บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและวิธีการเตรียม

- วัตถุดิบ กุ้งกุลาดำ พันธุ์ Penaeus monodon Fabricius สด ซื้อจากเจ้าประจำตลาดเจริญผล ขนาด 46-56 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม แช่ในภาชนะซึ่งบรรจุน้ำแข็ง ให้ภายในมีอุณหภูมิไม่เกิน 5°C ทำความสะอาดและตัดแต่ง โดยนำกุ้งสดมาล้างด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิไม่เกิน 5 °C เด็ดหัว ปอกเปลือก ดึงเส้นกลางหลังออก จะได้กุ้งเนื้อไม่ไว้หางแบบเต็มตัวชักไส้ (peel and devined shrimp) ล้างด้วยน้ำเย็นให้สะอาด วางบนตะแกรง 2 นาที เพื่อให้สะเด็ดน้ำ

3.2 สารเคมี

- สารเคมีสำหรับเตรียมกุ้งก่อนแช่เยือกแข็ง

Sodium tripolyphosphate	Commercial grade
Calcium chloride	Commercial grade
Sodium acidpyrophosphate	Commercial grade

- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ Total Volatile Base Nitrogen

Potassium ferrocyanide	A.R. grade
Zinc acetate	A.R. grade
Lithium carbonate	A.R. grade
Phenolphthalein	A.R. grade
Alizarin red	A.R. grade
Ethanol 95%	A.R. grade

- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ Phosphorus

Nitric acid	A.R. grade
Hydrochloric acid	A.R. grade
Potassium dihydrogen phosphate	A.R. grade
Ammonium molybdate.4H_2O	A.R. grade
Perchloric acid	A.R. grade

3.3 ภาชนะบรรจุ

ใช้ถุงลามิเนทบรรจุอาหาร (Laminated Pouch) แบบ Nylon/LLDPE ความหนา 0.08 มิลลิเมตร ได้รับความอนุเคราะห์จากห้างหุ้นส่วนจำกัด วุฒิเกษม

3.4 **อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง**

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง Model U4800D ของ Satorius
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง Model A200S ของ Satorius
- เครื่องปั่น (Blender) Type 643 ของ Moulinex
- เครื่องวัด pH (pH meter) Model PHM 92 ของ Radiometer
- ตู้เขี่ยเชื้อ(Laminar Air Flow) Model HBB-2436
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) Model B80
- หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) Model MLS 3020 ของ SANYO
- ตู้อบลมร้อน(Air Oven) Model UM 400 ของ Memmert
- เครื่องกลั่น(Distillation unit) Model KI 26 ของ Memmert
- เครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา Procos VII CHINO

ประกอบด้วยลวด thermocouple ชนิด T ทำด้วย Copper ผสมกับ โลหะ Constantant หุ้มด้วยฉนวน PVC ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.6 มิลลิเมตร เพื่อวัดอุณหภูมิโดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -200 ถึง 400 °C

- Air blast freezer ของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตู้แช่เยือกแข็งนี้มีปล่องลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร สำหรับให้ลมเย็นผ่านไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนตะแกรงซึ่งวางคร่อมบนปล่องลม ความเร็วลมสูงสุด 4 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิต่ำสุด -40 °C มีกำลังการทำงาน 1.00 แรงม้า

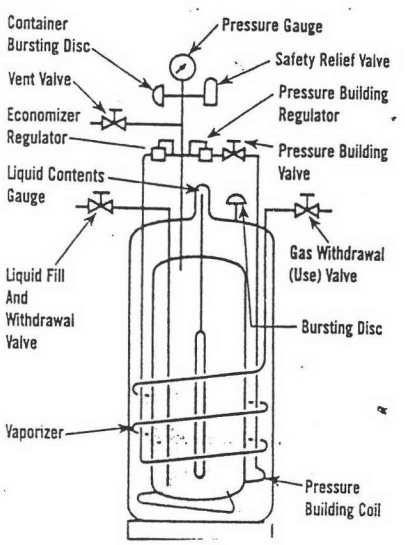
- Cryo-Test Chamber Nitrogen Freezer Model CT-1818-12F

