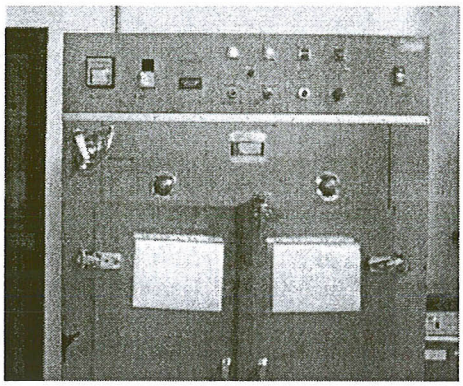
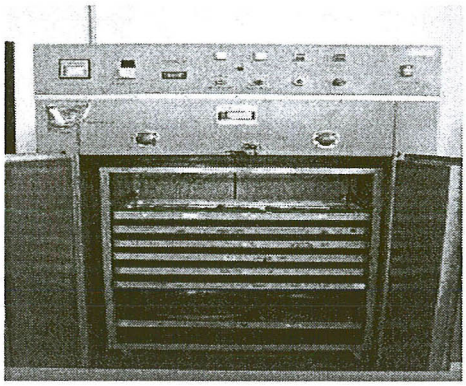
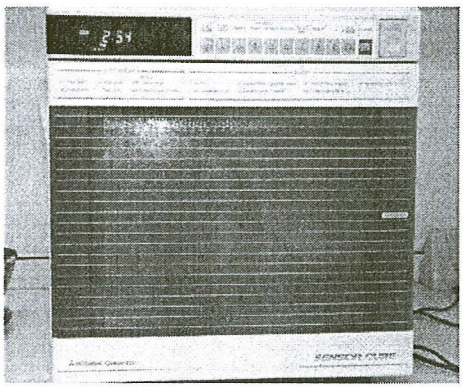
ภาคผนวก

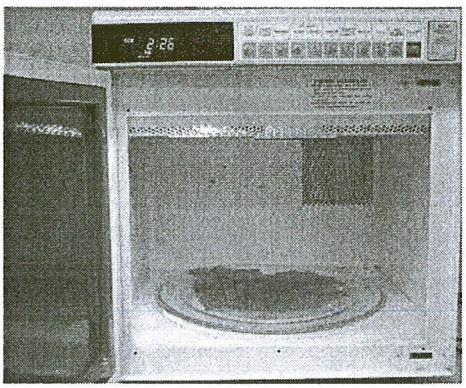
ภาคผนวก ก. เครื่องมือที่ใช้อบแห้งปลาบดแผ่นในแต่ละสภาวะ



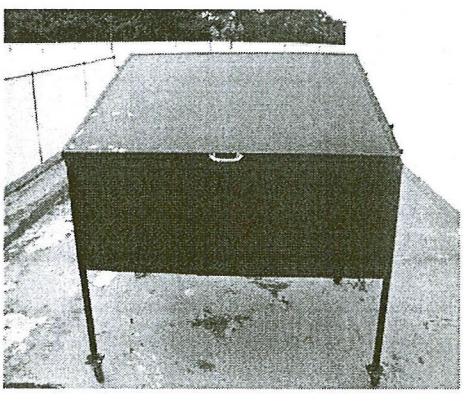


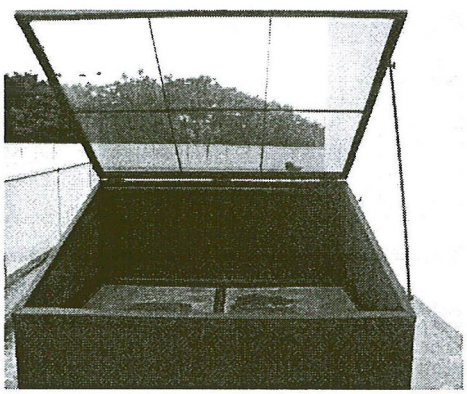
ตู้อบลมร้อน(Tray dry)





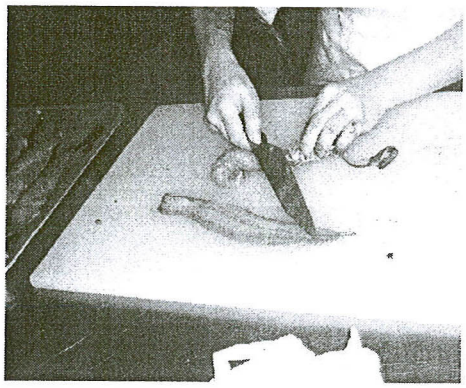
ไมโครเวฟ (Microwave oven)



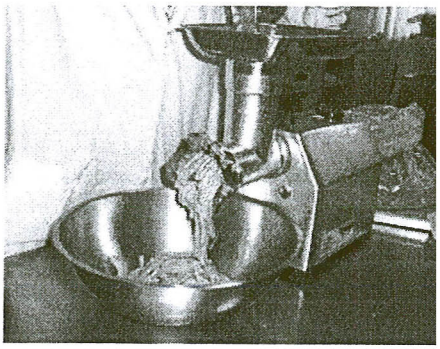


ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar dryer)

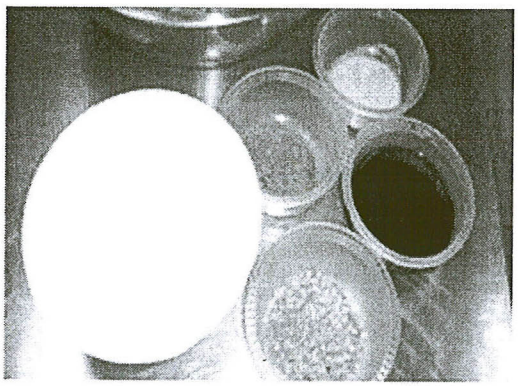
ภาคผนวก ข. ภาพกระบวนการผลิตปลาบดแผ่นอบแห้งทอดกรอบและภาชนะบรรจุแอคทีฟ



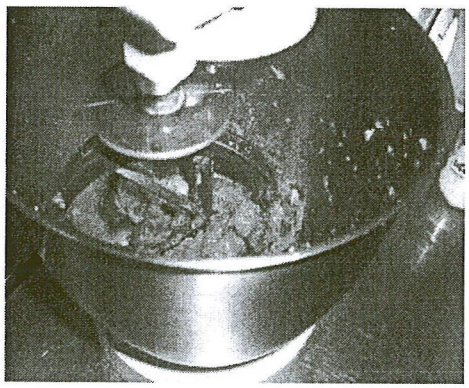
แล่ปลาเนื้อ/ลอกหนัง



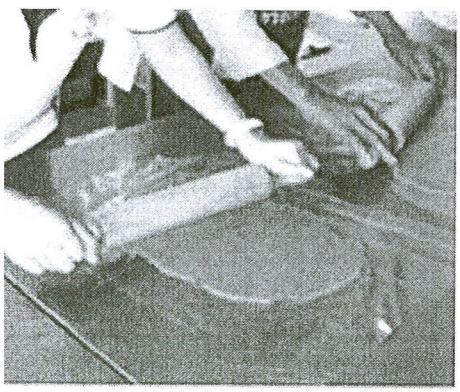
บดเนื้อปลา



เตรียมเครื่องปรุง



ปั่นให้เข้ากัน



รีดเป็นแผ่นเรียบบาง

ปลาบดแผ่นแห้ง

ตัดเป็นแผ่น ขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว

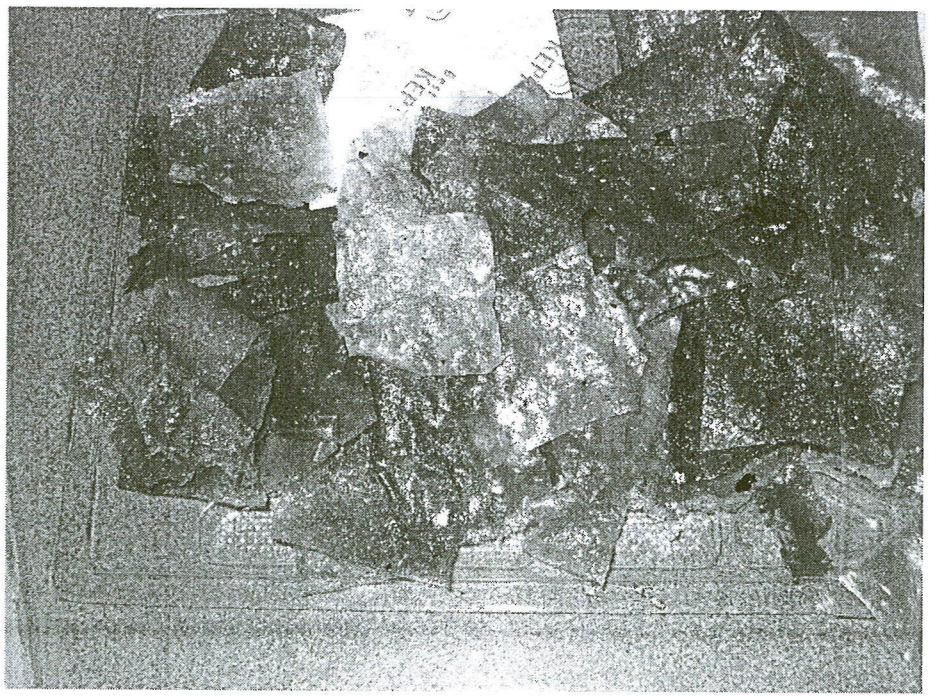
ทอดและซับน้ำมัน

ปลาบดแผ่นกรอบ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

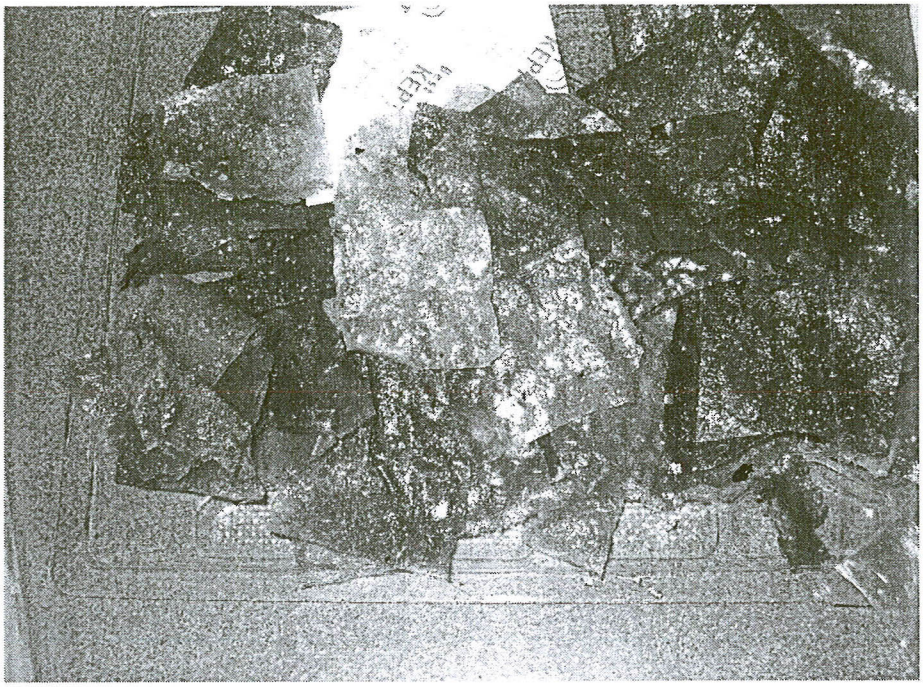
ถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (PP)	ถุงพลาสติก PP + ถุงดูดออกซิเจน	ถุงพลาสติก PP + ถุงดูดความชื้น

รูป 8 ตัวอย่างปลาแผ่นกรอบที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด



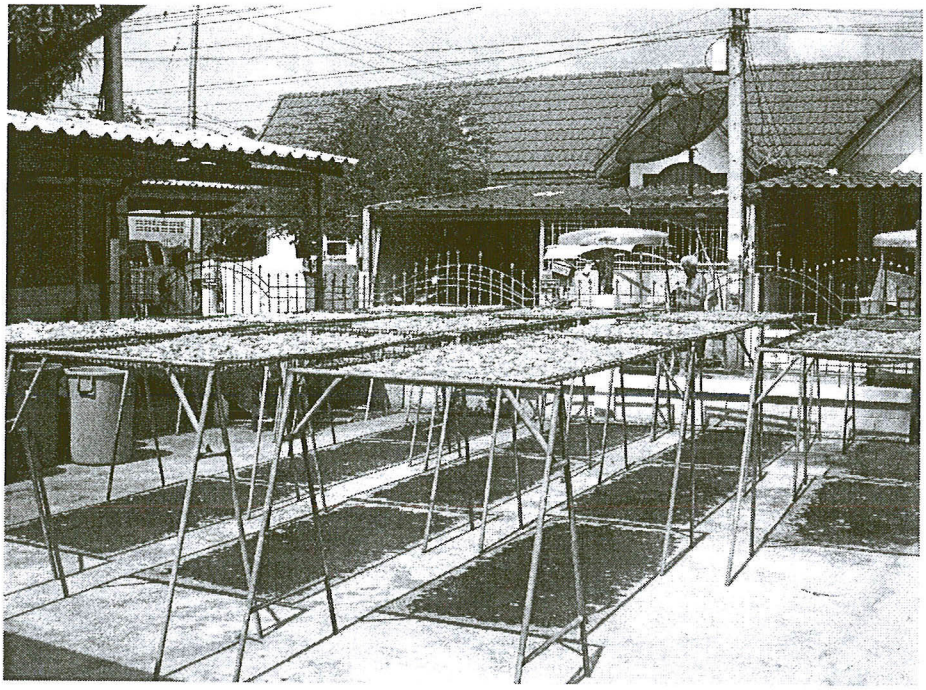
รูป 9 ปลาบดแผ่นกรอบในถาดพลาสติกโพลิโพรพีลีนร่วมกับถุงดูดออกซิเจน

