abst.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กช
อว 24

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ของ

นางสาวสิริกุล สุธีจารุวิมล
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 1

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนในน้ำปลา

กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของราชการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

บทคัดย่อ

ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนในน้ำปลาที่ใช้อยู่ ซึ่งเป็นวิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 3-2526) โดยใช้ตัวอย่างน้ำปลาเจือจาง 10 และ 20 เท่า ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร และลดปริมาณการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ลง ใช้อิเล็กโทรดวัดความต่างศักย์ได้คงที่ก่อนทำการไทเทรต พบว่าวิธีการใช้ตัวอย่างเจือจาง 20 เท่าปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้วิเคราะห์ได้เร็วขึ้น สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่างได้สะดวกรวดเร็ว ประหยัดการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ได้ถึงร้อยละ 30 วิธีที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำปลาที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนสูงถึง 17.06 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยมีความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 0.35 - 0.40 ประสิทธิภาพของวิธีร้อยละ 96.5 - 98.6 ได้นำวิธีที่พัฒนามาวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำปลาตราต่าง ๆ จำนวน 10 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับวิธีจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำปลาพื้นเมือง (มอก.3-2526) ผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนจาก 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และมีความสัมพันธ์กันสูง (r = 0.9998) และจากการประเมินค่าทางสถิติ วิธีที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องแม่นยำเท่ากับวิธีจากมาตรฐานฯ ($P > 0.05$)

กม
เลขหมู่ กช
อก 24
เลขทะเบียน 9889
วันที่ 4 เม.ย. 44

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
กม

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	
ความเป็นมา	1
คำนำ	2
วัตถุประสงค์	7
ระยะเวลาดำเนินการ	7
ประโยชน์ที่ได้รับ	7
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	8
ผลการทดลอง	15
วิจารณ์ผลการทดลอง	27
สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32

สารบัญตารางและรูปภาพ

		หน้า
ตารางที่ 1	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจน (ก./ลบ.ดม)ของตัวอย่างเจือจาง10เท่าและ20เท่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวอย่างจาก10เป็น 20ลูกบาศก์เซนติเมตร	17
ตารางที่ 2	ผลการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณต่างกัน วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืนเมื่อเติมลงในตัวอย่างเจือจาง20เท่า	18
ตารางที่ 3	เปรียบเทียบความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนากับวิธีตาม มอก.3-2526	20
ตารางที่ 4	เปรียบเทียบความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนากับวิธีตาม มอก.3-2526	21
ตารางที่ 5	ผลการทดสอบความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีที่พัฒนาโดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน(recovery) เมื่อเติมสารละลายมาตรฐานลงในตัวอย่าง*	22
ตารางที่ 6	แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืนเมื่อเติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟตลงในตัวอย่าง	23
ตารางที่ 7	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนโดยวิธีที่พัฒนากับวิธีตาม มอก.3-2526	24
ตารางที่ 8	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกน้ำปลา	32
ตารางที่ 9	ตลาดส่งออกน้ำปลา 10 รายการแรกของไทย	33
ตารางที่ 10	รายชื่อประเทศและมูลค่าการส่งออก	34
ตารางที่ 11	ชื่อน้ำปลาของประเทศต่าง ๆ	36
ตารางที่ 12	จำนวนโรงงานน้ำปลา จำแนกขนาดและตามภูมิภาค ปีพ.ศ2540	37

ตารางที่ 13	กรดระเหยได้ที่พบในน้ำปลาไทย	38
ตารางที่ 14	แสดงผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำปลา	39
รูปที่ 1	แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตน้ำปลา	4
รูปที่ 2	กราฟเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนโดยวิธีตาม มอก.3-2526กับวิธีที่พัฒนา	26

ความเป็นมา

น้ำปลาเป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของรัฐให้มีการผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและเพื่อการส่งออก ในปัจจุบันมีการผลิตน้ำปลาคุณภาพดีออกจำหน่ายเป็นจำนวนมากจากโรงงานต่าง ๆ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพได้รับตัวอย่างจากทั้งหน่วยงานของรัฐและเอกชนให้วิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของน้ำปลาอยู่เสมอ ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนเป็นคุณลักษณะทางเคมีที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำปลาพื้นเมือง

ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนในน้ำปลาตามวิธีของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำปลาพื้นเมือง คือค่าที่คำนวณได้จากผลต่างของฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนกับแอมโมเนียคัลไนโตรเจน แต่วิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนซึ่งใช้เทคนิคโพเทนทิโอเมทริกไทเทรชัน มักมีปัญหาอิเลคโทรดวัดได้ไม่นิ่ง มีความแปรปรวนของการวัดต้องใช้ระยะเวลานานในการวัดค่า เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ใช้ตัวอย่างปริมาณน้อย อิเลคโทรดจุ่มในตัวอย่างน้อยแม้จะเปลี่ยนใช้บีกเกอร์ขนาดเล็กทรงสูง(tall form beaker) ความจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรแล้วก็ตาม จึงได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ให้วิเคราะห์ได้สะดวกใช้เวลาไม่นาน ได้ผลวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ และไม่สิ้นเปลืองสารเคมี

คำนำ

น้ำปลาเป็นเครื่องปรุงรสที่คนไทยนิยมใช้บริโภคกันทุกครัวเรือนและยังเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่มีส่วนช่วยนำเงินตราต่างประเทศเข้ามาในยุคที่เศรษฐกิจของประเทศอยู่ในภาวะตกต่ำ ขาดดุลการค้า ปัจจุบันการผลิตน้ำปลาได้นำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ มีเครื่องจักรคลุกปลากับเกลือได้ถึงวันละ 200 ตันใช้เครื่องจักรบรรจุอัตโนมัติ เครื่องล้างขวดด้วยน้ำร้อน นอกจากนี้มีการบรรจุหีบห่อให้ดูสวยงาม ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศมีทั้งที่ส่งไปจำหน่ายในชื่อและตราเดียวกันกับที่จำหน่ายภายในประเทศ หรือเป็นตราเฉพาะที่ผลิตเพื่อการส่งออก เช่นตรา Trident ส่งไปจำหน่ายยังประเทศออสเตรเลีย ตรา Maitai ส่งไปยังประเทศเกาหลี จากข้อมูลศูนย์สถิติการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ ปี 2540 ประเทศไทยมีการส่งออกน้ำปลาเป็นมูลค่า 606.3 ล้านบาท เดือนมกราคมเดือนเดียวส่งออกน้ำปลามีมูลค่า 60.5 ล้านบาทประเทศที่นำเข้ามากได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฮ่องกง แคนาดา ฝรั่งเศส ออสเตรเลีย (ตารางที่ 9)

น้ำปลานอกจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจแล้ว ในด้านโภชนาการก็นับว่ามีความสำคัญไม่น้อย น้ำปลาแท้ชั้นดีมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากถึงร้อยละ 20 และยังให้กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอย่างครบถ้วน น้ำปลานอกจากมีบริโภคในประเทศไทยแล้ว ประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ก็มีการผลิตใช้บริโภคเช่นกัน โดยเฉพาะประเทศฟิลิปปินส์มีการผลิตเพื่อการส่งออกอยู่มาก (12) ประเทศที่มีการผลิตน้ำปลาใช้บริโภคต่างมีชื่อพื้นเมืองเรียกน้ำปลาแตกต่างกันออกไป ฟิลิปปินส์เรียกน้ำปลาว่า Patis เวียตนามเรียก Nuoc - mam มาเลย์เซียเรียก Budu พม่าเรียก Ngapi และประเทศญี่ปุ่นก็มีการผลิตเช่นเดียวกัน โดยเรียกว่า Shattsuru (15)

ปลาที่ใช้ในการผลิตน้ำปลาส่วนมากจะเป็นปลาขนาดเล็กและเป็นปลาผิวน้ำ อาจเป็นปลาน้ำจืดหรือปลาทะเลก็ได้ ที่สำคัญคือต้องเป็นปลาทั้งตัวมีอวัยวะภายในคือกระเพาะและลำไส้ ปลาที่นิยมใช้ทำน้ำปลาของไทยคือปลาทะเล เช่นปลาไส้ตัน ปลากะตัก ปลาหลังเขียว ปลามะลิ ปลาอบแอ ปลาทู และปลาเบญจพรรณอื่น ๆ ดังนั้นโรงงานน้ำปลาจึงตั้งอยู่ตามจังหวัดที่อยู่ติดทะเล เช่น จังหวัดระยอง สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ชลบุรี เนื่องจากน้ำปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนจาก

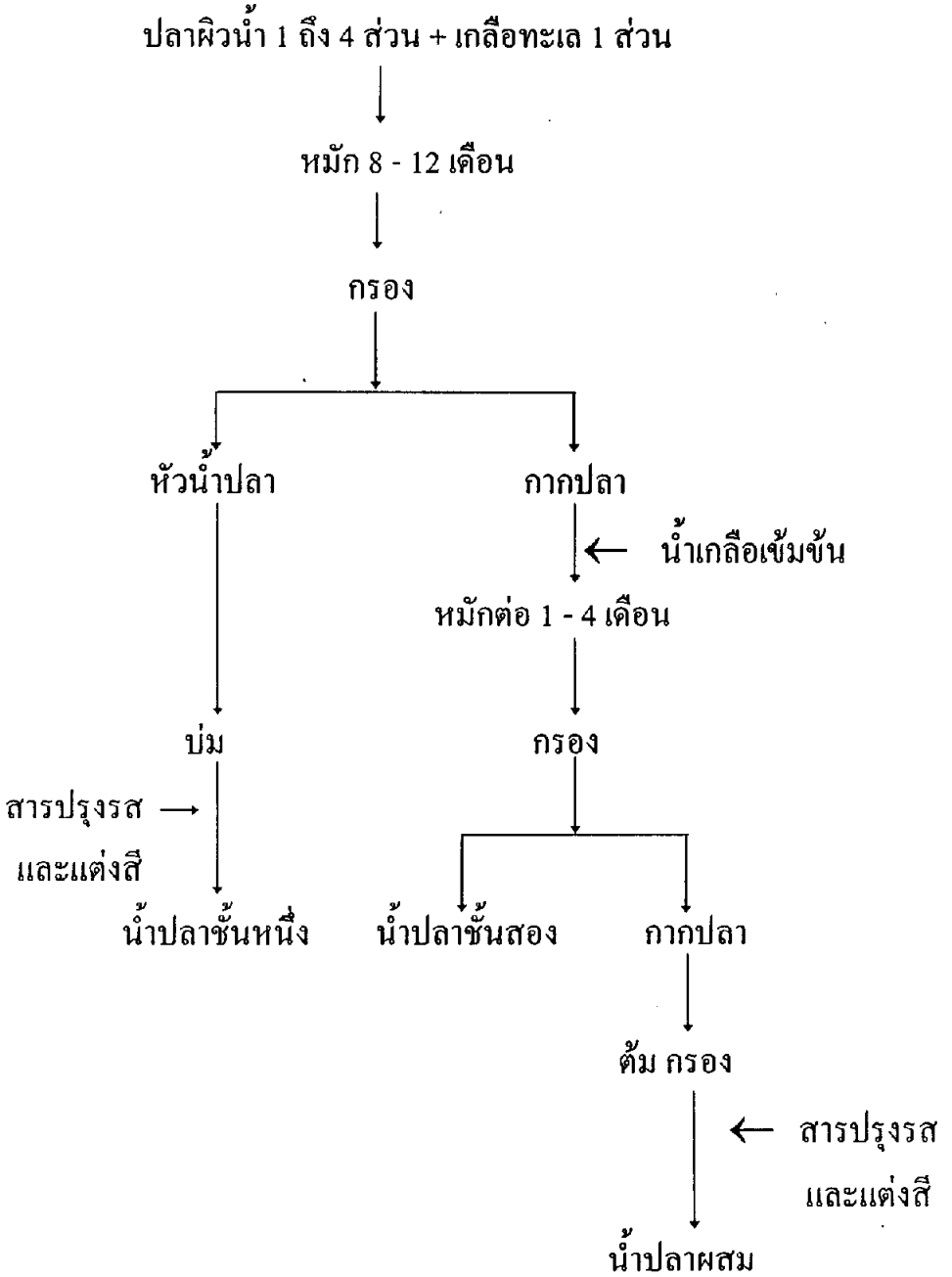
ปลา โดยเอนไซม์จากลำไส้ กระเพาะ และเอนไซม์จากจุลินทรีย์ จะย่อยโปรตีนในเนื้อปลาดังนี้

โปรตีน $\xrightarrow{\text{โปรตีเอส}}$ เปปไทด์ $\xrightarrow{\text{เปปติเดส}}$ กรดอะมิโน

น้ำปลาจึงมีกรดอะมิโนอยู่เป็นจำนวนมาก ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำปลามากกว่าร้อยละ 50 จึงเป็นไนโตรเจนที่มาจากกรดอะมิโน (ตารางที่ 14)

กรรมวิธีการผลิตน้ำปลาในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เครื่องจักรสำหรับคลุกเกลือกับปลาและนิยมใช้เกลือทะเลมากกว่าเกลือสินเธาว์ สัดส่วนของปลาต่อเกลืออาจจะเป็น 1 : 1 จนถึง 4 : 1 ตามกรรมวิธีของผู้ผลิต แต่การใช้เกลือมากเกินไปจะทำให้การเกิดเป็นน้ำปลาช้าลง เมื่อคลุกปลากับเกลือเข้ากันดีแล้ว หมักในถังคอนกรีตซึ่งก่อฝังลึกในดิน ใช้เวลาหมักประมาณ 1 ปี ได้ส่วนที่เป็นหัวน้ำปลาซึ่งจะถูกสูบออกมากรองแล้วนำไปปรุงแต่งรสและสี หรือนำไปเจือจางปรุงแต่งอีกครั้ง กากปลาที่เหลืออยู่ก็ใช้หมักทำน้ำปลาชั้นรองลงไปโดยเติมน้ำเกลือแล้วหมักประมาณ 3-4 เดือนได้น้ำปลาชั้น 2 (รูปที่ 2)

รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตน้ำปลา



การผลิตน้ำปลาปกติต้องใช้เวลาหมักนานเป็นปี ได้มีการศึกษาเพื่อให้ขบวนการหมักเกิดเป็นน้ำปลาได้เร็วขึ้นโดยการใช้เอนไซม์(1) ใช้กรดไฮโดรคลอริกย่อยร่วมกับการใช้ปริมาณเกลือลดลงGildbergพบว่าวิธีนี้ได้น้ำปลาที่ให้กลิ่นและปริมาณกรดอะมิโนดีกว่าการหมักโดยวิธีปกติ(10)ในประเทศอินโดนีเซีย Ijong ได้ศึกษาการผลิตน้ำปลาโดยใช้เกลือและน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการใช้เกลือที่ความเข้มข้นต่ำจะได้น้ำปลาที่มีปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและกรดอะมิโนมากกว่าการหมักโดยใช้เกลือที่ความเข้มข้นสูงส่วนการเติมน้ำตาลไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน(12)นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้ฮีสติดีนเติมลงไปในกรรมวิธีการผลิตน้ำปลา ผลปรากฏว่าได้น้ำปลาเร็วขึ้นและมีปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นโดยที่ปริมาณฮีสตามีนไม่ได้เพิ่มขึ้น (16)

