1287

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

PRODUCTION OF PROTEIN HYDROLYSATE FROM SHRIMP PRECOOKING WATER AS FOOD FLAVOR

โดย

นางสาวกัณวีร์ รัตนาชัยพงษ์

นางสาวนันทรัตน์ สมบัติ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....31/37..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(ภาคิมพ์ นอีสุข)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(.....อาจารย์ภาควิชา.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 28 **เดือน** ..... **พ.ศ.** 37

ปก.
ก385ก
2536

กัณวีร์ รัตนาชัยพงษ์ และ นันทรัตน์ สมบัติ. 2536. : การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร (PRODUCTION OF PROTEIN HYDROLYSATE FROM SHRIMP PRECOOKING WATER AS FOOD FLAVOR). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา:อาจารย์รวิพิมพ์ ฉวีสุข,อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม:อาจารย์ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม.69 หน้า.

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารจากน้ำต้มกุ้ง ด้วยการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) โดยแปรระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เป็น 0,0.5,1.0,1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร pH เป็น 5.5, 6.5 และ7.5 อุณหภูมิเป็น 50, 55 และ 60 °C และเวลาในการย่อยสลายเป็น 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 นาที ตามลำดับ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ 0.5% pH 6.5 อุณหภูมิ 50 °C และเวลา 15 นาที เป็นสภาวะที่สามารถผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณอะมิโนไนโตรเจนสูงสุด คือ 3.50 mg N/ml ซึ่งประกอบด้วยความชื้น 94.51 % โปรตีน 2.52 % ไขมัน 0.33 % เถ้า 1.77 % และคาร์โบไฮเดรต 0.88 %

เมื่อทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แห้ง และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเปรียบเทียบการให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ในสภาวะต่างๆกัน 4 แบบคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์และไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ผลิตภัณฑ์ที่มีการทดลองเติม Molto-dextrin ในน้ำต้มกุ้งที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์และไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านรสชาติ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ซึ่งไม่มีการเติม Molto-dextrin ได้รับคะแนนจากผู้บริโภคมากที่สุดในด้าน สี และกลิ่น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

กัณวีร์ 23/3/37

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์รวิพิมพ์ ฉวีสุข ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมและอาจารย์วริพัสย์ อารีกุล ในฐานะคณะกรรมการร่วมสอบ ซึ่งอาจารย์ทุกท่านได้กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะถึงสิ่งอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปฏิบัติการปัญหาพิเศษ และได้ให้ความช่วยเหลือจนเป็นผลให้งานปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุมิตรา ภู่วโรดม อาจารย์หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ได้เอื้อเฟื้อให้ยืมอุปกรณ์เขย่าควบคุมอุณหภูมิ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อโครงการปัญหาพิเศษนี้ ที่มิได้เอ่ยนาม

ขอขอบคุณ บริษัท ยูเนียนโฟรเซนต์ โปรดักต์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์น้ำต้มกุ้งตลอดงานวิจัยปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบคุณ บริษัท อิสต์เอเชียติก (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์ Neutrase® 0.5 L เพื่อใช้ในงานปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาบริหารธุรกิจเกษตร ที่ได้เอื้อเฟื้อให้ใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของทางภาควิชาฯ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และห้องธุรการ ที่ได้ให้ความสะดวกแก่คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษ ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ และน้องภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกคน โดยเฉพาะเพื่อน ๆ รุ่น 10 ที่ให้กำลังกายและกำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมา

และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยให้การสนับสนุนอยู่เบื้องหลังจนคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษประสบความสำเร็จในการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์ 3

2.1 กระบวนการแปรรูปกุ้งต้มสุกแช่แข็ง 3

2.2 สารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร 5

2.3 เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีน 9

2.4 การย่อยสลายโปรตีน 11

2.5 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง 13

2.6 การปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง 14

3. การทดลอง 16

4. ผลการทดลอง 23

4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ 23

4.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำต้มกุ้งด้วยเอนไซม์ ... 24

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ AN ของ 33
โปรตีนไฮโดรไลเสทเปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น

4.4 การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเสที่ผลิตได้เปรียบ 34
เทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส

4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ 38
สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผลิตได้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

5. วิจารณ์ผลการทดลอง 42

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 49

เอกสารอ้างอิง 51

ภาคผนวก 54

ประวัติผู้เขียน 69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบของสารให้กลิ่นจาก alcohol aldehyde และ ketone ในอาหารทะเลสด	6
4.1	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ	24
4.2	ปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ที่ผ่านการย่อยสลายด้วย สารละลายเอนไซม์ Neutrase ® เป็นปริมาณต่างๆ	25
4.3	ปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ที่ผ่านการย่อยสลายด้วย สารละลายเอนไซม์ Neutrase ® ณ อุณหภูมิและ pH ต่างๆ	27
4.4	ผลของ pH ต่อปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง	28
4.5	ผลของอุณหภูมิ ในการย่อยสลายต่อปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง	29
4.6	ผลของเวลาต่อปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง	31
4.7	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ AN ของโปรตีนไฮโดรเลเสท เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)	33
4.8	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ โปรตีนไฮโดรเลเสทเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง	35
4.9	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรเลเสทเปรียบเทียบกับเติมใน ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง	37
4.10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบผงแห้ง จากตัวอย่าง 4 แบบ	38
4.11 -4.12	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสและการยอมรับ ของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรส 2 ตัวอย่าง	40-41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ..... ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® เป็นปริมาณต่างๆ	62
ค.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ..... pH ต่างๆ ที่ผ่านการย่อยสลาย ณ อุณหภูมิแตกต่างกัน	63
ค.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ..... ที่ผ่านการย่อยสลายที่เวลาต่างๆกัน	63
ค.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของโปรตีนไฮโดรไลเสท .... ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)	64
ค.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้น ของผลิตภัณฑ์ ..... โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้นแบบผงแห้ง	64
ค.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเถ้า ของผลิตภัณฑ์ ..... โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้นแบบผงแห้ง	64
ค.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ ..... โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้นแบบผงแห้ง	65
ค.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ ..... โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้นแบบผงแห้ง ที่ผ่านการเติม Maltodextrin ทั้ง 2 ตัวอย่าง	65
ค.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทาง ..... ประสาทสัมผัสด้านความเข้มสีของผลิตภัณฑ์ผงแห้ง 4 ตัวอย่าง	66
ค.10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทาง ..... ประสาทสัมผัสด้านความเข้มของกลิ่นของผลิตภัณฑ์ผงแห้ง 4 ตัวอย่าง	66

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
4.1	ปริมาณ AN ในน้ำต้มกุ้ง จากการย่อยสลายด้วย ..... สารละลายเอนไซม์ Neutrase® เป็นปริมาณต่างๆ	26
4.2	ปริมาณ AN ในน้ำต้มกุ้ง จากการย่อยสลายด้วย ..... สารละลายเอนไซม์ Neutrase® ณ อุณหภูมิและ pH ต่างๆ	30
4.3	ปริมาณ AN ในน้ำต้มกุ้ง จากการย่อยสลายด้วย ..... สารละลายเอนไซม์ Neutrase® ที่เวลาต่างๆ	32

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปสัตว์น้ำเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยเป็นอย่างมากและมีการขยายตัวออกไปอย่างกว้างขวาง ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเหล่านี้ทั้งในด้านของกระบวนการผลิต กรรมวิธีการผลิต และชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการแปรรูป เพื่อตอบสนองต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมและความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งผลจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมเหล่านี้ ก่อให้เกิดของเหลือทิ้งในรูปของแข็งและของเหลวในปริมาณที่สูงมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง และถ้าไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธีอาจเกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมได้

อุตสาหกรรมกุ้งต้มแช่แข็งจัดเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำประเภทหนึ่ง ซึ่งทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้จาก ในปี พ.ศ. 2535 ประเทศไทยมีการส่งออกกุ้งแช่แข็ง รวมทั้งสิ้น 538,509 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าการส่งออกถึง 146 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์, 2535) ซึ่งจากปริมาณการผลิตและการส่งออกดังกล่าวส่งผลให้มีของเหลือทิ้งในปริมาณสูงเช่นเดียวกัน เช่น เปลือกกุ้ง หัวกุ้ง รวมไปถึงน้ำที่ใช้ต้มกุ้งในกระบวนการผลิต ซึ่งในปัจจุบันก็ได้มีผู้ทำการศึกษา ค้นคว้า และวิจัยถึงวิธีการที่จะนำของเหลือทิ้งเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ตัวอย่างของผลงานวิจัยเหล่านี้ ได้แก่ การผลิตไคตินและไคโตแซน จากเปลือกกุ้งและหัวกุ้ง การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากหัวกุ้ง (B.S.PAN, 1989) เป็นต้น และสำหรับน้ำต้มกุ้งนั้นก็สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เช่นกัน เนื่องจากยังมีสารอินทรีย์และสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนจากเนื้อกุ้งที่อาจจะละลายปะปนอยู่ในน้ำที่ใช้ต้ม ซึ่งสามารถที่จะนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำทิ้งและลดภาวะในการบำบัดได้ การใช้น้ำต้มกุ้งเป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท เพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารก็เป็นแนวทางหนึ่งของการนำของเหลว

เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ อีกทั้งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ซึ่งประเทศไทยยังขาดแคลนอีกมาก และต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ของไทย มีความจำเป็นต้องใช้สารปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหาร หรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสดีขึ้น การทดลองผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารสำหรับประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้ คือ

1. เพื่อศึกษาถึงการนำน้ำนึ่งกุ้งเหลือทิ้งจากการแปรรูปกุ้งต้มสุกแช่แข็งมาใช้ประโยชน์
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำนึ่งกุ้ง
3. เพื่อทดสอบคุณสมบัติการให้กลิ่นและรสของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