ภาคผนวก ค. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรแม่ลาสิงห์บุรี

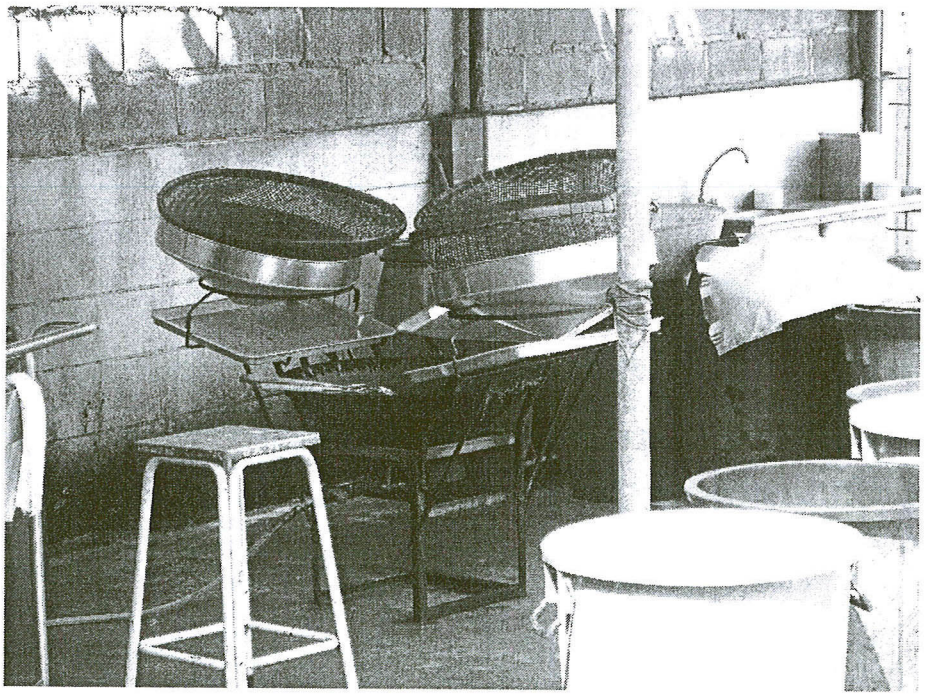


เผยแพร่การประยุกต์ใช้วิธีบรรจุผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นกรอบในถาดพลาสติกร่วมกับถุงดูดออกซิเจน

ตัวแทนผู้ประกอบการกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรแม่ลาสิงห์บุรี



ตะแกรงทำแห้งและลานตากผลิตภัณฑ์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีที่ไม่ใช้ตู้อบลมร้อน



ลานทอดผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์การทอด

ภาคผนวก ง. การถ่ายทอดเทคโนโลยีในการประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ

1. นำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 3" ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 14-16 มีนาคม 2554 โดยมีเอกสารต่อไปนี้
    1.1 ผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ในงานประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 3
    1.2 Proceeding of วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 3
    1.3 เกียรติบัตรรางวัลประเภทการนำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ดีเด่น กลุ่มที่ 1 สาขาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และพลังงาน วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ศึกษา
2. นำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ "12th ASEAN Food Conference" ณ อาคารไบเทค กรุงเทพมหานคร ระหว่างวันที่ 16-18 มิถุนายน 2554 ซึ่งจัดทุก 2 ปี โดยการหมุนเวียนระหว่างสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารของกลุ่มประเทศอาเซียน โดยมีเอกสารต่อไปนี้
    1.4 ผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 12th ASEAN Food conference
    1.5 Proceeding of 12th ASEAN Food Conference (Session D: Food Processing and Packaging)
    1.6 โล่ห์และเกียรติบัตรรางวัลที่ 1 BEST ASEAN POSTER AWARD "The Winner" สำหรับการนำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ดีเด่น

Optimization of drying-process efficiency and shelf-life extension by active packaging in crispy minced-fish snacks.

Ratanatriwong, P.A.[1,*], WongSa-Ngasri, W.[2], Suwansri, S.[1], Thanasukarn, P.[1]

[1]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Pitsanulok, 65000, Thailand.
[2]Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Kasetklang, Jatuchak, Bangkok, 10900, Thailand.
*Corresponding author: ..... 66-55-962743 (Tel); 66-55-962703(Fax)

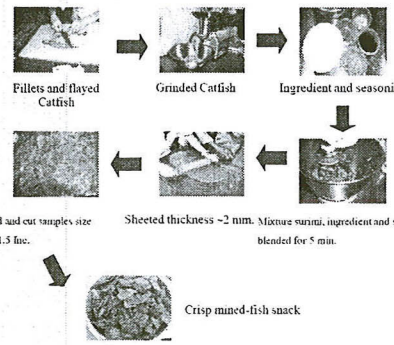
Abstract

The traditional drying process of minced fish sheet uses either solar drying or hot-air ovens that require a long period of time. The products also have a short shelf-life due to poor packaging. This research explored improving process efficiency by drying time optimization and extending shelf-life by active packaging technology. Drying processes were hot-air oven, microwave heating, and a combination of both. Physical properties of samples were compared with a control which was processed by hot-air oven at 45°C for 4 hr. Then, all samples were fried and packed in various packages including polypropylene bag (PP) as control, PP with oxygen-absorber sachet and PP with moisture-absorber sachet. Sample qualities were determined and compared during storage at 30°C. For hot-air oven, increasing temperature and time raised the drying rate of treatments, resulting in samples with lower moisture content, water activity and slightly darker color than control ($p \leq 0.05$). For microwave heating, treatment at power of 50 Watts for 6 min and 30 Watt for 6-8 mins achieved moisture content and water activity that were closer to control ($p > 0.05$). However, samples treated with lower power resulted in a yellowish-brownish color which was more desirable. The combination of microwave heating and hot-air oven significantly reduced drying time ($p \leq 0.05$), and the optimum condition was using microwave at 30 Watts for 8 min followed by hot-air oven of 45°C for 1 hr. During storage, moisture content, water activity and TBA increased whereas crispness decreased with increasing storage time. Using oxygen absorber resulted in samples with the least oxidation judging by TBA changes. Using moisture absorber achieved samples with the least moisture content, resulting in better texture. According to standard for total plate count and yeast & mold count, samples could be stored up to 60 days. Thus, active packaging could be an alternative way to extend shelf-life of crispy minced-fish snacks.

Introduction

The minced fish snack are developed as an alternative to value-added products from Catfish. The traditional drying process of minced fish sheet uses either solar drying or hot-air ovens that require a long period of time. The products also have a short shelf-life due to poor packaging. This research explored improving process efficiency by drying time optimization and extending shelf-life by active packaging technology

Preparation of crisp minced-fish snack



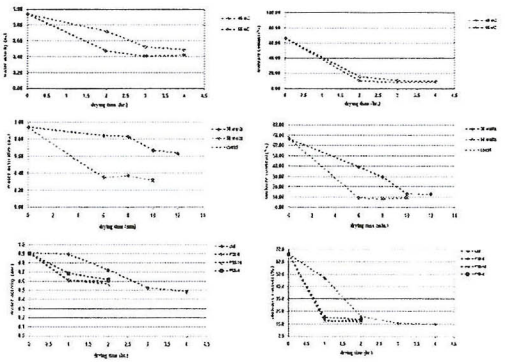
Physical and chemical properties of sample including moisture content (Sartourius, MA40, Germany), water activities (a_w) (Novasina-RS 200, Switzerland), hardness (Instron Texture Analyzer) and color value (L*,a*, b*) (CR10, Konica Minolta sensing Inc., Osaka, Japan). Data was statistically analyzed using the analysis of variance (ANOVA). Samples were compared with a control which was processed by hot-air oven at 45 °C for 4 hr. The suitable drying condition was selected to be used in the next experiments.

2. Study the extending shelf-life crisp mined-fish snacks by active packaging technology.

The sample were fried and packed in various packages including polypropylene bag (PP) as control, PP with oxygen-absorber sachet, PP with moisture-absorber sachet, PP with moisture-absorber and oxygen-absorber sachet. Physical and chemical qualities of sample were determined and compared as described in (1.), the 2-thiobarbituric acid value (TBA), total plate count and yeast & mold, during time storage for 90 days at 30 °C.

Results and Discussion

For hot-air oven, increasing temperature and time raised the drying rate of treatments, resulting in samples with lower moisture content, water activity and slightly darker color than control ($p \leq 0.05$).



For microwave heating, treatment at power of 50 Watts for 6 min and 30 Watt for 6-8 mins achieved moisture content and water activity that were closer to control ($p > 0.05$). However, samples treated with lower power resulted in a yellowish-brownish color which was more desirable.

The combination of microwave heating and hot-air oven significantly reduced drying time ($p \leq 0.05$), and the optimum condition was using microwave at 30 Watts for 8 min followed by hot-air oven of 45°C for 1 hr.

During storage, moisture content, water activity and TBA increased whereas crispness decreased with increasing storage time. Using oxygen absorber resulted in samples with the least oxidation judging by TBA changes. Using moisture absorber achieved samples with the least moisture content, resulting in better texture. According to standard for total plate count and yeast & mold count, samples could be stored up to 60 days.

Conclusion

The optimize of drying conditions were 30 watts of microwave power for 8 minutes followed the hot-air oven of 45 °C for 1 hr. During storage using oxygen-absorber resulted in sample with the least oxidation judging by TBA changes. Using moisture –absorber achieved sample with the least moisture content, resulting in better texture. According to standard for total plate count and yeast & mold count, samples could be an alternative way to extend shelf-life of crispy mined-fish snacks.

References

Jammake J.(1993). Food science and technology, Department of food science and technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, P.173-178.

Thanamaratwasik P. (1989). Food processing, Department of Agro-Industry, Faculty of natural resource, Prince of Songkla University, Hat Yai, P.52-55

Thai Industrial Standard Institute. Thai Community Product Standard "[illegible]" 2004, (TCPS 1040/2548), P. 1-6

Mexis, F.S., Kontominas, G.M. (2010). Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage condition on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*). *LWT., 43*, P.1-11

Acknowledgement

Financial supports from Government Budgets 2010 and The Thai Research Fund 2010

ผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ในงานประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 3

Faculty of Science
Naresuan University

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

RESEARCH 3

ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์, พิสิฐ วงศ์สง่าศรี, ศจี สุวรรณศรี และปริตา ธนสุกาญจน์

ได้รางวัลประเภทการนำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ดีเด่น

กลุ่มที่ 1 สาขาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และพลังงาน วัสดุศาสตร์ และ
วิทยาศาสตร์ศึกษา

เรื่อง การศึกษาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้งและสารแต่งแบบแอคทีฟเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา
ปลาบดแผ่นกรอบที่ผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชน

ในการประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 3
ในระหว่างวันที่ 14-15 มีนาคม 2554 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ บุณยรักษ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

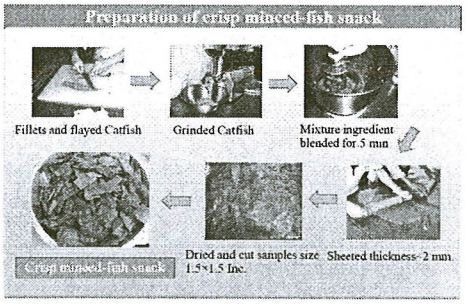
Optimization of drying-process efficiency and shelf-life extension by active packaging in crispy minced-fish snacks.

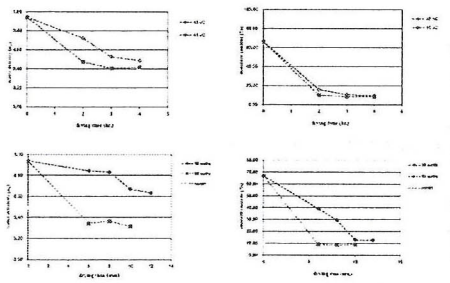
Ratanatriwong, P.A.[1,*], WongSa-Ngasri, W.[2], Suwansri, S.[1], Thanasukarn, P.[1]

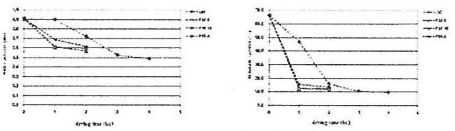
[1]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Pitsanulok, 65000, Thailand.
[2]Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Kasetklang, Jatuchak, Bangkok, 10900, Thailand.
*Corresponding author: [redacted], 66-55-962743 (Tel), 66-55-962703(Fax).

