

ชื่อโครงการ “การศึกษาการทอดปลากระตักโดยเครื่องทอดสุญญากาศ”

ปฐมวงศ์ เตชะพัฒนา, สาลิกา มัณการ และ งาม แยมแสงสังข์*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ *Email : yram@ratree.psu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทอด ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำและปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด คำนวณค่าใช้จ่ายของเครื่องทอดสุญญากาศ ตลอดจนออกแบบเครื่องทอดสุญญากาศที่สามารถรองรับปริมาณการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ โดยในโครงการได้ใช้ปลากระตัก 2 ชนิดคือ ปลาขาว และปลาดำ เป็นวัตถุดิบในการทอด ซึ่งได้สภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิ 120°C เวลาในการทอด 20 นาที สำหรับปลาขาว และใช้อุณหภูมิ 140°C เวลาในการทอด 15 นาที สำหรับปลาดำ

การศึกษ้อัตราการระเหยของน้ำและปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด พบว่าในช่วงแรกของการทอด อัตราการระเหยของน้ำจะค่อนข้างคงที่และจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการทอดนานขึ้น ในส่วนของปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรก และจะค่อยๆ คงที่เมื่อใช้เวลาในการทอดนานขึ้น

ค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆนั้น ได้แบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างเครื่องทอดสุญญากาศ สรุปได้ว่าจะได้ผลกำไรจากการจำหน่ายปลากระตักทอดเดือนละประมาณ 100,000 บาท และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างประมาณ 173,000 บาท และให้อัตราผลตอบแทนสูงถึงกว่า 60% ต่อปี ซึ่งแบบแปลนของเครื่องทอดสุญญากาศนั้นได้นำเสนอในส่วนของรายงานต่อไป

คำสำคัญ: การทอดแบบสุญญากาศ, การทอด, ปลากระตัก

1. บทนำ

กระบวนการทอดโดยเครื่องทอดสุญญากาศ เป็นเทคโนโลยีที่กำลังพัฒนาในประเทศไทยและปัจจุบันได้นำมาเป็นทางเลือกในกระบวนการผลิตอาหารทะเล ความอุดมสมบูรณ์ของปลากระตักในตำบลเทพา จังหวัดสงขลา ทำให้ปลากระตักกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่รัฐบาลสนับสนุนในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ประเภทกะปิอีกด้วย ผู้ดำเนินการในตำบลเทพา มีการคิดค้นเทคนิคสำหรับการทอดปลากระตัก แต่ทางตำบลขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญทางเทคโนโลยีทางด้านนี้ จึงได้มีการขอความช่วยเหลือมาทางภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ให้ศึกษาการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศสำหรับทอดปลากระตัก

เครื่องทอดสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีอายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี สามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ สีสันสวยงาม กรอบ และมีรสชาติดี เช่น ฝรั่งทอด, แครอท และมันฝรั่งทอด และยังสามารถใช้กับวัตถุดิบอื่นที่มีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรม เช่น หอยแครง และเต้าหู้ปลา เพราะฉะนั้นหากเครื่องทอดสุญญากาศนี้สามารถผลิตปลากระตักทอดที่ผู้ประกอบการยอมรับ ก็จะลงทุนสร้างเครื่องทอดสุญญากาศสำหรับอุตสาหกรรมขนาดย่อม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มแหล่งรายได้ให้กับคนในตำบลเทพา จึงกลายมาเป็นโครงการนี้

2. วัตถุประสงค์

2.1 หาสภาวะที่เหมาะสมในการทอด

2.2 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำและปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด

2.3 คำนวณค่าใช้จ่ายของเครื่องทอดสุญญากาศ

2.4 ออกแบบเครื่องทอดสุญญากาศที่สามารถรองรับปริมาณการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

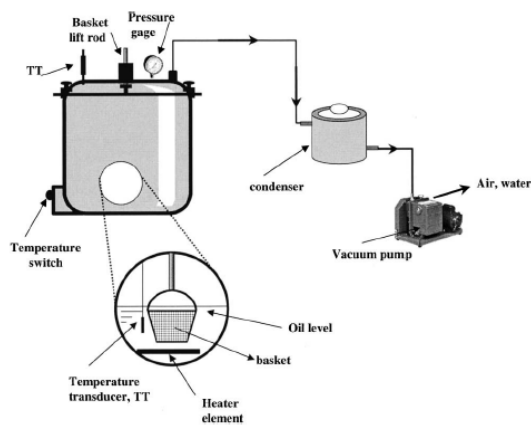
3. ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องทอดสุญญากาศ

