

# รายงานวิจัยเรื่อง

## การศึกษาการใช้เอ็นไซม์โบรมิเลนในการทำน้ำปลาจากปลานิล

( A study of bromelain usage in fish sauce production

from *Planil Tilapia nilotica* )



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

\* ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

\*\* ภาควิชาเคมี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่องศึกษาการใช้เอ็นไอเอ็มไบโอมิเลนในการทำน้ำปลาจากปลาหมึก ได้รับความเห็นชอบและอนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทสาขาวิชาการประจำปี 2527 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยจึงขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงถึงสำนักงานฯ ในการสนับสนุนดังกล่าว ซึ่งเป็นผลทำให้คณะผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยนี้ได้สำเร็จสมความมุ่งหมาย อันจะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในขั้นต่อไป

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบพระคุณนายสุรินทร์ เหล่าพระจันทร์ และ นายชนะ กลั่นหอม ที่ได้ช่วยในการวิเคราะห์ และ นางสาวสทศศรี นกข่อย ที่ช่วยในการพิมพ์

คณะผู้วิจัย



RDH  
S14  
336  
F45  
ร 2225  
ค. 1  
เลขหมู่  
เลขทะเบียน 15707  
วัน, เดือน, ปี 18.ก.พ. 2534



## Abstract

The results of a study of bromelain usage in fish sauce production showed that the possibility of using bromelain in making fish sauce from tilapia was positively high. Since the bromelain could reduce the fermentation time from one year to about 120 days. And the big fish could be used instead of the small one as in conventional method. This will lead to a cost reduction. Since tilapia is an easy and fast growing fish, the tilapia fish sauce production can be commercialized.

The study also showed that at 0.1% of bromelain was high enough to produce an optimum hydrolysis of fish, with respects to price and activity of bromelain. Bromelain could activate the fish hydrolysis to the highest level at 10 % of salt. Increasing of salt concentration could reduce the hydrolysis. At 20% to 30% of salt the hydrolysis was, however, decreased. The fish treated with bromelain had inevitably a greater effect on fermentation than the untreated one, especially at 30% of salt.

# สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
วัสดุและอุปกรณ์	4
วิธีการทดลอง	4
- ศึกษาการย่อยสลายของเนือบลาที่ระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ต่าง ๆ กัน	4
- ศึกษาการย่อยสลายของเนือบลาที่ระดับความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ กัน	4
- ศึกษาการย่อยสลายของเนือบลาที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน	4
- ศึกษาการหมักปลานิลทั้งตัว	5
- ศึกษาการหมักเนือบลานิล	5
- การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำปลา	5
- การวิเคราะห์ความชอบของผู้บริโภค	5
สรุปผลการทดลอง	6
- ผลการศึกษาการย่อยสลายของเนือบลาที่ระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ต่าง ๆ กัน	6
- ผลการศึกษาการย่อยสลายของเนือบลาที่ระดับความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ กัน	8
- ผลการศึกษาการย่อยสลายของเนือบลาที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน	10
- ผลการหมักปลานิลทั้งตัว และการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำปลา	12
- ผลการหมักเนือบลานิล และการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำปลา	16
- ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค	20
- กากน้ำปลาที่ได้จากการทดลอง	22
- ความตึงจำเพาะของน้ำปลา	23
- กรรมวิธีการผลิตน้ำปลาจากปลานิล	24
วิจารณ์ผลการทดลอง	25
สรุป	27
ขอเสนอแนะ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

หน้า

28

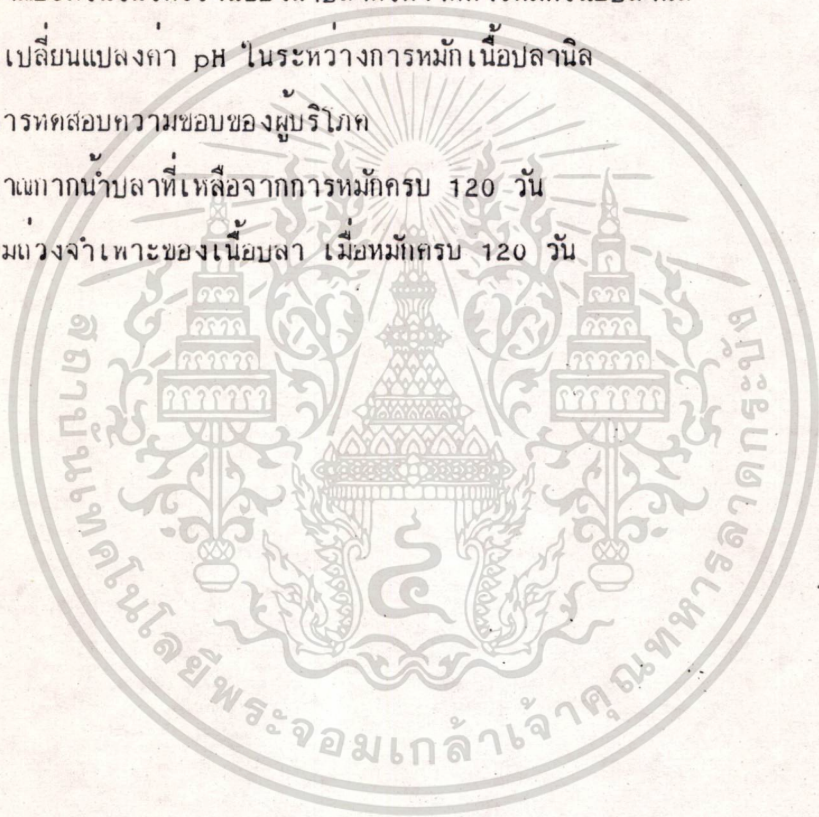
29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลานิลทั้งตัว	13
ตารางที่ 2 ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนของน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลานิลทั้งตัว	14
ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการหมักปลานิลทั้งตัว	15
ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำปลาที่ได้จากการหมักเนื้อปลานิล	16
ตารางที่ 5 ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนของน้ำปลาที่ได้จากการหมักเนื้อปลานิล	18
ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการหมักเนื้อปลานิล	19
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค	21
ตารางที่ 8 ปริมาณกากน้ำปลาที่เหลือจากการหมักครบ 120 วัน	22
ตารางที่ 9 ความแวงจำเพาะของเนือบล้า เมื่อหมักครบ 120 วัน	23



## สารบัญ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงผลการย่อยสลายเนือปลาที่ระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์โบรมิเลน 0.05-0.40 %	7
รูปที่ 2 แสดงผลการย่อยสลายเนือปลาที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 5-30 %	9
รูปที่ 3 แสดงผลการย่อยสลายเนือปลาที่อุณหภูมิ 35-55 °C	11
รูปที่ 4 Standard curve of tyrosine equivalent	30



## บทนำ

ประเทศในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย สลาว เวียดนามและฟิลิปปินส์ นิยมบริโภคนํ้าปลากันมาก จึงอาจกล่าวไดว่านํ้าปลาเป็นอาหารที่ขาดไม่ได้สำหรับประชากรในแถบนี้ คนไทยบริโภคนํ้าปลากันโดยใช้เป็นเครื่องจิ้ม และใช้ปรุงแต่งรสชาติ ซึ่งมีปริมาณการบริโภคเพิ่มขึ้นทุกปี

นํ้าปลาผลิตได้ทั้งจากปลาทะเลและปลานํ้าจืด ปลาทะเลที่นิยมนํ้ามาผลิตเป็นนํ้าปลา ได้แก่ ปลาไส้ตัน (*stolepharus spp.*) ปลากระทัก, ปลาหลังเขียว (*sardinella spp.*) ซึ่งเป็นปลานขนาดเล็ก ปลานํ้าจืดที่นิยมคือปลาร้อย (*crossocheilus reticularis*) กล่าวกันว่าปลาดังกล่าวให้นํ้าปลาที่มีคุณภาพดี นํ้าปลาที่ผลิตจากปลาเหล่านี้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย เช่น tryptophan, isoleucine, lysine, methionine, phenylalanine, valine, threonine และ ยังประกอบด้วยวิตามินบี 12 ประมาณ 1-5 ไมโครกรัม/100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และ ไอโอดีน ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย

กรรมวิธีในการผลิตนํ้าปลาแบบพื้นบ้านต้องใช้เวลาอันยาวนาน ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ 8 เดือนถึง 1 ปี ในการผลิตไม่ต้องการกรรมวิธีที่ยุ่งยาก โดยผสมปลากับเกลือในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน คลุกเคล้าผสมกันแล้วบรรจุในไหหรือโถงปิดฝานำไปตากแดด ทิ้งไว้จนเกิดเป็นนํ้าปลา