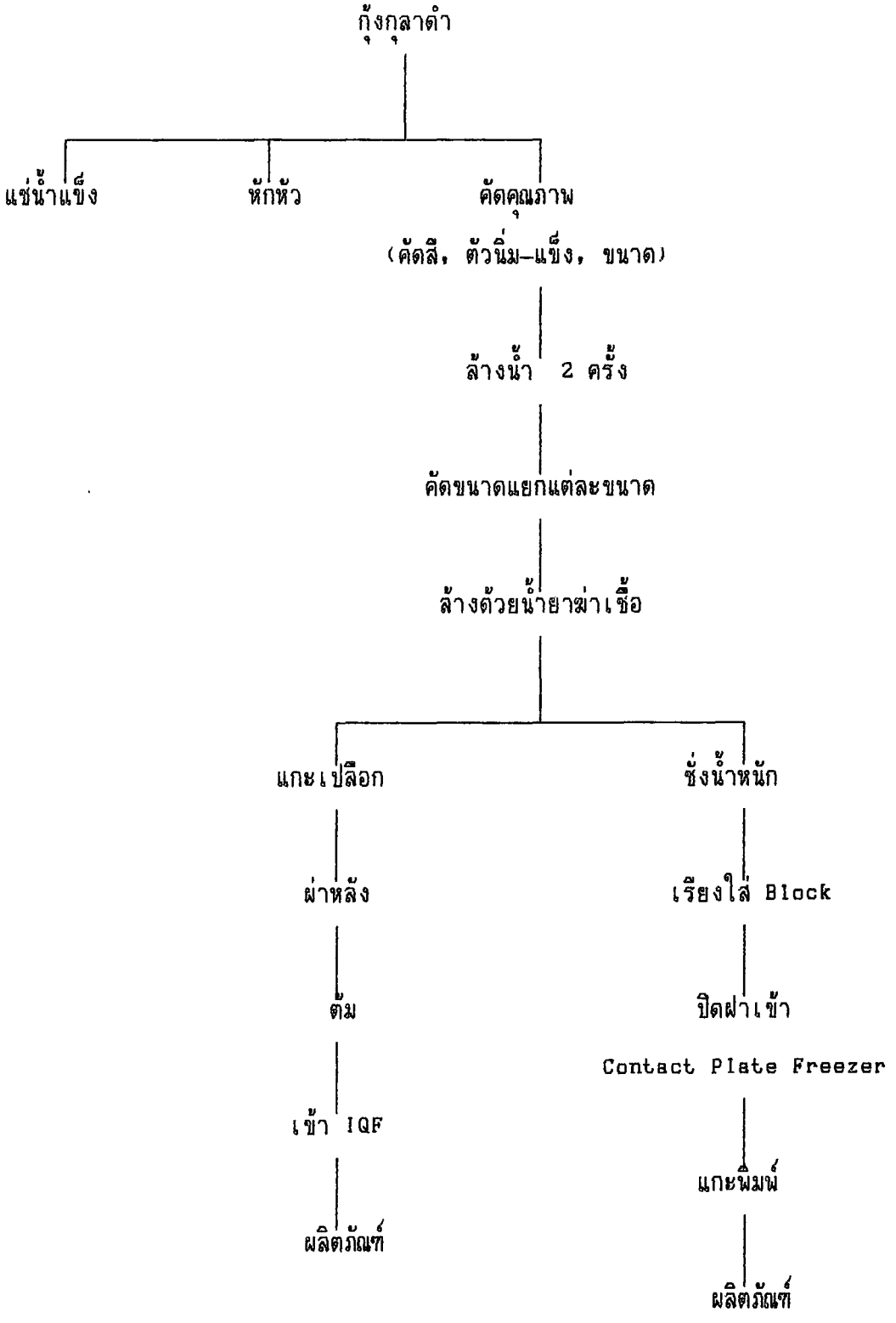
2.1 กระบวนการแปรรูปกุ้งต้มสุกแช่แข็ง

กระบวนการแปรรูปกุ้งต้มสุกแช่แข็งโดยทั่วไป เริ่มต้นจากการรับวัตถุดิบ คือ กุ้งกุลาดำมาล้างทำความสะอาดและคัดขนาดให้ได้กุ้งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นจะทำการหักหัวกุ้งออกโดยไม่ให้มีส่วนของมันกุ้งเหลือติดอยู่ แล้วทำการปอกเปลือกกุ้ง และผ่าเอาไส้บริเวณส่วนหลังของกุ้งออกให้หมด นำมาตรวจคุณภาพ คัดขนาด และล้างทำความสะอาดอีกครั้ง กุ้งที่ผ่านการเตรียมการขั้นต้นต่างๆ แล้วนี้ จะถูกเรียงบนถาดโลหะเพื่อนำไปต้มให้สุกด้วยน้ำซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 100 °C เป็นเวลาประมาณ 1-2 นาที หรืออาจใช้ระบบไอน้ำร้อนแล้วแต่กระบวนการของแต่ละผู้ผลิต จากนั้นจะทำการแช่แข็งกุ้งต้มสุกแบบ IQF (Individual Quick Freezing) โดยมีอุณหภูมิภายในเครื่อง IQF ประมาณ -40 ถึง -41 °C ใช้เวลาในการแช่แข็ง 20-30 นาที กุ้งต้มสุกแช่แข็งที่ได้จะถูกนำไปเก็บในห้องเย็น เพื่อรอการบรรจุและส่งออก

วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปกุ้งต้มสุกแช่แข็งมี 2 ประเภท คือส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ หัว เปลือก และหางกุ้ง ซึ่งส่วนนี้โดยทั่วไปจะนำไปผลิตเป็นปุ๋ย อาหารสัตว์ หรือผลิตภัณฑ์สกัดจากเปลือกกุ้งต่างๆ ส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำล้างกุ้งและน้ำต้มกุ้ง ซึ่งทางโรงงานผู้ผลิตจะต้องทำการกำจัดทิ้งไป น้ำทิ้งเหล่านี้เป็นน้ำทิ้งที่มีโปรตีนละลายอยู่สูง ถ้าทิ้งโดยไม่บำบัดจะมีอัตราการเน่าเสียสูง เพราะเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ ดังนั้นน่าจะมีการนำน้ำทิ้งเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ก่อนการบำบัดน้ำทิ้ง

กระบวนการแปรรูปกุ้งต้มแช่แข็งโดยคร่าวๆ ดังนี้ คือ

<u>กระบวนการผลิตกุ้งต้มแช่แข็ง</u>



2.2 สารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร

กลิ่นรส (Flavor) หมายถึง ความรู้สึกทุกอย่างที่รับได้เมื่อมีวัสดุในปาก ได้แก่ กลิ่น รส และสมบัติเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด เช่น ความหยาบ ความนิ่ม ความเย็น ความเผ็ดรุนแรง เป็นต้น

กลิ่น (Odor) หมายถึง ความรู้สึกที่รับได้โดยตรงทางจมูก กลิ่นทางอาหารมักจะหมายถึง สารระเหยได้ที่ทำให้เกิดความรู้สึกต่ออวัยวะรับกลิ่น สารระเหยที่ประกอบกันเป็นกลิ่นของกุ้ง ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ คีโตน อัลกอฮอล์ไฮโดรคาร์บอน pyrazines pyridines amide amine และสารประกอบอื่นๆ โดยมี สารประกอบซัลเฟอร์ และ pyrazine เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นในกุ้งต้มสุก (Choi และคณะ, 1983) ส่วนในอาหารทะเลสด จะเป็นพวกอัลกอฮอล์ที่ไม่อิ่มตัว Aldehyde และคีโตน ที่มีคาร์บอน 8-9 อะตอม ซึ่งเป็นผลมาจากการออกซิเดชั่นของไขมันและกรดไขมัน(Josephson and Lindsay, 1986)

องค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นในอาหารทะเลสด ปรากฏดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของสารให้กลิ่นจาก alcohols aldehydes and ketones ในอาหารทะเลสด

COMPOUND	ODOR
Alcohols:	
1-Octen-3-ol	Raw mushrooms
1,5-Octadien-3-ol	Earthy, mushroom
2,5-Octadien-1-ol	Fresh fish undertone
3,6-Nonadien-1-ol	Clean cucumber
6-Nonen-1-ol	
Aldehydes:	
Nonanal	Planty, aldehyde
Benzaldehyde	Cucumber, green, vine-like
(E)2-Nonenal	Cardboard-like
(E,Z)2,6-Nonadienal	Cucumber rind, peeling
Ketones:	
2-Heptanone	Spicy
2-Octanone	Green earthy, aldehyde
2-Nonanone	Fatty
2-Decanone	Citrus
2-Undecanone	Fruity
1-Octen-3-one	Boiled mushrooms
1,5-Octadien-3-one	Geranium leaves

ที่มา : Josephson และคณะ, 1983 a, b, 1984 ; Kubota และคณะ, 1986

การให้ความร้อนกับยีสต์ออโตไลเสท จะทำให้องค์ประกอบตามธรรมชาติเนื่องจากการย่อยสลายโปรตีน, คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก เช่นกรดอะมิโน กลูโคส ไรโบส เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกริยาต่างๆ ภายใต้อิทธิพลของความร้อน เช่น Maillard reaction Strecker degredation และ Thermal degradation ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดสารประกอบระเหยได้ที่ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์หลายชนิด (วิวัฒน์, 2536)

Maillard reaction เกิดขึ้นได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยเกิดระหว่างหมู่อะมิโนของกรดอะมิโน เปปไทด์ หรือ โปรตีน กับ free carbonyl group ของน้ำตาล เมื่อปฏิกริยาสิ้นสุดลงจะเกิดสาร melanoidins ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและมีสีน้ำตาล โดยระหว่างเกิด Maillard reaction จะมีสารระเหยที่ให้กลิ่นเกิดขึ้นด้วย ส่วน Steacker degradation เป็นปฏิกริยาระหว่าง Dicarbonyl compounds ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จาก Maillard reaction กับ α - amino groups ของกรดอะมิโน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสารประกอบพวก enaminals ซึ่งจะเกิดเป็นโพลิเมอร์สีน้ำตาลหรือเกิดการย่อยสลายได้ pyrazines และ pyroles เป็นสารระเหยให้กลิ่นหอม ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการให้ความร้อน (Wong, 1989) นอกจากนี้ยังมีสารระเหยที่เกิดจากปฏิกริยาใช้เอนไซม์และปฏิกริยาย่อยสลายโปรตีนจากจุลินทรีย์อีกด้วย

<u>รส</u> (Taste) เป็นความรู้สึกที่รับรู้ได้จากปากและลิ้น โดยมีตุ่มรับรสที่ลิ้นเป็นตัวสำคัญที่จะบอกให้ทราบถึงรสชาติที่ผู้บริโภคได้รับโดยทำงานเชื่อมต่อกับระบบประสาท ในปัจจุบันได้มีการแบ่งรสออกเป็น 5 รสด้วยกันคือ รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม รสขม และรส umami ซึ่งรสต่างๆเหล่านี้เกิดขึ้นจากสารประกอบที่มีอยู่ในอาหารได้แก่ กรดนิวคลีโอไทด์ (Nucleotides) กรดอะมิโน เปปไทด์ กรดอินทรีย์ น้ำตาล inorganic ion และพวก organic bases เช่น creatine creatinine betaines เป็นต้น โดยสารประกอบดังกล่าวจะให้รสชาติที่แตกต่างกันไป และรสชาติที่เกิดจากกรดอะมิโนอิสระ จะมีความเข้มมากกว่ารสชาติที่เกิดจากพวกเปปไทด์ (Kimizuka และคณะ, 1963)

สารประกอบที่ให้รสหวาน ประกอบด้วยส่วนของ proton donors และ proton acceptors อยู่ในโมเลกุล ซึ่งจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวาน เป็นการกระตุ้นให้รู้สึกว่ามีรสหวาน (Nishimura และ Kato, 1988) สารประกอบที่ให้รสหวานได้แก่ น้ำตาลซูโครส แลคโตส กลูโคส หญ้าหวาน saccharin และกรดอะมิโนบางชนิด เป็นต้น สำหรับกรดอะมิโนที่ให้รสหวานได้นั้นต้องมี side chain สั้น จึงจะสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวาน และให้รสหวานได้ ตัวอย่างของกรดอะมิโนที่ให้รสหวาน เช่น L-alanine D-histidine D-trytophan D-phenylalanine D-tyrosine และ Glycine โดยในกลุ่มนี้ Glycine จะให้รสหวานน้อยที่สุด (Murata และคณะ, 1967)

รสขม เกิดจากกรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำ (Hydrophobic) ได้แก่ L-tryptophan L-phenylalanine, L-tyrosine, L-isoleucine, L-leucine, L-valine และเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ การย่อยสลายโปรตีนเหล่านี้ด้วยเอนไซม์จะก่อให้เกิดรสขมขึ้น ก็เนื่องมาจาก side chain ของกรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำซึ่งมีอยู่ในสายเปปไทด์นั่นเอง ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสขม ได้แก่ Gly-Leu, Leu-Phe, Leu-Lys และ Arg-Leu เป็นต้น (yamashita และคณะ, 1969) นอกจากนี้ยังพบว่า pyrrolidone-carboxylic acid ซึ่งเป็นสารประกอบที่เปลี่ยนแปลงมาจาก Glutamic acid ก็สามารถให้รสขม "Off-taste" ได้เช่นกัน

รสเปรี้ยว เกิดขึ้นเนื่องจากเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโนพวก glutamic acid, aspartic acid acidic amino acid acidic and neutral-amino acid หรือ acidic-and aromatic-amino acid เป็นองค์ประกอบถูกย่อยสลายให้ Hydrogen ion ออกมาและทำปฏิกริยาเชื่อมต่อกับเยื่อหุ้มเซลของตุ่มรับรสเปรี้ยวบนลิ้น ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสเปรี้ยว ได้แก่ Gly-L-Glu, Gly-L-Asp, L-Ser-L-Asp เป็นต้น

รสเค็ม เกิดขึ้นจากอิออนของเกลือ กรดอะมิโนอิสระไม่ให้รสเค็ม เปปไทด์ที่ให้รสเค็มจะสร้างพันธะกับสารประกอบบางชนิด เช่น taurine monohydrochloride และ ornithyl monohydrochloride ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสเค็ม เช่น L-ornithyl-2-aminoethane, Sulfonic acid, Hydrochloride ให้รสเค็มเหมือนเกลือแกง

รส Umami เป็นรสที่มีอยู่ทั่วไปทั้งในผักและเนื้อสัตว์ เกิดจากสารประกอบของ Glutamic acid พวก monosodimu glutamate ซึ่งจะช่วยเพิ่มความกลมกล่อมให้กับอาหารร่วม กับรสพื้นฐานทั้ง 4

นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนบางชนิดที่ไม่ให้รสใดๆ (No taste) หรือให้รสน้อยมาก เช่น D-Ala, D-and L-Arg, D-Glu, L-His เป็นต้น และสำหรับกรดอะมิโนที่ให้รสในกุ้ง พบว่าส่วนใหญ่จะเป็น glutamic และ glycine โดยมี alanine, protine และ serine เป็นตัวให้ความหวานในตัวกุ้ง

2.3 เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีน

เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ เรียกว่า Proteolytic enzyme จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ ในโมเลกุลโปรตีน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ตามกลไกการเร่งปฏิกริยา คือ

2.3.1 The serine proteases ตัวอย่างของเอนไซม์กลุ่มนี้ คือ trypsin, chymotrypsons และ thrombin

แหล่งของเอนไซม์กลุ่มนี้ จะพบในตับอ่อนของสัตว์ชั้นสูง เช่น วัว, ควาย, หมู รวมทั้งมนุษย์ ซึ่งจะมีกลไกการทำงานคล้ายคลึงกัน

เอนไซม์ในกลุ่ม serine proteases ทั้งหมดเป็น endopeptidases ที่มี Optimum pH ของเอนไซม์กลุ่มนี้อยู่ในช่วง 6.7-9 จึงจัดเป็น alkali protease

2.3.2 The sulfhydryl protease เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ในโปรตีน โดยมีหมู่ Sulfhydryl thiol (-SH) ใน active site ซึ่งจะมีมากกว่า 1 หมู่