Abstract

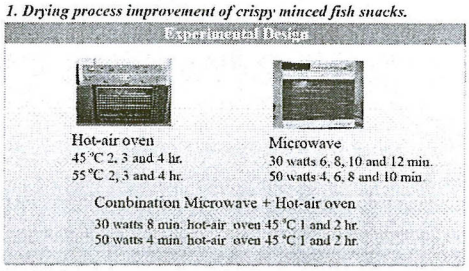
The traditional drying process of minced fish sheet uses either solar drying or hot-air ovens that require a long period of time. The products also have a short shelf-life due to poor packaging. This research explored improving process efficiency by drying time optimization and extending shelf-life by active packaging technology. Drying processes were hot-air oven, microwave heating, and a combination of both. Physical properties of samples were compared with a control which was processed by hot-air oven at 45°C for 4 hr. Then, all samples were fried and packed in various packages including polypropylene bag (PP) as control, PP with oxygen-absorber sachet and PP with moisture-absorber sachet. Sample qualities were determined and compared during storage at 30°C. For hot-air oven, increasing temperature and time raised the drying rate of treatments, resulting in samples with lower moisture content, water activity and slightly darker color than control ($p \leq 0.05$). For microwave heating, treatment at power of 50 Watts for 6 min and 30 Watt for 6-8 min achieved moisture content and water activity that were closer to control ($p > 0.05$). However, samples treated with lower power resulted in a yellowish-brownish color which was more desirable. The combination of microwave heating and hot-air oven significantly reduced drying time ($p \leq 0.05$), and the optimum condition was using microwave at 30 Watts for 8 min followed by hot-air oven of 45°C for 1 hr. During storage, moisture content, water activity and TBA increased whereas crispness decreased with increasing storage time. Using oxygen absorber resulted in samples with the least oxidation judging by TBA changes. Using moisture absorber achieved samples with the least moisture content, resulting in better texture. According to standard for total plate count and yeast & mold count, samples could be stored up to 60 days. Thus, active packaging could be an alternative way to extend shelf-life of crispy minced-fish snacks.







1. Drying process improvement of crispy minced fish snacks.



Physical and chemical properties of sample including moisture content, water activities (a_w), hardness (Instron Texture Analyzer) and color value (L*,a*, b*). Data was statistically analyzed using the analysis of variance (ANOVA). Samples were compared with a control which was processed by hot-air oven at 45 °C for 4 hr. The suitable drying condition was selected to be used in the next experiments.

2. Study the extending shelf-life crisp minced-fish snacks by active packaging technology.

The sample were fried and packed in various packages including polypropylene bag (PP) as control, PP with oxygen-absorber sachet, PP with moisture-absorber sachet, PP with moisture-absorber and oxygen-absorber sachet. Physical and chemical qualities of sample were determined and compared as described in (1.), the 2-thiobarbituric acid value (TBA), total plate count and yeast & mold, during time storage for 90 days at 30 °C.

Results and Discussion

For hot-air oven, increasing temperature and time raised the drying rate of treatments, resulting in samples with lower moisture content, water activity and slightly darker color than control ($p \leq 0.05$).

For microwave heating, treatment at power of 50 Watts for 6 min and 30 Watt for 6-8 min achieved moisture content and water activity that were closer to control ($p > 0.05$). However, samples treated with lower power resulted in a yellowish-brownish color which was more desirable.

The combination of microwave heating and hot-air oven significantly reduced drying time ($p \leq 0.05$), and the optimum condition was using microwave at 30 Watts for 8 min followed by hot-air oven of 45°C for 1 hr.

During storage, moisture content, water activity and TBA increased whereas crispness decreased with increasing storage time. Using oxygen absorber resulted in samples with the least oxidation judging by TBA changes. Using moisture absorber achieved samples with the least moisture content, resulting in better texture.

Based on the Thai Community Product Standard of crisp fish sheet (TCPS 1040/2548), the total plate count of sample is not to exceed 1.0×10^4 colonies per gram (TCPS 2005). Therefore, only samples stored in the PP bag with oxygen absorber could be kept for 90 days. The other samples stored in different packaging conditions could be kept for a shorter time of 45-60 days before their total plate count values exceeded the product's standard limit. As for the yeast and mold count, the values increased during storage time however they did not exceed the standard for yeast and mold (100 colonies per gram) in samples.

Conclusion

The optimize of drying conditions were 30 watts of microwave power for 8 minutes followed the hot-air oven of 45 °C for 1 hr. During storage using oxygen-absorber resulted in sample with the least oxidation judging by TBA changes. Using moisture absorber achieved sample with the least moisture content, resulting in better texture. The shelf-life of sample was 45 day before being considered rancid whereas it was considered spoiled at 90-day storage based on the microbiological standard.

References

Jammake J.(1993). Food science and technology, Department of food science and technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. Bangkok, P.173-178.
Thammaratwasik P.(1989). Food processing. Department of Agro-Industry, Faculty of natural resource, Prince of Songkla University. Hat Yai. P.52-55
Thai Industrial Standard Institute. Thai Community Product Standard "[redacted]". 2004. (TCPS.1040/2548). P. 1-6
Mexis, F.S., Kontominas, G.M. (2010). Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage condition on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*). *LWT., 43*. P.1-11

Acknowledgement

The research was funded by the Office of the National Research Council of Thailand (NRCT) for Naresuan University fiscal year 2553.

ผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 12th ASEAN Food Conference

12TH ASEAN FOOD CONFERENCE 2011

12th ASEAN FOOD CONFERENCE 2011

Food Innovation : Key To Creative Economy

16-18 June, 2011, Bangkok, Thailand

CERTIFICATE OF THE WINNER

ASEAN BEST POSTER AWARD

PRESENTED TO

Ratanatriwong, P.A.

Mrs. Darinee Edwards

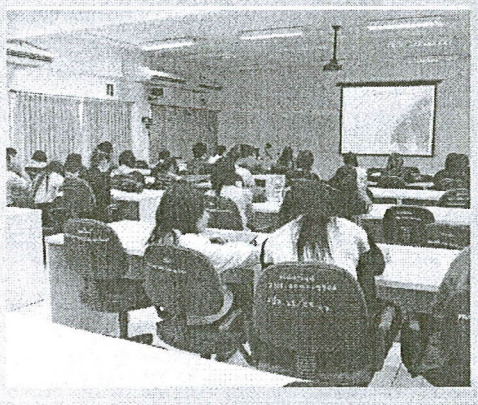
President

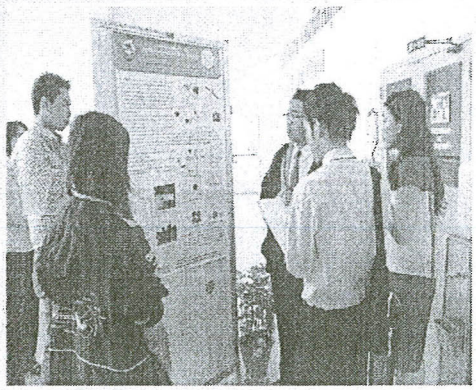
Food Science and Technology Association of Thailand (FoSTAT)

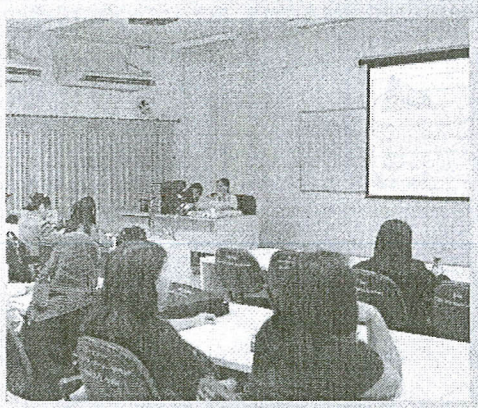
On Behalf of Institute of Food Science and Technology in ASEAN (IFSTA)

Organized by

FISA FoSTAT







Proceeding

การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 3

The 3rd Science Research Conference

วันที่ 14-15 มีนาคม 2554 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

หน้า

Oral Presentation

กลุ่มที่ 1 สาขาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และพลังงาน วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ศึกษา

⊙ ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำ และเซลล์แสงอาทิตย์ บริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก 1

⊙ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ต้นทุนต่ำสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานทางไฟฟ้าสถิต 6

⊙ การศึกษาและพัฒนาเตากลีเซอรอลสำหรับการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 11

⊙ การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดกับน้ำยางธรรมชาติ 16

⊙ การใช้ตะกอนดินจากกระบวนการผลิตน้ำเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 22

⊙ การออกแบบวงจรหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอนะลอกสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 28

⊙ การศึกษา Dicrotic Notch และรูปคลื่นพัลส์แรงดันเลือด ด้วยหลักการสัญญาณและระบบ 34

⊙ การพัฒนาชุดการทดลองการหักเหของแสง เรื่อง ลึกจริงลึกปรากฏ เพื่อพัฒนาทักษะ 41

⊙ การพัฒนาเครื่องกรองน้ำและทักษะการสร้างเครื่องกรองน้ำเพื่อการใช้อุปโภคของชุมชน ในเขตเทศบาลบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ 46

⊙ ผลของสนามโน้มถ่วงต่อการไหลของกระแสน้ำในมหาสมุทร 53

⊙ สมบัติทางไฟฟ้าและแสงของฟิล์มบางเงินที่เตรียมบนแผ่นกระจกรองรับด้วย เทคนิค ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง 57

⊙ ผลของนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ต่อสมบัติของสีทอง 63

กลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เทคโนโลยีชีวภาพ และวิทยาศาสตร์ศึกษา

⊙ ผลของการอบแห้งต่อการรอดชีวิตของ *Bacillus* spp. 69

⊙ การคัดกรองเห็ดราที่ผลิตลิกนินโนไลติกเอนไซม์จากแหล่งธรรมชาติ 74

⊙ สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR102 ในน้ำตาลโตน 80

⊙ ประสิทธิภาพในการย่อยเครื่องในปลาทับทิม (*Oreochromis niloticus*) ด้วยเอนไซม์โปรติเอสจาก *Bacillus subtilis* TISTR 008 ที่สภาวะต่างๆ 85

⊙ อิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการออกหาอาหารและแหล่งละอองเรณูของชันโรง *Trigona laeviceps* และผึ้งมิ้ม *Apis florea* ในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 90

⊙ ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้ดินบานดึก 95

⊙ สัณฐานวิทยาของกล้วยไม้นางกราย (*Habenaria lindleyana* Steud.) บริเวณสวนรุกขชาติ 100 ปี กรมป่าไม้ (ซับสมบูรณ์) จังหวัดนครสวรรค์ 100

⊙ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อว่านสี่ทิศในสภาพปลอดเชื้อ 104

สารบัญ

หน้า

Oral Presentation

กลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เทคโนโลยีชีวภาพ และวิทยาศาสตร์ศึกษา (ต่อ)

⊙ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใบอ่อนบอนสีในสภาพปลอดเชื้อ 108

⊙ ผลของไซโตไคนินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของชิ้นส่วนใบ *Aeschynanthus fulgens* Wall. ex R. Br. ในสภาพปลอดเชื้อ 113

⊙ ผลของไซโตไคนิน และออกซินต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อใบอ่อนกุหลาบหินในสภาพปลอดเชื้อ 117

⊙ ผลของจำนวนชิ้นส่วนและปริมาตรอาหารต่อการเจริญและพัฒนาของใบหยาดน้ำค้างในอาหารเหลว 122

⊙ การแสดงออกของยีน Divalent metal transporter-1 (DMT-1) ในรกของมารดาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่การปนเปื้อนแคดเมียม 126

⊙ การแสดงออกของยีน ZnT1 ในรกหญิงตั้งครรภ์ที่อาศัยในพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม 130

⊙ การจัดจำแนกบัวสาย (Genus *Nymphaea* L.) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ *trnT-L* 134

⊙ Lethal Concentration and the Impact of the Auxin-like Herbicide, 2, 4-D on Acetylcholinesterase activity in common silver barb (*Puntius gonionotus*, Bleeker) fish. 138

⊙ ผลของอาหารเสริมฮอร์โมนซีโรโทนิน และโปรเจสเตอโรนต่อการพัฒนารังไข่ในแม่พันธุ์กุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* 143

⊙ การย่อยมันเทศดิบโดยเอนไซม์ STARGEN™ 147

⊙ สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของเอนไซม์ไลเพสจากรำข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 152

⊙ การประยุกต์ใช้แป้งเมล็ดทุเรียนในผลิตภัณฑ์มายองเนส 157

⊙ โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือปลา: สภาวะการย่อยเครื่องในปลาทับทิม (*Tilapia nilotica*) โดยเอนไซม์ปาเปน 162

⊙ ผลของแลคโตบาซิลลัส แพลนทารัม บี 7 ต่อระดับทีเอ็นเอฟ-แอลฟา *อินเตอร์ลิวคิน-1 เบต้า* ในซีรัม และผลพยาธิวิทยา ในเนื้อเยื่อกระเพาะอาหารของหนูแรทที่ติดเชื้อเฮลิโคแบคเตอร์ ไพลอริ 167

⊙ การสร้างและหาผลการวัดแววของผู้เข้าค่ายนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร 173

กลุ่มที่ 3 สาขาเคมี เคมีสิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์ศึกษา