ในระหว่างที่หมักปลากับเกลือจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนของเนื้อปลาด้วยเอนไซม์ที่มาจากลำไส้ กระเพาะ เนื้อเยื่อของปลา และจากแบคทีเรียที่ทำให้โคกราคอะมิโนอิสระ วิตามินเกลือแร่ ตลอดจนกลิ่นและรส ขบวนการย่อยสลายโปรตีนของเนื้อปลา จะเกิดขึ้นช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับปริมาณของเอนไซม์และสภาวะแวดล้อมในการหมัก เช่นอุณหภูมิ ปริมาณเกลือ มูรายามาและ กะ (2505) พบว่าการหมักปลาที่อุณหภูมิ 37 °C และใช้เกลือ 10 % จะมีผลเช่นเดียวกับการหมักปลาที่อุณหภูมิ 50 °C ในเกลือ 5 % สำหรับการหมักปลาที่มีเปอร์เซ็นต์เกลือมากกว่า 30 % จะทำให้โปรตีนสลายตัวช้า การสลายตัวของโปรตีนจะดีที่สุดที่เกลือ 10 % (ประเสริฐ, 2508) ปริมาณของเกลือที่นำมาใช้ในการหมักนํ้าปลาจะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย อัตราส่วนที่นิยมคือ ปลา : เกลือเป็น 3 : 1 หรือนปลา : เกลือเป็น 7 : 2 หรือนปลา : เกลือเป็น 2 : 1 เกลือมี

บทบาทสำคัญมากในการหมักน้ำปลา ถ้าปริมาณเกลือน้อยเกินไป จะทำให้ปลาเน่า มีหนอนขึ้น น้ำปลาที่  
ให้จะมีกลิ่นเหม็น ถ้าใส่เกลือมากเกินไปการย่อยสลายเนื่อปลาจะเกิดช้ามาก

ปัจจุบันจึงได้มีผู้เริ่มสนใจนำเอาเอนไซม์สำหรับย่อยโปรตีนมาใช้ในการผลิตน้ำปลา  
มูรายามา และคณะ (2505) ได้พบว่า proteolytic enzyme เช่น biopraxe Sp-4 (20,000  
PUN/g) และ pronase-p (45,000 PUN/g) สามารถที่จะเร่งเวลาในการหมักน้ำปลาได้ เอนไซม์  
ที่สกัดได้จากพืช เช่น papain และ bromelain ก็มีคุณสมบัติเป็น proteolytic enzyme  
ที่สามารถจะช่วยย่อยสลายโปรตีนจากปลาได้ สุทธิ และคณะ (2509) ได้ทดลองใช้ crude papain,  
papain และ orientase ในการหมักน้ำปลาจากปลากระตัก และปลาหมอเทศ บังอร และคณะ (2524)  
ได้ใช้สับปะรดช่วยในการหมักน้ำปลาจากปลาสร้อย การใช้ crude bromelain ช่วยในการหมักน้ำปลา  
จากปลาไส้ตัน ก็ยังสามารถจะเร่งเวลาในการหมักน้ำปลาได้

การนำโบริมิเลน มาใช้ในอุตสาหกรรมหมักน้ำปลานั้นจะเป็นไปได้ในเชิงการค้า โบริมิ-  
เลนสามารถสกัดได้จากทุกส่วนของต้นสับปะรด โดยเฉพาะที่ลำต้นจะมีโบริมิเลนอยู่ในปริมาณที่มากที่สุด  
ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องมาก เศษที่เหลือทิ้งของสับปะรด เช่นลำต้น เปลือก  
จึงน่าจะได้นำมาใช้ในการผลิตเอนไซม์โบริมิเลนเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมทำ  
น้ำปลา เป็นต้น

ต้นทุนที่สำคัญในการผลิตน้ำปลาคือ ปลา การผลิตน้ำปลาจึงนิยมใช้ปลาขนาดเล็ก ที่ไม่  
มีราคาแพงมากนัก ปัจจุบันน้ำปลาแท้มีราคาแพงยิ่งขึ้น เพราะต้นทุนในการผลิตสูง จึงได้มีผู้คิดผลิตน้ำปลา  
เทียมขึ้นจำหน่ายในราคาถูก โดยผลิตจากน้ำปลึกซ์ (น้ำที่เหลือจากการผลิตผงชูรส) ผสมกับเกลือแดงสี  
และรสโหลกลายน้ำปลา เพื่อจำหน่ายเป็นน้ำปลาต่อไป

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่เลี้ยงง่ายโตเร็วมาก และมีราคาถูก จึงควรส่งเสริมให้มีการ  
แปรรูปเพื่อให้เกิดการบริโภคกว้างขวางขึ้น ครอบครัวเกษตรกรหรือผู้ผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมสามารถ  
ที่จะนำปลานิลมาผลิตเป็นน้ำปลาแท้ สำหรับบริโภคในครัวเรือนหรือจำหน่ายต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งถึงความเป็นไปได้ ในการนำปลานิลมาใช้ในการผลิตน้ำปลารวม  
ทั้งการพัฒนากรรมวิธีการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีของเอนไซม์ เข้ามาช่วยย่นระยะเวลาในการผลิตซึ่งจะก่อ  
ให้เกิดผลดีแก่ผู้ผลิตน้ำปลาและส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมขนาดย่อมต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังทำให้ผู้

บริโภคน้ำปลาได้ในราคาที่ถูกกลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มียรายได้น้อยจะได้ไม่ต้องบริโภคน้ำปลาเทียมต่อไป

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการใช้เอนไซม์โบรมิเลนในการผลิตน้ำปลาจากปลานิล เพื่อส่งเสริมการนำปลานิลไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำปลาสำหรับบริโภคในระดัครัวเรือน อันจะทำให้เกิดอุตสาหกรรมขนาดย่อมต่อไปในอนาคต

### ขอบเขตงานวิจัย

- ศึกษาการใช้โครโมโซมเนอปลา โดยใช้เอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ กัน
- ศึกษาและติดตามขั้นตอนการหมักน้ำปลาโดยขั้นตอนการใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์
- วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำปลาและการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาค้นทุนการผลิต

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถผลิตน้ำปลาจากปลานิลได้ทั้งระดัครัวเรือนและอุตสาหกรรม
- ส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลานิลมากยิ่งขึ้น
- ส่งเสริมการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากวัสดุเหลือทิ้งภายในประเทศ
- ช่วยส่งเสริมภาวะโภชนาการที่ดีแก่ประชาชนทั่วไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วัสดุและอุปกรณ์

1. ปลาสด (จากบ่อเลี้ยงปลาในเขตลาคกระบัง กรุงเทพมหานคร) ขนาดของปลาที่ใช้น้ำหนักอยู่ระหว่าง 160-330 กรัม
2. เอนไซม์โบรมิเลน (Koch Laboratories England) 250,000 Digestion unit/gram
3. สารเคมี - เครื่องแก้ว - เครื่องมือ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

### วิธีการทดลอง

1. ศึกษาการย่อยสลายของเนื้อมปลาทะดับความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ กัน  
 ความสามารถของเอนไซม์ในการย่อยสลายเนื้อมปลาวัดได้จากปริมาณกรดอะมิโนหรือเบบไพเคิล สลายสั้น ๆ ที่ไม่ตกตะกอนในสารละลายกรดเปอร์คลอริก (perchloric extract) ตามวิธีของ Rick (1974) และ Trond Ellingsen (1982)  
 เนื้อมปลาลบละเอียด 100 กรัม เติมเอนไซม์โบรมิเลน 0.00 %, 0.05 %, 0.10 %, 0.20 %, 0.40 % คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้ว วัดความสามารถในการย่อยสลายเนื้อมปลาทุก ๆ ชั่วโมง

2. ศึกษาการย่อยสลายของเนื้อมปลาทะดับความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ กัน  
 ซึ่งปลาลบละเอียด 50 กรัม เติมเอนไซม์โบรมิเลนในระดับความเข้มข้น 0.1 % (ผลจากข้อ 1) ผสมให้เข้ากัน แล้วเติมเกลือใหม่ปริมาณ 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, และ 30% ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง

3. ศึกษาการย่อยสลายของเนื้อมปลาที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน  
 ซึ่งปลาลบละเอียด 50 กรัม เติมเอนไซม์โบรมิเลนในระดับความเข้มข้นที่ 0.1% ผสมให้เข้ากัน เติมเกลือ 10% (ผลจากข้อ 2) ผสมให้เข้ากัน นำตัวอย่างไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C, 80°C, 85°C, 90°C, 95°C, และ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งหมันให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50 °c และ 55 °c เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดความสามารถในการย่อยสลายเนื้อปลา