และถูกยับยั้งได้โดยสารประกอบที่สามารถทำปฏิกริยากับหมู่ sulfhydryl ได้ เช่น ไอออนของโลหะหนัก, alkylating agent, oxidizing agent เป็นต้น

แหล่งของเอนไซม์กลุ่มนี้ ส่วนมากได้จากพืชชั้นสูง และจุลินทรีย์บางชนิด เช่น Papain จากยางมะละกอ และ bromelain จากสับปะรด

2.3.3 Metal-containin proteases เป็นเปปไทด์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ในโปรตีน โดยในบริเวณ Catalytic site จะประกอบด้วย metal ion เช่น Zn^{2+},Mn^{2+} protease ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็น exopeptidases และถูกยับยั้งโดย Metal-Chelating agent เช่น EDTA

ตัวอย่างของเอนไซม์ในกลุ่มนี้ได้แก่ carboxypeptidases A, carboxypeptidases B และ glycyl-glycine dipeptidase

2.3.4 The acid proteases กลุ่มนี้จะย่อยสลายพันธะเปปไทด์ได้ดีในภาวะที่มี pH เป็นกรด และบริเวณ active site จะมี carboxyl group ตัวอย่างของเอนไซม์กลุ่มนี้ คือ pepsin และ rennin เป็นต้น

Protease จากจุลินทรีย์ เอนไซม์ protease จากจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและมีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์แล้ว ได้แก่ Neutral และ Alkaline protease ซึ่งมีชื่อทางการค้า คือ Neutrase ® และ Alcalase ® ผลิตโดยบริษัท NOVO Industri A/S copenhegen Denmark

Alcalase ® ผลิตจาก *Bacillus licheniformis* โดยวิธีหมักในอาหารเหลวเช่นเดียวกัน มี optimum pH อุณหภูมิที่ 7.5-9.5 และoptimum temperature 55-65 °C

Neutrase ® ผลิตจาก *Bacillus subtilis* โดยวิธีการหมักในอาหารเหลว มี optimum pH ที่ 5.5-7.5 และ optimum temperature ที่ 45-55 °C เป็น Endoproteolytic Enzyme ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน ด้วยการย่อยสลายให้ได้กรดอะมิโนและเปปไทด์สายสั้นๆ ซึ่งจะเป็นตัวให้กลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์

Sanguandeekul และคณะ (1992) ทดลองผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำนึ่งปลาทูน่า โดยการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase ที่สภาวะต่างๆ พบว่าการใช้ Neutrase 0.1-1.5 % ที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 10 นาที จะได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่สามารถนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส โดยผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทแบบเข้มข้น ทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แซนวิชปลาทูน่า ซึ่งให้กลิ่นและรสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับได้

2.4 การย่อยสลายโปรตีน

โปรตีนไฮโดรไลเสท เป็นผลิตผลจากการย่อยสลายโปรตีนให้อยู่ในรูปของกรดอะมิโนและเปปไทด์สายสั้นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติในการให้กลิ่นรสที่ดี การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทในอุตสาหกรรมทำได้ 3 วิธี คือ การย่อยสลายด้วยกรด การย่อยสลายด้วยด่าง และการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งการย่อยสลายด้วยเอนไซม์นี้เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เพราะนอกจากจะสามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตได้แล้ว ยังสามารถตรึงรูปเอนไซม์เพื่อนำกลับมาใช้ได้ใหม่อีกด้วย จึงเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งยังสามารถที่จะควบคุมและปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ง่าย (B.Riber Petersen, 1981) Quaglia และ Massacci (1982) ได้แนะนำให้ใช้เอนไซม์โปรติเอสในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทเพื่อใช้ในอาหารมนุษย์ เนื่องจากได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ด้วยเหตุที่กรดอะมิโนไม่ถูกทำลาย ในขณะย่อยสลายปราศจากปัญหาเรื่องกลิ่นรสและการกัดกร่อน

โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ มีโครงสร้างค่อนข้างซับซ้อนประกอบด้วยกรดอะมิโนต่างๆ จับกันด้วยพันธะเปปไทด์ เกิดเป็นสายโพลีเปปไทด์ของโปรตีนขึ้น การทำงานของเอนไซม์โปรติเอส ในการย่อยสลายโปรตีนนั้น เริ่มต้นจากเอนไซม์จะเข้าไปตัดพันธะเปปไทด์ ทำให้ได้เป็นเบบไทด์สายสั้นๆ เช่น di, tri -peptide โดยจะเกิดการแลกเปลี่ยนโปรตอนในหมู่ $-NH_2$ และ $-COOH^-$ ของกรดอะมิโนด้วย และเมื่อมีการย่อยสลายต่อไป ก็จะได้กรดอะมิโนอิสระ ซึ่งเปปไทด์ของกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นตัวให้กลิ่นและเป็น precursor ในการเกิดปฏิกริยาร่วมกับคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ได้สารให้กลิ่นหอมหลายชนิด กลไกการเกิดปฏิกริยาในการย่อยสลายโปรตีน เป็นดังนี้

1. Opening of the peptide bond:

$$-CHR'-CO-NH-CHR''- + H_2O \xrightarrow{Enzyme} -CHR'-COOH + NH_2-CHR''$$

2. Proton exchange:

$$-CHR'-COOH + NH_2-CHR'' \longrightarrow -CHR'-COO^- + NH_3-CHR''$$

3. Titration of amino group:

$$NH_3-CHR'' + OH^- \text{=======} NH_2-CHR'' + H_2O$$

$pK_a \simeq$ 7.7 (25 °C); 7.1 (50 °C)

(B. Riber Petersen, 1981)

อย่างไรก็ตาม การย่อยสลายด้วยเอนไซม์นั้นในบางครั้งไม่สามารถที่จะย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนอิสระที่สมบูรณ์ได้ทั้งหมด อาจได้เพียงโมเลกุลเปปไทด์สายสั้น ๆ เท่านั้น ซึ่งการย่อยสลายโปรตีนเป็นเปปไทด์สายสั้น ๆ นี้ จะทำให้กรดอะมิโนในกลุ่ม Hydrophobic amino acid ในโมเลกุลของโปรตีนซึ่งมีรสขม เกิดการแตกตัวมากขึ้น Taste buds บนลิ้น ซึ่งมีโอกาสสัมผัสกับกรดอะมิโนกลุ่มดังกล่าวได้มากขึ้น ทำให้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์มีรสขม (Motoba and Hata, 1972) แต่เมื่อย่อยสลายถึงระดับหนึ่งแล้วรสขมจะไม่เกิดขึ้นเพราะเปปไทด์สายสั้นๆ ที่ได้จากการย่อยสลายช่วงแรกจะเกิดเป็นกรดอะมิโนอิสระซึ่งมีรสขมน้อยที่สุด และสายเปปไทด์ที่มี Hydrophobic group อยู่ที่ C- หรือ N-terminal ซึ่งมีรสขมน้อยมากขึ้นมาแทนที่ ดังนั้น จึงสามารถควบคุมรสขมได้ด้วยการควบคุมอัตราการย่อยสลาย (Nissen, 1988)

การวิเคราะห์ค่าอัตราการเกิดการย่อยสลายสามารถพิจารณาได้จาก Total free amino acid, Total number of peptide, ความยาวเฉลี่ยของสายเปปไทด์ และอัตราการเกิด Cystein และ ammonia (amide nitrogen) รวมทั้ง amion group ของ Hydroxyamino acid โดยจะพบว่ากรดอะมิโนอิสระที่เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลเสท จะมีอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะเป็นเปปไทด์สายสั้นๆ พวก dipeptide เป็นส่วนใหญ่ Osajima (1989) รายงานเบื้องต้นว่าการย่อยสลายโปรตีนถึงระดับเปปไทด์ อาจจะไม่ได้กลิ่นรสตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ขณะที่การย่อยสลายโปรตีนถึงระดับกรดอะมิโนจะให้กลิ่นรสตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์มากกว่า

2.5 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง

วิธีการทำแห้งจะเริ่มโดยการแช่แข็งอาหารเสียก่อน จากนั้นจึงนำไปทำการระเหิดน้ำ อาจแบ่งช่วงการทำงานออกเป็น 4 ช่วง คือ 1) การแช่แข็ง 2) การลดความดัน 3) การให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการระเหิด และ 4) การทำลายสุญญากาศที่เกิดขึ้น ทั้ง 4 ช่วงนี้เรียงกันไปตามลำดับ

อัตราเร็วของการแช่แข็งอาหารก่อนการทำแห้ง จะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ การใช้วิธีที่มีอัตราเร็วสูง จะได้ผลึกขนาดเล็กและกระจายอยู่สม่ำเสมอ ภายหลังการทำแห้ง ช่องว่างที่คงอยู่ภายในชิ้นอาหารจะมีขนาดเล็ก ช่วยเก็บกักกลิ่นรสของอาหารมิให้ระเหยออกไปในระหว่างการทำแห้ง และยังช่วยรักษาโครงร่างและเนื้อสัมผัสของอาหารหลังการคืนรูปให้ใกล้เคียงของเดิมมากที่สุด แต่เนื่องจากช่องว่างที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก การถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นได้ช้ากว่า ทำให้ต้องใช้เวลาในการทำแห้งและคืนรูปมากกว่า ในทางตรงกันข้าม การแช่แข็งด้วยวิธีที่มีอัตราเร็วต่ำ จะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ภายนอกเซล ซึ่งจะเบียดและทำลายเซลบางส่วน โดยเฉพาะในอาหารพวกเนื้อสัตว์ซึ่งเซลกล้ามเนื้อเกาะเกี่ยวกันไม่ค่อยหนาแน่นนัก เนื้อสัมผัสของอาหารจะถูกทำลาย แต่จากการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ช่องว่างที่เหลืออยู่ภายในชิ้นอาหารหลังจากการระเหิดก็จะมีขนาดใหญ่ ทำให้การถ่ายเทมวลสารสะดวกขึ้น เวลาที่ต้องการในการทำแห้งและการคืนรูปจะลดลง แต่จะเก็บรักษากลิ่นรสของอาหารไว้ได้ไม่ดีนัก และมีเสถียรภาพในการเก็บรักษาต่ำ จะเห็นว่า อัตราเร็วในการแช่แข็งอาหารมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจะต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดพอเหมาะ ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป สำหรับอาหารจะเลือกวิธีที่มีอัตราเร็วปานกลาง ไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป แต่สำหรับตัวอย่างทางชีววิทยา หรือทางการแพทย์ จะใช้วิธีที่มีอัตราเร็วสูงที่สุดเพื่อสงวนรักษาโครงสร้างหลังการคืนรูปไว้ให้คงเดิม

หลังจากแช่แข็งจะลดความดันของระบบลงให้เหลือตามต้องการ และให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการระเหิดซึ่งอาจจะทำได้หลายลักษณะ เช่น โดยการนำความร้อนหรือการแผ่รังสีความร้อน การให้ความร้อนจะต้องระวังมิให้อุณหภูมิของส่วนที่ยังคงเป็นของแข็งสูงเกินไป จะเกิดการละลายทำให้โครงสร้างของชิ้นอาหารพับตัว เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะขึ้นกับการถ่ายเทความร้อนและมวลสารว่ามีประสิทธิภาพสูงเพียงใด เมื่ออาหารมีความชื้นลดลงจนถึงระดับที่ต้องการ จะ

ทำลายสูญญากาศของระบบโดยการปล่อยก๊าซเฉื่อยเข้าไป เพื่อช่วยด้านคุณภาพในการเก็บรักษา ถ้าใช้อากาศแทนก๊าซเฉื่อย เนื่องจากอาหารหลังการทำแห้งจะมีลักษณะโครงร่างโปร่ง ออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศจะแทรกเข้าไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิกริยาออกซิเดชั่น อาหารนั้นจะมีอายุการเก็บต่ำลง

การควบคุมอุณหภูมิระหว่างกระบวนการเป็นสิ่งสำคัญ อุณหภูมิที่ผิวจะต้องไม่สูงจนเกินไป จนส่วนที่แห้งแล้วไหม้ และอุณหภูมิของส่วนที่ยังคงเป็นน้ำแข็งจะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤติเพื่อมิให้น้ำแข็งละลาย อุณหภูมิที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปสำหรับอาหารสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งคือ อุณหภูมิที่ผิวสูงสุดจะอยู่ในช่วง 100-180 °F ความดัน 0.1-2.0 ทอร์ แต่สำหรับตัวอย่างทางชีววิทยา วัคซีน และจุลินทรีย์ จะใช้อุณหภูมิที่ผิวสูงสุด 70-90 °C ใช้ความดันต่ำกว่า 0.1 ทอร์ (กิตติพงษ์, 2535)

2.6 <u>การปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง</u>

โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งมักจะดูดความชื้นได้ง่าย ทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไม่ดี วิธีหนึ่งที่จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้คือ การเติม Food additive ลงไปในผลิตภัณฑ์