⊙ ผลของอิทเทรียมต่อการเปลี่ยนแปลงเฟสและสมบัติการเรืองแสงของยูโรเปียมที่เจือในผลึกเซอร์โคเนียมออกไซด์ 179

⊙ ผลของตัวเชื่อมต่อทางเคมีต่อลักษณะสัณฐานและพฤติกรรมการเปลี่ยนสีของพอลิไดอะเซตทิลีนแอสเซมบีที่เตรียมจากไดอะมิโดไดอะเซทติลีนโมโนเมอร์ 185

⊙ ผลของการอบอ่อนต่อสมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของสตาร์ชถั่วมะแฮะ *Cajanus cajan* (L.) 190

⊙ การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยชุดกิจกรรมทดสอบสารและสมบัติของสาร 196

สารบัญ

หน้า

Oral Presentation

กลุ่มที่ 3 สาขาเคมี เคมีสิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์ศึกษา (ต่อ)

⊙ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 บนพื้นฐานของทฤษฎีสืบเสาะหาความรู้ โดยวิธี Model–Observe–Reflect–Explain (MORE) 201

⊙ การสังเคราะห์และวิเคราะห์สารเชิงซ้อนของ dibenzoylmethane cobalt ด้วยลิแกนด์ 3,5-disubstituted pyrazole 207

⊙ การพัฒนาสีย้อมเส้นไหมหม้อโคลนจากผลคนทา 213

⊙ วิธีการตรวจวัดสาร BTEX ในบรรยากาศที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 218

⊙ การบำบัดน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน 222

⊙ รูปแบบการให้อาหารเสริมของเด็กแรกเกิด - 1ปีในจังหวัดปัตตานี 227

⊙ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตยางรถยนต์ 232

⊙ การบำบัดน้ำเสียโรงงานผ้าบาติกโดยกระบวนการสร้างตะกอนด้วยไฟฟ้า 235

⊙ การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนโดยการกระตุ้นทางเคมีเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับในอุปกรณ์เก็บอากาศเพื่อตรวจวัดสาร BTEX 240

⊙ การแยกและการพิสูจน์เอกลักษณ์ส่วนประกอบทางเคมีของกวาวเครือแดง *(Butea superba* Roxb.) 245

กลุ่มที่ 4 สาขาคณิตศาสตร์ สถิติ และคณิตศาสตร์ศึกษา

⊙ Two step iterative algorithm for solving solutions of generalized equilibrium problems and fixed point problems of nonexpansive mapping in Hilbert space 250

⊙ Methods for Finding Solution of Generalized Nosn-Strongly Monotone Variational Inequalities Problems 255

⊙ การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ภายในชั้น 260

⊙ การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยพหุนามอันดับสองเมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนในตัวแปรอิสระ 265

⊙ การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาไก่เพื่อการกำหนดนโยบายการผลิตของอุตสาหกรรมสัตว์ปีกในประเทศไทย 270

⊙ การกำจัดตัวแปรอิสระแบบถอยหลังในตัวแบบโพรบิท 275

⊙ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในแผนการเลือกตัวอย่างแบบง่าย 283

⊙ Certain Partial Orders on Γ -Semigroups 288

⊙ H-class and Completely Regular Elements in Γ –Semigroups 293

สารบัญ

หน้า

Oral Presentation

กลุ่มที่ 4 สาขาคณิตศาสตร์ สถิติ และคณิตศาสตร์ศึกษา (ต่อ)

⊙ A sufficient condition for Cauchy sequences : Approach to generalized contraction mappings_____298

⊙ Common Fixed Point Theorems for New Noncommuting Mappings in Cone Metric Space_____302

⊙ วิธีการประมาณแบบหนืดสำหรับปัญหาสภาพคงที่ทั่วไปและปัญหาจุดตรึง
ของการส่งแบบไม่ขยายในปริภูมิฮิลเบิร์ต_____307

กลุ่มที่ 5 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และคอมพิวเตอร์ศึกษา

⊙ ต้นแบบออนโทโลยีเพื่อการสืบค้นข้อมูลด้านการหล่อพระพุทธรูป_____311

⊙ ต้นแบบระบบสืบค้นข้อมูลกระบวนการทำทองโบราณสุโขทัยด้วยเทคนิคออนโทโลยี_____316

⊙ ต้นแบบระบบสืบค้นข้อมูลการเพาะปลูกยางพาราและการแปรรูปเบื้องต้นด้วยเทคนิคออนโทโลยี_____321

⊙ ต้นแบบออนโทโลยีเพื่อการสืบค้นข้อมูลการเพาะปลูกกล้วยและการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย_____326

⊙ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโรคไขมันและหัวใจกับพฤติกรรมผู้บริโภค_____331

⊙ การวิเคราะห์กลุ่มเสี่ยงผู้ป่วยโรคเอดส์ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล_____337

⊙ ต้นแบบระบบสืบค้นข้อมูลกระบวนการแปรรูปมะขามด้วยเทคนิคออนโทโลยี_____343

Poster Presentation

กลุ่มที่ 1 สาขาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และพลังงาน วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ศึกษา

⊙ เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพแบบจานสำหรับครัวเรือน_____348

⊙ การศึกษาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้งและการบรรจุแบบแอคทีฟเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา
ปลาบดแผ่นกรอบที่ผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชน_____353

⊙ ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง_____360

⊙ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บแบบสื่อผสม เรื่องแรงและการเคลื่อนที่
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1_____365

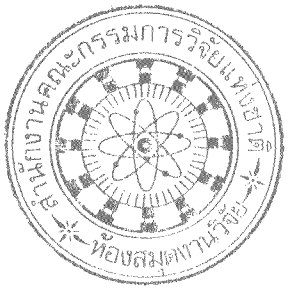
⊙ การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยกกก้านธูปและน้ำยางธรรมชาติ_____370

กลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เทคโนโลยีชีวภาพ และวิทยาศาสตร์ศึกษา

⊙ การตรวจสอบการปนเปื้อนและปริมาณ *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio vulnificus*
ในหอยนางรมจากร้านค้าบริเวณชายทะเลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ด้วยวิธีมัลติเพล็กซ์พีซีอาร์_____375

⊙ พฤติกรรมการตอบสนองต่อเสียงของนกกกในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่_____381

สารบัญ



หน้า

Poster Presentation

กลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เทคโนโลยีชีวภาพ และวิทยาศาสตร์ศึกษา (ต่อ)

⊙ การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำเสียเสษอาหารโดยใช้เชื้อ *Clostridium acetobutyricum* ด้วยระบบหมักไร้อากาศ ตรึงฟิล์มแบบไหลขึ้น 388

⊙ สัณฐานวิทยาละอองเรณูของบัวสายพันธุ์ปลูกบางสายพันธุ์ 394

⊙ การเปรียบเทียบฤทธิ์ต่อต้านเชื้อ *Escherichia coli* ของสารสกัดสมุนไพรวงศ์ Lamiaceae บางชนิด 399

⊙ การสำรวจความหลากหลายของแตนเบียนของแมลงวันผลไม้ในเขตอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง จังหวัดพิษณุโลก 404

⊙ การคัดเลือกยีสต์จากกล้าเชื้อขนมถ้วยฟูพื้นบ้าน 409

⊙ ความไวและความใช้ได้ของเทคนิคมัลติเพล็กซ์พีซีอาร์เพื่อตรวจสอบ *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio vulnificus* ในหอยนางรมสด 415

⊙ การศึกษาการปรับปรุงการหมักเอทานอลแบบกะซ้ำโดยการตรึงเซลล์บนชานอ้อย 421

กลุ่มที่ 3 สาขาเคมี เคมีสิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์ศึกษา

⊙ ผลของการเตรียมที่แตกต่างกันของ TiO_2 ใน Zeolite Y เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงในการสลายเมทิลีนบลู 426

⊙ เปรียบเทียบแหล่งของซิลิกาต่อการสังเคราะห์อะนาลซิมและแคนคริไนต์ 433

⊙ Synthesis of amphiphilic block copolymer of polysiloxane and poly(ethylene glycol) methyl ether methacrylate (PEGMA) *via* atom transfer radical polymerization 440

⊙ การศึกษาเปรียบเทียบปฏิกิริยาเพื่อทดสอบเกลือไนเตรทโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรี 446

⊙ การตรวจวัดเอ็น-ไนโตรโซไดเมทิลเอมีนในตัวทำละลายน้ำโดยเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทร็กชันแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโทรเมตรี 452

⊙ ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมด้วยซีโอไลต์อัดเม็ดจากเถ้าชานอ้อย 457

⊙ สารยับยั้งบิวทิริลโคลีนเอสเทอเรสที่มีศักยภาพสูงจากสตัลบีน 462

⊙ การสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินในการทำน้ำประปาเพื่อวางแผนการจัดการบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาในเขต ต.โป่งแดง อ.เมือง จ.ตาก 467

กลุ่มที่ 4 สาขาคณิตศาสตร์ สถิติ และคณิตศาสตร์ศึกษา

- ไม่มีผลงาน

สารบัญ

หน้า

Poster Presentation

กลุ่มที่ 5 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และคอมพิวเตอร์ศึกษา

⊙ การพัฒนาระบบกล้องมุมมองจากนักบิน เพื่อใช้ในบังคับการบิน และบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ_____477

⊙ การวัดสัดส่วนร่างกายจากภาพดิจิทัลประยุกต์เพื่องานตัดเย็บเสื้อสูทชาย_____482

Poster Presentation

กลุ่มที่ 1 สาขาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์เทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์และพลังงาน วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้งและการบรรจุแบบแอคทีฟเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาปลาบดแผ่นกรอบที่ผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชน

Comparative study of drying process efficiency improvement and active packaging to extend shelf-life of crisp-minced fish sheet in the small-scale manufacturing.

ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์[1*] พิสิฐ วงศ์สง่าศรี[2] ศจี สุวรรณศรี[1] และปริตา ธนสุกาญจน์[1]

Ratanatriwong, P., WongSa-Ngasri, W., Suwansri, S., Thanasukarn, P.

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]กลุ่มนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author. E-mail: puntarikar@nu.ac.th, rikaja@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยศึกษาสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมของปลาบดแผ่นอบแห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ และไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 45 °ซ เวลา 4 ชั่วโมง พบว่า สำหรับตู้อบลมร้อน เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ตัวอย่างมีอัตราการระเหยน้ำเร็วขึ้น มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระลดลง และมีสีเข้มกว่าตัวอย่างควบคุม ($p\leq0.05$) ส่วนการใช้ไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์ เวลา 6 นาที จะได้ตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ส่วนสีของตัวอย่างที่ใช้ไมโครเวฟกำลังวัตต์ 30 วัตต์เวลา 6-8 นาที มีสีเหลืองอมน้ำตาลอ่อนซึ่งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากกว่าสีตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยกำลังวัตต์สูงกว่า ทั้งนี้การใช้ไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมใช้ไมโครเวฟกำลัง30วัตต์ เวลา 8 นาทีร่วมกับตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 45 °ซ เวลา 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ผ่านการทอดบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนร่วมกับถุงดูดออกซิเจน และ/หรือถุงดูดความชื้น ที่อุณหภูมิ 30 °ซ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่า ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณ TBA เพิ่มมากขึ้น และความกรอบเปราะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกร่วมกับถุงดูดออกซิเจนมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยที่สุด และตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกร่วมกับถุงดูดความชื้นมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดและเนื้อสัมผัสมีความเหนียวแข็งน้อยที่สุด จึงเป็นทางเลือกในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้ตัวอย่างมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และราอยู่ภายในกำหนดเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาอย่างน้อย 60 วัน

คำสำคัญ ปลาบดแผ่นกรอบ ตู้อบลมร้อน การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ การบรรจุแอคทีฟ ถุงดูดออกซิเจน ถุงดูดความชื้น

Abstract

This research explored the optimum processing condition for drying the minced-fish sheet. Drying processes were hot-air oven, microwave heating, and combination of these two methods. Samples were compared to control, which was dried by hot-air oven at 45 °C for 4 hr. For hot-air oven, increasing temperature and time raised the drying rate of treatments, resulting in samples with higher moisture content, water activity and slightly darker color than control ($p \leq 0.05$). For microwave drying, treatment at power of 50 Watts for 6 min and 30 Watt for 6-8 mins achieved samples with moisture content and water activity closer to control ($p > 0.05$). However, samples treated with lower power had a yellowish-brownish color that was closer to control. The combination of microwave heating and hot-air oven significantly reduced drying time ($p \leq 0.05$). The optimum condition was using microwave at 30 Watts for 8 min with hot-air oven of 45 °C for 1 hr. Fried samples were stored in polypropylene plastic bag with O_2 absorber and/or moisture absorber as active packaging at 30 °C and compared with control. Moisture content, water activity and TBA increased with increasing storage time whereas crispness increased. Sample in pp and O_2 absorber bag indicated the least oxidation. Samples in pp and moisture absorber had the least moisture content and hardness. Thus, active packaging could be alternative way for storage. According to standard indicating total plate count and yeast & mold count samples could be

Keyword: crisp-minced fish sheet, hot-air oven, microwave drying, active packaging, oxygen absorber, moisture absorber

