleifera*) water extracts and vacuum packaging on the quality and lipid oxidation of the sun dried Punti (*Puntius sophore*) during storage.
Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries 26(1): 639-653.
6. M.G. Rasul, C. Yuan, K. Yu, K. Takaki and A.K.M.A. Shah (2022)
Factors influencing the nutritional composition, quality and safety of dried fishery products.
Food Research (掲載証明付).