เครื่องทอดสุญญากาศจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ดังรูปที่ 1 คือ

3.1 Vacuum Fryer เป็นส่วนที่ใช้ในการทอดวัตถุดิบต่างๆ โดยจะมีการเติมน้ำมันลงเช่นเดียวกับการทอดด้วยกระทะทั่วไป

3.2 Condenser เป็นส่วนที่ช่วยควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ออกจาก vacuum fryer ก่อนที่จะเข้าสู่ปั๊มให้มีความไม่เกิน 60°C และควบแน่นไอน้ำและไอน้ำมันที่ระเหยออกมาด้วย เพื่อป้องกันความเสียหายของปั๊ม

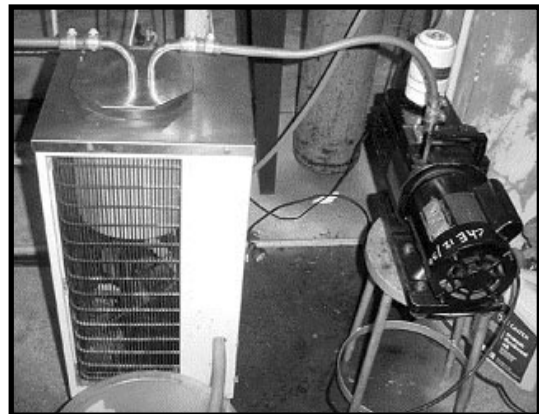
3.3 Vacuum Pump เป็นตัวดึงหรือดูดอากาศออกจากภายใน vacuum fryer ทำให้ความดันภายใน vacuum fryer มีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ



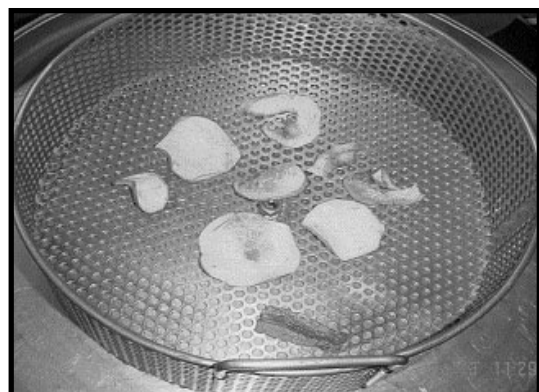
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องทอดสุญญากาศ
(Garayo และ Moreira, 2002)



รูปที่ 2 vacuum fryer ที่ใช้ในโรงงาน
(ราม แยมแสงสังข์, 2003)



รูปที่ 3 condenser และ vacuum pump ที่ใช้ในโรงงาน
(ราม แยมแสงสังข์, 2003)



รูปที่ 4 ตะแกรงที่ใช้สำหรับใส่วัตถุดิบที่จะทำการทอด
(ราม แยมแสงสังข์, 2003)

3.4 ข้อดีของเครื่องทอดสุญญากาศ

3.4.1 ใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่าที่สภาวะบรรยากาศ ทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่า

3.4.2 ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ต่ำกว่าที่สภาวะบรรยากาศ (Garayo และ Moreira, 2002)

3.4.3 มีการหดตัวของอาหารเพียงเล็กน้อย (Garayo และ Moreira, 2002) ทำให้อาหารยังคงน่ารับประทาน

4. การทดลอง

4.1 การหาสภาวะที่เหมาะสม

นำวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 50 กรัม มาทำการทอดที่อุณหภูมิต่างๆคือ 120, 130 และ 140°C โดยที่อุณหภูมิ 120 และ 130°C ใช้เวลา 10, 15 และ 20 นาที และที่อุณหภูมิ 140°C ใช้เวลา 10, 12 และ 15 นาที แล้วจึงนำไปตรวจสอบคุณภาพคือ สี สัน ความกรอบ และความสุก

4.2 หาอัตราการระเหยของน้ำในระหว่างการทอด

นำปลาที่ได้สภาวะที่เหมาะสมแล้ว มาแบ่งช่วงเวลาในการทอดเท่าๆกัน คือ ปลาขาวใช้อุณหภูมิ 120°C เวลา 20 นาที ก็จะทำการทอดที่เวลา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 นาทีโดยใช้อุณหภูมิ 120°C นำไปปดแล้วจึงชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบแห้งแล้วจึงชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ปลาดำก็ทำเช่นเดียวกัน แล้วจึงนำค่าได้ไปคำนวณ

4.3 หาปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด

นำปลาที่ได้จากการอบแห้งแล้วในการทดลองที่ 2 มาหาปริมาณน้ำมันโดยใช้ชุดสกัดน้ำมัน(Soxxhlet Apparatus) ใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ (modified from AOAC, 1990)