#### 4. ศึกษาการหมักปลานิลแห้งตัว

ปลานิลนำมาต้มเป็นชิ้นเล็กมีขนาดความหนา ประมาณ 1-2 เซนติเมตร ผสมกับเกลือเม็ด 10% และเอนไซม์ 0.1% ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง แล้วจึงผสมเกลือใหม่ที่มีความเข้มข้นของเกลือเป็น 20%, 25% และ 30% บรรจุในโองกีนขนาดเล็ก (ขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม) ปิดฝาด้วยกระดาษพลาสติกทึบอย่างมิดชิด นำไปหมักไว้ที่บนตาชั่ง ที่มีหลังคา (อุณหภูมิอยู่ในช่วง 35 ° - 50 °c)

#### 5. ศึกษาการหมักเนื้อปลานิล

ปลานิลนำมาบดเกลือดีด คัดหัว และเอาเครื่องในออก แล้วจึงหั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร ผสมกับเกลือเม็ด 10% และเอนไซม์ 0.1% ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง แล้วจึงผสมเกลือใหม่ที่มีความเข้มข้นของเกลือเป็น 20%, 25% และ 30% บรรจุปลาในโองกีน ปิดฝาให้มิดชิด และตั้งไว้บนตาชั่งที่มีหลังคา

#### 6. การวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการของน้ำปลา

มักด้วยบางน้ำปลาบางครั้งละประมาณ 20-100 ซีซี ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, กรดอะมิโน, ความเป็นกรด-ด่าง, ความตรงจำเพาะ ตามวิธีที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำปลาพื้นเมือง (มอก 3-2526)

#### 7. การวิเคราะห์ความชอบของผู้บริโภค

คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำปลา คือ สี กลิ่น รส ความใส ตรวจสอบโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้ hedonic scale วัดค่าของคุณลักษณะแต่ละอย่าง โดยมีค่าคะแนนดังนี้

ชอบมากที่สุด	= 9 คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	= 4 คะแนน
ชอบมาก	= 8 คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	= 3 คะแนน
ชอบปานกลาง	= 7 คะแนน	ไม่ชอบเลย	= 2 คะแนน
ชอบเล็กน้อย	= 6 คะแนน	ไม่ชอบที่สุด	= 1 คะแนน
เฉย ๆ	= 5 คะแนน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาการย่อยสลายของเนื้อมีค่าที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ กัน

ผลการย่อยสลายเนื้อมีค่าในหลอดเย็บคเมื่อใช้เอนไซม์โบรมิเลนในระดับความเข้มข้น 0.00%, 0.05%, 0.10%, 0.20%, 0.40% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 ปริมาณเนื้อมีค่าที่ย่อยสลายออกมา มีค่าเป็น micromole of tyrosine equivalent/gram ตามวิธีของ Rick (1974) เมื่อวัดค่า tyrosine equivalent ที่ 6 ชั่วโมง พบว่า

ตัวอย่างที่ไม่เติมเอนไซม์ มีค่าเป็น 0.60  $\mu$ mole/gram

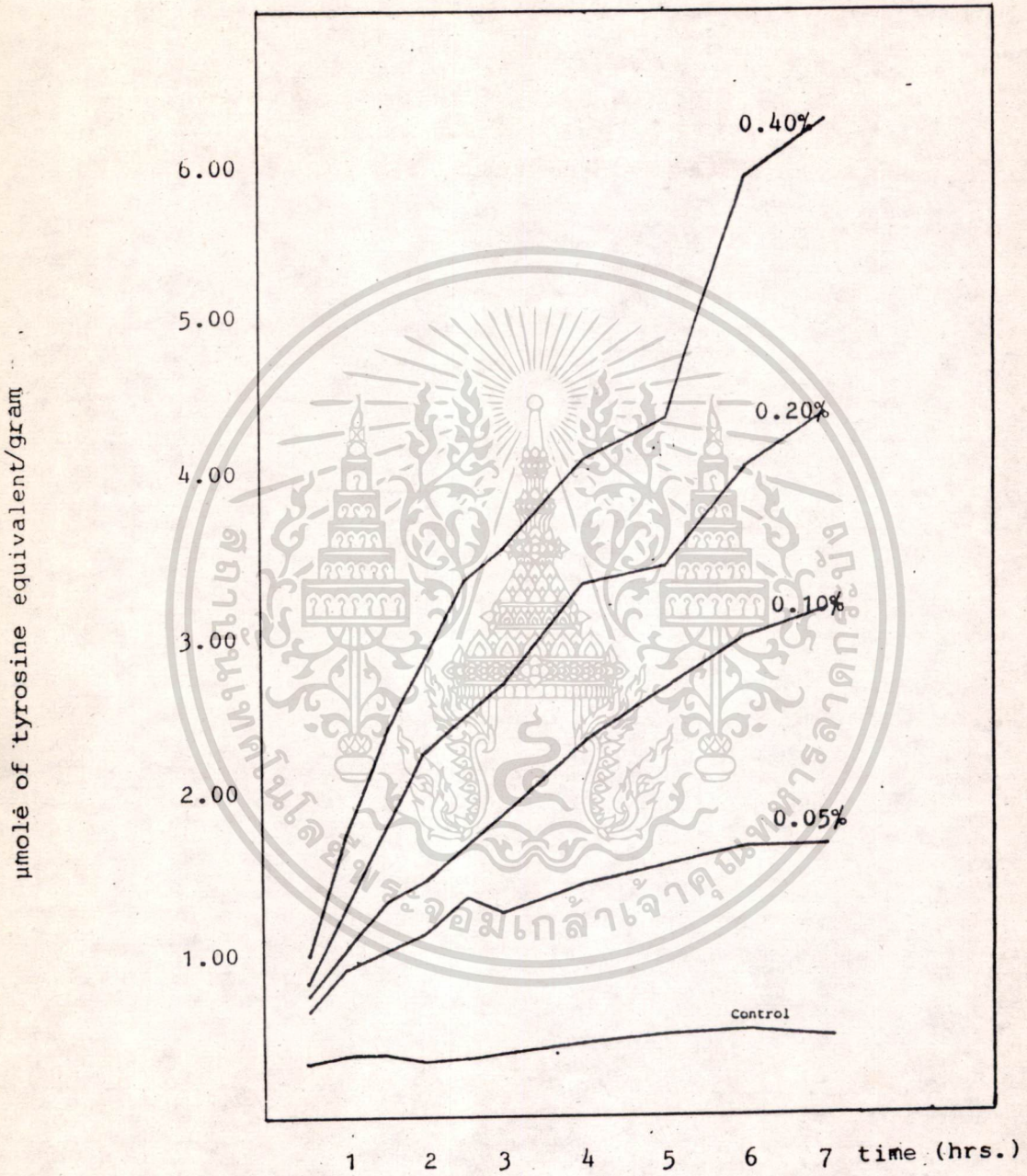
ตัวอย่างที่เติมเอนไซม์ 0.05% มีค่าเป็น 1.75  $\mu$ mole/gram

ตัวอย่างที่เติมเอนไซม์ 0.10% มีค่าเป็น 3.10  $\mu$ mole/gram

ตัวอย่างที่เติมเอนไซม์ 0.20% มีค่าเป็น 4.18  $\mu$ mole/gram

ตัวอย่างที่เติมเอนไซม์ 0.40% มีค่าเป็น 6.04  $\mu$ mole/gram

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของเอนไซม์ที่เติมลงไปเนื้อมีค่าทำให้การย่อยสลายเนื้อมีค่าขึ้น ปริมาณการย่อยสลายจะมากขึ้นตามปริมาณของเอนไซม์ที่เติมและตามระยะเวลาในการย่อยสลายอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของเอนไซม์ที่เติมกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเนื้อมีค่าที่ย่อยสลาย จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ระดับ 0.1% ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองต่อไปจึงใช้เอนไซม์ระดับ 0.1%



รูปที่ 1 แสดงผลการย่อยสลายเนื้อมวลที่ระเหยความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลน 0.05 - 0.40%