การเกิดกลิ่นรสของน้ำปลา เกิดจากกรดระเหยได้และกรดอะมิโน สายสิทธิ(15)พบว่ากลิ่นของน้ำปลาเกิดจากกรดอินทรีย์หลายชนิดคือ กรดฟอร์มิค (formic acid) กรดโปรปิโอนิค (propionic acid) กรดไอโซบิวไทริค (iso-butyric acid) และกรดอะซิติค (acetic acid) Doughgan พบว่าในน้ำปลาไทยยังมีกรดระเหยได้ชนิดอื่นอีกคือ กรดนอร์มัลบิวไทริค (n-butyric acid) และกรดไอโซวาลเลอริค (iso-valeric acid) ปริมาณและชนิดของกรดที่แตกต่างกันทำให้กลิ่นของน้ำปลาแตกต่างกัน (9) การเกิดกรดระเหยได้เกิดจากจุลินทรีย์ในขบวนการหมักน้ำปลาคือ พีดิโอคอกคัส (Pediococcus) สแตฟิโลคอกคัส (Staphylococcus) แบซิลลัส (Bacillus) ไมโครคอกคัส (Micrococcus) (15) (3) ส่วนรสของน้ำปลาขึ้นกับชนิดของกรดอะมิโน ชนิดของกรดอะมิโนที่พบมากในน้ำปลาคือกรดกลูตามิค (glutamic acid) ไลซีน (lysine) อะลานีน (alanine) กรดแอสปาร์ติค (aspartic acid) ไกลซีน (glycine) ฮีสติดีน (histidine) ลิวซีน (leucine) และไอโซ-ลิวซีน (iso-leucine) โดยลิวซีน และไอโซ-ลิวซีนให้รสหวาน ส่วนกรดกลูตามิคจะให้กลิ่นรสของเนื้อ นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่ให้รสหวานอีกคือ ไกลซีน อะลานีน ซีรีน (serine) และทรีโอนีน (threonine) ส่วนอาร์จินีน (arginine) วาลีน (valine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) และฮีสติดีนให้รสขม (12)

การวิเคราะห์ไนโตรเจนจากกรดอะมิโนโดยใช้วิธีฟอร์มัลไทเทรชัน ที่ใช้มี 2 แบบคือ วิธีตรง (Direct method) และวิธีอ้อม (Indirect method) โดยวิธีตรงไม่ต้องปรับความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างก่อนเติมฟอร์มัลดีไฮด์ ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างที่มีกรด

อะมิโนมีหนึ่งคาร์บอกซ์ซิลและหนึ่งอะมิโนส่วนวิธีอ้อมต้องปรับความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างก่อนเติมฟอร์มัลดีไฮด์ ใช้วิเคราะห์เมื่อตัวอย่างมีกรดอะมิโนอยู่หลายชนิด และเป็นกรดอะมิโนชนิดที่มีคาร์บอกซ์ซิลหรืออะมิโนมากกว่าหนึ่งได้ (18) เดิมการใช้วิธีฟอร์มัลไทเทรชันวิเคราะห์หาไนโตรเจนจากกรดอะมิโนใช้ฟีนอลทาลีนเป็นอินดิเกเตอร์หาจุดยุติเมื่อทำการไทเทรตต่อมามีการพัฒนาใช้เทคนิคโพเทนทิโอเมทริกไทเทรชันมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างวัดหาจุดยุติเมื่อทำการไทเทรต เช่นการวิเคราะห์ไนโตรเจนจากกรดอะมิโนในน้ำมะนาวตามวิธีใน AOAC 1965 (6) และการวิเคราะห์หาโปรตีนในนมสด(rapid determination)ตามวิธีใน Pearson 1991(13)การวิเคราะห์ไนโตรเจนในปุ๋ยตามวิธีในAOAC1995(7)สำหรับวิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนในน้ำปลาที่ใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการเป็นวิธีตามมาตรฐานน้ำปลาพื้นเมือง (มอก.3-2526) และเป็นวิธีอ้อม

การวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนในน้ำปลาใช้วิธีฟอร์มัลไทเทรชันซึ่งใช้เทคนิคโพเทนทิโอเมทริกไทเทรชัน โดยอาศัยหลักการที่ฟอร์มัลดีไฮด์ทำปฏิกริยากับกลุ่มอะมิโนหรือแอมโมเนียให้ไฮโดรเจนไอออน แล้วหาไฮโดรเจนไอออนโดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนและไนโตรเจนจากแอมโมเนีย ซึ่งตามมาตรฐานน้ำปลาพื้นเมืองเรียกไนโตรเจนรวมที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ว่าฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาวิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนในน้ำปลาให้วิเคราะห์ได้สะดวก รวดเร็วและประหยัดสารเคมี โดยมีความถูกต้องแม่นยำเทียบเท่าวิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำปลาพื้นเมือง

ระยะเวลาดำเนินการ

ตั้งแต่ เมษายน 2540 - มีนาคม2541

ประโยชน์

1.ได้วิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนในน้ำปลาซึ่งสะดวกรวดเร็ว ประหยัดสารเคมีแทนวิธีเดิม และเสนอให้ใช้เป็นวิธีมาตรฐานต่อไป

2.เพื่อเผยแพร่ให้แก่หน่วยราชการเช่นสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเอกชนเพื่อพิจารณาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต

3.ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ซอสปรุงรส

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทดลองเป็นตัวอย่างน้ำปลาที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและผู้ผลิตส่งมาให้กรมวิทยาศาสตร์บริการวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพและเพื่อประกอบการพิจารณาให้การรับรองคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำปลาพื้นเมือง(มอก.3-2526)ระหว่างเดือนเมษายนพ.ศ.2540ถึงเดือนมีนาคม 2541 จำนวน 10 ตัวอย่าง

2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง Orion Model 710 A และ อิเล็คโทรด Orion Model 9172

2.2 ดิจิตอลบิวเรตอ่านได้ละเอียด 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.3 Magnetic stirrer และ Magnetic bar

2.4 ปิเปตต์ขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.5 ขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 และ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.6 ขวดแก้วก้นแบนพร้อมจุกขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.7 บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 50 และ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.8 บีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.9 กระจกนาฬิกา

2.10 เครื่องชั่งไฟฟ้าชั่งได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

2.11 ตู้ดูดควัน

3 สารเคมีและสารละลาย (ใช้ระดับชั้นคุณภาพวิเคราะห์)

3.1 บัฟเฟอร์มาตรฐาน พี เอช 4.01 7.00 และ 10.01

3.2 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น0.1 โมลาร์

3.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นประมาณ0.01 โมลาร์

3.4 กลูตามิค ไฮโดรคลอไรด์ (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.5)

3.5 ไลซีน ไฮโดรคลอไรด์ (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.5)

3.6 อะลานีน (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.5)

3.7 แอมโมเนียมซัลเฟต (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.5)

3.8 ฟอร์มัลดีไฮด์ความเข้มข้นร้อยละ 40

3.9 สารละลายมาตรฐาน (Working standard)

3.9.1 สารละลายมาตรฐานไลซีนที่มีไนโตรเจน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ชั่งไลซีนไฮโดรคลอไรด์3.2615 กรัม ละลายในน้ำกลั่นถ่ายลงขวดแก้วปริมาตรขนาด 100 ลูกบาศกเซนติเมตร ปรับปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรด้วย น้ำกลั่น

3.9.2 สารละลายมาตรฐานกลูตามิคไฮโดรคลอไรด์ที่มีไนโตรเจน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ชั่งกลูตามิคไฮโดรคลอไรด์ 6.5568 กรัม วิธีเตรียมทำเช่นเดียวกับข้อ 3.9.1

3.9.3 สารละลายมาตรฐานอะลานีนที่มีไนโตรเจน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ชั่งอะลานีน 3.1818 กรัม วิธีการเตรียมทำเช่นเดียวกับข้อ 3.9.1

3.9.4 สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟต 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ชั่งแอมโมเนียมซัลเฟต 2.3598 กรัม วิธีการเตรียมทำเช่นเดียวกับข้อ 3.9.1

3.10 สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 9 (เตรียมทันทีก่อนใช้)

3.10.1 ใช้บัฟเฟอร์มาตรฐาน 4.01 7.00 และ 10.01 ทำการปรับเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างให้ได้สโลปอยู่ระหว่าง 92 –102 (14)

3.10.2 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ลงในฟอร์มัลดีไฮด์จนได้ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9 เก็บใส่ขวดแก้วก้นแบน ปิดจุก

4 วิธีวิเคราะห์

เตรียมตัวอย่างเจือจางเป็น 10 เท่า และ 20 เท่า โดยปิเปตต์ตัวอย่างน้ำปลา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 และ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 และ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

4.1 วิธีวิเคราะห์หาความเข้มข้นและปริมาณที่เหมาะสมของตัวอย่าง

4.1.1 ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า มา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่มีแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)

4.1.2 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายตัวอย่างให้เท่ากับ 7 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 และ 0.01 โมลาร์