ประกอบด้วย ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว Model XL-55 HP และ Cryo-Test Chamber Model CT-1818-12F สำหรับวางผลิตภัณฑ์ซึ่งจะถูกฉีดพ่นด้วยไนโตรเจนเหลว เครื่องแช่เยือกแข็งนี้สามารถตั้งอุณหภูมิและเวลาสำหรับใช้ในการแช่เยือกแข็ง เพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่นำมาแช่เยือกแข็งแต่ละชนิดได้ เครื่องมือที่ใช้ดังรูปที่ 3.1-3.4 เครื่องมือจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นถังบรรจุไนโตรเจนเหลว และส่วนที่สองจะเป็นส่วนของ chamber ใช้สำหรับใส่ผลิตภัณฑ์ที่นำมาแช่เยือกแข็ง เป็นของบริษัท บางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส (BIG) จำกัด ติดตั้งไว้ที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

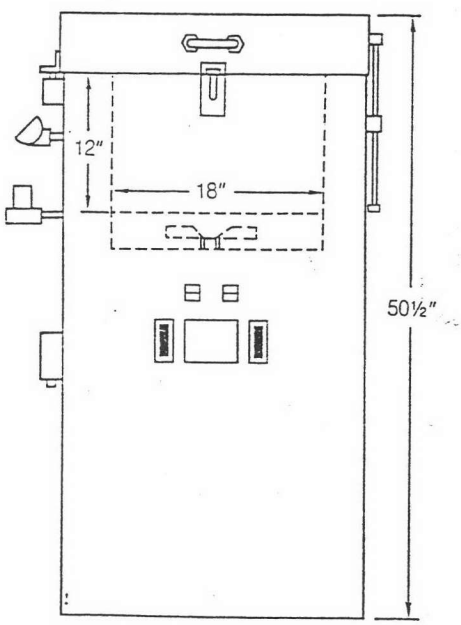
- เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ(Vacuum Pack Machine)ของ Multivac Type AG 500
- ตู้แช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -18°C ของ Sanyo
- เครื่องวัดสี GRETAG SPM50 Serial No. 3253-10807 ได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือจาก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เครื่องมือที่ใช้ดังรูปที่ 3.5

- Texture Analyzer TA.XT2 ได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือจาก บริษัท จาร์พา เทคเซ็นเตอร์ จำกัด เครื่องมือที่ใช้ดังรูปที่ 3.6

- กล้อง Scanning Electron Microscope Model T220A ของ JSM นำตัวอย่างไปส่องดูลักษณะโครงสร้างที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



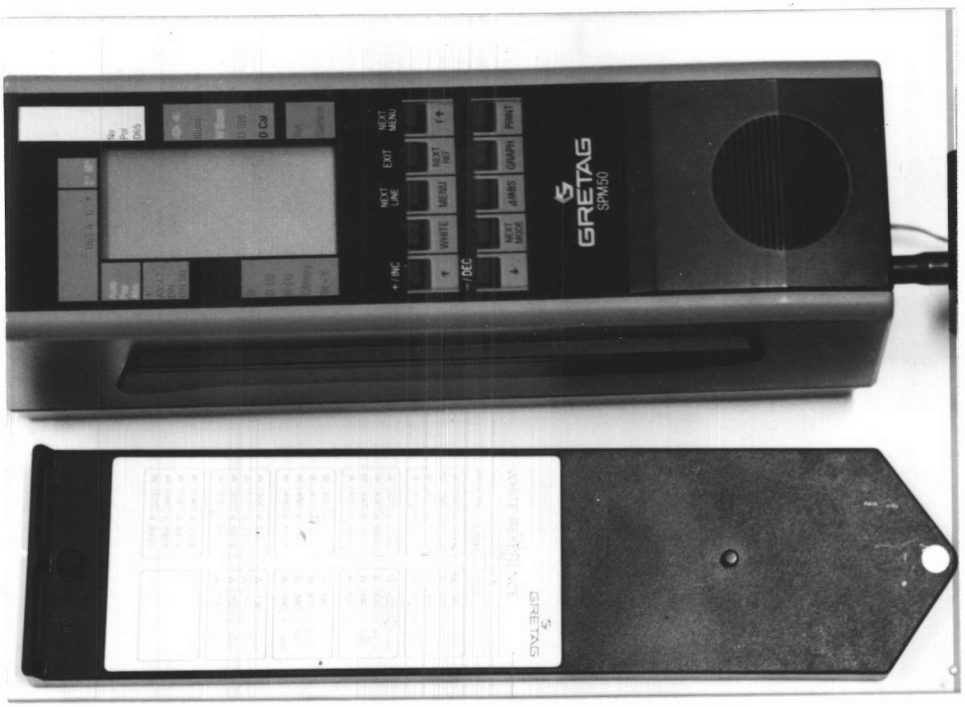
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของถังบรรจุไนโตรเจนเหลว



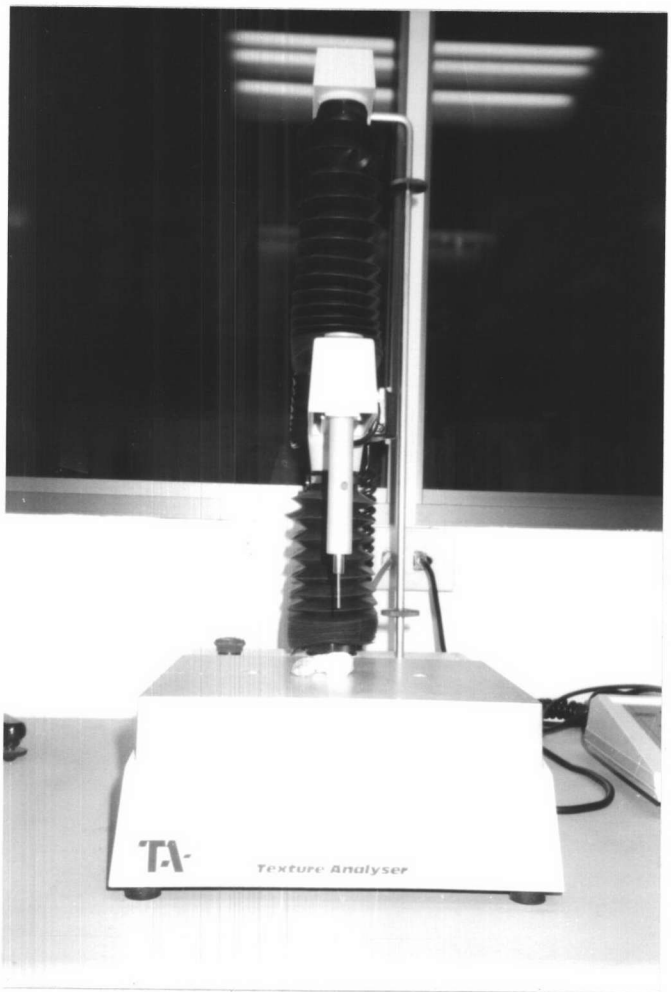
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของ Cryo Test Chamber ที่ใช้แช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุก

รูปที่ 3.3 ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว

รูปที่ 3.4 Cryo Test Chamber ที่ใช้แช่เยือกแข็ง



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดสี



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture Analyzer TA.XT2)

3.5 **วิธีวิเคราะห์**

แบ่งออกเป็น 4 วิธี ดังนี้

3.5.1 วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ (รายละเอียดในภาคผนวก ก1)

- หาเปอร์เซนต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการแช่สารละลาย (weight gain) ,(ดัดแปลงจาก AOAC:35.1.13, 1995)

- หาเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหุงต้ม (cooking loss) ,(ดัดแปลงจาก AOAC:35.1.13, 1995)

- หาเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (freezing loss) ,(ดัดแปลงจาก AOAC:35.1.13, 1995)

- หาเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายผลึกน้ำแข็ง (thawing loss) , (ดัดแปลงจาก AOAC:35.1.13, 1995) วิธีการละลายผลึกน้ำแข็ง โดยนำกุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็งไปไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 10±5°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

- วัดสีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) ด้วยเครื่องวัดสี

นำกุ้งต้มสุก ผ่ากลางลำตัวตามยาว ตัดส่วนเนื้อสีขาว ให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร วัดสีของเนื้อกุ้ง รายงานผลเป็นค่า L, a*, b* โดยมีเกณฑ์การอ่านดังนี้

L หมายถึง ค่าความสว่างของวัตถุที่มองเห็น มีค่าระหว่าง 0-100 ถ้ามีค่าเป็น 0 ให้ค่าสีดำ และถ้ามีค่าเป็น 100 ให้สีขาว

a* หมายถึง ค่าสีแดงหรือสีเขียวของวัตถุที่มองเห็น ถ้ามีค่าเป็น + คือ สีแดง และถ้ามีค่าเป็น - คือ สีเขียว

b* หมายถึง ค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงินของวัตถุที่มองเห็น ถ้ามีค่าเป็น + คือ สีเหลือง และถ้ามีค่าเป็น - คือ สีน้ำเงิน

- วัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer TA.XT2

วัดค่าแรงที่ใช้ในการเจาะเนื้อกุ้ง มีหน่วยเป็นนิวตัน ผลิตภัณฑ์จะถูกวางบนฐานของเครื่อง (รูปที่ 3.6) ใช้หัววัด (P2 2mm DIA CYLINDER STAINLESS) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ความเร็วคงที่ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที เจาะเข้าไปในเนื้อตัวอย่างเป็นระยะทาง 70 % ของความหนาตัวอย่าง ซึ่งจะคำนวณโดยเครื่อง ตัวอย่างของกราฟแสดงในภาคผนวก ก1

- ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้สำหรับแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุก (Nitrogen consumption) ที่อุณหภูมิ -18°C (Douglas, 1994)

3.5.2 วิธีวิเคราะห์ทางเคมี (รายละเอียดในภาคผนวก ก2)

- หาปริมาณ Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N), (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2528)

- หาปริมาณ Phosphorus (AOAC:4.8.13, 1995)

- หาปริมาณ $CaCl_2$(AOAC:968.08, 1990) ส่งวิเคราะห์ที่บริษัท อินเตอร์ เนชั่นแนล ควอลิตี้ แอสชัวรันซ์ แลบบอราตอรี่ จำกัด

3.5.3 วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(AOAC:46.015, 1980) ส่งวิเคราะห์ที่บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล ควอลิตี้ แอสชัวรันซ์ แลบบอราตอรี่ จำกัด

3.5.4 วิธีประเมินผลทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดในภาคผนวก ก3)

นำเสนอผลิตภัณฑ์ตัวอย่างกุ้งต้มสุก อุณหภูมิประมาณ 60±10 °C (American Society for Testing and Materials [ASTM], 1968) จำนวน 2 ตัว ครั้งละ 5 ตัวอย่าง ให้แก่ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนให้ทราบลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับระดับคะแนนในแบบทดสอบการประเมิน

ผลทางประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบจำนวน 12-15 คน (Kramer, 1975) ประเมินผลในด้าน ลักษณะปรากฏ (Appearance), กลิ่นรส (Flavor), เนื้อสัมผัส (Texture) โดยใช้ Scoring Test และ การยอมรับรวม (Acceptance) ใช้ Hedonic scale

3.6 **ขั้นตอนการวิจัย แบ่งงานวิจัยเป็น 5 ขั้นตอน คือ**

3.6.1 ศึกษาวิธีการเตรียมกุ้งกุลาดำที่เหมาะสมก่อนแช่เยือกแข็ง

3.6.1.1 ศึกษาหาเวลาของการแช่สารละลาย Sodium tripolyphosphate (STPP) 2% โดยนำกุ้งที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 3.1 แช่สารละลาย อัตราส่วนของกุ้งต่อสารละลายท่ากับ 1:4 แปรเวลาของการแช่สารละลายเป็น 0, 4, 8, 12 และ 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 °C วางผึ่งไว้บนตะแกรง 2 นาที นำไปนึ่ง 2 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำอุณหภูมิ 15°C 3 นาที (Muftugel, 1985) แล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำอีกครั้งนาน 2 นาที