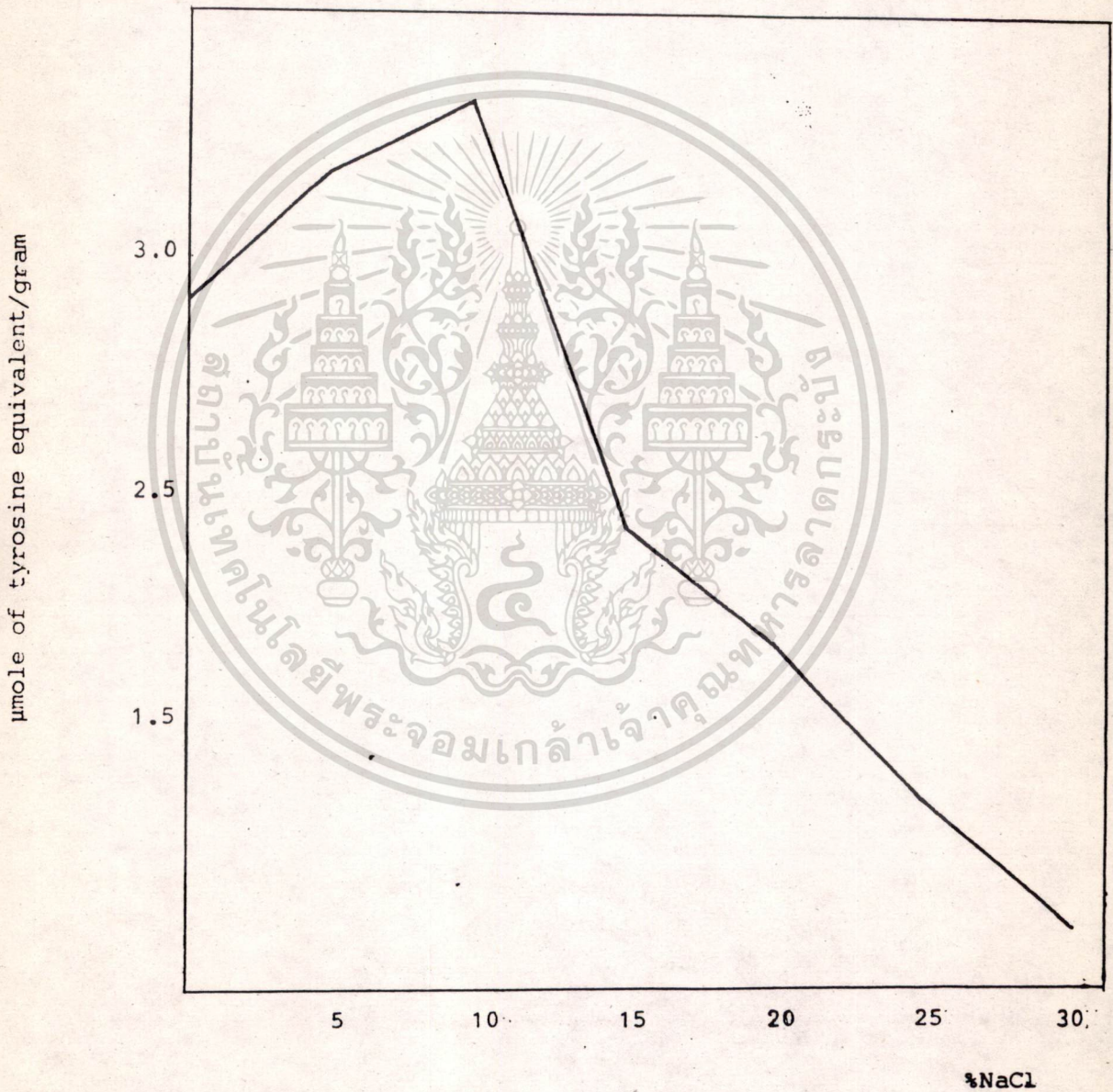
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒. ผลการวิจัยการย่อยสลายเนื้องานสัตว์ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือต่าง ๆ กัน

ระดับความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ในการทดลองคือ 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% และ 30% ปริมาณของเอนไซม์ที่ใช้คือ 0.1% ผลของการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 2

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเกลือมีผลต่อการย่อยสลายเนื้องาน เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือจาก 0% เป็น 10% การย่อยสลายของเนื้องานเพิ่มขึ้นจาก 2.402  $\mu\text{mole}/\text{gram}$  เป็น 2.826  $\mu\text{mole}/\text{gram}$  เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือมากกว่า 10% เป็น 15%, 20%, 25% และ 30% พบว่าการย่อยสลายเนื้องานลดลงตามลำดับ ดังนั้นปริมาณเกลือที่เติมลงไปเนื้องานมากกว่า 10% จึงมีส่วนยับยั้งการทำงานของเอนไซม์





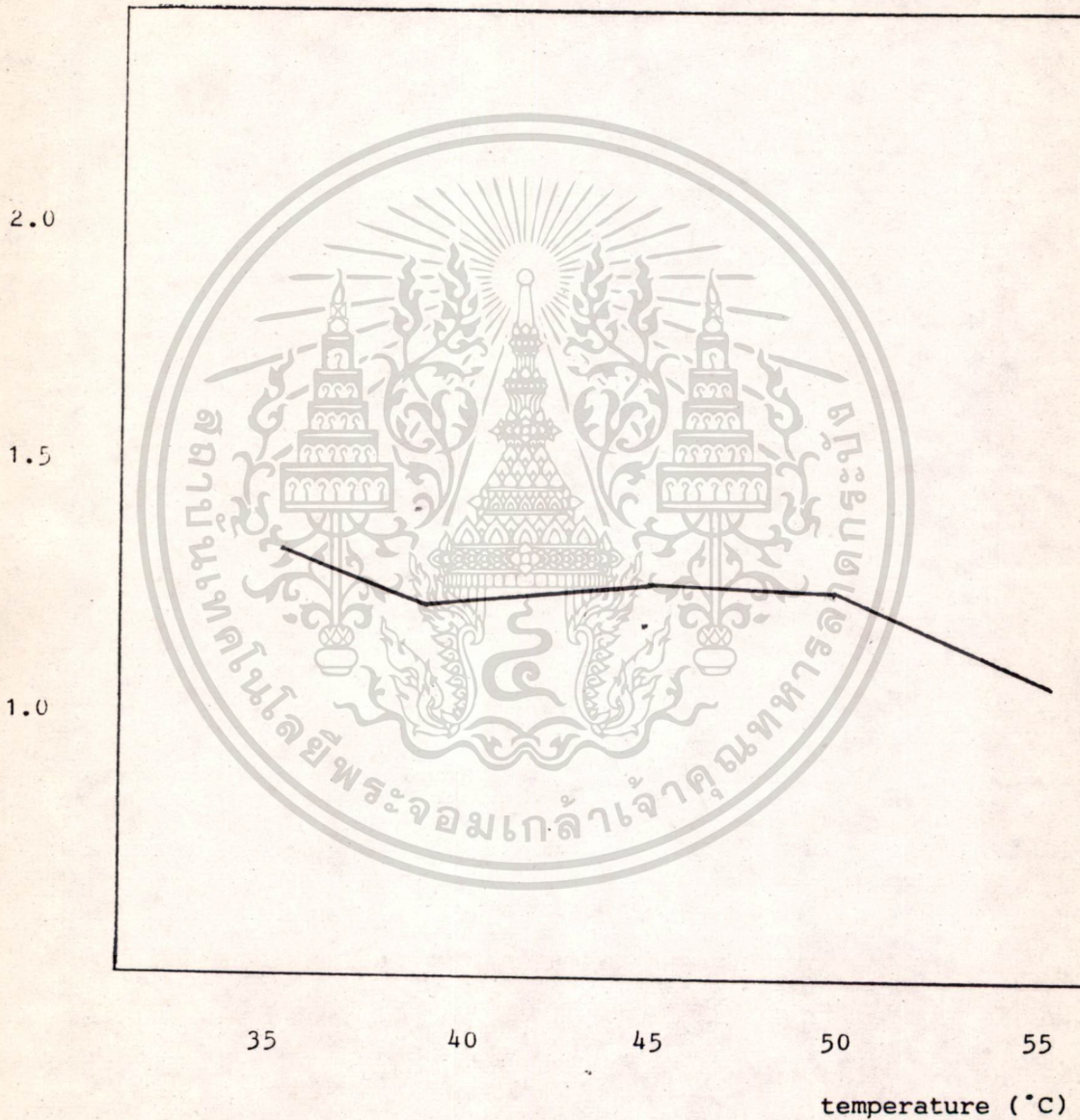
รูปที่ 2 แสดงผลการย่อยสลายเนื่อปลาที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 5 - 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการศึกษาการย่อยสลายเนื้อมวลที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน

การทดลองย่อยสลายเนื้อมวลที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $45^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$ , และ  $55^{\circ}\text{C}$  แสดงผลให้ไว้ในรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า การย่อยสลายเนื้อมวลที่เติมเอนไซม์ 0.1% และเกล็ด 10% ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  ได้ผลการย่อยสลายที่ต่ำสุด และการย่อยสลายจะลดลงบ้างเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า  $50^{\circ}\text{C}$  ที่ อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  -  $50^{\circ}\text{C}$  เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่หาค่าหิมหลังทางซึ่งใช้ทดลอง





รูปที่ 3 แสดงผลการย่อยสลายเนื้อม้าที่อุณหภูมิ 35° - 55°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ผลการหมักปลานิลแห้งตัว

หลังจากหมักปลานิลผสมเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% โดยใช้ความเข้มข้นของเกลือ 20%, 25%, และ 30% ให้ระยะเวลาที่กำหนดแล้ว จึงกรองน้ำปลาที่ได้ด้วยกระดาษกรองนำน้ำปลาที่ได้ไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมด กรดอะมิโน และความเป็นกรด-ด่าง แสดงผลในตารางที่ 1, 2 และ 3

##### 4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของตัวอย่างน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลานิลแห้งตัว ผสมกับเอนไซม์โบรมิเลน มีความแตกต่างกันตามปริมาณของเกลือที่เติม เมื่อใช้เกลือ 20% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อหมักปลาครบ 120 วัน มีค่าเกิน 18.25 กรัม/ลิตร

เมื่อใช้เกลือ 25% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 17.25 กรัม/ลิตร

เมื่อใช้เกลือ 30% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 14.88 กรัม/ลิตร

การเพิ่มปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดของตัวอย่างที่ใช้เกลือ 20% จะเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่าตัวอย่างที่ใช้เกลือ 30%

ส่วนชุดการทดลองควบคุม (control set) ที่ไม่เติมเอนไซม์โบรมิเลน พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีปริมาณใกล้เคียงกับตัวอย่างที่เติมเอนไซม์โบรมิเลน ในสภาวะความเข้มข้นของเกลือ 20-30% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการย่อยสลายตามธรรมชาติมีปริมาณสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกรย่อยสลายโดยโบรมิเลน จึงไม่พบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ใช้ และไม่ใส่เอนไซม์ แต่พบความแตกต่างของตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่เติมเอนไซม์โบรมิเลน เมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือ 30% ซึ่งพบว่าปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดของตัวอย่างที่เติมเอนไซม์โบรมิเลนจะสูงกว่าตัวอย่างควบคุม แสดงว่าความเข้มข้นของเกลือ 30% คงจะมีผลต่อการย่อยสลายตามธรรมชาติมากกว่ามีผลต่อโบรมิเลน กล่าวคืออาจจะมีผลต่อเอนไซม์ในกระเพาะ ลำไส้ เอนไซม์ในเนื้อปลาและเอนไซม์จากแบคทีเรีย ดังนั้นตัวอย่างที่ไม่เติมเอนไซม์จึงมีการย่อยสลายน้อยกว่าตัวอย่างที่เติมเอนไซม์

ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลาน้ำเค็ม

การทดสอบ	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (กรัม/ลิตร)			
	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
ปลาน้ำเค็ม + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 20%	14.00	15.47	17.71	18.25
ปลาน้ำเค็ม + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 25%	11.20	12.72	14.71	17.25
ปลาน้ำเค็ม + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 30%	10.00	11.06	11.98	14.88
ปลาน้ำเค็ม + เกลือ 20%	14.00	15.00	17.60	18.00
ปลาน้ำเค็ม + เกลือ 25%	11.00	12.00	14.21	17.08
ปลาน้ำเค็ม + เกลือ 30%	8.00	9.40	11.06	12.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (Amino Nitrogen)

ผลการติดตามการคละอะมิโนไนโตรเจนเมื่อหมักปลาโคครบ 30 วัน และ 120 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 2

ค่าของกรคละอะมิโนของตัวอย่างน้ำปลาที่เกิดจากการหมักปลากับเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% เมื่อหมักครบ 120 วัน สำหรับตัวอย่างที่ใช้ ความเข้มข้นเกลือ 20%, 25% และ 30% มีค่าเป็น 10.05 กรัม/ลิตร 8.95 กรัม/ลิตร และ 8.79 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ค่าของกรคละอะมิโนของทุกตัวอย่างจะลดลงจากค่าของกรคละอะมิโน เมื่อหมักปลาครบ 30 วัน เนื่องจากกรคละอะมิโนจะถูกเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักเหลือให้ได้อิน-รหัสคของน้ำปลา

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณการเพิ่มของกรคละอะมิโนจะสูงในช่วงแรก ดังนั้นการเติมเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% จะช่วยให้การย่อยสลายโปรตีนเร็วขึ้น อันจะทำให้เข้าสู่ขบวนการหมักเร็วขึ้น

ด้วย

ตารางที่ 2

ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนของน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลาแห้งตัว

การทดลอง	ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (กรัม/ลิตร)	
	30 วัน	120 วัน
ปลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 20%	13.19	10.05
ปลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 25%	11.62	8.95
ปลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 30%	9.76	8.79
ปลานิล + เกลือ 20%	12.40	9.02
ปลานิล + เกลือ 25%	8.92	7.00
ปลานิล + เกลือ 30%	6.81	6.02

#### 4.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าของ pH ของตัวอย่างน้ำปลา แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำปลาที่โผล่จากกระบวนการที่เติมเอนไซม์โบรมิเลน และน้ำปลาที่ได้จากกระบวนการที่ไม่ได้เติมเอนไซม์โบรมิเลน มีความแตกต่างกันน้อยมาก ความแตกต่างของค่า pH ที่พอจะเห็นได้เมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือแตกต่างกัน คือ ความเข้มข้นของเกลือ 25% และ 30% จะควบคุมการเพิ่มของ pH ได้ดีกว่าความเข้มข้นของเกลือที่ต่ำกว่านั้น, ที่ความเข้มข้นของเกลือ 20% ค่าของ pH จะสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของเกลือต่ำ จะทำให้ค่า pH สูง

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการหมักปลาน้ำจืด

การทดลอง	pH			
	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
ปลาน้ำจืด + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 20%	6.70	6.81	6.90	6.92
ปลาน้ำจืด + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 25%	5.21	5.65	6.21	6.24
ปลาน้ำจืด + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 30%	5.40	5.70	6.44	6.43
ปลาน้ำจืด + เกลือ 20%	6.53	6.61	6.91	7.15
ปลาน้ำจืด + เกลือ 25%	5.42	6.32	6.51	6.52
ปลาน้ำจืด + เกลือ 30%	5.20	5.60	6.52	6.50

## 5. ผลการหมักเนือปลานิล

ผลการหมักปลานิลที่แยกเอาหัว เครื่องใน และเกล็ด ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% โดยใช้ความเข้มข้นของเกล็ด 20%, 25%, และ 30% แสดงไว้ในตารางที่ 4, 5 และ 6

### 5.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของตัวอย่างน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลานิล (ไม่รวมหัว เครื่องใน เกล็ด) ร่วมกับเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% เมื่อหมักครบ 120 วัน มีค่าเป็น 21.13 กรัม/ลิตร, 19.34 กรัม/ลิตร และ 15.70 กรัม/ลิตร ที่ระดับความเข้มข้นของเกล็ด 20%, 25% และ 30% ตามลำดับ แสดงค่าไว้ในตารางที่ 4

ผลการทดลองที่ไม่เติมเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% จะมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 16.74 กรัม/ลิตร, 15.41 กรัม/ลิตร และ 10.90 กรัม/ลิตร ที่ระดับความเข้มข้นของเกล็ด 20%, 25% และ 30% ตามลำดับ

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์โบรมิเลน 0.1% ทำให้เกิดการย่อยสลายของเนือปลาดี ที่ความเข้มข้นของเกล็ด 20% การย่อยสลายเนือปลาโดยเอนไซม์โบรมิเลนจะเกิดได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นของเกล็ด 25% และ 30% เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ใช้เอนไซม์โบรมิเลน พบว่าการย่อยสลายจะช้ากว่า

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำปลาที่ได้จากการหมักเนือปลานิล

การทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (กรัม/ลิตร)			
	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
เนือปลาดี + เอนไซม์ 0.1% + เกล็ด 20%	17.00	18.53	19.62	21.13
เนือปลาดี + เอนไซม์ 0.1% + เกล็ด 25%	15.00	16.04	16.95	19.34
เนือปลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกล็ด 30%	10.00	13.00	14.09	15.07

การทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (กรัม/ลิตร)			
	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
เนอบลานส์ + เกลือ 20%	10.00	12.72	13.60	16.74
เนอบลานส์ + เกลือ 25%	9.00	11.38	13.00	15.41
เนอบลานส์ + เกลือ 30%	7.00	6.90	8.40	10.90

5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (Amino Nitrogen)

ผลการคิดตามการกระจายอะมิโนไนโตรเจนในหัวอย่างนำปลา เมื่อหมักได้ 30 วัน และ 60 วัน แสดงไว้ใน

ตารางที่ 5

ค่าของกรดอะมิโนของหัวอย่างนำปลาที่ใช้เอนไซม์โบรมิเลน 0.1% เมื่อหมักครบ 120 วัน เป็น 12.83 กรัม/ลิตร, 10.22 กรัม/ลิตร และ 8.65 กรัม/ลิตร เมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือ 20%, 25% และ 30% ตามลำดับ ส่วนการทดลองที่ไม่ใช่เอนไซม์โบรมิเลน ค่าของกรดอะมิโนเป็น 7.59 กรัม/ลิตร, 6.68 กรัม/ลิตร และ 4.53 กรัม/ลิตร เมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือ 20%, 25% และ 30% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการทดลองที่ใช้เอนไซม์ และที่ไม่ใช่พบว่าค่าของกรดอะมิโนของการทดลองที่ใช้เอนไซม์สูงกว่ามาก

ผลจากการทดลองในข้อนี้ก็คล้ายคลึงกับข้อ 4.2 กล่าวคือ ค่าของกรดอะมิโน เมื่อหมักได้ 30 วัน จะสูงกว่าค่าของกรดอะมิโนเมื่อหมักได้ 120 วัน

ตารางที่ 5 ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนของน้ำปลาที่ได้จากเนือบลานิล

การทดลอง	ปริมาณแอมรคอะมิโน (กรัม/ลิตร)	
	30 วัน	120 วัน
เนือบลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 20%	15.42	12.83
เนือบลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 25%	13.12	10.22
เนือบลานิล + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 30%	11.63	8.65
เนือบลานิล + เกลือ 20%	9.57	7.59
เนือบลานิล + เกลือ 25%	8.90	6.88
เนือบลานิล + เกลือ 30%	5.84	4.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ผลการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของตัวอย่างน้ำปลา แสดงไว้ในตารางที่ 6 จากผลการทดลองในข้อนี้ได้ผลคล้ายคลึงกับการทดลองในข้อ 4.3 ค่า pH ของน้ำปลาที่โคคอนข้างเป็นกลาง ยกเว้นตัวอย่างที่ไปความเข้มข้นของเกลือ 30%

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการหมักเนื้อปลานิล

การทดลอง	pH			
	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน
เนอบปลา + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 20%	5.90	5.85	6.51	6.82
เนอบปลา + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 25%	5.51	6.32	6.53	6.51
เนอบปลา + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ 30%	5.32	5.75	6.34	6.42
เนอบปลา + เกลือ 20%	6.53	6.82	6.72	6.70
เนอบปลา + เกลือ 25%	6.30	6.32	6.71	6.80
เนอบปลา + เกลือ 30%	5.21	5.80	6.03	6.41

## 6. ผลการทดสอบความชอบผู้บริโภค

ค่าตัวเลขที่แสดงในตารางที่ 7 เป็นตัวเลขที่แสดงค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะของน้ำปลาที่ได้จากการทดสอบกับผู้ชิม จำนวน 20 คน จากผลการทดสอบพบว่า

ตัวอย่างน้ำปลา (F3) ที่ได้จากการหมักปลานิล (ไม่รวมเครื่องใน หัว เกล็ด กับเกลือ 30% และเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% โคเคแนนสูงสุด ทั้งในคุณลักษณะคานสี กลิ่น รส และการยอมรับ

ตัวอย่างน้ำปลา (P3) ที่ได้จากการหมักปลานิลทั้งตัวกับเกลือ 30% และเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% โคเคแนนรองลงมาเป็นอันดับสอง

เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทั้งหมดจะพบว่าการใช้เอนไซม์โบรมิเลน ช่วยในการย่อยสลายเนื้อปลา ในการผลิตน้ำปลาจะช่วยให้คุณภาพของน้ำปลาในแง่สี กลิ่น และรส ได้รับการยอมรับสูงกว่าน้ำปลาที่ผลิตโดยไม่ใช้เอนไซม์ช่วย และนอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของเกลือที่สูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาที่มีกลิ่นหอมและน่ารับประทาน

ลักษณะของน้ำปลาที่ผลิตได้จากการใช้ปลานิลทั้งตัวจะให้สีของน้ำปลาเป็นสีน้ำตาลเข้ม โดยเฉพาะที่เปอร์เซ็นต์เกลือ 20% น้ำปลาที่ผลิตโคกลินไม้คันทกั่ว ส่วนน้ำปลาที่ผลิตจากปลานิลไม่รวมเครื่องใน จะให้สีน้ำตาลเข้มน้อยกว่าน้ำปลาที่ผลิตจากปลานิลทั้งสองแบบ เมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือ 30% จะใคน้ำปลาที่มีสีน้ำตาลแดง และกลิ่นหอมน่ารับประทานกว่า

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

การทดลอง	ความใส	สี*	กลิ่น*	รส*	การยอมรับ*
W1	/	5.00	5.40	6.40	6.00
W2	/	5.00	5.40	6.70	6.20
W3	/	7.20	7.80	7.60	7.60
CW1	/	4.40	5.00	5.60	5.20
CW2	/	4.75	5.00	4.00	5.00
CW3	/	6.00	6.20	6.20	6.40
F1	/	6.25	5.25	5.00	6.40
F2	/	6.50	5.40	6.25	6.50
F3	/	7.75	7.50	7.50	8.60
CF1	/	4.40	4.40	4.60	4.75
CF2	/	5.00	5.20	4.60	4.75
CF3	/	5.60	5.40	6.40	6.20

W1, W2, W3 = ปลาเนื้อทั้งตัว + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ (20%, 25%, 30%) ตามลำดับ

CW1, CW2, CW3 = ปลาเนื้อทั้งตัว + เกลือ (20%, 25%, 30%) ตามลำดับ

F1, F2, F3 = เนื้อปลา + เอนไซม์ 0.1% + เกลือ (20%, 25%, 30%) ตามลำดับ

CF1, CF2, CF3 = เนื้อปลา + เกลือ (20%, 25%, 30%) ตามลำดับ

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบกับผู้ชิม 20 คน

### 7. กากน้ำปลาที่ได้จากการทดลอง

ปริมาณน้ำปลาที่ได้ไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณของการซั้กตัวอย่างได้แน่นอน ดังนั้นจึงคิดปริมาณของกากปลาที่เหลือ เพื่อประสิทธิภาพในการผลิตคังในตารางที่ 8

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของน้ำปลาที่ได้จากการหมักปลานิลทั้งตัว กับเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% มีปริมาณมากกว่าน้ำปลาที่หมักจากปลานิลที่ไม่เติมเอนไซม์ ซึ่งแสดงว่าเอนไซม์ช่วยให้การย่อยดียิ่งขึ้นที่ความเข้มข้นของเกลือ 20% จะให้ปริมาณน้ำปลาของทุกการทดลองสูงกว่าปริมาณของน้ำปลาที่ความเข้มข้น 25% และ 30% แสดงให้เห็นว่าปริมาณเกลือที่สูงนั้น ทำให้การทำงานของเอนไซม์ทั้งจากธรรมชาติ และเอนไซม์โบรมิเลนลดลง

ในทางปฏิบัติจริงกากน้ำปลาที่เหลือยังสามารถจะนำไปหมักน้ำปลาต่อไปได้อีก ทำให้สามารถผลิตน้ำปลาได้ในปริมาณที่มากและเป็นไปได้ในเชิงการค้า

ตารางที่ 8 ปริมาณกากน้ำปลาที่เหลือจากการหมักปลา ครบ 120 วัน

เกลือ %	น้ำหนักกาก/น้ำหนักปลา 100 กรัม			
	ปลานิลทั้งตัว + เอนไซม์	ปลานิลทั้งตัว	ปลานิล (ไม่รวมเครื่องใน) + เอนไซม์	ปลานิล (ไม่รวมเครื่องใน)
20	35.00	47.50	43.75	50.00
25	45.83	50.20	49.58	56.16
30	52.90	54.58	55.50	59.19

