ผลของตัวแปรกระบวนการผลิตจิ้งหรีดผงผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผง

Effect of process parameters of cricket powder production via tray drying on the properties of the powder product

กิตติศักดิ์ ทองพรหม

ธัญพิสิษฐ์ เจริญแสง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลของตัวแปรกระบวนการผลิตจิ้งหรีดผงผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผง

Effect of process parameters of cricket powder production via tray drying on the properties of the powder production

จัดทำโดย

กิตติศักดิ์ ทองพรหม รหัสนักศึกษา 62080167

ธัญพิสิษฐ์ เจริญแสง รหัสนักศึกษา 62080192

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

คริษฐา อิ่มเอิบ

27 / พ.ค. / 66

(ผศ.ดร.คริษฐา อิ่มเอิบ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ ผลของตัวแปรกระบวนการผลิตจิ้งหรีดผงผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผง

ชื่อนักศึกษา กิตติศักดิ์ ทองพรหม รหัสนักศึกษา 62080167

ธัญพิสิษฐ์ เจริญแสง รหัสนักศึกษา 62080192

หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

พ.ศ. 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ศริษฐา อิ่มเอิบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตโปรตีนจิ้งหรีดผงผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดและปั่นบดเป็นผลิตภัณฑ์ผง โดยศึกษาผลของอุณหภูมิการทำแห้งที่ 80 90 100°C และระยะเวลาการทำแห้ง 180 198 240 นาที ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของจิ้งหรีดผงพบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาการทำแห้งเพิ่มขึ้น ตัวจิ้งหรีดจะมีความชื้นลดลงและสามารถปั่นเป็นผงที่มีขนาดเล็กได้ดี และละลายน้ำได้มากขึ้นแต่ผงจิ้งหรีดจะมีสีน้ำตาลเข้มนอกจากนี้การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง ซึ่งช่วยให้มีระยะเวลาการเก็บรักษานานยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณสารอาหาร พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการทำแห้งในช่วงอุณหภูมิ 80-100°C ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอาหารมากนัก โดยสภาวะที่สามารถผลิตจิ้งหรีดผงที่มีโปรตีนสูงที่สุดร้อยละ 70.35 คือที่อุณหภูมิการทำแห้ง 80°C และเวลาการทำแห้ง 240 นาที ซึ่งที่สภาวะนี้จะให้ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดผงที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ของอาหารแห้งคือ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.32 และปริมาณน้ำอิสระ 0.3539 ประมาณร้อยละ 55.57

คำสำคัญ: จิ้งหรีด ผลิตภัณฑ์ผง การทำแห้งแบบถาด โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title Effect of process parameters of cricket powder production via tray drying on the properties of the powder production

Student name Kittisak Thongprom Student ID 62080167

Thunyapisit Jaroensang Student ID 62080192

Program Bechelor of Science in Food Process Engineering

Year 2023

Advisor Asst.Prof.Dr.Karittha Im-orb

ABSTRACT

This research studied the production of cricket protein powder via tray drying and grinding processes by investigating the effect of drying temperature of 80, 90, 100°C and drying time of 180, 198, 240 min on the physical and chemical properties of cricket powder as the drying temperature increased, moisture content of cricket decreased causing it easy to be ground and good solubility but dark brown powder was obtained. Moreover, the increase in drying temperature could increase the product shelf life due to the decrease in water activity. Regarding the nutrient content, it was found that the change in drying temperature in a range of 80-100°C had no significant effect on the nutrient content. The suitable drying condition of cricket powder offering the highest protein content of 70.35% was achieved at drying temperature of 80°C, drying time 240 min. At this condition, 55.57% yield of cricket powder satisfying dry food specification (moisture content of 5.32% and aw of 0.3539) was obtained.