4.1.3 ปิเปตต์สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (ตามข้อ 3.10) จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมลงไปแล้วคนตัวอย่างด้วยเครื่องกวนชนิดแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

4.1.4 วัดความเป็นกรด-ด่างจนได้ค่าคงที่ ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จนได้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 ไทเทรตต่ออย่างช้า ๆ จนกระทั่งตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างได้เท่ากับ 9

4.1.5 จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต (V)

4.2 วิธีวิเคราะห์ตามมอก.3-2526

4.2.1 ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่บีกเกอร์

4.2.2 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายตัวอย่างให้เท่ากับ 7 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1โมลาร์

4.2.3 เติมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 9 จำนวน10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ลงไป

4.2.4 ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จนได้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9

4.3 วิธีคำนวณ

4.3.1 เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือใช้สารละลายตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า ปริมาณ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$FN = 14 V M$$

4.3.2 เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า จำนวน 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$FN = 7 V M$$

เมื่อ : FN = ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนเป็น กรัมต่อลูกบาศก์ เดซิเมตร

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

M = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์

5 ขั้นตอนการศึกษาทดลอง

5.1 วิเคราะห์หาฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนโดยใช้ตัวอย่างเจือจาง 10 เท่าและ 20 เท่า ในปริมาณ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรเพื่อหาความเข้มข้นและปริมาณที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างเจือจาง10 เท่า ปริมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรตามวิธีมาตรฐานฯ

5.2 วิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนที่ได้กลับคืน (recovery) เมื่อใช้ตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า และใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณที่ลดลง

5.3 ทดสอบความเที่ยง (precision) ของวิธีที่พัฒนา เปรียบเทียบกับวิธีตามมาตรฐานฯ โดยแต่ละตัวอย่างทำการวิเคราะห์ซ้ำ 6 ครั้ง

5.4 ทดสอบความถูกต้องของวิธี (accuracy) โดยเติมสารละลายมาตรฐานลงในตัวอย่าง หาร้อยละการได้กลับคืนของไนโตรเจน (percent recovery) โดยใช้กรดอะมิโน 3 ชนิดคือไลซีน กลูตามิค และอะลานีน ชนิดละ 4 ความเข้มข้น

5.5 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำปลาโดยใช้วิธีที่พัฒนาเปรียบเทียบกับวิธีตามมาตรฐานฯโดยใช้น้ำปลาตราต่าง ๆ กัน 10 ตัวอย่าง

6 รายละเอียดการศึกษาทดลอง

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างเจือจางเป็น 10 เท่า และ 20 เท่า โดยปิเปตต์ตัวอย่างน้ำปลา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในขวดแก้วปริมาตร 100 และ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 และ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

6.1 การศึกษาทดลอง

6.1.1 วิเคราะห์หาฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนในตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า และ 20 เท่าในปริมาณ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร และตัวอย่างเจือจาง 10 เท่าในปริมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปิเปตต์ตัวอย่างที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาณ 10 และ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่บีกเกอร์ทรงสูง(tall form beaker) ขนาด 100

ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar) ทำการวิเคราะห์ตามข้อ 4.2 และคำนวณผลวิเคราะห์ตามข้อ 4.3

ใช้ตัวอย่างที่เจือจาง 20 เท่า ปริมาณ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการวิเคราะห์ตามข้อ 4.1 โดยใช้สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ตามข้อ 3.10 จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และคำนวณผลวิเคราะห์ตามข้อ 4.3.1

6.1.2 วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน เมื่อใช้ตัวอย่างที่เจือจาง 20 เท่า ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณที่น้อยกว่าเดิม

ปิเปตต์ตัวอย่างน้ำปลามา 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ขวดแก้วปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานไลซีนตามข้อ3.9.1 จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดตัวอย่างปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายตัวอย่าง 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีไนโตรเจนจากสารมาตรฐานที่เติมลงไป 10 มิลลิกรัม

ปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่บีกเกอร์ (tall form beaker) ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการวิเคราะห์ตามข้อ 4.1.2 ถึง 4.1.5 โดยใช้สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ตามข้อ 3.10 ในปริมาณที่ต่างกันคือ 10 8 7 และ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับแล้วทำการคำนวณผลตามข้อ 4.3.1

6.1.3. ทดสอบความเที่ยง (precision) ของวิธีที่พัฒนาขึ้น

ทดสอบวิธีวิเคราะห์โดยใช้น้ำปลา 2 ตัวอย่าง วิเคราะห์ตามข้อ 4.1 โดยใช้สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ ตามข้อ 3.10 จำนวน 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร เปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานฯ โดยวิเคราะห์ซ้ำ 6 ครั้ง ต่อเนื่องกันในวันเดียวกัน

6.1.4. ทดสอบความถูกต้องของวิธี (accuracy)

6.1.4.1 โดยใช้กรดอะมิโนที่มีคุณสมบัติต่างกัน 3 ชนิดเติมลงในตัวอย่างเพื่อการทดสอบ

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานไลซีนไฮโดรคลอไรด์ (ตามข้อ3.9.1) จำนวน 1 2 3 และ 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้ตัวอย่างที่มีไนโตรเจนจากสารละลายมาตรฐานไลซีน 5 10 15 และ 20 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 9 8 7 และ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร. ตามลำดับ เพื่อให้แต่ละบีกเกอร์มีปริมาตรเป็น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานกลูตามิคไฮโดรคลอไรด์และอะลานีน(ตามข้อ 3.9.2และ 3.9.3) ลงในตัวอย่าง ทำเช่นเดียวกับการเติมสารละลายมาตรฐานไลซีนไฮโดรคลอไรด์จะได้ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐาน 3 ชุด ชุดละ 4 ความเข้มข้น ทำการวิเคราะห์ตามข้อ 4.1.2 ถึง 4.1.5

6.1.4.2 โดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟต

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟต จำนวน 1 และ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทำเช่นเดียวกับการเติมสารละลายมาตรฐานกรดอะมิโน จะได้ตัวอย่างที่เติมไนโตรเจน 5 และ 10 มิลลิกรัม ทำการวิเคราะห์ตามข้อ 4.1.2 ถึง 4.1.5

6.1.5.วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำปลาโดยใช้วิธีที่พัฒนากับวิธีตามมาตรฐานฯ

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำปลา 10 ตัวอย่าง โดยวิธีที่พัฒนาตามข้อ 4.1 กับวิธีตามมาตรฐานฯตามข้อ 4.2 นำผลวิเคราะห์มาประเมินความแตกต่างด้วย t-test และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของผลวิเคราะห์ (coefficient of correlation)

ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนเมื่อเพิ่มปริมาณตัวอย่างเจือจาง 10 และ 20 เท่า เป็น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ ร้อยละ 0.32 และ 0.34 ตามลำดับ โดยตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า ให้ผลวิเคราะห์ใกล้เคียงกับวิธีตามมาตรฐานฯ มากกว่าตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า (ตามตารางที่ 1)
2. เมื่อใช้ตัวอย่างเจือจาง 20 เท่าปริมาณ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารมาตรฐานไลซีนที่มีไนโตรเจน 10 มิลลิกรัม และลดปริมาณการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่าสามารถลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ลงเหลือ 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยที่มีความถูกต้องในการวิเคราะห์เทียบเท่าการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
3. ผลการทดสอบความเที่ยง (precision) ของวิธีที่พัฒนา

   ผลวิเคราะห์น้ำปลา 2 ตัวอย่าง ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของวิธีที่พัฒนาได้ 0.35 และ 0.40 ของวิธีในมาตรฐานฯ มีค่า 0.45 และ 0.51 (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4) แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาใหม่มีความเที่ยงดี
4. ผลการทดสอบความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีที่พัฒนา

   ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานที่มีไนโตรเจน 5 10 15 และ 20 มิลลิกรัม ของกรดอะมิโน 3 ชนิด พบว่าการได้กลับคืนของไนโตรเจนจากการเติมสารละลายมาตรฐานไลซีน กลูตามิคและอะลานีนได้ร้อยละ 93.5 - 98.6 93.0 - 98.4 และ 93.3 - 98.2 ตามลำดับ แสดงว่าความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนจากกรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิดให้ผลใกล้เคียงกัน โดยตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานกรดอะมิโนที่มีไนโตรเจน 5 และ 10 มิลลิกรัม พบการได้กลับคืนของไนโตรเจน ร้อยละ 97.9 - 98.6 ตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานที่มีไนโตรเจน 15 และ 20 มิลลิกรัม ความถูกต้องของการวิเคราะห์ลดลง โดยวิเคราะห์ไนโตรเจนได้กลับคืนร้อยละ 93.0 - 94.3 (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งมีไนโตรเจน 5 และ 10 มิลลิกรัม พบการได้กลับคืนของไนโตรเจนได้ ร้อยละ 96.5 - 97.0 (ตามตารางที่ 6)

5. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธีตามมอก.3-2526กับวิธีที่พัฒนา

ผลวิเคราะห์น้ำปลา 10 ตัวอย่างจากวิธีทั้งสองให้ค่าใกล้เคียงกันและมีความสัมพันธ์กันสูง $r = 0.9998$ (ดังรายละเอียดในตารางที่ 7 และรูปที่ 3) เมื่อนำผลวิเคราะห์ไปประเมินค่าความแตกต่าง โดยวิธี Paired t test ได้ค่า $t = 1.0522$ซึ่งน้อยกว่าค่า t จากตาราง คือ 2.26 (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % $df = 9$) แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาและวิธีตาม มอก. 3-2526ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจน(ก./ลบ.ดม.) ของตัวอย่างเจือจาง 10 เท่าและ 20 เท่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวอย่างจาก 10 เป็น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ครั้งที่	ตัวอย่างเจือจาง 10 เท่า		ตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า
	*10 ลบ.ซม.	20 ลบ.ซม.	20 ลบ.ซม.
1	15.31	14.86	15.30
2	15.19	14.83	15.28
3	15.32	14.87	15.32
4	15.24	14.86	15.29
5	15.16	14.77	15.21
6	15.12	14.75	15.20
X	15.22	14.82	15.27
SD	0.08	0.05	0.05
% RSD	0.53	0.34	0.32

*วิธีตาม มอก. 3-2526 ใช้ตัวอย่างปริมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณต่างกันวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืนเมื่อเติมลงในตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า

ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้	ปริมาณไนโตรเจนในสารละลายมาตรฐานไลซีนที่เติม	ปริมาณไนโตรเจนที่พบ	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน *	
มิลลิลิตร	มิลลิกรัม	มิลลิกรัม	มิลลิกรัม	ร้อยละ
10	10	16.88	9.82 ± 0.066	98.2 ± 0.66
8	10	16.86	9.80 ± 0.066	98.0 ± 0.66
7	10	16.82	9.76 ± 0.064	97.6 ± 0.64
6	10	16.58	9.40 ± 0.065	94.0 ± 0.65

ตัวอย่างที่ใช้มีฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน 7.06 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

* ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง)

เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน ได้ 9.82 มิลลิกรัม

เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน ได้ 9.76 มิลลิกรัม

การคำนวณ $t = 9.76 - 9.82 \times \sqrt{5}/S$

$$= 9.76 - 9.82 \times \frac{2.2360}{0.064}$$

$$t = -2.0962$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % df = 4 จากตารางค่า t = 2.776

ค่า t คำนวณได้น้อยกว่าค่า t จากตาราง **แสดงว่าผลวิเคราะห์เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร**

เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 6 มิลลิลิตรได้ไนโตรเจนกลับคืน 9.40 มิลลิกรัม คำนวณหาค่า t ได้เท่ากับ -10.32 ซึ่งมากกว่า t จากตาราง แสดงว่าการลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ลงเหลือ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผลวิเคราะห์จะแตกต่างจากการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** t ที่คำนวณได้ไม่นำเครื่องหมายมาคิดเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า t จากตาราง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนากับวิธีตาม มอก. 3-2526

การทดสอบความเที่ยง (precision)			
	ครั้งที่	**วิธีที่พัฒนา**	**วิธีตาม มอก. 3-2526**
		(ก / ลบ.ดม.)	(ก / ลบ.ดม.)
ตัวอย่างที่ 1	1	16.90	16.69
	2	16.77	16.85
	3	16.88	16.72
	4	16.89	16.84
	5	16.78	16.85
	6	16.80	16.72
	$\overline{X}$	16.84	16.78
	SD	0.0596	0.0757
	% RSD	0.3537	0.4514

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนากับวิธีตาม มอก. 3-2526

การทดสอบความเที่ยง (precision)			
	ครั้งที่	**วิธีที่พัฒนา**	**วิธีตาม มอก. 3-2526**
		(ก / ลบ.ดม.)	(ก / ลบ.ดม.)
ตัวอย่างที่ 2	1	15.07	15.12
	2	15.19	15.31
	3	15.05	15.16
	4	15.16	15.22
	5	15.17	15.28
	6	15.07	15.20
	$\overline{X}$	15.12	15.22
	SD	0.0609	0.0773
	% RSD	0.4032	0.5084

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีที่พัฒนาโดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน(recovery)เมื่อเติมสารละลายมาตรฐานลงในตัวอย่าง*

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณไนโตรเจนที่เติม	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน **	
	มิลลิกรัม	มิลลิกรัม	ร้อยละ
ไลซีนไฮโดรคลอไรด์	5	4.93	98.6
	10	9.80	98.0
	15	14.15	94.3
	20	18.7	93.5
กลูตามิคไฮโดรคลอไรด์	5	4.92	98.4
	10	9.83	98.3
	15	14.10	94.0
	20	18.60	93.0
อะลานิน	5	4.92	98.2
	10	9.79	97.9
	15	14.08	93.9
	20	18.65	93.3

* ตัวอย่างที่ใช้มีฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน 7.06 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

** ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืนเมื่อเติมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟตลงในตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำปลามีไนโตรเจน	สารละลายมาตรฐานมีไนโตรเจน	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้กลับคืน	
	มิลลิกรัม	มิลลิกรัม	ร้อยละ
7.06	5	4.85	97.0
7.06	10	9.65	96.5

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนโดยวิธีที่พัฒนา กับวิธีตาม มอก. 3-2526

หมายเลขปฏิบัติการ	น้ำปลาตรา	* ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ก/ลบ.ดม.		d	$d - \bar{X}_d$	$(d - \bar{X}_d)^2$
		วิธีที่พัฒนา	วิธีตามมอก.3-2526			
SX.426	กั้ง	13.23	13.20	0.03	0.011	0.000
SX.427	แม่พิมพ์	12.46	12.49	-0.03	-0.049	0.002
TB.421	เด็ก	14.21	14.13	0.08	0.061	0.004
TB.422	ยอด	16.84	16.78	0.06	0.041	0.002
TC.75	ปลาบิน	14.7	14.64	0.06	0.041	0.002
TC.76	เพชร	17.08	17.12	-0.04	-0.059	0.004
TC.77	น้ำเอก	15.83	15.88	-0.05	-0.069	0.005
TC.79	เรือแดง	15.65	15.70	-0.05	-0.069	0.005
TI.666	โบว์แดง	9.07	8.97	0.10	0.081	0.007
TH.394	-	7.06	7.03	0.03	0.011	0.000

ค่าเฉลี่ยจากการทำซ้ำ 3 ครั้ง

$\sum d = 0.19$

$\bar{X}_d = 0.02$

$\sum (d-\bar{X}_d)^2 = 0.030$

การทดสอบทางสถิติ โดย Paired t - test

d =ความแตกต่างของผลวิเคราะห์โดยวิธีทั้งสองของแต่ละตัวอย่าง

$\overline{X}_d$ =ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลวิเคราะห์