8. ความตวงจำเพาะของน้ำปลา

ผลการวัดค่าความตวงจำเพาะของน้ำปลาที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ได้แสดงไว้ในตาราง

ที่ 9

ตารางที่ 9 ความตวงจำเพาะของน้ำปลาเมื่อหมักครบ 120 วัน

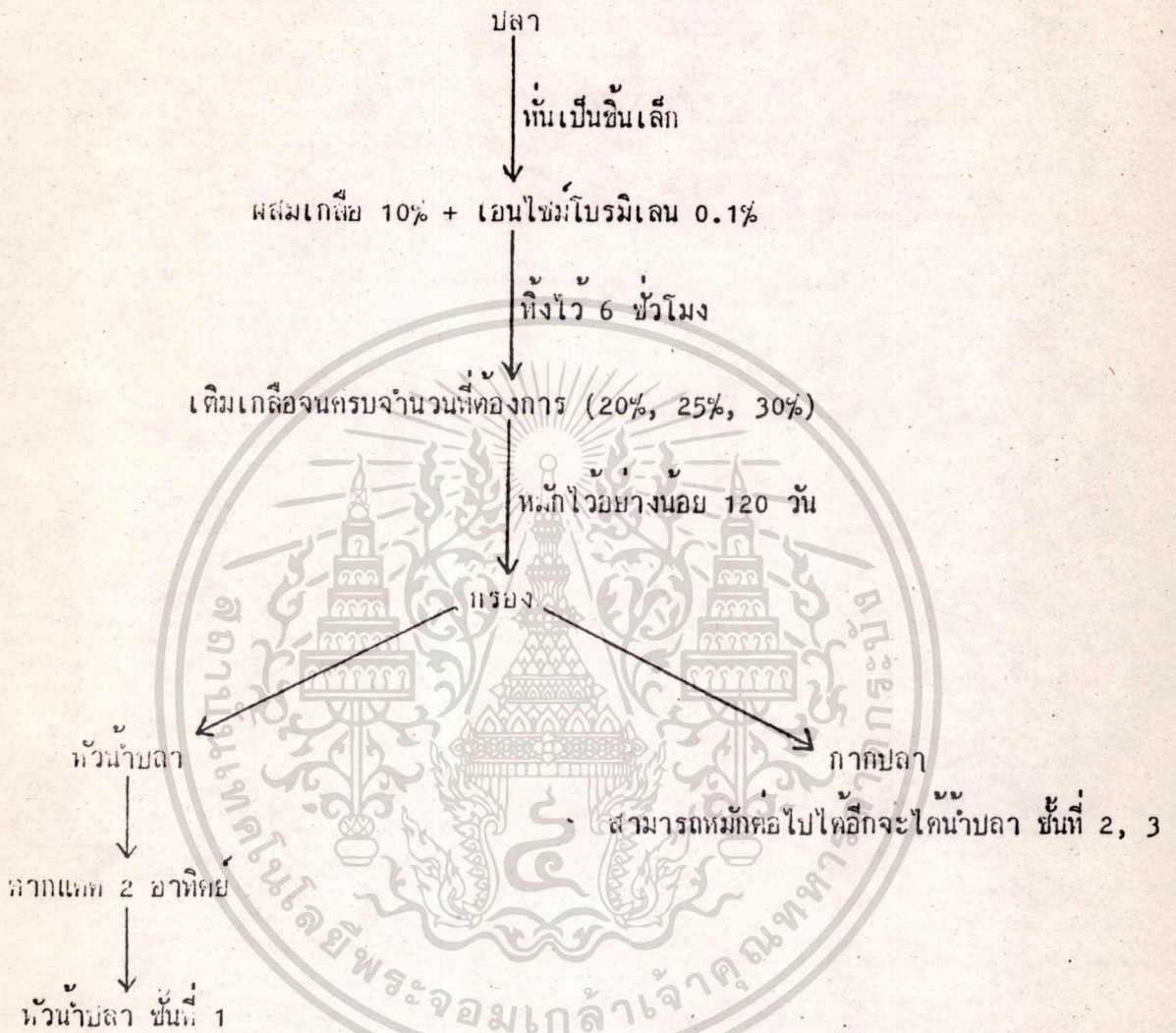
% เกลือ	ความตวงจำเพาะ			
	ปลานิลแห้งตัว + เอนไซม์	ปลานิลแห้งตัว	ปลานิล (ไม่รวม เครื่องใน)+เอนไซม์	ปลานิล (ไม่รวม เครื่องใน)
20	1.21	1.20	1.27	1.17
25	1.20	1.20	1.22	1.17
30	1.19	1.19	1.18	1.16

ค่าความตวงจำเพาะของน้ำปลาที่วัดค่าโดยวิธีเปรียบเทียบความหนาแน่นของน้ำปลา ต่อความหนาแน่นของน้ำ

จากผลการทดลองพบว่า น้ำปลาที่ได้จากการหมักปลานิลแห้งตัวและปลานิลที่ไม่รวมเครื่องในร่วมกับเอนไซม์โบรมิเลนที่ความเข้มข้นของเกลือ 20% และ 25% ให้ความตวงจำเพาะ อยู่ในช่วง 1.20 - 1.27 เป็นค่าที่ยอมรับได้ตาม มอก. 3-2526

ค่าความตวงจำเพาะของน้ำปลาที่ได้จากการหมักโดยใช้เกลือ 30% นั้น ให้ความตวงจำเพาะที่ต่ำกว่ามาตรฐานซึ่งแสดงว่าการย่อยสลายเกิดขึ้น ปริมาณสารที่ย่อยสลายจากเนื้อปลาร้างมีปริมาณต่ำ

กรรมวิธีการผลิตน้ำปลาจากปลาไหล



### วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองนำเอนไซม์โบรมิเลนมาช่วยในการผลิตน้ำปลาจากปลาสด มีความมุ่งหวังที่จะเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีของเอนไซม์มาใช้ในการปรับปรุงระบบการผลิตน้ำปลาได้เร็วกว่าวิธีพื้นบ้านแบบทั่วไป

เอนไซม์โบรมิเลนใช้ในการทดลองมีความเข้มข้น 0.1 % ซึ่งถือว่าเป็นความเข้มข้นค่าที่เหมาะสม การเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ให้สูงจะช่วยให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเพิ่มขึ้นนั้นเป็นความจริง แต่เมื่อพิจารณาถึงราคาแล้ว การใช้เอนไซม์ในระดับที่ทำให้ผลไม่แตกต่างกันนัก จึงน่าจะทำได้ มีผู้ทดลองใช้โบรมิเลนในการย่อยสลายโปรตีนปลาสูงถึง 0.8% และสามารถย่อยสลายโปรตีนได้เพียง 65% ในเวลา 20 วัน (Beddow and Ardesir, 1979) มูรายามาและคณะ (2505) ได้ทดลองใช้ proteolytic enzyme ในการทำน้ำปลาในระดับ 0.2% - 0.4% ซึ่งก็ได้ผลดีตามชนิดของเอนไซม์ ประเสริฐ (2508) ได้ใช้ crude bromelain ในการหมักปลาหมก ในระดับ 0.2% - 0.4% ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการหมักเพียง 75 วัน การใช้เอนไซม์ในปริมาณที่สูงสามารถลดเวลาในการหมักน้ำปลา แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในแง่คุณภาพน้ำปลาที่หมักแล้วคือ เวลาในการหมักสั้น จะมีกลิ่น รส (flavor and aroma) ไม่ค่อยดี ดังนั้นการเร่งการย่อยสลาย โดยไม่คำนึงถึงกลิ่นของน้ำปลาจะทำให้ได้น้ำปลาที่ค่อยคุณภาพต่ำ (ประเสริฐ 2508, อุทิตและคณะ 2509, Ooshiro et. al. 1981, Beddow and Ardesir 1979)