Food additive เป็นสารหรือของผสมที่ใช้เติมลงในอาหารหรือผลิตภัณฑ์ในขบวนการผลิต ขบวนการแปรรูประหว่างการบรรจุ และเก็บรักษา ซึ่งโดยปกติแล้วจะไม่นำสารนี้มาบริโภคเป็นอาหารโดยตรง หรือไม่นำมาเป็นส่วนประกอบของอาหาร เนื่องจาก Food additive สามารถจะเป็นสารที่ให้หรือไม่ให้คุณค่าทางอาหารก็ได้ แต่ไม่รวมถึงสารที่ปนเปื้อนในอาหาร เช่น จุลินทรีย์ สารพิษจากจุลินทรีย์หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ (วรรณา, 2534) Food additive แบ่งเป็นหลายประเภทด้วยกัน แต่ที่นิยมนำมาเติมในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นสารป้องกันการเกิดเป็นก้อน เป็นแผ่นหรือป้องกันการดูดความชื้นในผลิตภัณฑ์แห้ง คือ Anticaking agent ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นจากสารอื่นได้ดี โดยตัวเองไม่เปียกหรือชื้นจึงช่วยให้อาหารแห้งมีลักษณะเป็น free flowing ไม่เกาะตัวเป็นก้อน

Maltodextrin จัดเป็น Food additive ชนิดหนึ่งที่สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์แห้งเพื่อเป็นสารป้องกันความชื้นได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติ คือ สามารถใช้เป็น powdering flavor ในผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ เพิ่ม Volume expansion ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์บด

เป็นผงได้ง่าย ดังนั้นจึงสามารถนำ Maltodextrin มาใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารแบบแห้งได้

บทที่ 3

การทดลอง

วัตถุดิบ

น้ำต้มกุ้งพันธุ์กุลาดำ จากบริษัทยูเนียนโฟสเซนต์ จำกัด ซึ่งได้จากน้ำเหลือทิ้งในการต้มกุ้งปริมาณ 1-1.5 ตัน ต่อน้ำ 2-3 ลบ.ม. (ในปริมาณต่อวัน) การเก็บตัวอย่างโดยการใช้ภาชนะสะอาดรองรับน้ำต้มกุ้งประมาณ 20 ลิตร นำตัวอย่างมาที่ห้องทดลอง กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำต้มกุ้งที่ไม่มีของแข็งเจือปน จากนั้นนำน้ำต้มกุ้งที่วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) 1 % ผ่านเครื่องระเหยสูญญากาศที่อุณหภูมิ 70 °C ปรับความเร็วรอบให้พอเหมาะ (ประมาณ 240 รอบต่อนาที) วัดปริมาณ TSS ให้ได้ 7 % จะได้น้ำต้มกุ้งที่มีลักษณะข้นเล็กน้อยเป็นวัตถุดิบสำหรับงานวิจัย แบ่งตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกถุงละ 150 มิลลิลิตร และเก็บโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C ทันที ก่อนจะนำมาทดลองให้ละลายตัวอย่างด้วยความร้อน (ไฟอ่อนๆ) จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

Boric acid

Bromocresol green

Copper sulphate

Ferric indicator

Isopropanol

Heptane

Hydrochloric acid

Methyl red

Plate Count Agar

Potassium sulfate

Sodium chloride

Sodium hydroxide

Sulphuric acid

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยเพื่อผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้ง

Formaldehyde

Hydrochloric acid

Magnesium oxide

Maltodextrin (MAX 1000 , D.E. 8-9.5)

Neutrase ® (0.5 unit/g) NOVO Industri A/S Copenhagen Denmark

Sodium hydroxide

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

เครื่องชั่งหยาบ (AND EK-120 A)

เครื่องชั่งละเอียด (Mettler AE 50)

เครื่องชั่งหยาบ (Mettler PE 3000)

เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (FREEZE MOBILE 12SL-UNITOP 200SL)

ชุดวิเคราะห์โปรตีน Buchi 321

ตู้อบลมร้อน (Jouan, Memmert และ WTE Binder, E 53)

Hand refractometer 0-32 °Brix (Atogo NO 1)

Muffle Furnace (Carbolite Furnaces CSF 1100)

pH meter (DHM 61)

96533

Shaking Water Bath (GFL 1086)

Vacuum rotary evaporator (ROTAVAPOR - R110)

วิธีทดลอง

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวัตถุดิบ

3.1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำต้มกุ้งพันธุ์กุลาดำ (TSS 1 % และ 7 %) ตามวิธีของ AOAC (1980) องค์ประกอบที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณจากการนำผลรวมขององค์ประกอบที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดหักออกจาก 100) รายละเอียดการวิเคราะห์ทางเคมีแสดงในภาคผนวก ก.1

3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำต้มกุ้งพันธุ์กุลาดำ โดยวิธี Viable Plate Count (Total Plate Count) รายละเอียดการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์แสดงในภาคผนวก ก.2

3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้งด้วยเอนไซม์

3.2.1 ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลาย

เอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) มีความหนาแน่น 1.25 g/ml ที่อุณหภูมิ 20 °C เตรียมสารละลายโดยละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ในน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1 : 9 โดยปริมาตร

ปรับ pH ของน้ำต้มกุ้งแต่ละพันธุ์จาก 8.0 เป็น 6.5 ด้วย Hydrochloric acid เข้มข้น 0.1 M จากนั้นเติมสารละลาย Neutrase® ในปริมาณที่กำหนด เขย่าใน Shaking water bath ใช้ความเร็ว 125 รอบ ต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที หยุดปฏิกริยา โดยให้ความร้อนใน Water bath ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 นาที

ตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนนี้ ได้แก่ ปริมาณสารละลาย Nutrase ® 0.5 L ที่ใช้ในการย่อยสลายที่ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร

เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดยวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (AN) ตามวิธีของ มอก.3-2526 (แสดงดังภาคผนวก ข) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้ Statistical Analysis System (SAS, 1985) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลองสามซ้ำ

3.2.2 ค่า pH และอุณหภูมิในการย่อยสลาย

เติมสารละลายเอนไซม์ Neutrase ® ตามปริมาณที่สรุปได้จากข้อ 3.2.1 ลงในน้ำต้มกุ้ง เขย่าใน Shaking water bath เป็นเวลา 45 นาที ใช้ความเร็วรอบเครื่องเขย่า 125 รอบต่อนาที หยุดปฏิกริยาโดยให้ความร้อนใน Water bath ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 นาที

ตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนนี้ได้แก่

- pH ของน้ำต้มกุ้งแปรเป็น 5.5, 6.5 และ 7.5
- อุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลาย 50, 55 และ 60 °C

เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดยการวิเคราะห์ปริมาณ AN เช่นเดียวกับข้อ 3.2.1 และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Factorial Completely Randomized Design ขนาด 3x3 โดยใช้ Statistical Analysis System (SAS, 1985) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.3 <u>วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %)</u>

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้ตามภาวะที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 3.2 เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %) องค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีในข้อ 3.1

3.4 การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %) เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

3.4.1 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท และน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แบบผงแห้ง

เตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสทตัวอย่างที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 3.2 และน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ นำมาเติมลงในถาดขนาด 10x10 cm. ถาดละ 50 ml. ทั้งหมด 8 ถาด โดยแบ่งเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสท 4 ถาด และน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ 4 ถาด ผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (FREEZE MOBILE 12SL-UNITOP 200SL) ที่ความดัน 0.1 mmHg อุณหภูมิ 30 °C จากนั้นนำออกมา ปิดภาชนะให้สนิทด้วยกระดาษฟอยล์ ปรับความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้สมดุลย์ใน Dessiccator

3.4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %)แบบผงแห้ง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งที่ผลิตได้ ตามภาวะที่ดีที่สุด ที่สรุปได้จากข้อ 3.4.1 เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %) แบบผงแห้ง สมบัติที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีในข้อ 3.1

3.4.3 การทดลองเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสทและในน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %) ทำการผลิตเป็นผงแห้ง

เตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสทตามภาวะที่ดีที่สุดที่ผลิตได้ตามข้อ 3.2 ผสมกับสารละลาย Maltodextrin ที่เตรียมโดยการชั่ง Maltodextrin 20 กรัม ละลายในน้ำ

100 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถวัด TSS ของสารละลาย Maltodextrin ได้ 16 % จากนั้นคิด Pearson's square เพื่อปรับ TSS ของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผสมกับสารละลาย Maltodextrin เป็น 10 % โดยเทียบกับปริมาณของของผสมระหว่างโปรตีนไฮโดรไลเสทกับสารละลาย Maltodextrin ที่ต้องการ ต่อถาด เติมลงในถาด ผ่านเข้าเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 และเตรียมน้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ผสมกับสารละลาย Maltodextrin ด้วยวิธีเดียวกัน

3.4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสท และผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %) ที่เติมสารละลาย Maltodextrin ทำการผลิตเป็นผงแห้ง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสท ผสมสารละลาย Maltodextrin แบบผงแห้งที่ผลิตได้ตามภาวะที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 3.4.3 เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (TSS 7 %) ผสมสารละลาย Maltodextrin แบบผงแห้ง สมบัติที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีในข้อ 3.1

3.5 <u>การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผลิตได้</u>

3.5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรส (ผงแห้ง)

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผล คือ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการตรวจสอบลักษณะด้านสี และกลิ่น ใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 12 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale โดย 9 หมายถึงระดับความเข้มข้นมากที่สุด และ 1 หมายถึงระดับความเข้มข้นน้อยที่สุด (แบบทดสอบดังภาคผนวก ง.1)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้ Statistical Analysis System (SAS, 1985) เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

[illegible]

3.5.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรส (ละลายน้ำ)

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผล คือ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการตรวจสอบลักษณะด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม กลิ่นรสโดยรวม และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 12 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale โดย 9 หมายถึงระดับความเข้มข้น/การยอมรับมากที่สุด และ 1 หมายถึงระดับความเข้มข้น/การยอมรับน้อยที่สุด (แบบทดสอบดังภาคผนวก ง.2)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้ Statistical Analysis System (SAS, 1985) เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือ น้ำต้มกุ้ง พันธุ์กุลาดำ จากบริษัทยูเนียนโฟสเซนต์ จำกัด ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำประมาณ 1 % จึงได้มีการเตรียมการกับวัตถุดิบให้ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 7 % โดยการนำวัตถุดิบเบื้องต้นมาทำการระเหยด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วรอบที่พอเหมาะ (ประมาณ 240 รอบต่อนาที) เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตต่อไป องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของน้ำต้มกุ้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ดังแสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ (1 และ 7 %)

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	TSS* 1 %	TSS 7 %
ร้อยละของปริมาณความชื้น	98.96 ± 0.10	95.40 ± 0.20
ร้อยละของปริมาณโปรตีน (Nx6.25)	0.39 ± 0.01	2.50 ± 0.00
ร้อยละของปริมาณไขมัน	0.04 ± 0.01	0.33 ± 0.01
ร้อยละของปริมาณเถ้า	0.13 ± 0.01	1.00 ± 0.20
ร้อยละของปริมาณคาร์โบไฮเดรต (น้ำหนักต่อปริมาตร)	0.49 ± 0.10	0.79 ± 0.03
Total Plate Count**	< 10	-

* ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid)