ติดตามผลโดย หาเปอร์เซนต์การเพิ่มน้ำหนักเนื่องจากการแช่สารละลาย (%weight gain) เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการต้มสุก (%cooking loss) วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม ใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ก3.1 วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MSTAT

เลือกเวลาของการแช่กุ้งในสารละลายที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับรวมมากที่สุดแล้วแปรเวลาใหม่เพื่อหาจุดที่ดีขึ้น

โดยนำกุ้งที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 3.1 แช่สารละลาย STPP 2% อัตราส่วนของกุ้งต่อสารละลายท่ากับ 1:4 แปรเวลาของการแช่สารละลายเป็น 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 °C วางผึ่งไว้บนตะแกรง 2 นาที นำไปนึ่ง 2 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำอุณหภูมิ 15°C 3 นาที (Muftugel, 1985) แล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำอีกครั้งนาน 2 นาที

ติดตามผลโดย หา %weight gain %cooking loss วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely Randomized Design ทดลอง 5 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม ใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ก3.1 วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new

3.6.1.2 ศึกษาผลการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ในระดับต่างกัน

นำกุ้งที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 3.1 แช่สารละลาย STPP ในระดับ 0%, 1%, 2%, 3% และ 4% อัตราส่วนของกุ้งต่อสารละลายเท่ากับ 1:4 ใช้เวลาแช่ที่หาได้จากข้อ 3.6.1.1 ที่อุณหภูมิ

ไม่เกิน 5 °C วางผึ่งไว้บนตะแกรง 2 นาที นำไปนึ่ง 2 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำอุณหภูมิ 15 °C 3 นาที (Muftugel, 1985) แล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำอีกครั้งนาน 2 นาที

ขั้นตอนการเตรียมในข้อนี้ใช้เป็นขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไปโดยแปรปริมาณการใช้สารละลายให้มีความเข้มข้นต่างกัน

ติดตามผลโดย หา %weight gain %cooking loss สีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) วัดด้วยเครื่องวัดสี ปริมาณ Phosphorus ในกุ้งต้มสุก วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เพื่อหาปริมาณการใช้ STPP ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยให้มีปริมาณ Phosphorus ($\%P_2O_5$) ในกุ้งต้มสุกไม่เกิน 5000 ppm หรือ 0.5% (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529) เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.6.1.3 ศึกษาผลของการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$

3.6.1.3.1 ศึกษาผลของการแช่กุ้งในสารละลาย STPP 2% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับ 0%, 1%, 2% และ 3%

ติดตามผลโดย หา %weight gain %cooking loss สีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) วัดด้วยเครื่องวัดสี ปริมาณ $CaCl_2$ ในกุ้งต้มสุก วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เพื่อหาปริมาณการใช้ $CaCl_2$ ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยใช้ปริมาณ $CaCl_2$ ที่มีในกุ้งต้มสุกไม่เกิน 2500 ppm หรือ 0.25% (Richard, 1989) เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.6.1.3.2 ศึกษาปริมาณการใช้ STPP ในระดับ 1%, 2% และ 3% ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับ 0.5%, 0.75% และ 1%

ติดตามผลโดย หา %weight gain %cooking loss สีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) วัดด้วยเครื่องวัดสี แรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Factorial experiment แบบ Symmetric two factor experiment ขนาด 3*3 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ก3.2 วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Factorial with Complete Block Design ขนาด 3*3 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เพื่อหาปริมาณการใช้ STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยพิจารณาวัตถุดิบที่ให้คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสดีที่สุด พิจารณาร่วมกับค่า weight gain และ cooking loss

3.6.1.4 ศึกษาผลการแช่กุ้งในสารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP

3.6.1.4.1 ศึกษาผลการแช่กุ้งในสารละลาย STPP 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับ 0%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%

ติดตามผลโดย หา %weight gain %cooking loss สีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) วัดด้วยเครื่องวัดสี ปริมาณ Phosphorus ในกุ้งต้มสุก วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เพื่อหาปริมาณการใช้ SAPP ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยใช้ปริมาณ Phosphorus ($\%P_2O_5$) ที่มีในกุ้งต้มสุกไม่เกิน 5000 ppm หรือ 0.5% (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529) เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.6.1.4.2 ศึกษาปริมาณการใช้ STPP ในระดับ 1%, 1.5% และ 2% ร่วมกับ SAPP ในระดับ 0.5%, 0.75% และ 1%

ติดตามผลโดย หา %weight gain %cooking loss สีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) วัดด้วยเครื่องวัดสี แรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Factorial experiment แบบ Symmetric two factor experiment ขนาด 3*3 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ก3.2 วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Factorial with Complete Block Design ขนาด 3*3 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เพื่อหาปริมาณการใช้ STPP ร่วมกับ SAPP ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยพิจารณาวัตถุดิบที่ให้คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสดีที่สุด พิจารณาร่วมกับค่า weight gain และ cooking loss

3.6.1.5 เปรียบเทียบคุณภาพของกุ้งต้มสุกที่ได้จากการแช่ในสารละลาย STPP ร่วมกับ $CaCl_2$ กับกุ้งต้มสุกที่ได้จากการแช่สารละลาย STPP ร่วมกับ SAPP ที่ให้คุณภาพของกุ้งต้มสุกดีที่สุด ซึ่งผลที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ติดตามผลโดย %weight gain %cooking loss สีของเนื้อกุ้งต้มสุก(เฉพาะส่วนสีขาว) วัดด้วยเครื่องวัดสี แรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely

Randomized Design ทดลอง 7 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ก3.2 วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมของการแช่สารละลายเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยพิจารณาคะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัส เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

3.6.2 ศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมของการแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุกด้วยไนโตรเจนเหลว

นำกุ้งต้มสุกที่ผ่านการเตรียมตามภาวะที่เลือกได้จากข้อ 3.6.1.5 บรรจุถุงพลาสติก Nylon/LLDPE ทำ vacuum pack นำไปแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งซึ่งเป็นอุณหภูมิภายใน Cryo Test Chamber เท่ากับ -70°, -90° และ -110 °C เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง ขึ้นอยู่กับเวลาที่ทำให้จุดกึ่งกลางของกุ้งมีอุณหภูมิประมาณ -18 °C

ติดตามผลโดย หาปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้สำหรับแช่เยือกแข็งกุ้งต้มสุกที่อุณหภูมิ -18 °C หาได้จากการคำนวณ วิธีการทำในภาคผนวก ค (Douglas, 1994) เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (%freezing loss) เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง (thawing loss) แรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Completely Randomized Design ทดลอง 5 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ก3.3 วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

เนื่องจากการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวสามารถตั้งอุณหภูมิของ chamber ที่ใช้ใส่ผลิตภัณฑ์สำหรับแช่เยือกแข็งได้ ดังนั้นจึงทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็ง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.6.3 ศึกษาหาเวลาของการแช่เยือกแข็ง (freezing time) และอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) ของวิธีการแช่เยือกแข็ง ด้วยลมเย็น และ ไอไนโตรเจนเหลว

ติดตามผลโดย

1. หาเวลาที่ต้องใช้ในการแช่เยือกแข็ง

ควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของกุ้งสุกให้อยู่ในช่วง 0-5 °C วิธีแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธีจะควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวกลางในการแช่เยือกแข็งของแต่ละวิธี โดยการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นจะทำให้อุณหภูมิภายในตู้ลดลงถึงอุณหภูมิต่ำสุดก่อนจึงใส่ผลิตภัณฑ์เข้าไป และ การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว จะเปิดเครื่องที่อุณหภูมิ -110 °C เพื่อทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องต่ำก่อนจึงนำผลิตภัณฑ์ใส่