S_d =ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างของผลวิเคราะห์โดยวิธีทั้งสอง

n =จำนวนตัวอย่าง

$\sum(d-\overline{X}_{d)}$

$$S_d = \sqrt{0.030/9}$$

$$S_d = 0.058$$

$$t = \overline{X}_d \sqrt{n} / S_d$$

$$= 0.02\sqrt{10} /0.058$$

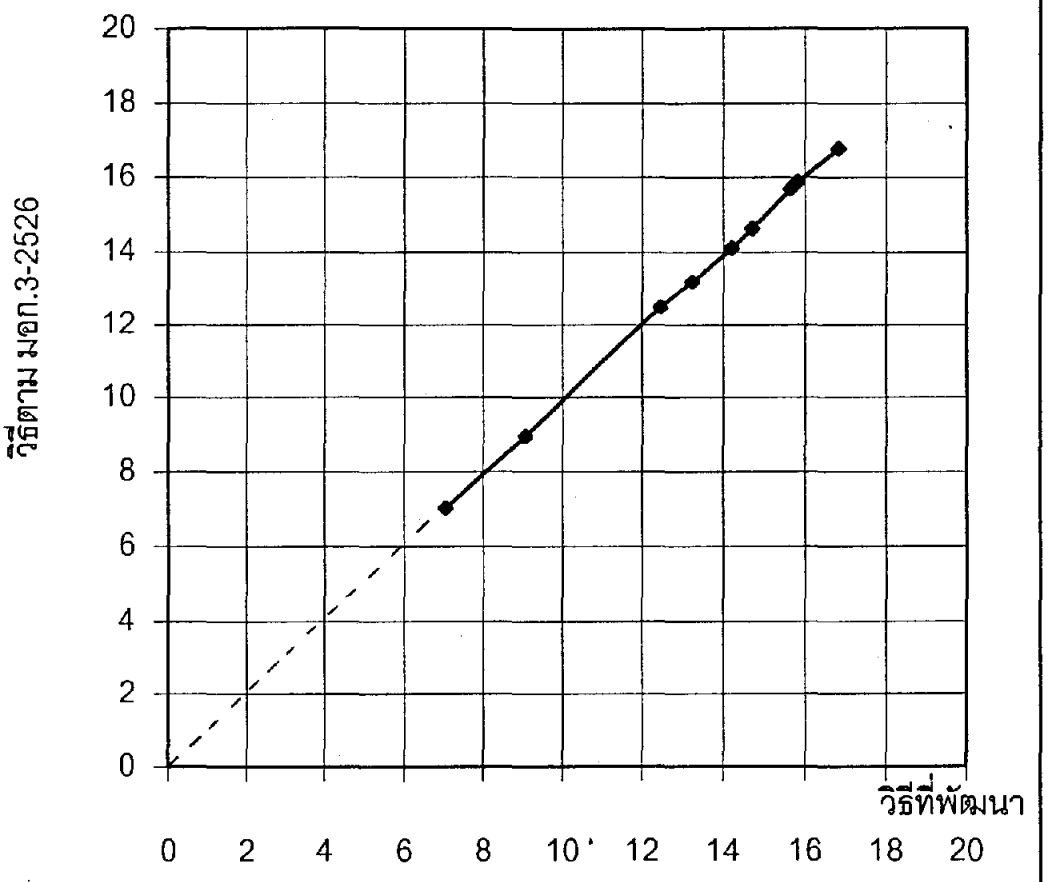
$$t = 1.0896$$

จากตารางที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % degree of freedom = 9 ค่า t = 2.26

ค่า t ที่คำนวณได้คือ 1.0896 น้อยกว่าค่า t จากตารางคือ 2.26 แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

* วิธีคำนวณจาก Practical guide to chemometrics (17)

รูปที่ 2 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจน
โดยวิธี มอก.3-2536 กับวิธีที่พัฒนา
(ก/ลบ.ดม.)



Coeficient of correlation, r = 0.9998

เส้นกราฟเป็นแนวเส้นตรงผ่านจุดศูนย์กลาง แสดงว่าทั้งสองวิธีให้ผลที่เหมือนกัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

ด้านความเที่ยง (Precision)

วิธีที่พัฒนาได้ผลวิเคราะห์มีความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 0.35 - 0.40 วิธีมาตรฐานได้ 0.45 - 0.50 แสดงว่าวิธีที่พัฒนามีความเที่ยงดีกว่า เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ใช้หลักโพเทนทริโอเมทริกไทเทรชัน ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าควบคู่กับเทคนิคการไทเทรต โดยอิเล็กโทรดจะเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออน (ionic potential) ให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า วิธีที่พัฒนาใช้ปริมาณและความเจือจางของตัวอย่างน้ำปลาเพิ่มขึ้นจากเดิม ทำให้อิเล็กโทรดจุ่มในสารละลายได้ดี ค่าที่วัดได้มีความแปรปรวนน้อย เมื่อทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7 ทำได้สะดวกรวดเร็วกว่าวิธีตามมาตรฐานฯซึ่งใช้เวลานาน

ด้านความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ได้ปริมาณไนโตรเจนกลับคืน(recovery)จากกรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิด(ไลซีนไฮโดรคลอไรด์ กลูตามิคไฮโดรคลอไรด์ อะลานีน)และจากแอมโมเนียมซัลเฟตที่เติมลงในตัวอย่างน้ำปลา(มีฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน 7.06 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) พบว่าตัวอย่างเจือจางที่เติมสารมาตรฐานที่มีไนโตรเจน 10 มิลลิกรัม วิเคราะห์ได้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนกลับคืนถึงร้อยละ 96.5 แสดงว่าวิธีที่พัฒนามีความถูกต้อง (accuracy) ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างที่มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนสูงถึง 17.06 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรได้ ถ้าตัวอย่างมีฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนมากกว่านี้ ความถูกต้องจะลดลง อย่างไรก็ตามน้ำปลาโดยทั่วไปมีฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 12 - 17 มิลลิกรัมต่อลูกบาศเซนติเมตร (ตาราง14) ดังนั้นวิธีที่พัฒนานับว่ามีประสิทธิภาพใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำปลาได้

ตัวอย่างน้ำปลามีสารที่มีไนโตรเจน ซึ่งสามารถทำปฏิกริยากับฟอร์มัลดีไฮด์อยู่หลายชนิดเช่นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ แอมโมเนีย และ เอมีน การศึกษาทดลองนี้ใช้กรดอะมิโนเพียง 3 ชนิด และแอมโมเนียมซัลเฟต มาทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามจากการทดสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนโดยวิธีที่พัฒนา กับวิธีตามมาตรฐานฯโดยใช้ตัวอย่างน้ำปลาอีก 10 ตัวอย่าง พบว่าทั้งสองวิธีให้ผลวิเคราะห์ใกล้เคียงกัน และมีความสัมพันธ์กันสูง (Coefficient of correlation, r = 0.9998) และจากการประเมินค่าทางสถิติด้วย t-test

ผลวิเคราะห์ของวิธีทั้งสองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าวิธีที่พัฒนามีความถูกต้องแม่นยำเทียบเท่าวิธีตามมาตรฐานฯที่ใช้อยู่ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าสามารถนำวิธีที่พัฒนา มาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์แทนวิธีมาตรฐานฯ

เทคนิคการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนมีหลายขั้นตอนที่ต้องระมัดระวัง

- ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของฟอร์มัลดีไฮด์ให้เป็น 9 ต้องเตรียมทันทีก่อนทำการวิเคราะห์ ไม่ควรเตรียมทิ้งไว้นาน เพราะจะทำให้ความเป็นด่างลดลงและได้ผลวิเคราะห์สูงเกินความจริง
- เมื่อเติมฟอร์มัลดีไฮด์ลงในสารละลายตัวอย่างแล้วต้องคนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ก่อนทำการไทเทรต มิฉะนั้นจะทำให้ได้ค่าฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนต่ำกว่าความเป็นจริง

สรุปผลการทดลอง

ได้วิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาซึ่งวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในโตรเจนได้สะดวกและรวดเร็วกว่าเดิม โดยไม่สิ้นเปลืองสารเคมี ลดการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ลงได้ร้อยละ 30 เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์น้ำปลาซึ่งมีฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนไม่เกิน 17 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นใหม่มีรายละเอียดของวิธีดังนี้

1. ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างเจือจาง 20 เท่า มา 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่มีแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)

2. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายตัวอย่างให้เท่ากับ 7 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 และ 0.01 โมลาร์

3. ปิเปตต์สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (ตามข้อ 3.10) จำนวน 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมลงไปแล้วคนตัวอย่างด้วยเครื่องกวนชนิดแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