Keywords: Cricket, Powder product, Tray drying, Protein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจาก ผศ.ดร. คริษฐา อิ่มเอิบ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา การดำเนินงานวิจัย ตลอดจนได้ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในการจัดทำเล่มปัญหาพิเศษ ตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนกระทั่งดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมอาหาร ที่คอยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนร่วมทำวิจัยและเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รวมถึงขอขอบคุณ บิดา มารดาและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนตลอดจนการวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลทางการศึกษาและผู้สนใจทั่วไป เพื่อประโยชน์ด้านความรู้ การพัฒนา การประยุกต์ใช้ และเป็นองค์ความรู้หนึ่งที่จะสรรสร้างให้เกิดงานวิจัยอื่นๆ ต่อไปในภายภาคหน้า

กิตติศักดิ์ ทองพรหม

ธัญพิสิษฐ์ เจริญแสง

20 พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 จิ้งหรีด (Cricket).....3

2.2 กระบวนการทำแห้งแบบถาด (Tray dry).....3

2.3 การอบแห้ง (Drying).....4

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....8

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี.....8

3.2 อุปกรณ์.....8

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....14

4.1 ค่าความชื้นและอัตราการทำแห้งตัวจิ้งหรีด.....14

4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของจิ้งหรีดผง.....15

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....18

5.1 สรุปผล.....18

5.2 ข้อเสนอแนะ.....18

บรรณานุกรม.....19

ภาคผนวก.....20

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ.....21

ภาคผนวก ข เครื่องมือและวิธีการ.....24

ภาคผนวก ค ภาพประกอบการทดลอง.....27

ประวัติผู้เขียน.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ขนาดอนุภาคจิ้งหรีดผงที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ.....15

4.2 ค่าสี L*, a*, b*.....16

4.3 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดผง.....16

4.4 ปริมาณสารอาหารในจิ้งหรีดผง.....17

4.5 ความสามารถในการละลายน้ำที่ 120และ 140mesh.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. หลักการทำงานเครื่องทำแห้งแบบถาด....4

2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับอัตราการทำแห้งที่ระยะเวลาต่างๆ....5

3.1 ไดอะแกรมสัมประสิทธิ์สี a*, b*....11

4.1 แสดงปริมาณความชื้นของจิ้งหรีดต่อเวลาการทำแห้ง....14

4.2 แสดงอัตราการทำแห้งต่อเวลาการทำแห้ง....15

4.3 แสดงลักษณะและสีของจิ้งหรีดผงที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ ก) 80°C ข) 90°C และ ค) 100°C....16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ

การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างต่อเนื่องส่งผลให้มีความต้องการอาหารเพิ่มมากขึ้นทำให้มีความต้องการพื้นที่ในการผลิตอาหารทั้งพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่ปศุสัตว์มากขึ้นด้วยนอกจากนี้ยัง ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรรวมถึงสารเคมี และยาฆ่าแมลงในปริมาณมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างไรก็ตามพื้นที่การผลิตอาหารที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นทำให้ไม่สามารถผลิตอาหารได้อย่างเพียงพอ และอาจส่งผลให้เกิดภาวะการขาดแคลนอาหารได้

ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าวสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น ส่งเสริมการปลูกพืชแบบขั้นบันได การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชแบบสลับแถว การทำโครงการบำบัดน้ำเสีย การใช้มูลจากสัตว์เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินแทนการใช้สารเคมี การหาแหล่งอาหารใหม่ เช่น การหาโปรตีนทางเลือกอื่นๆเพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนจากปศุสัตว์ เช่น สาหร่าย ถั่ว แมลงหรือเพาะเลี้ยงขึ้นจากเซลล์ของสัตว์ หรือการปรับปรุงวิธีกระบวนการผลิตเดิมเพื่อลดการปนเปื้อนของสารเคมีและลดของเสียที่จะเกิดขึ้นจากการผลิตอาหารให้น้อยที่สุด การผลิตโปรตีนจากแมลงเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันเนื่องจากแมลงมีจำนวนมาก และใช้ต้นทุนและทรัพยากรในการเพาะเลี้ยงน้อย อีกทั้งยังมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีในการเพาะเลี้ยง