บทนำ

ปลาบดแผ่นอบแห้งทอดกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากปลา แต่ปัญหาที่ผู้ประกอบการพบในการผลิตปลาบดแผ่นกรอบ ได้แก่ ขั้นตอนการอบแห้งปลาบดแผ่นก่อนตัดขึ้นรูปและนำไปทอดนั้น ใช้ตู้อบลมร้อนในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 °ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลานานจึงมีผลผลิตต่อวันค่อนข้างน้อย และสิ้นเปลืองพลังงาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดแก้ปัญหาในการปรับสภาวะการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดยเพิ่มอุณหภูมิและปรับเวลาในการทำแห้งให้เหมาะสม รวมทั้งศึกษาสภาวะที่ใช้ตู้อบลมร้อนร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้งด้วยนั้น โดยพิจารณาจากอัตราการทำแห้ง ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง รวมถึงการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ปัญหาอีกประการหนึ่งที่กลุ่มแม่บ้านพบคือการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับปลาบดแผ่นกรอบ และการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งบรรจุภัณฑ์นอกจากจะมีส่วนช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังส่งผลถึงการวางแผนจำหน่ายสินค้าเชิงพาณิชย์เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยศึกษาวิธีการและสภาวะการแปรรูปที่เหมาะสม สามารถลดเวลาในขั้นตอนการผลิตซึ่งส่งผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุน และรักษา

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีการบรรจุแบบแอคทีฟที่เหมาะสมกับการผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์สำหรับผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชน

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ปรับปรุงการผลิตในขั้นตอนการทำแห้งปลาบดแผ่นโดย ศึกษาอัตราการทำแห้งและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต (optimal conditions) ของการทำแห้งแต่ละแบบ โดยให้คงลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายตามต้องการ วิธีการทำแห้งที่เลือกใช้มี 2 แบบ ได้แก่

1.1) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

- แปรผัน อุณหภูมิการทำแห้ง 2 ระดับ (45 และ 55 °ซ) และเวลา 3 ระดับ (2, 3 และ 4 ชั่วโมง)

1.2) การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

- แปรผัน กำลังวัตต์ 2 ระดับ (50 และ 100 วัตต์) และเวลา 4 ระดับ (2, 4, 6 และ 8 นาที)

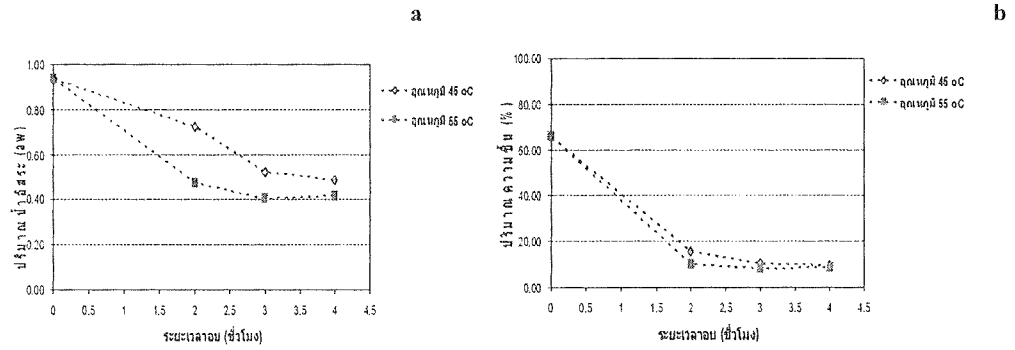
ทดสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างทดลองดังนี้ ปริมาณความชื้น (Sartourius, MA40, Germany) ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) (Novasina-RS 200, Switzerland) ความแข็ง (Instron Texture Analyser) และ ค่าสี (L*,a*, b*) (CR10, Konica Minolta sensing Inc., Osaka, Japan)วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คัดเลือกสภาวะที่ดีที่สุดของการทำแห้งแต่ละแบบ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (สภาวะการทำแห้งจากวิธีการผลิตเดิม) ที่ใช้ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 45 °ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.ประยุกต์ใช้ตู้อบลมร้อนร่วมกับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ เพื่อลดเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการอบแห้งซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยให้ความร้อนจากไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ซึ่งคัดเลือกจากข้อ 1 แปรผันเวลา 2 ระดับ ร่วมกับการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 °ซ (จากวิธีการผลิตในสูตรพื้นฐาน) ทดสอบคุณภาพของตัวอย่างทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธี เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

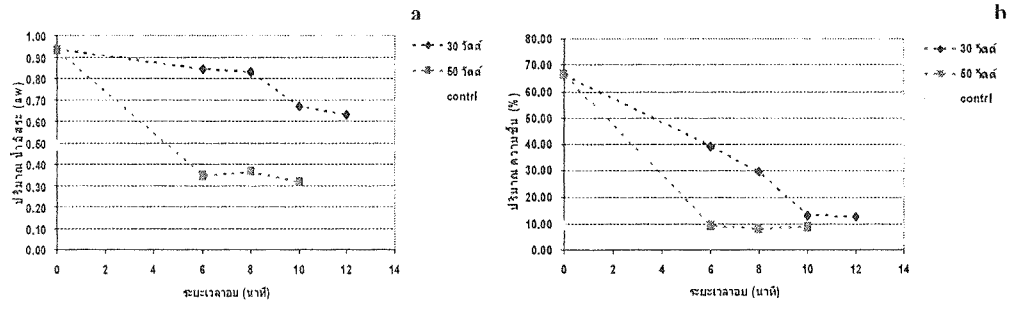
3 ศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมร่วมกับเทคโนโลยีการบรรจุแบบแอคทีฟ ได้แก่ ถุงดูดออกซิเจนและถุงดูดความชื้น เพื่อป้องกันรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ปลาบดแผ่นกรอบหลังการทอดที่มีการบรรจุต่างชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน (pp) (Negative control) (วัสดุบรรจุที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ปัจจุบัน) ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนและถุงดูดออกซิเจน (O_2 absorber), ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนและถุงดูดความชื้น (moisture absorber) และ ถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนถุงดูดออกซิเจนและถุงดูดความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °ซ ตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพตามวิธีในข้อ 1 ค่า 2-Thiobarbituric acid (TBA.) (AOCS, 1990) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นของปลาบดแผ่นที่เปลี่ยนแปลงระหว่างอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 2 สภาวะคือที่อุณหภูมิ 45 และ 55 °ซ เป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ดังแสดงใน ภาพที่ 1 (a-b) พบว่าปลาบดแผ่นอบแห้งที่ อุณหภูมิ 55 °ซ จะมีอัตราการระเหยของน้ำสูงกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 45 °ซ อย่างเห็นได้ชัดในช่วงระยะเวลาการอบที่ 0-2 ชั่วโมงแรก (พิจารณาจากความชันของกราฟ) และค่อย ๆ ลดลงในช่วง 2-4 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาการทำแห้งเท่ากัน พบว่าปลาบดแผ่นอบแห้งที่ อุณหภูมิ 55 °ซ มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าปลาบดแผ่นอบที่อุณหภูมิ 45 °ซ เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลามากขึ้นทำให้ความชื้นในอาหารลดลงซึ่งสอดคล้องกับหลักการอบแห้ง (จิตธนา, 2539) เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกตู้อบลมร้อนสูงขึ้น อัตราการระเหยของน้ำอิสระออกจากผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น น้ำถูกระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ความชื้นลดลงและเมื่อปริมาณน้ำอิสระในตัวผลิตภัณฑ์ถูกระเหยออกจนหมดทำให้ปริมาณความชื้นเริ่มลดลงอย่างคงที่



รูปที่ 1 ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) (a) และความชื้น (b) ของปลาบดแผ่นที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนในสภาวะที่ต่างกัน

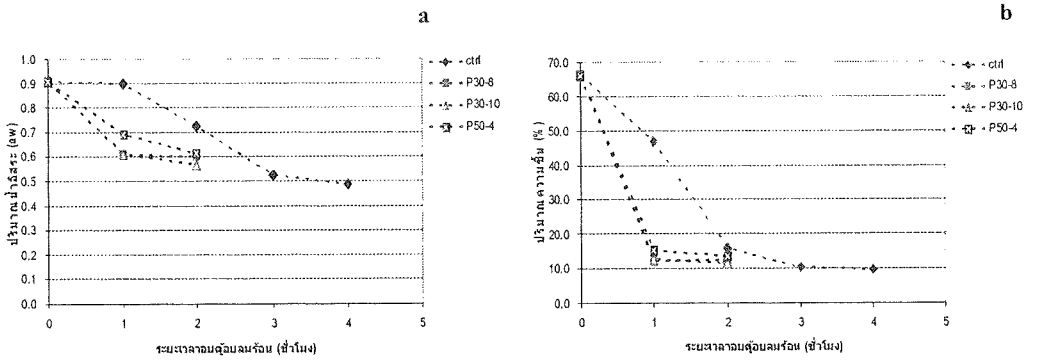


รูปที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (a), และความชื้น (b) ของปลาบดแผ่นที่ทำแห้งด้วยตู้ไมโครเวฟในสภาวะต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลาบดแผ่นที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ พบว่าเมื่อกำลังวัตต์สูงและระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ความชื้นในปลาบดแผ่นลดลงเนื่องจากความร้อนจากเตาไมโครเวฟจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นมาขณะที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านเข้าไปในเนื้ออาหารโมเลกุลในอาหารจะเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงและปล่อยความร้อนออกมา ดังนั้นเตาไมโครเวฟจึงทำให้อาหารได้รับความร้อนออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์จึงลดลงอย่างรวดเร็ว (นิธิยา , 2546) ทำให้อัตราการระเหยของน้ำอิสระออกจากผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นน้ำถูกระเหยออกมาอย่างรวดเร็วส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง

สำหรับสีของผลิตภัณฑ์ปลาบดแผ่นที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (ไม่ได้แสดงผล) พบว่าสีของตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในตัวอย่างปลาบดแผ่นที่ไมโครเวฟกำลังวัตต์ 50 วัตต์อบระยะเวลา 6-10 นาที มีค่าความสว่างน้อยกว่าตัวอย่างปลาบดแผ่นที่อบด้วยไมโครเวฟกำลังวัตต์ 30 วัตต์ระยะเวลา 6-8 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังมีค่าสีเหลืองอมน้ำตาลสูงกว่าปลาบดแผ่นที่อบที่กำลังวัตต์ 30 วัตต์ และตัวอย่างปลาบดแผ่นที่อบด้วยไมโครเวฟกำลังวัตต์ 30 วัตต์ระยะเวลา 10 และ12 นาที มีค่าความสว่างและสีเหลืองอมน้ำตาลสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทำแห้งด้วยไมโครเวฟก่อนเป็น pre-treatment ก่อนใช้ตู้อบลมร้อน พบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 30 วัตต์ เป็นเวลา 8 และ 10 นาทีและ ที่กำลัง 50 วัตต์ เป็นเวลา 4 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำมาอบแห้งต่อด้วยตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง พบว่าปริมาณความชื้นที่กำลัง 30 วัตต์ เป็นเวลา 8 และ 10 นาที มีปริมาณของความชื้นแตกต่างจากที่กำลัง 50 วัตต์ เป็นเวลา 4 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ซึ่งการใช้ไมโครเวฟร่วมกับ การใช้ตู้อบลมร้อนทำให้ความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์ลดลงและใช้เวลาในการทำแห้งน้อยลงจึงช่วยประหยัดพลังงาน เนื่องจากการใช้ไมโครเวฟ pre-treatment ช่วยลดปริมาณความชื้นของอาหารอย่างรวดเร็วและยังช่วยลดเวลาการอบแห้งเหลือเพียง 1 ใน 5 ของเวลาที่ใช้อบแห้งด้วยลมร้อน (ไพบูลย์,2536) ส่วนตู้อบลมร้อนจะทำให้อากาศร้อนไหลหมุนเวียนอยู่ภายในตู้ส่งผลให้ความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อนำมาใช้รวมกันทำให้ความชื้นลดลงโดยที่สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งด้วย (จิราภรณ์, 2543)



รูปที่ 3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (a), และความชื้น (b) ของปลาบดแผ่นที่ทำแห้งด้วยตู้ไมโครเวฟร่วมกับตู้อบลมร้อนในสภาวะต่างกัน

สีของปลาบดแผ่นที่ผ่านการใช้ไมโครเวฟกำลังวัตต์ 50 วัตต์และอบต่อด้วยตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ไม่ได้แสดงผล) มีค่าความสว่างสูงที่สุด และมีค่าสีเหลืองอมน้ำตาลมากกกว่าปลาบดแผ่นที่อบที่กำลังวัตต์ 30 วัตต์และอบต่อด้วยตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การอบด้วยไมโครเวฟส่งผลให้ตัวอย่างมีสีน้ำตาลอมเหลือง รวมทั้งความเข้มสี (Chroma) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่อบด้วยตู้อบลมร้อนเพียงอย่างเดียว

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นปลาบดแผ่นกรอบตามระยะเวลาเก็บรักษา (ไม่แสดงผล) พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 90 วัน ปลาบดแผ่นทอดที่บรรจุในถุงพลาสติก-
โพลิโพรพีลีนร่วมกับถุงดูดความชื้นมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ปลาบดแผ่นทอดที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิ-โพรพีลีนร่วมกับถุงดูดความชื้นและถุงดูดออกซิเจนมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา และสูงกว่าตัวอย่างบรรจุแบบอื่นๆ ความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลาบดแผ่นกรอบที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 4 แบบ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งของปลาบดแผ่นกรอบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งเหนียวมีความกรอบลดลง

ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ปลาบดแผ่นกรอบเป็นตัวบ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารประเภทไขมัน เนื่องจาก TBA จะทำปฏิกิริยากับมาโลนัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 ที่เกิดจากออกซิเดชั่นในไขมันชนิด polyunsaturated fatty acid ที่มีพันธะคู่มากกว่าสามตำแหน่งขึ้นไป ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับ TBA จะเกิดสารที่มีสีแดง ซึ่งความเข้มของสีแดงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ Oxdative rancidity (Frutos and Hernandez-Herraro, 2005) ตัวอย่างปลาบดแผ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ (ไม่แสดงผล) มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นตัวปลาบดแผ่นกรอบมีค่า TBA เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 30 วันเป็นต้นไป ที่อายุการเก็บรักษา 90 วันพบว่าปลาบดแผ่นกรอบที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนมีค่า TBA สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกและถุงดูดออกซิเจนมีค่า TBA น้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้บรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟชนิดถุงดูดออกซิเจนช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยการกำจัดปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ (Mexis and Kontominas, 2010)

ค่าสีความสว่าง สีเหลืองอมน้ำตาล และค่าความเข้มสีของผลิตภัณฑ์ปลาบดแผ่นกรอบ (ไม่แสดงผล) มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาไม่มากนัก และไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ที่อายุการเก็บรักษา 60 วัน ตัวอย่างปลาบดแผ่นกรอบที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนร่วมกับถุงดูดความชื้น และถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนร่วมกับถุงดูดออกซิเจนและถุงดูดความชื้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.1×10^{4} และ1.3×10^{4} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมตามลำดับ ซึ่งเกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ที่ 1.0×10^{4} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และที่อายุการเก็บรักษา 90 วัน ตัวอย่างปลาบดแผ่นกรอบที่บรรจุถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนร่วมกับถุงดูดออกซิเจน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดและเท่ากับปริมาณที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด ปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาในทุกบรรจุภัณฑ์ ที่อายุการเก็บรักษา 90 วัน ไม่มีตัวอย่างปลาบดแผ่นกรอบในบรรจุภัณฑ์ใดที่มีปริมาณยีสต์และราที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

สรุปผลการทดลอง

สภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมได้แก่ การใช้ไมโครเวฟกำลัง30วัตต์ เวลา 8 นาทีร่วมกับตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 45 °ซ เวลา 1 ชั่วโมง โดยตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกร่วมกับถุงดูดออกซิเจนมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยที่สุด และตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกร่วมกับถุงดูดความชื้นมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดและเนื้อสัมผัสมีความเหนียวแข็งน้อยที่สุด จึงเป็นทางเลือกในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้ 60 วัน เมื่อพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และราที่ไม่มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ สอดจิตร์.2543. บทที่ 4 การทำแห้งอาหาร. เอกสารประกอบการสอนการใช้ความร้อนในการแปรรูปอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า 121 - 138.

จิตธนา แจ่มแมฆ.2539.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.ครั้งที่ 1.กรุงเทพ.หน้า 173-178.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2546. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ. หน้า 52-55.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่. หน้า 52 - 55.

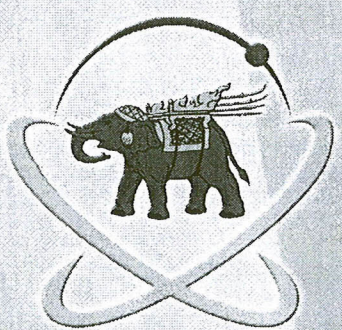
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแผ่นกรอบ. (2548). (มผช.1040/2548). หน้า 1-6

Frutos, M.J. and Hernandez-Herrero, J.A. 2005. Effects of rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) on the stability of bread with an oil, garlic and parsley dressing. *LWT* 38: 651-655.

Mexis, F.S., Kontominas, G.M. (2010). Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage condition on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*). *LWT.,43*, 1-11

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553 และกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปี 2553



คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

หน่วยวิจัย งานบริการการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โทรศัพท์ : 0-5596-3171 โทรสาร : 0-5596-3145

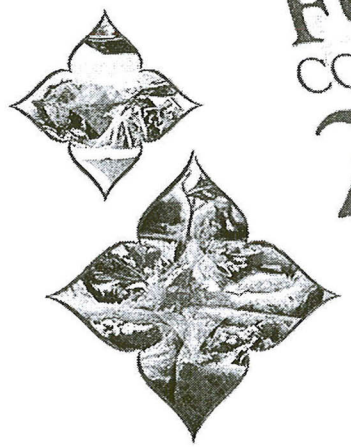
Website : http://sci.nu.ac.th/src3 Email : src@nu.ac.th

The 12th ASEAN Food Conference 2011

FOOD INNOVATION: Key to Creative Economy

- Home
- Opening Remarks
- Invited Speakers
- Program
- Content
- Full Paper Oral
  - Session A
  - Session B
  - Session C
  - Session D
  - Session E
  - Session G
  - Session H
  - Session J
- Full Paper Poster
  - Session A
  - Session B
  - Session C
  - Session D
  - Session E
  - Session F
- About the Conference
- Oganisation support
- Contact Us
- Contents of Additional
- Full-Oral and Poster Additional
- Oral presentation (.ppt file)
- Best Graduate Research Paper

AFC



12TH ASEAN FOOD CONFERENCE 2011

- 16-18 June 2011
- BITEC
  Bangkok International Trade & Exhibition Centre
- Bangkok, Thailand

UP DATE ASEAN Food Conference 2011 Contents of Additional Abstracts and Full Paper 25/07/2011

Welcome Message

The conference will provide opportunity to meet and share experiences as well as strengthen networking among international food scientists and scientists in related fields both from academia, government official and food producers industries. The purpose of ASEAN FOOD CONFERENCE 2011 is to highlight significant developments in research and innovations in food science and technology with an emphasis on food products innovation. The conference will feature a series of presentations and discussions in plenary, concurrent and poster sessions, informal gatherings, competitions and exhibitions.

Co-Organised with PROPAK ASIA 2011

Organised by FoST FoSTAT

Sponsored by Food&Beverage Marketing Nestle BJC

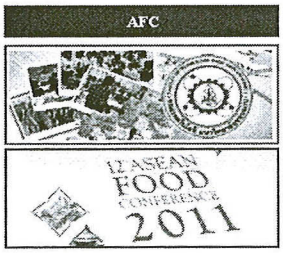
Contact

Food Science and Technology Association of Thailand (FoSTAT)
Tel: +66(0)2 644 8150 ext.410 Fax: +66(0)2 644 8122
Email: aseanfc.sec@gmail.com
www.aseanfoodconference.com

The 12th ASEAN Food Conference 2011

FOOD INNOVATION: Key to Creative Economy

- Home
- Opening Remarks
- Invited Speakers
- Program
- Content
- Full Paper Oral
  - Session A
  - Session B
  - Session C
  - Session D
  - Session E
  - Session G
  - Session H
  - Session J
- Full Paper Poster
  - Session A
  - Session B
  - Session C
  - Session D
  - Session E
  - Session F
- About the Conference
- Oganisation support
- Contact Us
- Contents of Additional
- Full-Oral and Poster Additional
- Oral presentation (.ppt file)
- Best Graduate Research Paper



ABSTRACTS and FULL PAPER

Abstracts and Full Paper (Additional)

addition Full Oral And Poster

Update 10/08/2011 (PA-025, PB-050, PD-172)

Code	Topic	Page
OJ-134	**Preparation of Inulin Powder from *Dioscorea esculenta* Tuber with *Foam Mat Drying* Method** *Eni Harmayani, Sri Winarti and Rudi Nurismanto*	230
PC-111	**Antioxidative Property of Peptides Produced from Tuna Cooking Juice and Tuna Spleen Extract-protease** *Jirawadee Kasiwut, Wirote Youravong and Pitaya Adulyatham*	237
PF-008	**Competitive Tests of Diamondback Moth Rearing on Natural Various Foods, Oviposition Rate on Natural Various Foods and Aluminum Foil, Parasitization Rate on DBM Larvae and Different Dosage of ϒ-Radiation in Myanmar (2009-2010)** *Nilar Maung, Aye Tun and San San Lwin*	241
PF-018	**Development of Mangosteen Jam** *Supranee Manurakchinakorn, Nilubon Chuesrichai and Sureerat Jaikhang*	245
PF-054	**Structural Changes of Dried Rice Noodle during Rehydration** *Chonthicha Samritthisuth and Savitree Thammathongchat*	249
PF-117	**Effect of Wheat and Water on Homnil-rice Bread Qualities** *Chuleeporn Bungthong, Arpathsra Sangnark, Kullaya Limroongreungrat and Wichamanee Yuenyongputtakal*	253
PF-147	**Moisture Sorption Isotherm and Texture of Glassy Tapioca-Flour-Based Baked Products** *Jirawadee Sanyapradit, Amporn Sane and Panuwat Suppakul*	254
PF-240	**Total Phenolic Content and Radical Scavenging Activity of Extracts from Cinnamon *(Cinnamomum Zeylanicum)* Bark Obtained by Ultrasound Assisted Aqueous Extraction** *Areewan Pokpong, Kwannida Srisa-Ard, Pheeraya Phongsakad and Pramote Khuwijitjaru*	260
PF-241	**New HPLC Condition for Quantitative Analysis of Aflatoxins in Contaminated Peanut** *Leili Afsah-Hejri , Jinap Selamat and Hamed Mirhosseini*	261
PF-316	**Investigating the Presence of Acaricide Residues in Laying Hens Naturally Infected By the Red Mite *Dermanyssus gallinae*** *Giangaspero A, Marangi M, Pati S, Cafiero MA, Camarda C, Sparagano OAE*	269
PF-317	**Impact of the Addition of CMC and Honey on the Structural Properties in Frozen Bread Dough** *Wan Rozainiza W. R., Toh Poh See, Wan Hafiz, W. Z. S.*	272
PF-318	**Construction of Fully Synthetic, Intron-Less Gene Encoding Horse Butyrylcholinesterase and Cloning Into Bacterial Expression System** *Piotr M. Skowron, Robert Boratynski, Agnieszka Zylicz-Stachula, Joanna Jezewska-Frackowiak, Malgorzata Skowron, Jacek Jasiecki*	273
PF-319	**Cloning and Expression of Horse Butyrylcholinesterase in *Escherichia coli*** *Jacek Jasiecki, Agnieszka Zylicz-Stachula, Joanna Jezewska-Frackowiak, Malgorzata Skowron, Piotr M. Skowron*	274
PF-321	**Oil Capture from the Seeds of *Carica papaya*** *Wei-Ju Lee, Nan-Wei Su, Min-Hsiung Lee*	275
PF-322	**Physicochemical Properties and Utilization of Dietary Fiber from Coconut Residue** *Jittra Singthong, Songpol Yaowapan and Sitthipong Teankaew*	281
PF-323	**Application of Okara in Keropok Snack** *Tong, Yock Jin - ASIFST*	285
PF-324	**Inhibition of ?-Glucosidase and ?-Amylase Activities of Some Indonesian Herbs: In Vitro Study** *C. Hanny Wijaya, Min Rahminiwati, Ming Chang Wu, Diana Lo*	289
PF-326	**Functional Properties of Rice Bran and Its Application in Bread** *Manat Marerat, Pimjan Powan, Jittra Singthong*	230
PA-025	**Comparison on the Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Various Solvent Extracts of Fresh and Dried Thai Indigenous Plants** *Varipat Areekul and Naraporn Phomkaivon*	297
PB-050	**Antimicrobial Effect of Ethanolic Extracts of Propolis Against Foodborne Microorganisms** *Patree Kaewmanee and Chitsiri Rachtanapun*	302

PD-172 **Optimization of Drying-Process Efficiency and Shelf-Life Extension by Active Packaging in Crispy Minced-Fish Snacks.** 306
Ratanatriwong, P.A., WongSa-Ngasri, W., Suwansri, S., Thanasukarn, P.

Co-Located with
PROPAK ASIA 2011
Organised by
FoSTAT
Sponsored by
Marketing
Contact us
Food Science and Technology Association of Thailand (FoSTAT)
Tel: +66(0)2 644 8150 ext.410 Fax: +66(0)2 644 8122
Email: aseanfc.sec@gmail.com
www.aseanfoodconference.com

The 12th ASEAN Food Conference 2011

FOOD INNOVATION: Key to Creative Economy

- Home
- Opening Remarks
- Invited Speakers
- Program
- Content
- Full Paper Oral
  - Session A
  - Session B
  - Session C
  - Session D
  - Session E
  - Session G
  - Session H
  - Session J
- Full Paper Poster
  - Session A
  - Session B
  - Session C
  - Session D
  - Session E
  - Session F
- About the Conference
- Oganisation support
- Contact Us
- Contents of Additional
- Full-Oral and Poster Additional
- Oral presentation (.ppt file)
- Best Graduate Research Paper

AFC

About the Conference

The conference will provide opportunity to meet and share experiences as well as strengthen networking among international food scientists and scientists in related fields both from academia, government official and food producers industries. The purpose of ASEAN FOOD CONFERENCE 2011 is to highlight significant developments in research and innovations in food science and technology with an emphasis on food products innovation. The conference will feature a series of presentations and discussions in plenary, concurrent and poster sessions, informal gatherings, competitions and exhibitions.