4.4 การทดสอบความพึงพอใจ

โดยการให้ผู้ทดสอบ 30 คน ทำการชิมตัวอย่าง 4 ตัวอย่างซึ่งจะต้องเติมน้ำเปล่าก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้งเพื่อให้ได้ความถูกต้องของรสชาติอาหารแล้วจึงตอบแบบสอบถาม โดยจะมีการให้คะแนนในด้านสี สัน, รสชาติ, เนื้อสัมผัส, ปริมาณน้ำมัน และความชอบรวม ซึ่งตัวอย่างมีปลาขาวขนาดเล็ก, ปลาขาวขนาดใหญ่, ปลาดำที่ยังไม่ได้ล้างเกลือออก และปลาดำที่ล้างเกลือออกแล้ว

5. ผลการทดลองและอภิปรายผล

5.1 การหาสภาวะที่เหมาะสม

ได้สภาวะที่เหมาะสมดังนี้

ปลาขาว(รูปที่ 5 และ 6) ใช้อุณหภูมิในการทอด 120°C และใช้เวลา 20 นาที ส่วนปลาดำ(รูปที่ 7) ใช้ อุณหภูมิในการทอด 140°C และใช้เวลา 15 นาที



รูปที่ 5 ปลาขาวขนาดเล็กที่ผ่านการทอดแล้ว



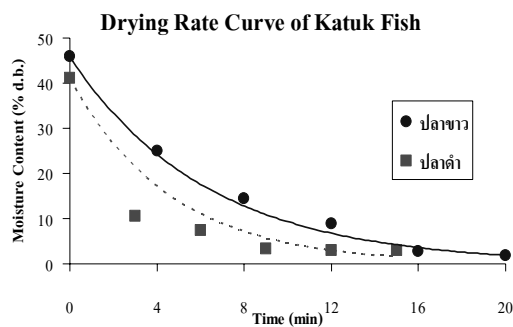
รูปที่ 6 ปลาขาวขนาดใหญ่ที่ผ่านการทอดแล้ว



รูปที่ 7 ปลาตัวที่ผ่านการทอดแล้ว

จากการทดลองพบว่า คุณภาพของอาหารที่ได้อยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีความกรอบ สุก ทัวถึงทั้งตัวปลา และมีสี สันแตกต่างจากวัตถุดิบไปเพียงเล็กน้อย น้ารับประทาน ทั้งปลาดำและปลากขาว

5.2 หาอัตราการระเหยของน้ำในระหว่างการทอด ได้ผลการทดลองดังนี้

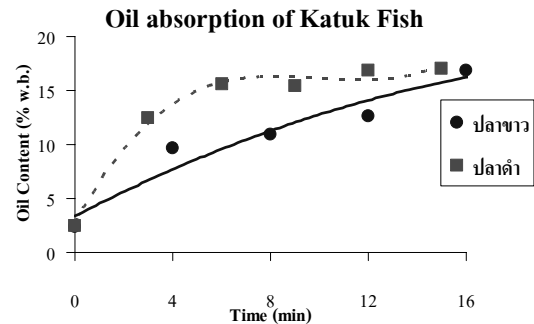


รูปที่ 8 กราฟแสดงอัตราการระเหยของน้ำในปลากระตัก

จากการทดลองพบว่า ในช่วงประมาณ 8 นาทีแรกของการทอด ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวปลาลดลงอย่างคงที่ แสดงว่าอัตราการระเหยของน้ำคงที่ อยู่ในช่วง constant rate period หลังจาก 8 นาที ปริมาณน้ำที่มีอยู่ลดลง น้อยมากเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ทอด แสดงว่าอัตราการระเหยของน้ำลดลง อยู่ในช่วง falling rate period ทั้ง

ปลาดำและปลากขาว แต่อัตราการระเหยของน้ำของปลาดำจะมากกว่า เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการทอดสูงกว่า

5.3 หาปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด ได้ผลการทดลองดังนี้



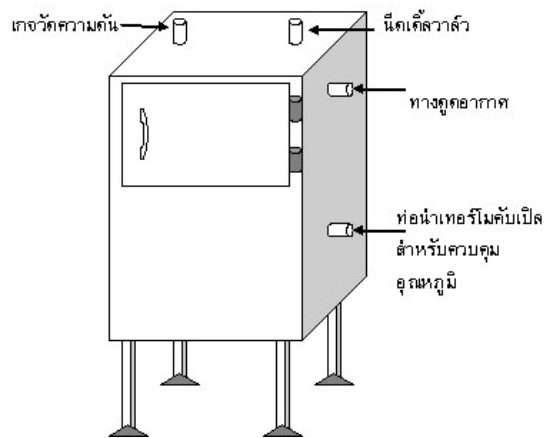
รูปที่ 9 กราฟแสดงปริมาณการดูดซับน้ำมันในปลากระตัก