** ปริมาณจุลินทรีย์หน่วย CFU/ml

4.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำต้มกุ้งด้วยเอนไซม์

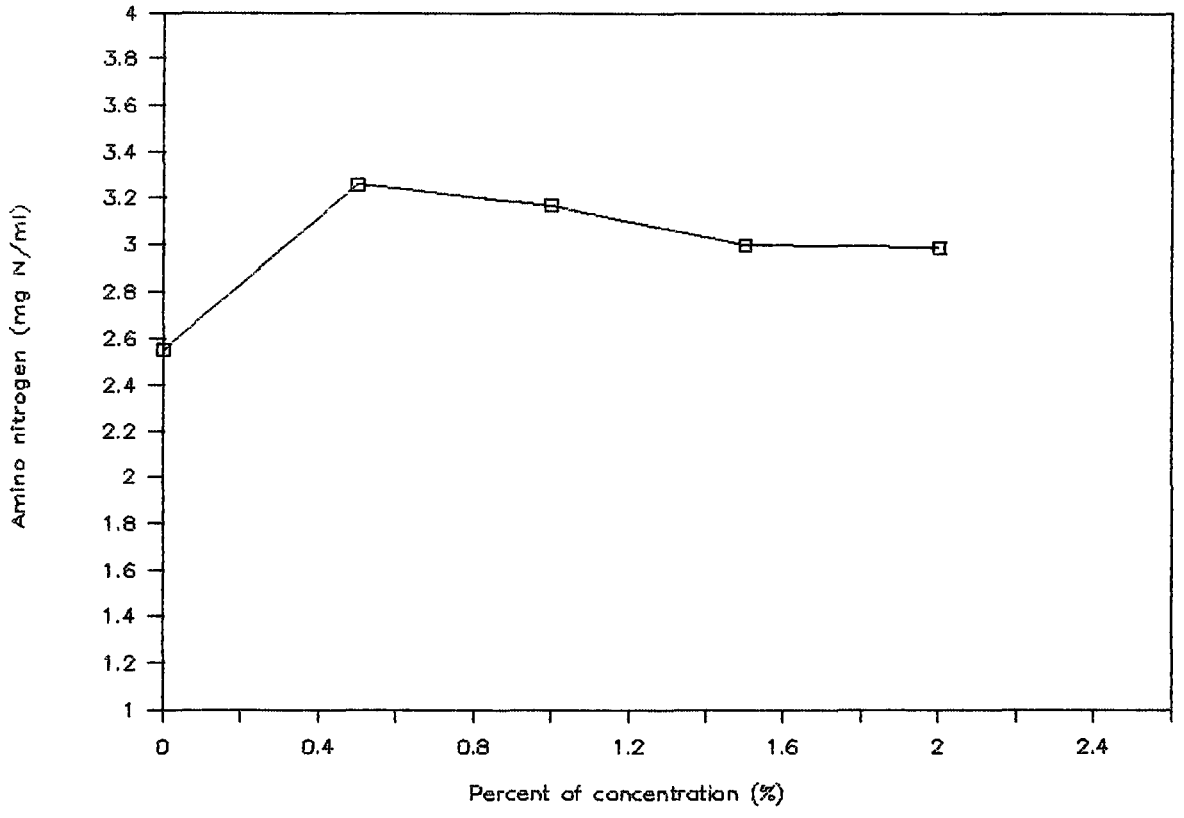
4.2.1 ปริมาณเอนไซม์

ปรับ pH ของน้ำต้มกุ้งจาก 8.0 เป็น 6.5 จากนั้นย่อยสลายโปรตีนด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 45 นาที ผลการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (AN) ดังแสดงที่ตาราง 4.2 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ AN กับปริมาณเอนไซม์ มีดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) เป็นปริมาณ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 45 นาที

ปริมาณสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (%)	ปริมาณ AN (mg N/ml)
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0.0	$2.55^{d} \pm 0.02$
0.5	$3.26^{a} \pm 0.08$
1.0	$3.17^{b} \pm 0.04$
1.5	$3.00^{c} \pm 0.08$
2.0	$2.99^{c} \pm 0.10$

a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.1 ปริมาณ AN ในน้ำต้มกุ้ง จากการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 45 นาที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า การใช้สารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ย่อยสลายโปรตีนในน้ำต้มกุ้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 45 นาที โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีปริมาณ AN สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) (ตารางที่ ค.1) จึงเลือกความเข้มข้นดังกล่าวสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

4.2.2 ค่า pH และอุณหภูมิในการย่อยสลาย

ปรับ pH ของน้ำต้มกุ้งจาก 8.0 เป็น 5.5, 6.5 และ 7.5 ย่อยสลายโปรตีนในน้ำต้มกุ้งด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 °C เป็นเวลา 45 นาที ผลการวิเคราะห์ปริมาณ AN ดังตารางที่ 4.3 - 4.5 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ AN กับค่า pH ที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 °C ดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง pH 5.5, 6.5 และ 7.5 ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) เป็นปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 °C เป็นเวลา 45 นาที

ค่า pH	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ AN (mg N/ml) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5.5	50	2.72 ± 0.10
	55	2.56 ± 0.07
	60	2.20 ± 0.09
6.5	50	2.93 ± 0.06
	55	2.32 ± 0.00
	60	2.31 ± 0.19
7.5	50	2.75 ± 0.12
	55	2.28 ± 0.53
	60	1.65 ± 0.53

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง pH ของน้ำต้มกุ้งกับอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลายมีผลต่อปริมาณ AN อย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ pH ของน้ำต้มกุ้งมีผลต่อปริมาณ AN อย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.05$) และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลายมีผลต่อปริมาณ AN อย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.01$)(ตารางที่ ค.2) จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ผลการทดลองเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.4-4.5

ตารางที่ 4.4 ผลของ pH ต่อปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร เป็นเวลา 45 นาที

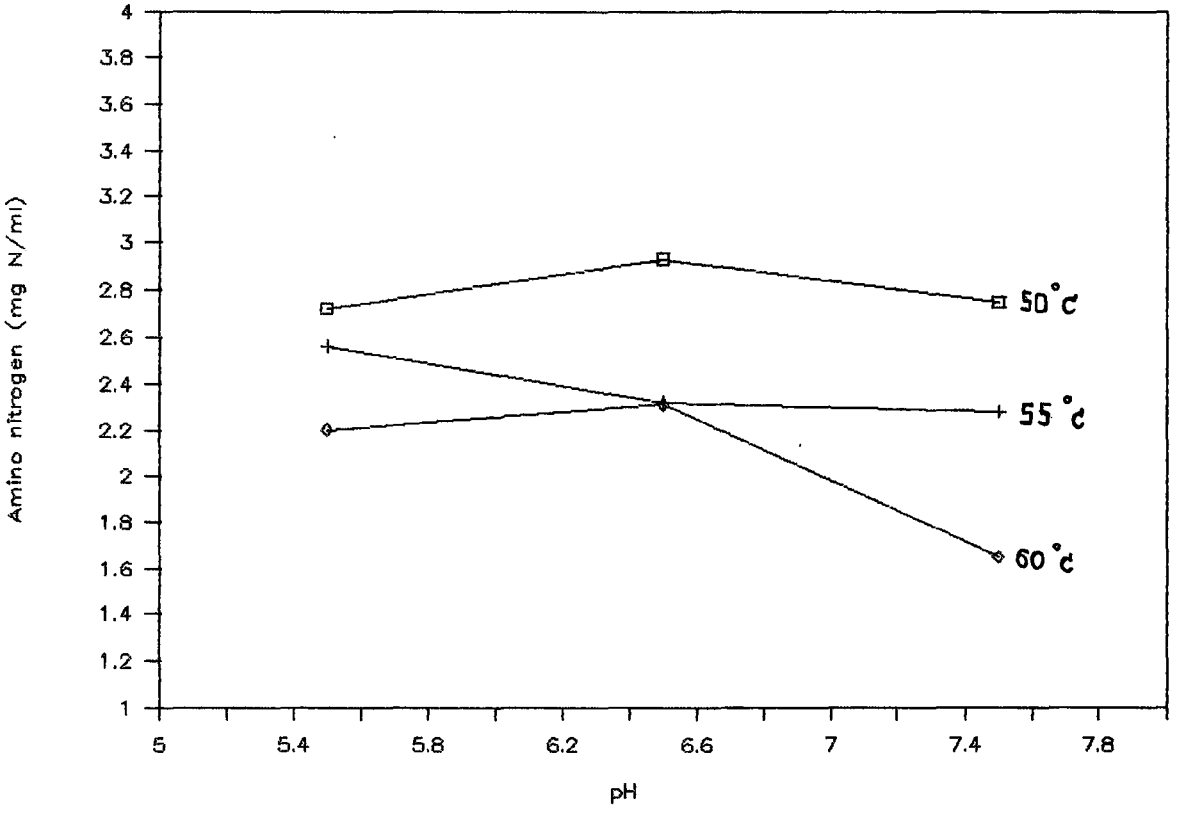
pH	ปริมาณ AN (mg N/ml)
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5.5	$2.50^{a} \pm 0.24$
6.5	$2.52^{a} \pm 0.32$
7.5	$2.23^{b} \pm 0.57$

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิ ในการย่อยสลายต่อปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase ® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร เป็นเวลา 45 นาที

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ AN (mg N/ml)
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	$2.80^{a} \pm 0.13$
55	$2.39^{b} \pm 0.30$
60	$2.06^{c} \pm 0.36$

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.2 ปริมาณ AN ในน้ำต้มกุ้งจากการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ย่อยสลายโปรตีนที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 °C pH ของน้ำต้มกุ้งเป็น 5.5, 6.5 และ 7.5 เวลา 45 นาที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า pH ของน้ำต้มกุ้งเป็น 6.5 และอุณหภูมิ 50 °C เป็น pH และอุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร เป็นเวลา 45 นาที โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีปริมาณ AN สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงเลือกสภาวะดังกล่าวสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

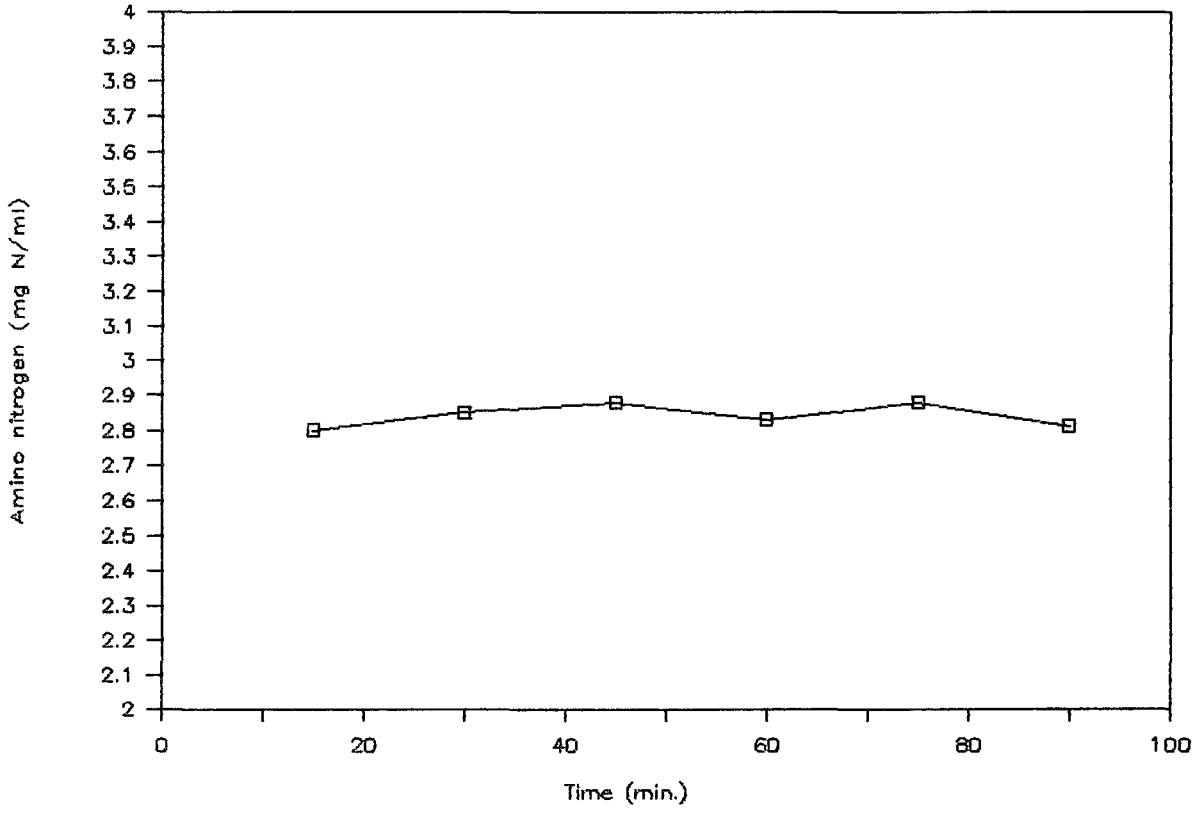
4.2.3 เวลาในการย่อยสลาย

เลือกสภาวะของเวลา ดังนี้ คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 นาที ย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ AN ดังตารางที่ 4.6 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ AN กับเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 ผลของเวลาต่อปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5

เวลา (นาที)	ปริมาณ AN (mg N/ml)
	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
15	2.80^{b} ± 0.04
30	2.85^{ab} ± 0.04
45	2.88^{a} ± 0.01
60	2.83^{ab} ± 0.09
75	2.88^{a} ± 0.04
90	2.81^{b} ± 0.05

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3 ปริมาณ AN ในน้ำต้มกุ้ง จากการย่อยสลายด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 นาที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า การใช้สารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร pH 6.5 อุณหภูมิ 50 °C และเวลาในการย่อยสลายที่ 15 นาที โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีปริมาณ AN ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณ AN ที่เวลาอื่นๆ ($p \leq 0.05$)(ตารางที่ ค.3) จึงเลือกเวลาที่ 15 นาที ในการย่อยสลายโปรตีน สำหรับผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทต่อไป