4. วัดความเป็นกรด-ด่างจนได้ค่าคงที่ ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จนได้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 ไทเทรตต่ออย่างช้า ๆ จนตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9 ได้ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต แล้วคำนวณผล

เอกสารอ้างอิง

1. บังอร เชื้อโพธิ์หัก และคนอื่น ๆ การใช้เอนไซม์จากสับปะรดเร่งขบวนการทำน้ำปลา (ปลาสร้อย) วารสารการประมง 2524 ปีที่ 34 ฉบับที่ 6 หน้า 649 - 659
2. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำปลาพื้นเมือง มอก.3 - 2526
3. สายพิณ ไชยนันทน์ และสิทธิพันธุ์ ไชยนันทน์ การศึกษาบักเตรีที่มีบทบาททำให้เกิดกลิ่นในน้ำปลาไทย วารสารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สจ.ธ. 2526 ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 หน้า 1 - 13
4. สิทธิพร พรสวัสดิ์ โรงงานน้ำปลาพิไชย วารสารอินดัสเตรียลเทคโนโลยีรีวิว 2539 ฉบับที่ 20 หน้า 115 - 118
5. ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2539 หน้า 225 - 239
6. Association of Official Analytical Chemists. Amino acid nitrogen in lemon juice (20.075). Official methods of analysis. 11th.ed Washington,D.C. :AOAC 1965, p. 324
7. Association of Official Analytical Chemists. Nitrogen (Ammoniacal) in fertilizers,formaldehyde titration method [applicable to NH_4NO_3 and $(NH_4)_2\ SO_4$] (24.08) Official methods of analysis. 16 th.ed.vol.1, Virginia :AOAC 1995,p.15
8. Crosby,Neil T. et.al. Quality in the analytical chemistry laboratory. ACOL office.Greenwichs.University 1995,p.170-175
9. Dougan , J. and Howard , G. E . 1975, Some flavoring constituents of ferment fish sauce. Journal of the Science of Food and Agriculture,July, 1975, vol. 26, no.7,p. 887 – 894

10. Gildberg, A. , Espejo - Hermes, J. , and Orejana, F.M. Acceleration of qutolysis during fish sauce fermentaion by adding aicd and reducing the salt content. Journal of the Science of Food and Agriculture, December,1984,vol. 35, no.12,p. 1363 - 1369

11. Hui, Y. H. Encyclopedia of foodscience and technology , A Wiley Interscience Publication, 1991 ,vol. 3 , p. 2175 - 2183

12. Ijong, F.G. , and Ohta, Y. Physicochemical and microbiological changes associated with bakasang processing a traditional Indonesian fermented fish sauce. Journal of the Science of Food and Agriculture, May,1996, vol.71,no.1,p.69-74

13. Kirk, Ronald S. and Sawyer, Ronald. Pearson's composition and analysis of foods. 9th. ed. , Harlow; Longman Scientific & Technical,1991.p.540

14. ORION (1991) 710 A Meter Instruction manual

15. Saisithi, P. Traditional fermented fish products with special reference to thai products . Asean Food Journal,March, 1987, vol.3,no.1, p.3-10

16. Sanceda, N. G. , Kurata, S. , and Arahawa, N. Accelerated fermentation process for the manufacture of fish sauce using histidine. Journal Food Science, 1996, vol. 61 , no. 1, p. 220 - 222

17. Stephen J. Naswell. Practical guide to chemometrics. Marcel Dekker,Inc.,1992.p.1-25

18. Taylor, W. H. Formol titration : an evaluation of its various modifications. Analyst,July, 1957,vol. 82 ,p. 488 - 497

ภาคผนวก

ตารางที่ 8 มูลค่าการส่งออกน้ำปลา

ปริมาณและมูลค่าการส่งออกน้ำปลา

ปี	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ขยายตัว(%)	มูลค่า(บาท)	ขยายตัว(%)
2535	18,965,575	10.57	345,512,006	11.93
2536	18,319,943	-3.40	342,941,775	-0.74
2537	20,825,793	13.67	383,483,017	11.82
2538	25,241,834	21.20	472,917,352	23.32
2539	24,061,207	-4.67	466,449,531	-1.37
2540	26,201,758	9.15	606,229,305	29.97

ที่มา : กรมศุลกากร

มูลค่าการส่งออกน้ำปลา จำแนกตามกลุ่มการค้าและประเทศปี 2540

กลุ่มการค้า/ประเทศ	มูลค่า (ล้านบาท)	ร้อยละ
NAFTA	242.7	40.03
EU	87.4	14.42
AFTA	53.6	8.84
Japan	75.3	12.42
Australia/New Zealand	44.2	7.29
Others	102.9	16.97
Total	606.1	100.0

ที่มา : กรมศุลกากร

10:39:4

ตารางที่ 9 ตลาดส่งออกน้ำปลา 10 รายการแรกของไทย

มูลค่า : ล้านบาท

	2537	2538	2539	2540	2541 (ม.ค.-มี.ค.)
1. สหรัฐอเมริกา	147.9	166.5	155.7	212.2	63.0
2. ฮ่องกง	38.8	46.6	53.1	62.8	22.9
3. ญี่ปุ่น	26.8	44.3	60.8	75.3	19.1
4. ออสเตรเลีย	29.0	32.6	36.6	41.2	14.9
5. แคนาดา	19.2	28.4	11.5	30.5	10.9
6. สวิตเซอร์	37.3	40.3	36.2	47.3	10.1
7. เยอรมันตะวันตก	4.9	10.4	10.5	16.2	6.4
8. ลาว	16.7	16.9	20.3	24.7	5.5
9. สหราชอาณาจักร	3.6	10.2	10.0	12.2	5.3
10. ไต้หวัน	6.3	13.2	12.1	16.1	4.2
รวม 10 ประเทศ	330.5	409.4	406.7	538.6	162.2
อื่นๆ	53.5	63.6	59.8	67.7	22.2
มูลค่ารวม	383.9	473.0	466.4	606.3	184.5

V -> Value G -> Growth rate R -> Proportion Esc -> Exit
PrtScr -> Print Screen P -> Printer F9 -> Print ALL

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

ตารางที่ 10 รายชื่อประเทศและมูลค่าการส่งออก

HS. 2103909017 FISH SAUCE

UNIT KG COUNTRY	* * * CURRENT MONTH * * * QUANTITY	 VALUE (BAHT)	* * * YEAR TO DATE * * * QUANTITY	 VALUE (BAHT)
** Total **	2,569,048	73,981,492	26,261,758	606,229,309
ALGERIA	0	0	3,210	46,835
ANGUILLA	0	0	5,670	223,274
AUSTRALIA	92,090	3,283,297	1,413,561	41,162,956
AUSTRIA	3,150	72,831	6,058	177,641
BAHRAIN	585	14,479	11,321	240,442
BELGIUM	13,041	455,239	75,380	2,002,103
BRUNEI	29,400	472,400	331,591	4,891,366
CAMEROON	0	0	552	7,110
CANADA	109,205	2,675,621	1,386,381	30,502,159
CAYMAN ISLANDS	0	0	1,260	32,530
CHILE	0	0	1,392	40,784
CHINA	0	0	53,526	1,040,318
COMOROS	0	0	480	6,600
DENMARK	6,164	142,725	47,819	1,321,167
FINLAND	0	0	10,371	268,119
FRANCE	88,596	2,574,746	1,721,454	47,294,984
FRENCH GUIANA	0	0	1,623	55,305
FRENCH POLYNESIA	0	0	5,712	188,028
GABON	0	0	870	35,581
GAMBIA	0	0	360	13,250
GERAMANY	38,246	1,302,329	249,215	6,686,592
GREECE	0	0	2,319	71,989
GREENLAND(DEN.)	0	0	204	4,063
GUAM	0	0	11,344	369,450
HONG KONG	417,152	5,741,936	5,350,326	62,935,899
HUNGARY	1,575	35,767	6,031	152,733
ICELAND	0	0	2,652	83,250
INDIA	163	11,107	3,898	161,630
INDONESIA	18,270	357,716	239,239	3,486,280
ISRAEL	1,698	153,701	36,406	1,204,473
ITALY	950	34,933	26,145	661,049
JAPAN	177,563	9,319,470	2,152,910	75,295,260
JORDAN	0	0	2,340	76,246
KAMPUCHEA	2,338	59,933	59,210	1,150,471
KUWAIT	0	0	9,369	233,263