เข้าไป และบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวกลางในการแช่เยือกแข็งแต่ละวิธีทันที ปริมาณที่ใส่ในตู้แช่เยือกแข็งแต่ละครั้งคงที่คือการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น และ การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว ใส่กุ้งสุกจำนวน 900 กรัม บันทึกเวลาที่ใช้ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนกระทั่งอุณหภูมิสุดท้ายของกุ้งสุกเป็น -18°C

การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น และ การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว สุ่มตัวอย่างเพื่อวัดอุณหภูมิจำนวน 1 ถุง (Prichard, 1995)

2. หาอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง

ต่อสาย Thermocouple 2 เส้น เข้ากับ Recorder เส้นหนึ่งวางแนบที่ผิวบนลำตัวกุ้ง อีกเส้นแทงลงไปในเนื้อกุ้งให้ได้ประมาณกึ่งกลางของลำตัว วัดระยะทางจากผิวถึงจุดกึ่งกลางของลำตัว (D) จาก Thermocouple ที่แทงลงไป เปิดเครื่องแช่เยือกแข็ง บันทึกอุณหภูมิจาก Recorder เมื่ออุณหภูมิที่ผิวของเนื้อกุ้งเท่ากับ 0 °C จนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงจากจุดเยือกแข็งลงอีก 10 °C (T) (IIR, 1972)

วิธีการคำนวณ

อัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง = D/T (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

3.6.4 ศึกษาคุณภาพของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

นำกุ้งที่ผ่านการแช่สารละลายจากข้อ 3.6.1.5 กับกุ้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย ไปนึ่ง 2 นาที แช่ในน้ำอุณหภูมิ 15°C 3 นาที วางไว้บนตะแกรง 2 นาที ให้สะเด็ดน้ำ บรรจุในถุงพลาสติก Nylon/LLDPE ทำ vacuum pack นำไปแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น เปิดเครื่องที่กำลังการทำงานสูงสุดของเครื่อง และ แช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวใช้อุณหภูมิที่หาได้จากข้อ 3.6.2 เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งเป็นเวลาที่ทำให้จุดกึ่งกลางของกุ้งมีอุณหภูมิประมาณ -18 °C จากนั้นนำผลิตภัณฑ์กุ้งแช่เยือกแข็งไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18°C ตรวจวิเคราะห์ทุก 6 สัปดาห์ เป็นเวลา 24 สัปดาห์

ติดตามผลโดย หา %thawing loss ปริมาณ TVB-N แรงที่ใช้เจาะเนื้อกุ้งต้มสุก ตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Factorial experiment แบบ Symmetric two factor experiment ขนาด 5*2*2 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Factorial with Complete Block Design ขนาด 5*2*2 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test

3.6.5 ศึกษาคุณภาพของกุ้งต้มสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น และไนโตรเจนเหลว หลังจากแช่เยือกแข็งทันทีและเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษา

ตัวอย่างที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้แบ่งเป็น 3 ตัวอย่างคือ

1. กุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย
2. กุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย บรรจุถุงพลาสติก Nylon/LLDPE แบบสุญญากาศ แช่เยือกแข็งด้วย ลมเย็นและไนโตรเจนเหลว
3. กุ้งต้มสุกที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย บรรจุถุงพลาสติก Nylon/LLDPE แบบสุญญากาศ แช่เยือกแข็งด้วย ลมเย็นและไนโตรเจนเหลว ผ่านการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ตัดตัวอย่างกุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็งให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง ยาว และหนา เท่ากับ 1, 0.5 และ 0.2 เซนติเมตร ตามลำดับ นำชิ้นตัวอย่างใส่ขวดที่บรรจุ glutaraldehyde 3% แช่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 4 °C (Giddings, 1976) แล้วส่งตัวอย่างให้ศูนย์เครื่องมือจุฬา ดำเนินการเคลือบทอง แล้วส่องดูลักษณะโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope ที่กำลังขยาย 150 และ 1500 เท่า