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ AN ของโปรตีนไฮโดรไลเสทเปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเสท ที่ผลิตตามภาวะที่ดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.2 เปรียบเทียบกับน้ำนึ่งกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) องค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า (ตามวิธีในข้อ4.1) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ AN ของโปรตีนไฮโดรไลเสท เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
ร้อยละของปริมาณความชื้น	95.40^{a} ± 0.20	94.51^{a} ± 0.23
ร้อยละของปริมาณโปรตีน (Nx6.25)	2.50^{a} ± 0.00	2.52^{a} ± 0.04
ร้อยละของปริมาณไขมัน	0.33^{a} ± 0.01	0.33^{a} ± 0.00
ร้อยละของปริมาณเถ้า	1.00^{a} ± 0.20	1.77^{a} ± 0.22
ร้อยละของปริมาณคาร์โบไฮเดรต	0.79^{a} ± 0.03	0.88^{a} ± 0.01
ปริมาณ AN (mg N/ml) (น้ำหนักต่อปริมาตร)	3.07^{b} ± 0.00	3.50^{a} ± 0.04

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 1 น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)

ตัวอย่างที่ 2 โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณ AN (mg N/ml) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้มีปริมาณ AN มากกว่าน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) (ตารางที่ ค.4)

4.4 <u>การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (7 %) เพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส</u>

4.4.1 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทและน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

การผลิตแบบผงแห้งโดยใช้การทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมามีลักษณะค่อนข้างแห้ง แต่ยังมีความเหนียวอยู่จึงบดเป็นผงได้ยาก และดูดความชื้นอย่างรวดเร็ว

4.4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของโปรตีนไฮโดรไลเสทเปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสท เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง องค์ประกอบที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ตามวิธีในข้อ 4.1) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสท เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
ร้อยละของปริมาณความชื้น	$3.80^{b} \pm 0.11$	$8.33^{a} \pm 0.39$
ร้อยละของปริมาณโปรตีน (Nx6.25)	$51.89^{a} \pm 0.74$	$51.28^{a} \pm 0.46$
ร้อยละของปริมาณไขมัน	$6.57^{a} \pm 0.15$	$5.87^{a} \pm 0.32$
ร้อยละของปริมาณเถ้า	$24.76^{a} \pm 0.15$	$20.86^{b} \pm 0.08$
ร้อยละของปริมาณคาร์โบไฮเดรต	$12.99^{a} \pm 1.15$	$13.67^{a} \pm 0.61$
ปริมาณ AN (mg N/g) (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	$53.81^{a} \pm 0.50$	$45.55^{b} \pm 0.50$

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบแห้ง

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบแห้ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณ AN (mg N/ml) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้ง มีปริมาณ AN มากกว่าผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง(ตารางที่ ค.5,ค.6 และค.7 ตามลำดับ)

4.4.3 การทดลองเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสท และน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

การทดลองเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสท และน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมามีลักษณะแห้ง สีจางกว่าแบบไม่เติม Maltodextrin และบดเป็นผงได้ง่าย

4.4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสท เปรียบเทียบกับเติมในน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสท เปรียบเทียบกับเติมในผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง องค์ประกอบที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ตามวิธีในข้อ 4.1) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสทเปรียบเทียบกับเติมในผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (7 %) แบบผงแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
ร้อยละของปริมาณความชื้น	$5.23^{a} \pm 0.02$	$4.57^{a} \pm 0.38$
ร้อยละของปริมาณโปรตีน (Nx6.25)	$36.98^{a} \pm 0.16$	$35.04^{a} \pm 0.32$
ร้อยละของปริมาณไขมัน	$3.71^{a} \pm 0.26$	$3.52^{a} \pm 0.06$
ร้อยละของปริมาณเถ้า	$16.61^{a} \pm 0.29$	$15.51^{a} \pm 0.35$
ร้อยละของปริมาณคาร์โบไฮเดรต	$41.98^{a} \pm 0.34$	$41.36^{a} \pm 0.22$
ปริมาณ AN (mg N/g) (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	$42.26^{a} \pm 0.50$	$37.04^{b} \pm 0.00$

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการเติม Maltodextrin แบบผงแห้ง

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) ที่มีการเติม Maltodextrin แบบผงแห้ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณ AN (mg N/ml) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสท มีปริมาณ AN มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง (ตารางที่ ค.8)

4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผลิตได้

ผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสผลิตได้ 4 แบบคือผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้ง ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทเติมสารละลาย Maltodextrin แบบผงแห้ง และผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) เติมสารละลาย Maltodextrin แบบผงแห้ง

4.5.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบผงแห้ง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่น ของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบผงแห้งทั้ง 4 แบบ แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบผงแห้งจากตัวอย่าง 4 แบบ

ลักษณะ	คะแนนการทดสอบเฉลี่ย			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
สี	7.917^{a}	5.917^{b}	3.167^{c}	2.583^{c}
กลิ่น	7.500^{a}	6.250^{b}	3.417^{c}	2.917^{c}

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้ง

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

ตัวอย่างที่ 3 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งผ่านการเติมสารละลาย Maltodextrin

ตัวอย่างที่ 4 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง ผ่านการเติมสารละลาย Maltodextrin

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งมีคะแนนการทดสอบเฉลี่ยสูงสุดในด้านสี และกลิ่น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ ค.9 และ ค.10)

4.5.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรส(ละลายน้ำ)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวม และการยอมรับโดยรวม ของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบผงแห้งทั้ง 4 แบบ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทและผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) (ไม่เติม Maltodextrin) แสดงดังตารางที่ 4.11 และครั้งที่ 2 ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม Maltodextrin ในโปรตีนไฮโดรไลเสทและในน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวม และการยอมรับของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรส 2 ตัวอย่าง

ลักษณะทดสอบ	คะแนนการทดสอบเฉลี่ย	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
สี	5.75[a]	5.83[a]
กลิ่น	5.67[a]	6.08[a]
รสหวาน	5.00[a]	6.00[a]
รสขม	4.58[a]	4.25[a]
รสชาติโดยรวม	5.58[a]	6.17[a]
การยอมรับ	5.08[a]	5.98[a]

a ตัวเลขที่มีอักษรกำกับเหมือนกันจากแถวนอนเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งนำมาละลายน้ำ

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้งนำมาละลายน้ำ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวมและการยอมรับโดยรวม โดยที่คะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวม และการยอมรับของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรส 2 ตัวอย่าง

ลักษณะทดสอบ	คะแนนการทดสอบเฉลี่ย	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
สี	5.67[a]	5.17[a]
กลิ่น	5.33[a]	5.42[a]
รสหวาน	5.33[a]	5.00[a]
รสขม	4.58[a]	4.42[a]
รสชาติโดยรวม	5.33[a]	5.25[a]
การยอมรับ	5.08[a]	5.25[a]

a ตัวเลขที่มีอักษรกำกับเหมือนกันจากแถวนอนเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งผ่านการเติมสารละลาย Maltodextrin นำมาละลายน้ำ

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง ผ่านการเติมสารละลาย Maltodextrin นำมาละลายน้ำ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวมและการยอมรับโดยรวม โดยที่คะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

น้ำต้มกุ้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท เพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารนั้น เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปกุ้งต้มสุกแช่แข็งพันธุ์กุลาดำ จากบริษัท ยูเนียนโฟรเซนต์ โปรดักซ์ จำกัด มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid) อยู่ประมาณ 1 % เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (ตารางที่ 4.1) พบว่าน้ำต้มกุ้งเริ่มต้นนี้มีปริมาณโปรตีน, คาร์โบไฮเดรตและไขมัน เป็น 0.39, 0.49 และ 0.04 % (โดยปริมาตร) ตามลำดับ ซึ่งจากผลของการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า วัตถุดิบเริ่มต้นมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงทำการระเหยน้ำต้มกุ้งเริ่มต้นให้มีความเข้มข้นมากขึ้น จนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ประมาณ 7 % เพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นของวัตถุดิบเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีน เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญสำหรับการย่อยสลายเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ ซึ่งมีสมบัติเป็นสารให้กลิ่นรส เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีน้ำต้มกุ้งซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7 % (ตารางที่ 4.1) จะพบว่า ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.39 % เป็น 2.50 % โดยปริมาตร ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าจะสามารถผลิตโปรตีนไฮไลเสทได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำต้มกุ้งที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7 % เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นของกระบวนการผลิต

5.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำต้มกุ้งด้วยเอนไซม์

ในการเลือกเอนไซม์ที่จะใช้ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท จากน้ำต้มกุ้งนั้นจะพบว่าเอนไซม์ทางการค้าที่นิยมใช้ ในการย่อยสลายโปรตีนมี 2 ชนิด ได้แก่ Alcalase® และ Neutrase® ซึ่งมีคุณสมบัติและสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานต่างกัน โดยเอนไซม์ Alcalase® เป็นเอนไซม์ที่ผลิตได้จาก *Bacillus licheniformis* สามารถทำงาน

ได้ดี ที่ pH 7.5-9.5 อุณหภูมิ 55-65 °C ส่วนเอ็นไซม์ Neutrase® ผลิตได้จาก *Bacillus subtilis* สามารถทำงานได้ดีที่ pH 5.5-7.5 อุณหภูมิ 45-55 °C (NOVO, 1987) ซึ่งเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด เป็น Endopeptidase ที่ทำการตัดพันธะของสายโพลีเปปไทด์แบบ Random เหมือนกัน แต่มี Specific activity ในการย่อยสลายโปรตีนแตกต่างกันไป และเนื่องจาก NOVO (1987) ได้รายงานว่า การย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าพันธุ์รวมที่ pH 7.5 ด้วยเอนไซม์ทั้งสองชนิดที่ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® แม้จะมีค่าเปอร์เซนต์การย่อยสลาย (Degree of Hydrolysis, DH) สูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® แต่เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะให้กลิ่นที่ไม่ดี ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเอนไซม์ Alcalase® อาจมี Specific ในการย่อยสลายกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสไม่ดี เช่น Tryptophan, Tyrosine, Valine เป็นต้น ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้ จึงเลือกใช้เอนไซม์ Neutrase® สำหรับผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท

5.2.1 ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลาย

การศึกษาถึงภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ภาวะแรกคือ ปริมาณสารละลายเอ็นไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ที่จะใช้ในกระบวนการผลิต โดยทำการแปรปริมาณเอ็นไซม์เป็น 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร จากผลของการวัดปริมาณอะมิโนไนโตรเจน ซึ่งเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถในการย่อยสลายโปรตีนของเอ็นไซม์และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าว (ตารางที่ 4.2 และ ค.1) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้มีผลต่อการย่อยสลายของโปรตีน คือ ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (AN) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์มากขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้โอกาสที่เอ็นไซม์จะจับกับโมเลกุลของโปรตีนย่อมมีมากขึ้น จึงเกิดการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้ปริมาณ AN มีมากขึ้นด้วย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์มากจนถึงระดับซึ่งเพียงพอกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ ค่าปริมาณ AN จะอยู่ในระดับคงที่ จากผลการทดลอง ค่าปริมาณ AN ที่ได้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ อาจจะให้ผลไม่ตรงตามทฤษฎีมากนัก คาดว่าอาจจะเกิดเนื่องจากให้ระยะเวลาในการย่อยสลาย 45 นาที แต่ทาง NOVO รายงานว่า ที่อุณหภูมิ 55 °C

เมื่อเวลาผ่านไปนานเกิน 30 นาที activity ของกระบวนการผลิตนี้โดยใช้เอนไซม์ Neutrase® จะลดลง 40 % และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test จะเห็นว่าการใช้สารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) โดยปริมาตร ย่อยสลายน้ำต้มกุ้งที่ 55°C เป็นเวลา 45 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณ AN สูงสุดที่ 3.50 mg N/ml ดังนั้นจึงเลือกใช้ที่ความเข้มข้นเอนไซม์ 0.5 % โดยปริมาตร เนื่องจากจะสามารถประหยัดเอนไซม์ได้มากกว่า

5.2.2 ค่า pH และอุณหภูมิในการย่อยสลาย

การศึกษาผลของ pH ต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ โดยแบ่ง pH เป็น 5.5, 6.5 และ 7.5 อุณหภูมิเป็น 50, 55 และ 60 °C

ผลจากการวัดปริมาณ AN และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าว (ตารางที่ 4.3 และ ค.2) แสดงว่า pH และอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณ AN อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่อิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว ($p \leq 0.05$) น้ำต้มกุ้งที่ pH 6.5 ให้ค่า AN สูงกว่าน้ำต้มกุ้งที่ pH 5.5 และ 7.5 ค่า pH มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์เพราะเอนไซม์เป็นสารประกอบที่มีสมบัติเป็นโปรตีน pH ที่สูงหรือต่ำเกินไปทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ถูกทำลายและสูญเสีย Activity ได้(ปราณี, 2533) ดังนั้น แม้จะใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกันแต่ pH ต่างกัน ก็ให้ปริมาณ AN ที่แตกต่างกันได้ ผลของอุณหภูมิในการย่อยสลายพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จาก 50-55 °C ปริมาณ AN จะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุดที่ 55 °C จากนั้นปริมาณ AN จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการทำงานและ Activity ของเอนไซม์ คือ ที่อุณหภูมิประมาณ 60 °C เอนไซม์จะมี Activity เพียง 70 % ของที่อุณหภูมิ 55 °C เท่านั้น (Brich และคณะ, 1981) ดังนั้นจึงเลือกที่ระดับอุณหภูมิ 55 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต

5.2.3 เวลาในการย่อยสลาย

การศึกษาผลของเวลาในการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โดยแปรเวลาที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 นาที

ผลจากการวัดปริมาณ AN และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดังกล่าว พบว่าปริมาณ AN เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เอนไซม์ทำปฏิกริยากับโมเลกุลของโปรตีนได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ปริมาณโปรตีนที่ย่อยสลายได้และปริมาณ AN จึงเพิ่มขึ้น จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า การย่อยสลายน้ำต้มกุ้งที่ pH 6.5 โดยใช้ปริมาณเอนไซม์ Neutrase® 0.5 % ที่อุณหภูมิการย่อยสลาย 50 °C เป็นเวลา 15-90 นาที นั้น ปริมาณ AN ที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกเวลาในการย่อยสลายที่ 15 นาที เพื่อให้ใช้เวลาในการย่อยสลายน้อยที่สุดในกระบวนการผลิต

5.3 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้ง

จากผลของการศึกษา สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้ง ทำให้สามารถผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทได้โดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7 % pH 6.5 ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) เจือจางในอัตราส่วน 1:9 ในปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร อุณหภูมิในการย่อยสลายเป็น 50 °C เป็นเวลา 15 นาที และเมื่อนำโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้น (ตารางที่ 4.6 และ ค.3) มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันเป็น 2.52, 0.88 และ 0.33 % โดยปริมาตร เมื่อคิดค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปใด โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ในด้านองค์ประกอบเบื้องต้นของน้ำต้มกุ้งทั้ง 2 แบบ (ตารางที่ 4.7 และ ค.4) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) แต่ปริมาณ AN ในโปรตีนไฮโดรไลเสท ที่ได้มีค่าเท่ากับ 3.50 mg N/ml โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำต้มกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปใดๆ ซึ่งมีปริมาณ AN 3.07 mg N/ml จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายจะทำให้ได้กรดอะมิโนอิสระเพิ่มมากขึ้นในโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้ โดยกรดอะมิโนอิสระเหล่านี้จะเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์

5.4 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทแบบแห้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทแบบแห้ง ด้วยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็งนั้น เป็นการทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ต่ำลง ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสสูงขึ้นโดยไม่ทำลายโครงสร้างและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลังการทำแห้งมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลง ผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งนี้ พบว่ามีสีน้ำตาลเข้ม ให้กลิ่นของกุ้งแห้งชัดเจน และมีลักษณะเกาะติดเป็นแผ่น บดเป็นผงได้ยาก ค่อนข้างดูดความชื้นได้เร็ว ถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะดูดความชื้น ทำให้เกิดลักษณะเป็นน้ำเยิ้มเหนียว จึงต้องทำการเก็บในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท สี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ มาจากปฏิกริยา Maillard reaction และ Streaker degradation ในระหว่างกระบวนการผลิต (Bender, 1978)

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นและปริมาณ AN (ตารางที่ 4.8) พบว่าปริมาณความชื้น, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน และเถ้า ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีค่า 3.80 51.89, 12.99, 6.57 และ 24.76 % ตามลำดับ และมีปริมาณ AN เป็น 53.81 mg N/ml ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับผลิตภัณฑ์แห้งซึ่งไม่ผ่านการย่อยสลายใดๆโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ($p \leq 0.05$) พบว่าค่าต่างๆไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และปริมาณ AN ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลิตภัณฑ์แห้งซึ่งไม่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์จะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์แห้งซึ่งผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ แต่มีความสามารถในการดูดความชื้นได้ช้า

5.5 การปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แบบแห้ง

ผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบแห้งที่ผลิตได้นั้น มีความสามารถในการดูดความชื้นสูง ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยการเติมสารละลาย Maltodextrin ที่มีปริมาณของแข็งซึ่งละลายน้ำได้ 16 % (1:5) ลงไปในโปรตีนไฮโดรไลเสทก่อนการทำแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำการปรับปรุงนี้เมื่อผ่านการทำแห้ง จะมีลักษณะที่ไม่เหนียวเกาะกันเป็นก้อน ดูดความชื้นได้น้อยลง สามารถบดเป็นผงได้ง่าย แต่มีสีน้ำตาลและกลิ่นของกุ้งแห้งที่อ่อนลง คาดว่าเนื่องมาจากสี และปริมาณของสารละลาย Maltodextrin ที่เติมลงไป มีผลต่อความ

เข้มของสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์แห้งที่มีการเติม Maltodextrin (ตารางที่ 4.9) จะเห็นได้ว่ามีปริมาณของคาร์โบไฮเดรต เพิ่มสูงมากขึ้นเป็น 41.98 % ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณ Maltodextrin ที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ และองค์ประกอบอื่นๆ ก็มีค่าลดลงตามอัตราส่วนที่ทำการผสมกับโปรตีนไฮโดรไลเสท โดยผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับผลิตภัณฑ์แห้งที่เติม Maltodextrin ซึ่งไม่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ จะเห็นได้ว่าค่าองค์ประกอบต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นปริมาณ AN ที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบแห้งจะให้ค่าที่สูงกว่า

5.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสในสารปรุงแต่งกลิ่นรส

จากการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็นผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสแบบแห้ง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใน 2 ลักษณะ คือ ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากโปรตีนไฮโดรไลเสทโดยตรง และผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้รับการปรับปรุงโดยเติมสารละลาย Maltodextrin ก่อนการทำแห้ง เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆในด้านสี กลิ่น และรสชาติ กับผลิตภัณฑ์แห้งที่ไม่ผ่านกระบวนการย่อยสลายใดๆ พบว่า ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ คือ ผลิตภัณฑ์แห้งซึ่งผ่านและไม่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ซึ่งมีการเติม Maltodextrin ในด้านระดับความเข้มของสี และ กลิ่น (ตารางที่ 4.10) ให้ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 แบบ โดยผลิตภัณฑ์แห้งที่มีการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ซึ่งไม่เติมสารละลาย Maltodextrin มีคะแนนระดับความเข้มของสีและกลิ่นสูงสุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์มากกว่าผลิตภัณฑ์แบบอื่น จึงทำให้มี สีและกลิ่นที่เข้มกว่า

เมื่อนำผลิตภัณฑ์แห้งมาละลายน้ำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10 % สำหรับผลิตภัณฑ์แห้งทั้ง 4 แบบ และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวม และการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์แยกกันระหว่างผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมและผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุง (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) พบว่าทั้ง 2 กรณี ไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการย่อยสลายใดๆ โดยมีระดับความเข้มและระดับการยอมรับในด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลางโดยที่จากผลของการทดสอบการยอมรับในรสชาติของผลิตภัณฑ์ ระดับความเข้มของรสในด้านต่างๆ รวมถึงข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบส่วนใหญ่ แสดงให้เห็นว่า สมควรมีการปรับปรุงในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ เพราะมีรสขม รสฝาดเฝื่อนเล็กน้อย จึงควรทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เพื่อเพิ่มการนำไปใช้ประโยชน์ในแง่สารปรุงแต่งรสด้วยอีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นอาหาร เพราะจากผลวิจารณ์ข้างต้นอาจจะกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบแห้งมีคุณลักษณะด้านสี และกลิ่น ค่อนข้างเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนในน้ำลวกกุ้งพันธุ์กุลาดำ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ให้ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนมากที่สุด คือ น้ำต้มกุ้ง pH 6.5 ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase ® (0.5 unit/g) (เจือจางในอัตราส่วน 1 : 9 โดยปริมาตร) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 15 นาที โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีปริมาณอะมิโนไนโตรเจนสูงสุด 3.50 mg N/ml

2. โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้ ให้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แต่ผลการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3. การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้ ในการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แห้งเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส ให้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แห้งจากน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต แต่ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปริมาณความชื้น เถ้า และปริมาณอะมิโนไนโตรเจน

4. เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์แห้ง (ไม่ผ่านการเติม Maltodextrin) ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase ® จะได้รับคะแนนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านสี และกลิ่น

5. การทดลองเติม Maltodextrin เพื่อปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แห้งที่ไม่ได้ผ่านการเติมสารใด จะทำให้ผลิตแห้งที่ได้ดูดความชื้นได้ช้าลง บดเป็นผงได้ง่ายและไม่มีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านสี และกลิ่น คือสีและกลิ่นจะอ่อนลง เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แห้งจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ไม่ได้เติมสารใดๆ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของสารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ได้ ในด้านรสชาติ โดยเฉพาะรสขมที่เกิดขึ้น และการนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม

2. ควรมีการศึกษาดัดแปลงกรรมวิธีในการย่อยสลายโปรตีน จากระดับทดลองไปสู่ระดับอุตสาหกรรม

3. ควรมีการศึกษาถึงการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้งหลาย ๆ พันธุ์ หรือรวมกันเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายชนิด

4. ควรมีการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณอะมิโนในวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. **กระบวนการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 797 หน้า.

จุนทนี จิตต์ลำพึง. 2535. **การสกัดน้ำมันจากหัวกุ้ง.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2534. **เอกสารประกอบการสอนชีวเคมีอาหาร.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2536. ยีสต์ออโตไลเสท : สารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารจากยีสต์. **อาหาร** 23(2): 83-87.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. **Official methods of analysis.** 13th ed. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Brich, G.G., Blakebrough, N., and Parker, K.J. 1981. **Enzyme and food processing.** London : Applied Science Publishers.

Choi, S.H., Kobayashi, A.,and yamanishi,T. 1983. Oudour of cooked small shrimp, Acetes japonicus kishinouye difference between raw material and fermented product. **Agric.Biol. Chem.** 47(2):337.

Josephson, D.B. and Lindsay, R.C. 1986. Enzymic generation of volatile aroma compounds from fresh fish. **Am. Chem. Soc. Symp. Series** 317: 201.

Josephson, D.B., Lindsay, R.C., and Stuiber, D.A. 1983a. Identification of compounds characterizing the aroma of fresh whitefish (Coregonus clupeaformis). **J. Agric. Food Chem.** 31:326.

Josephson, D.B., Lindsay, R.C., and Stuiber, D.A. 1983b. Bisulfite suppression of fish aromas. **J. Food Sci.** 48:1064.

Josephson, D.B., Lindsay, R.C., and Stuiber, D.A. 1984a. Variations in the occurences of enzymatically derived volatile aroma compounds in salt and fresh water fish. **J.agric. food Chem.** 32:1344.

Josephson, D.B., Lindsay, R.C., and Stuiber, D.A. 1984b. Biogenesis of lipid-derived volatile aroma compounds in the emerald shiner (Notropis atherinoides). **J. Agric. Food Chem.** 32:1352.

Kimizuka, A., Sakurai, K., Kirimura, J.1963. **Presented at the Meetings of Agricultural Chemical Society of Japan, October**

Kubota, K., Shuimaya, H., and Kobayashi, A.1986. Volatile components of roasted shrimp. **Agric. Biol. Chem.** 50(11):2867.

Matoba, M., and Hata, T. 1972. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structure. **Agr. Biol. Chem.** 36(8): 1423-1431.

Murata, K., Ikehata, H., Miyamoto,J. 1967. **J.Food Sci.** 32,58.

Nishimura, T., and Kato, H. 1988. Taste of free amino acids and peptides. **Food Rev. Inter.** 4 (2) : 175-194.

Nissen, J. A. 1988. Bitterness intensity of protein hydrolysate chemical and organoliptic characterization. **Development in Food Sci.** 17: 63-77.

Novo Industri A/S. 1984. **Novo enzyme (Alcalase ®)**. Denmark : Bioindustrail Group of Novo Industri A/S. (Unpublished Manuscript).

Novo Industri A/S. 1984. **Novo enzyme (Neutrase ®)**. Denmark : Bioindustrail Group of Novo Industri A/S. (Unpublished Manuscript).

Osajima,K. 1989. **Method ofr preparation of tastable matters consisting primarily of low molecular weight peptides.** U.S.Pat. 4,853,231.

Pan,B.S. 1989. Recovery of Shrimp Waste for Flavourant. In **Advance in Fisheries Technology and Biotechnoloty for Increased Profitability** , Michael N. Voigt and J. Richard Botta (ed.). 437-444.

Petersen, B. 1981. The Impact of the Enzymic Hydrolysis Process on Recovery and Use of Proteins. In : **Enzymes and Food Processing,** G.G.Brich, N.Blakebrough and K.J. Parker. 149-175.

Quaglia,G.B. and Massacci, A. 1982. Proteolysates from Slaughter House Blood. **J.Food Agri.** 33:634.

Sanguandeekul, R.,Jantawat, P.,Sukchaaroensakkul,A. 1982.**Production of Protein Hydrolysate as Food Flavor From Tuna Precooking Water.** M.D.thesis. Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Wong, D.W.S. 1989. **Mechanism and theory in food chemistry.** New York: AVI Publishing.