จากผลการทดลองพบว่า ในช่วงประมาณ 8 นาทีแรก ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณน้ำที่ถูกระเหยไป ทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำ แต่ในช่วงหลังจาก 8 นาที ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับจะค่อยๆ คงที่ เพราะความดันไอกายในตัวของปลาส่งกว่าความดันภายนอก จึงดันไม่ให้น้ำมันเข้าไปในตัวปลาดำและปลากขาวได้อีกหรือเข้าไปได้น้อย

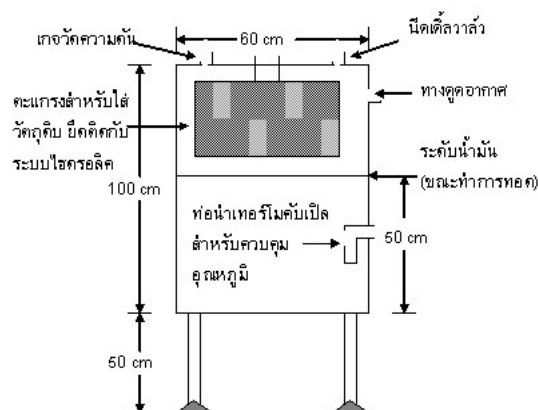
5.4 การทดสอบความพึงพอใจ

ผลการทดสอบปรากฏว่า ปลาที่ได้รับความนิยมที่สุดคือ ปลากขาวขนาดใหญ่ คิดเป็น 55% เนื่องจากมีรสชาติดี แต่มีข้อเสียคือ ขนาดและสีสันที่ดูไม่ประทาน รองลงมาคือ ปลากขาวขนาดเล็ก คิดเป็น 28.33% ส่วนปลาดำที่ยังไม่ได้ล้างเกลือออก และปลาดำที่ล้างเกลือออกแล้ว คิดเป็น 5 และ 11.67% ตามลำดับ สาเหตุที่ปลาดำได้รับความนิยมน้อยเนื่องจากมีความแข็งพอสมควร

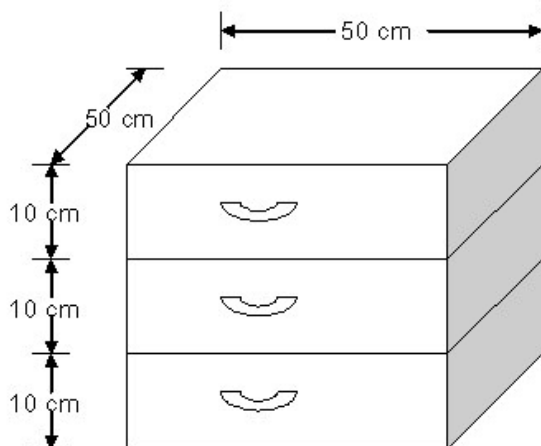
6. แบบแปลนเครื่องทอดสุญญากาศ



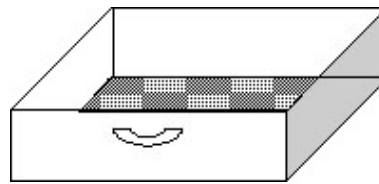
รูปที่ 10 รูปร่างของเครื่องทอดสุญญากาศ



รูปที่ 11 ลักษณะภายในของเครื่องทอดสุญญากาศ



รูปที่ 12 ลักษณะของตะแกรงสำหรับใส่วัตถุดิบ



รูปที่ 13 ลักษณะของตะแกรงแต่ละชั้น

7. ค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

6.1 ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างเครื่องทอดสุญญากาศ ซึ่งมีดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างเครื่องทอดสุญญากาศ

One Time Costs	Construction (Baht)
1.Vacuum Fryer Stainless Steel	30,000.00
2.Piping	5,000.00
3.Condenser	5,000.00
4.Vacuum Pump	50,000.00
5.Vacuum Gauge	1,500.00
6.Needle Valve	1,500.00
7.Centrifuge/Frying Basket	10,000.00
8.Centrifuge Controller	10,000.00
9.Centrifuge Motor	5,000.00
10.Mixing Blades	3,500.00
11.Heating Coils	4,000.00
12.Preheat Gas Unit	2,000.00
13.Gas Controller	2,500.00
14.Rubber Seal (Fireproof)	1,000.00
15.Steel Piping	3,000.00
16.Oil Displacement Pump	6,000.00
17.Oil Storage Tank	8,000.00
18.Pressure Gauges	2,000.00
19.Thermocouples	2,000.00
20.Valves and Fittings	2,000.00
21.Breakers/Electrical Connections	2,000.00