ASEAN Food Conference 2011 Organising Committee

Name	Organization	
Hon. Prof. Sumon Sakolchai	KKU	Advisory
Dr. Supachai Lorlowhakarn	NIA	Advisory
Mr. David Aitken	BES	Advisory
Dr. Prasarn Bhiraj Buri	BITEC	Advisory
Assist. Prof. Dr. Suwayd Ningsanon	AIAC	Advisory
Mrs. Darunee Edwards	FoSTAT	Chair
Assoc. Prof. Dr. Siree Chaiseri	AIAC	Co-chair
Asist.Prof.Dr. Kasem Nantachai	KKU	Committee
Mr. Suradej Eakpunyasakul	FoSTAT	Committee
Mrs. Puangpetch Silkarn	FoSTAT	Committee
Dr. Poonsap Virulhakul	FoSTAT	Committee
Mrs. Sumonrut Kamolchote	FoSTAT	Committee
Mrs. Phailin Nimityongskul	FoSTAT	Committee

ASEAN Food Conference 2011 Scientific Committee

Name	Organization	
Dr. Saipin Maneepun		Advisory
Dr. Pong Vananuvat		Advisory
Assoc.Prof. Paiboon Thammaratwasik		Advisory
Assoc.Prof.Dr. Sakarindr Bhumiratana		Advisory
Assoc. Prof. Dr. Naiyatat Poosaran	AIAC	Advisory
Assoc. Prof. Dr. Tipvanna Ngarmsak	AIAC	Advisory
Dr. Pavinee Chinachoti	PSU	Advisory
Asist.Prof.Dr. Kasem Nantachai	KKU	Chair
Asist.Prof.Dr. Anadi Nitithumyong	FoSTAT	Co Chair
Dr. Pichet Itkor	FoSTAT	Committee
Dr. Ruud Valayasevi	ASEAN Sub com	Committee
Dr. Kwantawee Paukatong	FoSTAT	Committee
Prof. Dr. Luu Zduan	VAFoST/ Vietnam	Committee
Dr. Purwiyatno Hariyadi	IAFT/Indonesia	Committee
Dr. Nik Ismail Nik Daud	MIFT/Malaysia	Committee
Mr. Marty Panganiban	PAFT/Philippines	Committee
Mrs. Ser-Low Wai Ming	SIFST/Singapore	Committee
Ms. Pengiran Hajah Rosidah Metussin	BDAFST/Brunei	Committee
Dr. David Pooch	The New Zealand Institute of Food Science & Technology Inc.	Committee

Co-Organised by

PROPAK ASIA 2011

Organised by

FoSTAT

Sponsored by

Marketing

Contact us

Food Science and Technology Association of Thailand (FoSTAT)
Tel: +66(0)2 644 8150 ext.410 Fax: +66(0)2 644 8122
Email: aseanfc.sec@gmail.com
www.aseanfoodconference.com

PD-172

Optimization of Drying-Process Efficiency and Shelf-Life Extension by Active Packaging in Crispy Minced-Fish Snacks.

Ratanatriwong, P.A.[1,*], *WongSa-Ngasri, W.*[2], *Suwansri, S.*[1], *Thanasukarn, P.*[1]

[1] Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Pitsanulok, 65000. Thailand.
[2] Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Kasetklang, Jatuchak, Bangkok, 10900. Thailand.
[*] Corresponding author: rikaja@yahoo.com, 66-55-962743 (Tel), 66-55-962703(Fax).

Abstract

Traditional drying process of minced fish-sheet snack uses either solar drying or hot-air drying that requires long drying time. Products also have a short shelf-life due to poor packaging. This research explored improving process efficiency by optimizing drying time and extending product's shelf-life using active packaging technology. Drying conditions were hot-air drying, microwave heating, and a combination of both. Physical properties of samples were compared with control from hot-air drying at 45°C for 4 hr. Then, samples were fried and packed in various packages including polypropylene bag (PP) as control, PP with oxygen-absorber sachet and PP with moisture-absorber sachet then being kept at 30°C during storage. For hot-air oven, increasing temperature and time raised the drying rate of treatments, resulting in samples with lower moisture content, water activity and slightly darker color than control ($p \leq 0.05$). For microwave heating, treatment at power of 50 Watts for 6 min and 30 Watt for 6-8 min achieved moisture content and water activity that were closer to control ($p > 0.05$). However, samples treated with lower power resulted in a more desirable color (yellowish-brown). The combination of microwave heating and hot-air oven significantly reduced drying time ($p \leq 0.05$), and the optimum condition was using microwave at 30 Watts for 8 min followed by hot-air oven of 45°C for 1 hr. During storage, moisture content, water activity and TBA increased whereas crispness decreased with increasing storage time. Using oxygen absorber resulted in samples with the least oxidation judging by TBA changes whereas moisture absorber help prevented moisture-content increasing, consequently resulting in better texture. According to standard for total plate count and yeast & mold count, samples could be stored up to 60 days. Thus, active packaging could be an alternative way to extend shelf-life of crispy minced-fish snacks.

Keywords : Fish snack, hot-air oven, microwave, active packaging, oxygen absorber, moisture absorber

Introduction

The crispy minced fish snack is selected among the other fishery products as the model for improving process efficiency to increase the product value. The main problem for minced fish sheet production is involved with the long drying process, before further processing. Traditional method for drying uses a hot-air oven at 40-45°C for 4 hr, which is both time-

and energy consuming. Thus, in this study, the alternative drying processes such as microwave heating and a combination of microwave heating with hot-air oven were conducted to optimize the drying time. Physical properties have been considered during the drying process, included drying rate, moisture content and maintenance of the product quality after packaging. Besides the processing issue, packaging also affects consumer requirement and product commercial plan. However, normally small fishery manufacturers in Thailand uses poor package such as polyethylene bag which shortens the shelf-life of products as it cannot protect product deterioration from oxygen or moisture. Active packaging has then been considered as an alternatively affordable way to extend shelf-life of products. The active packaging such as using the oxygen-absorber or moisture-absorber sachets may be a key to solve this issue. Therefore, the objectives of this study were to improve process efficiency by optimizing drying time, and to extend shelf-life of crispy minced-fish snacks by active packaging.

Materials and Methods

Drying process improvement of crispy minced fish snacks

Two drying processes including hot-air oven and microwave heating were studied, and the drying rates of conditions were determined. Factors in all treatments were as following; 1.1) hot-air oven heating: temperature (45 and 55 °C) and time (2, 3 and 4 hr), and 1.2) microwave heating: microwave power (50 and 100 Watts) and time (2, 4, 6 and 8 min). A traditional drying (hot-air oven at 45°C for 4 hr for minced fish snacks was control. The chemical and physical properties of samples including moisture content (Sartorius, MA40, Germany), water activity (a_w) (Novasina-RS 200, Switzerland), crispy solidity (Instron Texture Analyzer) and color value (L*, a*, b*) (CR10, Konica Minolta sensing Inc., Osaka, Japan) were determined. Statistical analysis of data was compared with the combination of hot-air oven, and the microwave heating for minced fish snacks was proposed for processing step reduction and process efficiency improvement. The optimal microwave conditions were selected to use with a hot-air oven at 45 °C.

Storage conditions of samples with applications of active packaging technology

Various packaging conditions including polypropylene (PP) bag, PP with oxygen-absorber sachet, PP with moisture-absorber sachet and PP with both oxygen-absorber and moisture-absorber sachet were investigated. A traditional PP bag was used as a negative control. All samples were stored at 30°C, and the chemical and physical qualities of samples were determined periodically. The 2-Thiobarbituric acid (TBA) (AOCS, 1989), total plate count and total yeast and mold were also determined periodically (AOAC, 1990). Data was statistically analyzed at α equal to 0.05.

Results and Discussions

The water activity and moisture content of samples with various drying conditions were illustrated (Fig. 1a-1b). The drying rate at 55°C was significantly higher than that of 45°C especially at 0-2 hr of the experiment. Experiment in time comparison revealed that the water activity of the 55°C treatment was lower than the 45°C experiment. This result was in agreement with principle of drying that increases in both temperature and time period would reduce water content in food product (Bolin and Salunkhe 1982). Higher temperature in the hot-air oven could directly stimulate rate of water evaporation in

product. As a result, water activity and moisture content in product was constantly reduced faster, ultimately resulting in samples with better qualities (Saravacoz and Raouzeos 1986).

Figure 2 (a-b) showed water activity and moisture content versus time (2, 4, 6 and 8 min.) using microwave at 30 and 50 watts, respectively. Microwave heating (Fig. 2a-b) obviously reduced both moisture content and water activity of samples faster than oven drying (Fig.1a-b). This is because microwave heating is a very efficient drying technology that can lower moisture content of samples in a shorter time (Alibas 2007; Fishman and others 2006). The microwave is a magnetic wave that induces molecular movement of each molecule. When molecules move, heat is generated and released, resulted in a rapid reclining of water from sample (Rattanapanont 2003). Also, better nutritional qualities of products were retained as compared to the hot air-dried ones (Wu and Mao 2008).

In this research, the combination between higher power and longer time gave the fastest drying rate and lowest moisture content in samples. This agreed with other report that the efficiency of microwave drying increases with increasing microwave power and drying time (Fishman and others 2006). As dipole rotation and ion conduction are directly proportional to microwave power, and they are main factors for dielectric loss which is the ability to change microwave electromagnetic energy to heat. Thus, the higher the microwave power, the higher the dipole rotation and the ion conduction, and consequently the higher the dielectric loss, resulting in higher heating rate.

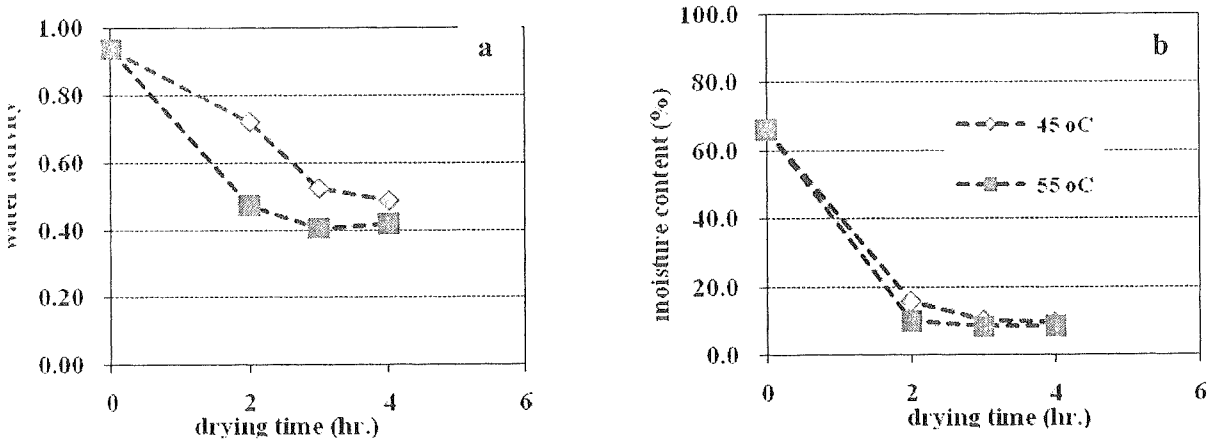


Figure 1 (a) Water activity (a_w) and (b) moisture content (%) versus time (2, 3 and 4 hr) of the experiments at 45°C and 55°C in the hot-air oven.

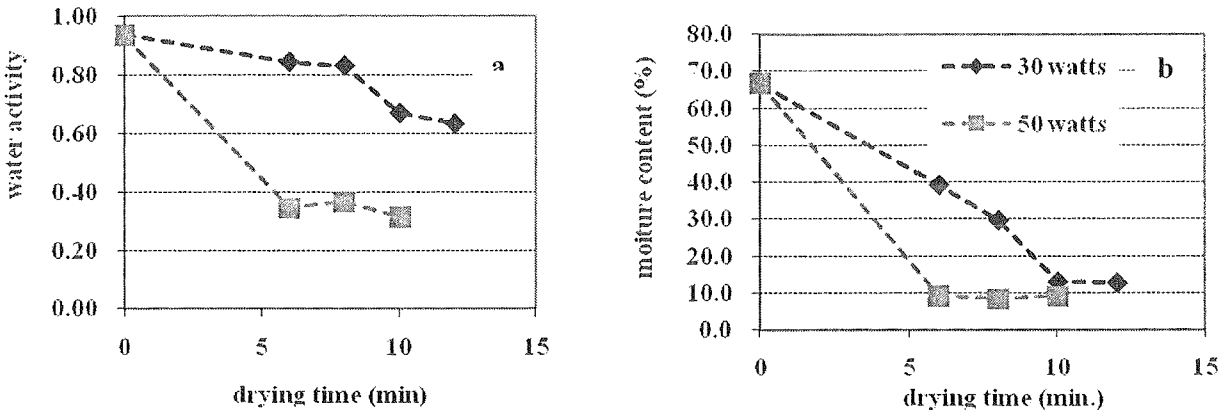


Figure 2 (a) Water activity (a_w) and (b) moisture content (%) versus time of the experiments at 30 watts and 50 watts in the microwave drying.