ตารางที่ 10 (ต่อ)

EXPORTS BY COMMODITY
CLASSIFY BY ITEM
JANUARY - DECEMBER 2543

HS. 2103909017 FISH SAUCE

UNIT KG COUNTRY	* * * CURRENT MONTH * * * QUANTITY	VALUE (BAHT)	* * * YEAR TO DATE * * * QUANTITY	VALUE (BAHT)
** Total **	2,569,048	78,981,492	26,261,758	614,239,309
LAOS	120,300	2,581,664	1,248,639	24,697,892
LIBYA	0	0	14,056	262,000
MACAO (PORT.)	0	0	10,129	174,216
MALAYSIA	3,033	21,592	174,119	2,457,009
MAURITIUS	5,292	199,972	44,949	928,033
MOROCCO	0	0	3,220	162,595
MYANMAR	7,170	176,750	86,318	1,792,632
NAURU	0	0	435	15,345
NEPAL	0	0	17,406	790,467
NETHERLANDS	84,916	2,569,163	622,930	16,246,709
NEW CALEDONIA	1,088	44,821	11,074	345,975
NEW ZEALAND	6,243	199,747	110,373	3;071,546
NIGER	0	0	6,739	264,930
NORTHERN MARIANA	0	0	1,000	15,180
NORWAY	13,531	435,775	41,515	1,276,357
OMAN	0	0	225	8,327
OTHER COUNTRIES	0	0	86	2,505
PAPUA NEW GUINEA	0	0	1,293	25,351
PHILIPPINES	0	0	65,809	808,178
POLAND	0	0	864	25,698
PORTUGAL	864	37,161	4,824	178,927
QATAR	1,422	34,674	1,422	34,674
REUNION	5,970	180,678	14,085	361,475
RUSSIAN FEDERATI	0	0	1,200	32,507
S. KOREA	0	0	22,350	366,008
SAUDI ARABIA	74,850	1,420,532	473,784	8,354,675
SINGAPORE	65,116	1,144,842	933,119	14,245,419
SOUTH AFRICA	675	12,697	9,725	251,684
SPAIN	0	0	3,612	114,709
SRI LANKA	0	0	2,867	51,007
SURINAME	0	0	479	11,158
SWEDEN	11,787	403,672	74,692	2,154,072
SWITZERLAND	8,845	411,793	68,052	2,521,647
TAIWAN	117,336	2,311,449	753,492	16,105,881
TURKEY	0	0	450	12,860
** Total **	2,569,048	78,981,492	26,261,758	614,239,309
U. ARAB EMIRATES	6,930	124,413	65,365	1,114,215
UNITED KINGDOM	16,935	639,353	415,745	12,182,597
US. PACIFIC ISLA	0	0	4,545	177,747
USA.	1,036,497	35,081,192	7,711,291	210,281,506
VIETNAM	0	0	7,400	149,650
YEMEN	0	0	900	21,540

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

ตารางที่ 11 ชื่อน้ำปลาของประเทศต่าง ๆ

Fish sauces and pastes in Southeast Asia*

	Local Name	
Country	Sauce	Paste
Burma	Ngapi	Ngapi
Indonesia	Ketjab-ikan	Trassi (shrimp)
Kampuchea	Nuoc-mam-gau-ca	Prahoc
Laos	Nam-pla	Padec
Malaysia	Budu	Balachan (shrimps)
Philippines	Patis	Bagoong
Thailand	Nam-pla	Kapi
Vietnam	Nuoc-mam	Mam-tom (shrimps)

* Adams *et al.*, 1985.

ตารางที่ 12 โรงงานน้ำปลา จำแนกขนาดและตามภูมิภาค ปี พ.ศ. 2540

ภาค	รง.ขนาดย่อม		รง.ขนาดกลาง		รง.ขนาดใหญ่		รวมจำนวนรง.	
	โรง	ร้อยละ	โรง	ร้อยละ	โรง	ร้อยละ	โรง	ร้อยละ
กรุงเทพฯและปริมณฑล	37	23.87	-	-	1	33.33	38	23.60
กลาง	38	24.52	1	33.33	1	33.33	40	24.84
ตะวันออก	44	28.39	2	66.67	1	33.33	47	29.19
ตะวันออกเฉียงเหนือ	8	5.16	-	-	-	-	8	4.19
เหนือ	14	9.03	-	-	-	-	14	8.70
ใต้	14	9.03	-	-	-	-	14	8.70
รวม	155	100	3	100	3	100	161	100

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 13 Volatile fatty acids in Thai fish sauces

Sample				Acid					
No.	Time	Species	Factory	Acetic (mg/100 ml)	Propionic (mg/100 ml)	*iso*-Butyric (mg/100 ml)	*n*-Butyric (mg/100 ml)	*iso*-Valeric (mg/100 ml)	Total (mEq/litre)
17	0	Stolephorus	D	30[a]	—	—	—	—	6
15	1 week	Stolephorus	D	10[a]	—	—	—	—	2
16	2 months	Stolephorus	D	50[a]	—	—	—	—	8
9	3 months	Stolephorus	C	420	17	—	36	2	76
12	3 months	Sardinella	C	490	18	—	26	9	88
1	6 months	Stolephorus	A	250	28	—	42	8	51
10	6 months	Stolephorus	C	600	67	12	3	130	120
18	6 months	Stolephorus	D	250	5	—	1	T	42
13	7 months	Sardinella	C	1400	260	—	37	7	280
19	12 months	Stolephorus	D	210	11	—	6	30	40
3	15 months	Stolephorus	A	470	33	—	16	3	85
8	48 months	Stolephorus	B	530	47	1	31	6	98
22	—	Best blend	C	420	27	—	43	4	78
28	—	Best blend	E	300	19	—	11	4	54
6	—	First leaching	A	430	54	1	120	11	93
7	—	Second and third leaching	A	29	3	—	12	—	6.6
4	6 months	Scum from surface	A	430	56	2	121	9	95

[a] The acids were isolated by the Conway diffusion method and the results are probably low by a factor of about 2.
T = a trace.

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และไนโตรเจนทั้งหมด ในน้ำปลา

ตัวอย่างที่	ตรา	ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน (ก/ลบ.ดม.)	ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (ก/ลบ.ดม.)	ไนโตรเจนทั้งหมด (ก/ลบ.ดม.)
1	แม่พิมพ์	12.51	10.0	19.5
2	นพรส	16.2	13.8	25.2
3	ตราชู	14.0	10.9	20.9
4	นกอินทรีย์	14.6	12.2	22.1
5	อัศวิน	17.5	14.5	27.4
6	แท้	15.9	12.7	24.6
7	จอวส์	13.6	10.9	22.4
8	ไข่มุก	13.8	11.6	21.4
9	-	15.0	11.5	25.2
10	ราชา	14.2	10.8	21.2
11	กั้ง	13.2	10.2	20.1
12	หอยนางรม	12.5	9.77	19.2
13	ไส้ตัน	11.8	9.05	9.27
14	ชูรส (2)	13.5	10.3	20.7
15	ชวนชื่น	15.8	12.9	23.7
16	สังข์ทิพย์	14.8	10.9	22.6
17	ปลาบิน	14.6	11.9	20.7
18	ชุมพร	13.5	10.4	20.6
19	ทิพรส	14.8	11.7	21.8
20	เพชร	17.1	14.0	25.4

ตัวอย่างที่	ตรา	ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน (ก/ลบ.ดม.)	ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (ก/ลบ.ดม.)	ไนโตรเจนทั้งหมด (ก/ลบ.ดม.)
21	น้ำเอก	15.9	12.6	22.6
22	ดาวแดง	16.6	14.1	24.0
23	เรือแดง	15.7	13.1	22.3
24	เด็ก	14.1	12.0	21.1
25	ตรายอด	16.8	14.2	24.5
26	โบว์แดง	8.97	-	-
27	-	7.06	-	-
28	กระต่าย	16.27	12.7	25.9