Yamashita, M., Arai, S., and Fujimaki, M. 1969. Applied proteolytic enzyme on soybean Part IV. A ninhydrin - negative bitter peptide in peptic hydrolysate of soybean protein. **Agr. Biol.Chem.** 33(3): 321-330.

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

ก.1 วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (1980)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ Memmert

วิธีทดลอง

1. ปิเปตตัวอย่างประมาณ 2 มิลลิลิตร (~ 2 กรัม) ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมแห้งสนิท
2. นำตัวอย่างเข้าอบหาความชื้นในอุปกรณ์ดังกล่าว โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
3. อบตัวอย่างจนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักซึ่งคงที่ภายหลังการอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (1980)

อุปกรณ์

ชุดวิเคราะห์โปรตีน Buchi 321

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริคเข้มข้น (conc. H_2SO_4)
2. คะตะลิสต์ประกอบด้วย คอปเปอร์ซัลเฟตและโปตัสเซียมซัลเฟต ในปริมาณ 1:8 ($CuSO_4.5H_2O$:K_2SO_4)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 %
4. กรดบอริคเข้มข้น 2 %
5. กรดซัลฟุริคเข้มข้น 0.1 N
6. Mix Indicator (เมทิลเรดและโบรโมครีซอลกรีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วน 1:5)

วิธีทดลอง

1. ปิเปตตัวอย่างของเหลว 10 มิลลิลิตร ลงในขวดย่อยโปรตีน
2. เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้น 15 มิลลิลิตร และใส่คะตะลิสต์ประมาณ 7 กรัม
3. ใส่เศษกระเบื้อง 2-3 ชิ้น ป้องกันการเดือดรุนแรง
4. นำขวดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องย่อยโปรตีน ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (ได้สารละลายสีฟ้าอ่อนหรือสีเขียวใส) และทิ้งไว้ให้เย็น
5. นำขวดย่อยที่เย็นแล้วประกอบเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi) โดยรองรับสารที่กลั่นได้ด้วยกรดบอริค 2% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซึ่งเติม mixed indicator 3-4 หยด
6. เติมน้ำลงในขวดกลั่น 50 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 มิลลิลิตร (โดยประมาณ) ลงในขวดกลั่น
7. ตั้งเวลากลั่นโดยใช้เวลาในการกลั่นประมาณ 5 นาที(ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส ไม่มีการเปลี่ยนสี)

8. นำสารละลายในขวดรองรับที่ได้มาไตเตรต ด้วยสารละลายซัลฟุริคเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวฟ้าเป็นสีชมพู

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด} = \frac{V \times N \times 14 \times 100}{W \times 1000}$$

ปริมาณโปรตีน (%) = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด x 6.25

V = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟุริคที่ใช้ไตเตรต เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟุริค เป็น นอร์มอล

W = น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง เป็น กรัม หรือ มล.

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ดัดแปลงจาก การสกัดน้ำมันจากหัวกุ้ง (จุนทนี, 2535)

อุปกรณ์

กรวยแยกไขมัน ,ตู้อบลมร้อน Memmert

สารเคมี

1. เฮปเทน
2. กรดซัลฟุริคเข้มข้น 6% (ประกอบใน Extractant)
3. ไอโซโพพานอล

วิธีทดลอง

1. ปิเปตตัวอย่างเหลว 10 มิลลิลิตร ลงในกรวยแยกไขมัน
2. ใส่ Extractant (ประกอบด้วย กรด 2 %, ไอโซโพพานอล 78 %, เฮปเทน 20 %) 25 มิลลิลิตร
3. เขย่า 10 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น 5 นาที
4. ใส่น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (เพื่อให้แยกชั้นได้ดียิ่งขึ้น)
5. ใส่เฮปเทน 15 มิลลิลิตร เขย่า 20 วินาที ทำทั้งหมด 4 ครั้ง
6. ดูด Solvent ชั้นบน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่ได้อบแห้งดีแล้ว (ชั่งน้ำหนักแห้งแล้ว) นำไปชั่งน้ำหนัก
7. อบในตู้อบ 104 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง
8. นำออกมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณผล

Metyl lolcate (g/l) = (A-B) x 420

A = น้ำหนักหลอดทดลองที่ใส่ตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรภายหลังอบ

B = น้ำหนักหลอดทดลอง

4. ปริมาณเถ้า

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (1980)

อุปกรณ์

Muffle Furnace (Carbolite Furnaces CSF 1100)

วิธีทดลอง

1. ล้าง porcelain dish แล้วเผาในเตาเผานาน 2 ชม. ทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างลงใน porcelain dish 10 มิลลิลิตร (ประมาณ 10 กรัม)
3. เผาตัวอย่างช้าๆ บน Hot plate จนกระทั่งเผาไหม้หมด จึงนำ dish วางลงในเตาเผา อุณหภูมิ 550 °C จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว
4. นำ dish ออกจากเตาเผา นำไปไว้ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น นำออกไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

$$\text{เปอร์เซนต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100$$

5. คาร์โบไฮเดรต

ดัดแปลงจาก AOAC (1980)

คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยการหักลบ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 - (% ความชื้น + % ปริมาณไขมัน + % ปริมาณโปรตีน + % ปริมาณเถ้า)

ก.2 วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

เจือจางตัวอย่าง 3 ระดับ คือ $1:10^{-1}$ $1:10^{-2}$ $1:10^{-3}$ ตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี pour plate โดยใช้ปิเปตตัวอย่างแต่ละความเจือจางใส่ในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มล. แต่ละระดับความเจือจางทำ 2 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (PCA) ลงในจานประมาณ 15-20 มิลลิลิตร เขย่าจานโดยหมุนไปทางขวา 15 ครั้งและหมุนไปทางซ้าย 15 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง บ่มที่อุณหภูมิ 30-35 °C เป็นเวลา 2-5 วัน

นับจำนวนโคโลนีทั้งบนผิวหน้าและที่ฝังในอาหารเลี้ยงเชื้อ เลือกเฉพาะความเจือจางที่มีโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี ต่อจานเพาะเชื้อ นับจำนวนรวมทั้ง 3 จาน แล้วหาค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน

ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน คือ ผลต่างคิดเป็นกรัมระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน (Formaldehyde nitrogen) กับอัมโมเนียคัลไนโตรเจน ในน้ำต้มกุ้ง 1 ลิตร

ข.1 ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน (มอก.3-2526)

อุปกรณ์

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมล ต่อ ลิตร
2. สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9 โดยการปรับความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่างน้ำลวกกุ้งที่เจือจางแล้ว (1:9) มา 10 ml. ปรับ pH เป็น 7 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
2. เติมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 10 ml.
3. ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกระทั่งได้ค่า pH เป็น 9
4. คำนวณตามสูตร

$$X = 14\ yM$$

X คือ ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำลวกกุ้ง 1 ลิตรเป็นกรัม

y คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรตเป็น ml.

M คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น โมลต่อ ลิตร

ข.2 อัมโมเนียคัลไนโตรเจน (มอก.3-2526)

อุปกรณ์

ชุดกลั่นโปรตีน Buchi 321

สารเคมี

1. แมกนีเซียมออกไซด์
2. กรดบอริก ความเข้มข้น 4 %
3. สารละลายกรดซัลฟุริก ความเข้มข้น 0.05 โมล ต่อลิตร
4. Mix Indicator (เมทิลเรดและโบรโมครีซอลกรีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วน 1:5)

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่างที่เจือจางตาม ข.1 มา 50 ml. ใส่ในขวดกลั่น
2. เติมแมกนีเซียมออกไซด์ 3 กรัม และน้ำกลั่น 100 ml.
3. กลั่นอัมโมเนียที่เกิดขึ้นลงในขวดแก้วที่มีกรดบอริก 4 % ปริมาตร 50 ml. และได้หยดเมทิลเรด-โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด ตั้งเวลาในการกลั่นประมาณ 10 นาที (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี)
4. ไตเตรดอัมโมเนียที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริก จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู
5. คำนวณตามสูตร

$$X = 5.6\ yM$$

X คือ ปริมาณอัมโมเนียคัลไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำลวกกุ้ง 1 ลิตร ต่อกรัม

y คือ ปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟุริกที่ใช้ในการไตเตรด เป็น ml.

M คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟุริกเป็น โมล ต่อลิตร

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้งที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® (0.05 unit/g) เป็นปริมาณ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 45 นาที

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
ปริมาณเอนไซม์ (trt)	4	0.8047	0.2012	86.80*	3.26
rep (trt)	7	0.0759	0.0108	4.68*	2.92
error	12	0.0278	0.0023		

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้ง pH 5.5, 6.5 และ 7.5 ที่ผ่านการย่อยสลายโปรตีน ด้วยสารละลายเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 °C เป็นเวลา 45 นาที

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
pH (A)	2	0.4710	0.2355	4.58*	3.55
อุณหภูมิ (B)	2	2.5033	1.2516	24.32*	3.55
AB	4	0.4873	0.1218	2.37	2.93
Error	18	0.9264	0.0515		

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของน้ำต้มกุ้งที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) ปริมาณ 0.5 % โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 °C pH 6.5 เป็นเวลา 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 นาที

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
เวลาในการย่อย (trt)	5	0.0222	0.0044	3.44*	3.20
rep (trt)	6	0.0248	0.0041	3.20*	3.09
error	11	0.0142	0.0013		

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับน้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	1	1.1839	1.1839	1076.2727*	18.51
error	2	0.0022	0.0011		

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้น ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	1	20.5472	20.5472	249.3592*	18.51
error	2	0.1647	0.0824		

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเถ้า ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	1	15.2190	15.2190	1035.31*	18.51
error	2	0.0294	0.0147		

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้ง

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	1	68.0708	68.0708	278.1806*	18.51
error	2	0.4893	0.2497		

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ AN ของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทแบบผงแห้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) แบบผงแห้งที่ผ่านการเติม Maltodextrin ทั้ง 2 ตัวอย่าง

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	1	26.7289	26.7289	218.1951*	18.51
error	2	0.2450	0.1225		

ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความเข้มของสีของผลิตภัณฑ์ผงแห้ง 4 ตัวอย่าง**

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	3	222.0625	74.0208	91.53*	2.89
rep	11	13.7292	1.2481	1.54	2.09
error	33	26.6875	0.8087		

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มของกลิ่นของผลิตภัณฑ์ผงแห้ง 4 ตัวอย่าง**

SOV	d.f.	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
trt	3	175.8958	58.6319	28.10*	2.89
rep	11	26.2292	2.3842	1.14	2.09
error	33	68.8542	2.0865		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

** ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %)

ตัวอย่างที่ 3 ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสท ผ่านการเติม Maltodextrin

ตัวอย่างที่ 4 ผลิตภัณฑ์น้ำต้มกุ้งเบื้องต้น (TSS 7 %) ผ่านการเติม Maltodextrin

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้งแบบผงแห้ง

ชื่อ_____ อายุ_____ปี เพศ_____

วันที่_____ เวลา_____

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้งทั้ง 4 ตัวอย่าง แล้วให้คะแนนคุณสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกันตามเกณฑ์ ดังนี้

9 หมายถึง มีระดับความเข้มมากที่สุด

7 หมายถึง มีระดับความเข้มมาก

5 หมายถึง มีระดับความเข้มปานกลาง

3 หมายถึง มีระดับความเข้มข้นต่ำ

1 หมายถึง มีระดับความเข้มข้นต่ำที่สุด

ลักษณะ	รหัส			
ระดับความเข้มสี ระดับความเข้มกลิ่นกุ้ง				

ข้อเสนอแนะ _____

_____

ง.2 <u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้ง</u>

ชื่อ_____ อายุ_____ปี เพศ_____

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์สารปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้งทั้ง 4 ตัวอย่าง แล้วให้คะแนนคุณสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกันตามเกณฑ์ ดังนี้

9 หมายถึง มีระดับความเข้ม/การยอมรับมากที่สุด

7 หมายถึง มีระดับความเข้ม/การยอมรับมาก

5 หมายถึง มีระดับความเข้ม/การยอมรับปานกลาง

3 หมายถึง มีระดับความเข้มข้น/การยอมรับต่ำ

1 หมายถึง มีระดับความเข้มข้น/การยอมรับต่ำที่สุด

ลักษณะ	รหัส			
ระดับความเข้มของสี ระดับความเข้มของกลิ่นกุ้ง ระดับความเข้มข้นรสหวาน ระดับความเข้มข้นรสขม ระดับความเข้มของกลิ่นรสโดยรวม				
ระดับการยอมรับกลิ่นรสโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ _____

_____

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัณวีร์ รัตนาชัยพงษ์ เกิดวันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2516 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อ พ.ศ.2533 จากโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

นางสาวนันทรัตน์ สมบัติ เกิดวันที่ 28 มกราคม พ.ศ.2515 จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อ พ.ศ.2532 จากโรงเรียนชลกันยานุกูล ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)