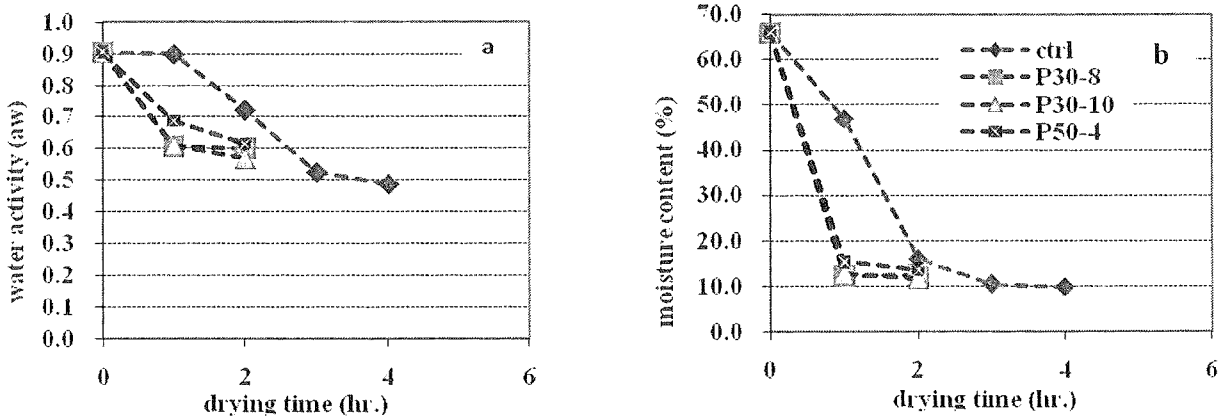


Figure 3 (a) Water activity (a_w) and (b) moisture content (%) versus time of the experiments from a combination of microwave heating at 30 and 50 watts with hot-air oven at 45 °C for 1-hr.

For a combination process, microwave was used as a pre-treatment before by hot-air drying in the oven. The pre-treatment microwave heating conditions of 30 Watt for 8 and 10 min and 50 Watt for 4 min were selected and combined with the hot-air drying at 45°C for 1 and 2 hr conditions. Significant differences of moisture content and water activities among treatments were observed ($p \leq 0.05$) (Fig. 3a-b). The total process time of the combination between microwave- and hot-air drying was only half of the traditional hot-air drying time because pre-treatment by microwave drying could rapidly reduce moisture content. Bolin and Salunkhe (1982) suggested increasing drying rate by using higher temperature however it was less efficiency than using microwave heating as pretreatment in terms of product qualities (Alibas 2007; Wu and Mao 2008). Therefore, in this research, a combination of microwave heating and hot-air oven was suggested as it significantly reduced both process time and energy during drying. The optimum condition was microwave pretreatment at 30 Watts for 8 min followed by hot-air drying at 45°C for 1 hr. For combination drying processes, the sample color from a 50-Watt-microwave treatment with hot-air oven showed significant differences in both brightness and hue angle values to

samples from a 30-Watt microwave with hot-air oven ($p \leq 0.05$) however samples would be fried in further processes so the color difference in this step did not matter.

During storage, chemical and physical qualities, including TBA values, moisture content, water activity, hardness and color, of samples stored in various packages were determined. TBA is used as a product-deterioration indicator for oxidation reaction of lipid in food product as TBA can interact with malonaldehyde (the 2nd product of polyunsaturated fatty acid oxidation), resulting in red color. The intensity of color is directly implied to oxidative rancidity reaction (Frutos and Hernandez-Herraro 2005). Samples in all treatments similarly showed increasing trends of TBA values during the storage time, indicating the lipid oxidations in samples (Table 1). The rapid increases of TBA were observed in crispy minced-fish samples after being kept for 30 days or longer. At 90-day storage, samples stored in the PP bag with oxygen-absorber sachet showed the lowest TBA value. This confirmed the efficacy of the oxygen absorber, as an active packaging (Brody and others 2001), that helped retard oxygen in the package, consequently reducing the oxidation reaction (Mexis and Kontominas 2010). According to sensory panelists, a faint rancid odor was detected from samples in package with oxygen absorber at 45-day storage when others were already rancid (data not shown).

Table 1 Trends of the 2-Thiobarbituric acid (TBA.) values of crispy minced-fish snacks during storage.

Packaging Condition	TBA no. (mg. MDA./kg.)					
	Storage (days)					
	15	30	45	60	75	90
PP	$0.63\pm0.01^{f,B}$	$0.80\pm0.01^{e,A}$	$7.3\pm0.02^{d,A}$	$7.5\pm0.02^{c,A}$	$8.3\pm0.01^{b,A}$	$8.7\pm0.04^{a,A}$
PP+oxygen absorber	$0.49\pm0.01^{e,D}$	$0.52\pm0.01^{e,C}$	$4.9\pm0.05^{d,D}$	$5.4\pm0.02^{c,C}$	$5.7\pm0.18^{b,D}$	$6.3\pm0.01^{a,D}$
PP+ moisture absorber	$0.58\pm0.01^{d,C}$	$0.63\pm0.01^{d,B}$	$5.3\pm0.02^{c,C}$	$5.3\pm0.03^{c,C}$	$6.2\pm0.03^{b,C}$	$6.6\pm0.01^{a,C}$
PP+oxygen+ moisture absorber	$0.79\pm0.01^{e,A}$	$0.78\pm0.01^{e,A}$	$6.9\pm0.11^{d,B}$	$7.5\pm0.02^{c,B}$	$7.4\pm0.01^{b,B}$	$8.2\pm0.02^{a,B}$

Note: Different lowercase letters in the same row indicate statistical differences ($p \leq 0.05$).
Different uppercase letters in the same column indicate statistical differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Trends of the moisture content (%) of crispy minced-fish snacks during storage.

Packaging Condition	Moisture contents (%)					
	Storage (days)					
	15	30	45	60	75	90
PP	$6.41\pm0.13^{c,A}$	$5.26\pm0.52^{d,C}$	$6.02\pm0.20^{cd,C}$	$6.69\pm0.04^{c,C}$	$7.65\pm0.12^{b,D}$	$10.7\pm1.00^{a,A}$
PP+oxygen absorber	$5.10\pm0.29^{e,C}$	$5.68\pm0.68^{de,BC}$	$6.12\pm0.13^{d,C}$	$6.95\pm0.12^{c,B}$	$8.84\pm0.06^{b,B}$	$11.6\pm0.58^{a,A}$
PP+ moisture absorber	$4.63\pm0.33^{d,C}$	$6.46\pm0.16^{c,AB}$	$7.57\pm0.07^{b,B}$	$6.86\pm0.12^{c,BC}$	$8.36\pm0.06^{a,C}$	$7.50\pm0.48^{b,B}$
PP+oxygen+ moisture absorber	$5.80\pm0.37^{f,B}$	$7.11\pm0.13^{e,A}$	$8.47\pm0.04^{c,A}$	$7.72\pm0.08^{d,A}$	$9.34\pm0.09^{b,A}$	$11.6\pm0.08^{a,A}$

Note: Different lowercase letters in the same row indicate statistical differences ($p \leq 0.05$).
Different uppercase letters in the same column indicate statistical differences ($p \leq 0.05$).

Changing trends of other sample qualities were also observed during storage. As shown in table 2, the moisture content in all samples significantly increased during 90-day storage ($p \leq 0.05$). Samples in a package of PP and moisture-absorber sachet had the lowest moisture content ($p \leq 0.05$), indicating the efficacy of moisture absorber that reduce the moisture in product (Brody and others 2001). Likewise, the water activity results of samples in all treatments showed similar trend as moisture content (data not shown).

As for hardness (data not shown), slightly increasing trends in all samples with increasing storage time were observed. This was partly due to the moisture content increasing, causing samples to become less crispy and harder to chew. For color parameters (data not shown), the changing trends of L^*, a^*, b^*, hue angle and chroma values only slightly increased in all samples during storage, however they were not statistically different ($p > 0.05$).

Table 3 The total plate count values of crispy minced-fish snacks during storage.

Packaging Condition	Total plate count (cfu./g.) Storage (days)					
	15	30	45	60	75	90
PP	$<10^2$	6.1×10^3	7.6×10^3	9.2×10^3	1.0×10^4	1.3×10^4
PP+oxygen absorber	ND	7.8×10^3	8.0×10^3	9.4×10^3	9.8×10^3	1.0×10^4
PP+ moisture absorber	$<10^2$	8.9×10^3	9.2×10^3	1.1×10^4	2.0×10^4	2.7×10^4
PP+oxygen+ moisture absorber	$<10^2$	9.1×10^3	9.4×10^3	1.3×10^4	2.2×10^4	2.5×10^4

Note: Different lowercase letters in the same row indicate statistical differences ($p \leq 0.05$); Different uppercase letters in the same column indicate statistical differences ($p \leq 0.05$); ND was not detected.

Table 4 The total yeast and mold counts of crispy minced-fish snacks during storage.

Packaging Condition	Total yeast & mold (cfu./g.) Storage (days)					
	15	30	45	60	75	90
PP	1.0	4.0	18.0	31.0	39.0	46.0
PP+oxygen absorber	ND	18.0	29.0	37.0	45.0	68.0
PP+ moisture absorber	ND	3.0	12.0	27.0	35.0	41.0
PP+oxygen+ moisture absorber	2.0	17.0	32.0	49.0	64.0	92.0

Note: Different lowercase letters in the same row indicate statistical differences ($p \leq 0.05$); Different uppercase letters in the same column indicate statistical differences ($p \leq 0.05$); ND was not detected.

For the microbial property changes of crispy minced-fish snacks in various packaging conditions, the total plate count (Table 3) and total yeast and mold count (Table 4) values were determined during storage of 90 days. Based on the Thai Community Product Standard of crisp fish sheet (TCPS 1040/2548), the total plate count of sample is not to exceed 1.0×10^4 colonies per gram (TCPS 2005). Therefore, only samples stored in the PP bag with oxygen absorber could be kept for 90 days. This was because it helped limiting oxygen which consequently inhibited microorganism growths. On the other hand, the other samples stored in different packaging conditions could be kept for a shorter time of 45-60

days before their total plate count values exceeded the product's standard limit. As for the yeast and mold count, the values increased during storage time however they did not exceed the standard for yeast and mold (100 colonies per gram) in samples.

Conclusions

The process efficiency was improved by a combination of microwave heating as pretreatment at 30-watt for 8 min followed by hot-air drying at 45°C for 1 hr. This was applied in a small local manufacturer for a cost-reduction commercialization. In addition, active packaging was used as an alternative way to extend shelf-life and maintain quality of crispy minced-fish snacks. Oxygen absorber and moisture absorber helped prolong shelf-life of samples by reducing oxygen and moisture content. The best result was obtained from using PP with oxygen-absorber sachet. The shelf-life of sample was 45 day before being considered rancid whereas it was considered spoiled at 90-day storage based on the microbiological standard.

Acknowledgement

The research was funded by the Office of the National Research Council of Thailand (NRCT) for Naresuan University fiscal year 2553. The cooperation from Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Thailand, and Mae-La-Singburi Agriculture Housewife group were also greatly appreciated.

References

Alibas I. 2007. Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices. LWT-Food Sci Tech 40(8): 1445-1451.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis (15th ed). Washington D.C.: Association of official Analytical.

AOCS. 1989. Official methods and recommended practices. Illinois: American Oil Chemists' Society.

Bolin HR, Salunkhe DK. 1982. Food Dehydration by Solar Energy. Crit Rev Food Sci Nutr 22(4): 327-354.

Brody AL, Strupinsky ER, Kline LR. 2001. Active Packaging for Food Applications. Technomic Publishing, Co., Inc. PA. USA. 218p.

Fishman ML, Chau HK, Hoagland PD, Hotchkiss AT. 2006. Microwave-assisted extraction of lime pectin. Food Hydrocolloids 20(8): 1170-1177.

Frutos MJ, Hernandez-Herrero JA. 2005. Effects of rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) on the stability of bread with an oil, garlic and parsley dressing. LWT-Food Sci Tech 38: 651-655.

Jammek J. 2539 (1996). Food Science and Technology, 1st ed. Department of Food Science and Technology. Faculty of Agro-Industry. Kasetsart University. Bangkok. pp.173-178. (in Thai).

Mexis FS, Kontominas GM. 2010. Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage condition on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*). LWT-Food Sci Tech 43: 1-11.

Rattanapanont N. 2546 (2003). Principal of Food Processing, 1st ed. Bangkok. pp. 52-55. (in Thai).

Saravacos, GD and Raouzeos, GS. 1986. Diffusivity of Moisture in Air-Drying of Raisins. In Drying'86', vol. 2, edited by AS Mujumdar. Hemisphere Publishing. New York.

Thai Community Product Standard (TCPS). 2548 (2005). TCPS 1040/2548: Pla Pan Krob (Crisp Fish sheet). Thai Industrial Standards Institute. Bangkok. Thailand. 6 p. (in Thai).

Wu, T and Mao L. 2008. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. Food Chem 110(2): 647-653.