ตารางที่ 1 (ต่อ)

22. Insulations	5,000.00
23. Additional Construction Costs	12,000.00
Total	173,000.00

6.2 ค่าใช้จ่ายในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์

Vacuum Fryer	Size of Vessel	360	L
	Size of basket	75	L
Cost of Oil	Amount of Oil @ Oil Level	180	L
	Price of Oil (550 baht/13.75 L)	550	L
	Cost of Oil Per Day	7,200.00	Baht
Production	Liters of Oil per kg	15	Liters
	Kg of raw materials per batch	12.00	kg
	Kg of product per batch (50% M.C.)*	6.00	kg of product
	Amount per package	80	g
	Number of Packs per batch	75	Packs
Price	Cost per package	20.00	Baht
	Baht per batch	1,500.00	Baht/batch
	# of batches per day	16	Batches
INCOME	Baht per day	24,000.00	Baht/day

* moisture content dry basis

ตารางที่ 2 (ต่อ)

COSTS	Raw Materials @ 20 baht/kg	3,840.00	Baht/day
	Fuel/Electricity	500.00	Baht/day
	Cost of Oil (550 baht/13.75 L)	7,200.00	Baht/day
	Packaging @ 2 baht/package	2,400.00	Baht/day
REVENUE	Number of Packs/Day	1200	Packs/day
	Income per day	10,060.00	Baht/day
	If Sold 50%	5,030.00	Baht/day
	Income 20 days Per month	100,600.00	Baht/month

8. การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR)

การหาอัตราผลตอบแทนภายในเป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนโดยที่ตลอดอายุโครงการไม่มีการลงทุนเสริม

รายได้รวม = รายจ่ายรวม

กำหนดให้เครื่องทอดสุญญากาศมีอายุการใช้งาน 5 ปี
 $100,600 \times 12(P/A, i\%, 5) = 173,000$

$(P/A, i\%, 5) = 0.1433$

จากตารางดอกเบี้ยพบว่า อัตราดอกเบี้ยที่ทำให้ได้ค่า P/A ที่เวลา 5 ปีเท่ากับ 0.1433 มีค่ามากกว่า 60% ต่อปี เพราะฉะนั้นโครงการนี้มีความน่าลงทุนเนื่องจากให้อัตราผลตอบแทนสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก และอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งมีค่าประมาณ 2% และ 6% ต่อปีตามลำดับ

9. สรุปผลของโครงการ

จากการทดลองได้สภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิ 120°C เวลาในการทอด 20 นาที สำหรับปลาขาว และใช้อุณหภูมิ 140°C เวลาในการทอด 15 นาที สำหรับปลาดำ ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้ประกอบการว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสม

การศึกษาอัตราการระเหยของน้ำและปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอด พบว่าในช่วงแรกของการทอด อัตราการระเหยของน้ำจะค่อนข้างคงที่และจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการทอดนานขึ้น ในส่วนของปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรก และจะค่อยๆ คงที่เมื่อใช้เวลาในการทอดนานขึ้น

ค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ นั้น สรุปได้ว่าจะได้ผลกำไรจากการจำหน่ายปลากะตักทอดเดือนละประมาณ 100,600.00 บาท และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างประมาณ 173,000.00 บาท

จากโครงการครั้งนี้ ผู้ประกอบการสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพซึ่งให้อัตราผลตอบแทนสูงถึงกว่า 60% ต่อปี

10. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากการได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 และขอแสดงความขอบคุณ ดร.ราม แยมแสงสังข์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการนี้ ท่านได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนแนวทางในการศึกษา และวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในโครงการนี้ จึงทำให้โครงการนี้สามารถดำเนินงานไปได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพร ชูดำ และธีรภาพ โรจน์วัชรภิบาล. 2545, โครงการเรื่องการทอดผักและผลไม้ด้วยระบบสุญญากาศ. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง. เอกสารประกอบการทำประชาพิจารณ์. กองประมงทะเล กรมประมง.

Garayo, J. and Moreira, R.G. Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering. 2002, 55(2002), 181-191.

Yamsaengsung, R. Vacuum Frying of Fruits and Vegetables. A Full Research Report. Prince of Songkhla University, Hat Yai, Thailand, 2003.