ปริมาณของเกลือที่ใช้ในการหมักปลานั้นมีผลโดยตรงต่อการย่อยสลายของน้ำปลาและการเกิดกลิ่นในน้ำปลา ผลจากการศึกษาความเข้มข้นของเกลือต่อการทำงานของเอนไซม์โบรมิเลน 0.1% พบว่าความเข้มข้นของเกลือที่สูงกว่า 10% จะทำให้การทำงานของโบรมิเลนลดลงตามปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้นเสมอไม่ว่าก็ตาม ที่ความเข้มข้นของเกลือ 30% ก็ยังพบว่าการย่อยสลายเนื้อปลามากกว่าตัวอย่างปลาที่ไม่ใช่เอนไซม์ Wang and Razak (1978) พบว่าปฏิกิริยาของโบรมิเลนจะลดลงประมาณ 60% ในสภาวะที่มีเกลือ 10% (โดยใช่เกลือเป็นสับสเตรท) แต่ในการทดลองนี้พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 10% กลับมีการย่อยสลายดี ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าเอนไซม์ในเนื้อปลาสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ก็ด้วยความเข้มข้นของเกลือ 10% ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของประเสริฐ (2508) ความเข้มข้นของเกลือ 20% จะทำให้น้ำปลาไม่คาวแม้ว่ามีการย่อยสลายของเนื้อปลาที่ต่ำที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าในระดับความเข้มข้นของเกลือ 20% อาจจะมีกลิ่นหรือมีบางจำพวกเจริญเติบโต ทำให้เกิดกลิ่นคล้ายปลาร้า ดังนั้นการผลิตน้ำปลาจึงควรจะต้องมีความเข้มข้นของเกลือในระดับสูงถึง 30% จึงจะป้องกันกลิ่นที่ไม่ต้องการได้ ปริมาณเกลือที่สูงต้องใช้เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานในการย่อยสลายและการหมัก ทั้งนี้การเติมเอนไซม์ลงไปช่วยในการย่อยสลายจะช่วยระยะเวลาในการผลิตน้ำปลา Ooshiro et.al. (1981) กล่าวว่า การย่อยสลายเนื้อปลา เมื่อใช้โบรมิเลนและปาเปน จะเกิดขึ้นในระยะแรก ๆ ของการหมัก ส่วนการหมักในระยะหลัง จะเนื่องจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียพวกที่ทนต่อความเข้มข้นของเกลือสูง ๆ

จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำปลาที่ผลิตจากปลาชนิดนั้น แสดงให้เห็นว่า น้ำปลาจากปลาชนิดนั้นสามารถจะใช้ผลิตได้ เช่นเดียวกับปลาชนิดอื่น ๆ การเติมเอนไซม์โบรมิเลนในสภาวะที่ความเข้มข้นเกลือ 30% ในระยะเวลาการทดลอง 120 วัน จะเพิ่มค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ไม่มากนัก แต่ถ้าหากเพิ่มเวลาในการหมักออกไปอีกก็ระยะหนึ่ง จะทำให้การย่อยสลายสมบูรณ์ ส่วนการใช้เกลือในระดับต่ำกว่า 30% จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับ

ผลจากการทดลองทั้งหมดทำให้ได้แนวทางการผลิต อุตสาหกรรมน้ำปลาจากปลานิลโดยมีเอนไซม์เร่งการย่อยสลายของเนื้อปลา เนื่องจากปลานิลมีราคาถูก เลี้ยงง่าย โตเร็ว จึงน่าจะสนับสนุนให้มีการแปรรูป อีกประการหนึ่งเอนไซม์โบรมิเลนสามารถสกัดจากเศษสับประคที่เหลือทิ้งจากโรงงานสับประคบรรจุกระป๋อง จากไร้สับประค ถ้าหากมีการสนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอนไซม์จากวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ จะทำให้ลดการนำเอาเอนไซม์โบรมิเลน เอนไซม์ชนิดนี้ยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การลอกหนัง อาหาร ยา ถ้าสามารถผลิตได้ในประเทศเอง จะทำให้เอนไซม์มีราคาถูก ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตน้ำปลาได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

1. การใช้เอนไซม์โบรมิเลนในระกั้บ 0.1% เพียงพอที่จะช่วยเพิ่มการย่อยสลายของโปรตีนในเนื้บปลา
2. ปลานิลห้กั้ตัวมีความเหมาะสมในการใช้ทำน้ำปลามากกว่า ปลานิลที่แยกเอาเครื่องในออก
3. ความเข้มข้นของเกลือ ที่ใช้ในการผลิตน้ำปลาไม่ควรจะต่ำกว่า 30% เพื่อจะให้ไค้ผลิต-  
ว้บ้กั้หมักสั้น รส และมีสีน้ำรับประทาน
4. ระยะเวลาในการหมักเมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือ 30% ไม่ควรต่ำกว่า 120 วัน

ขอ เถนอแนะ

ควรจะได้มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปลานิลที่มีขนาดเล็ก กับปลานิลที่มีขนาดใหญ่ถึงความเหมาะสมในการผลิตน้ำปลา เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการผลิตน้ำปลาในระกั้บครัวเรือนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. บังอร เชื้อโพธิ์หัก, มยุรี จัยวัฒน์ และนงนุช รักสกุลไทย (2524) การใช้เอนไซม์บรอมาเมลินจากสับปะรดเพื่อเร่งขบวนการทำน้ำปลาสาหร่าย วารสารประมงปี 34 (6) 649-659.
2. ประเสริฐ กองทิพย์ (2508) การทดลองใช้โบรมิเลนช่วยในการทำน้ำปลา วิทยานิพนธ์ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ประเสริฐ สายสิทธิ์ (2516) น้ำปลา หนังสืออนุสรณ์ในงานฌาปนกิจศพนายสอน สายสิทธิ์ หางหุ้นส่วนจำกัดกวีธรรมคณาการพิมพ์ กรุงเทพฯ
4. สุทธิ ศาตรมงคล, โกมล โกมลเพลิน, เซวาร์ สุวรรณเสถียร, วิไล เทวกุล ณ ออยุธยา วิเชียร ศาตรมงคล (2509) การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ช่วยในการทำน้ำปลาจากปลากระโทงแทง และปลาหมอไทย เอกสารวิจัยเลขที่ 188 กองวิทยาศาสตร์ ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์
5. Ball; A.K., Thompson, R.R. and Kies, M.W. (1941) Bromelain Properties and Commercial Production. Ind. Eng. Chem. 33 (7) 950 # 953.
6. Beddows, C.G. and Ardeshir, A.G. (1979). The production of soluble fish protein solution for use in fish sauce manufacture. J. Food Tech. (14) 603 - 612).
7. Ooshiro, Z. : OK, T. : Une, H. and Hayashi, S. (1981). Study on Use of Commercial Proteolytic Enzyme in Production of Fish Sauce. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. Vol 30. PP. 383 - 394.
8. Rick, W.J. 91974). Methods of Enzymatic Analysis. 28 : 1013 - 1023.
9. Elling Sen, E.T. (1982). Biokjemiske studier over Antarktisk Krill. Docterate thesis of Institute for Teknish Biokjemi, Noway.
10. Awang, I.M. and Razak, A.O. (1978) Proteolytic Activity of Locally Prepared Pinapple Bromelain, MARDI Res. Bull 6, 2 : 165 - 171.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัดค่า Tyrosine equivalent

อุปกรณ์และสารเคมี

1. Homogenizer MSE
2. Filter paper # 597 Schleicher & Schiill Gmb H
3. 0.6 M Perchloric acid
4. 5 M KOH
5. Table centrifuge
6. Folin - Ciocalteu phenol reagent
7. 0.5 N NaOH
8. Baush - Lomb Spectonic 20

วิธีการ

1. Perchloric extract

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในกระบอกแก้ว ของเครื่อง Homogenizer MSE เติม 0.6 M Perchloric acid ลงไป 40 ml. บดด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 3 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง นำส่วนที่เหลือบนกระดาษกรองทั้งหมดไปบดโดยเติม 0.6 M Perchloric acid อีก 50 ml. เป็นเวลา 3 นาที จึงนำไปกรอง ปรับ pH ของส่วนใส่ที่กรองได้ให้มี pH = 6.5 ด้วย 5 M KOH เก็บที่อุณหภูมิ 4 °c เป็นเวลาอย่างน้อย 5 ชั่วโมง จึงกรองเอาส่วนใส่ไปวัดค่า

2. Color measurement

นำส่วนใส่ (perchloric extract) 5 ml. ใส่หลอดทดสอบขนาด 50 ml. เติม 0.5 N NaOH ลงไป 10 ml. แล้วจึงเติมสาร Folin-Ciocalteu phenol (1 : 3) ลงไปอีก 3 ml. (ขณะเติมให้เขย่าหลอดทดสอบ) ถ้าหากมีตะกอนให้นำไปปั่นด้วย table centrifuge ความเร็ว 3000-50000 rpm หลังจากเติมสารได้ประมาณ 5-10 นาที นำส่วนใส่ไปวัดค่าที่ 578 nm. โดยใช้ perchloric extract เป็น blank ค่าของ tyrosine equivalent อ่านจากกราฟมาตรฐานของ tyrosine equivalent.