จิ้งหรีดเป็นแมลงชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาประกอบอาหารมากในเอเชีย ยุโรป และสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงโดย 100 กรัมของจิ้งหรีดให้พลังงานทั้งหมด 121.5 แคลอรี่ และประกอบด้วยโปรตีน 12.9 กรัม ไขมัน 5.5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.1 กรัม เหล็ก 9.5 กรัม, แคลเซียม 75.8 กรัม, ฟอสฟอรัส 185.3 กรัม และโปรแตสเซียม 305.5 กรัม (นิภา เบญจพงศ์ และ อุรุญากร จันทร์แสง 2540) โดยการบริโภคจิ้งหรีดสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การปรุงสุกในรูปแบบการทอดหรืออบแห้ง อย่างไรก็ตามข้อจำกัดทางภาพลักษณ์ทำให้ผู้คนบางส่วนไม่กล้ารับประทาน นอกจากนี้การที่จิ้งหรีดมีความชื้นสูงทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น ทำให้ความนิยมบริโภคจิ้งหรีดยังมีอยู่ในวงจำกัดซึ่งการแปรรูปจิ้งหรีดให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เช่น สแน็กบาร์ (snack bar) หรือโปรตีนจิ้งหรีดผง นอกจากจะช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าวแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคเพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งอาหารเพื่อเพิ่มสารอาหารให้กับอาหารชนิดอื่นๆ เช่น คุกกี้ ขนมปัง พาสต้า เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ศึกษาการผลิตโปรตีนผงจิ้งหรีดอย่างหลากหลาย เช่น ศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งรูปแบบต่างๆ เช่น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ตู้อบลมร้อน และไมโครเวฟ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผงจิ้งหรีด รวมถึงศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการทำแห้งด้วยวิธีข้างต้นยังคงมีต้นทุนการดำเนินการสูงและมีขั้นตอนที่ยุ่งยากดังนั้นหากสามารถหากระบวนการทำแห้งที่มีต้นทุนที่ราคาต่ำและขั้นตอนการดำเนินการง่ายจะช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษากระบวนการทำแห้งจิ้งหรีดผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาด โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการทำแห้งที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้และเพื่อหาสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมที่ให้คุณค่าทางอาหารมากที่สุดและเป็นไปตามเกณฑ์ของอาหารแห้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการทำแห้งจิ้งหรีดโดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของจิ้งหรีดผง

1.2.2 เพื่อหาสภาวะการทำแห้งที่ของจิ้งหรีดที่เหมาะสมมากที่สุด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้สภาวะการผลิตจิ้งหรีดผงที่เหมาะสมที่ให้จิ้งหรีดผงที่มีปริมาณและคุณค่าทางอาหารสูงสุดและเป็นไปตามเกณฑ์ของอาหารแห้งที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 15 และปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 (ประกาศสาธารณสุข พ.ศ. 2548 ฉบับที่ 293)

1.3.2 ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จิ้งหรีด (Cricket)

แมลงเป็นแหล่งอาหารที่มีประโยชน์และประกอบไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการอย่างมากอุดมไปด้วยโปรตีน ไขมันดี แคลเซียม ธาตุเหล็กและสังกะสี การเพาะเลี้ยงแมลงนั้นปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าการทำปศุสัตว์อย่างมาก และในทางเกษตรกรเริ่มหันมาทำการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดมากขึ้นเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่ที่สะอาดและปลอดภัย ในน้ำหนักสุทธิ 100 กรัม จิ้งหรีดให้พลังงาน 120 กิโลแคลอรี/น้ำหนักสด 100 กรัม

จิ้งหรีดเป็นแมลงที่นิยมมาประกอบอาหารอย่างมากในเอเชีย ยุโรป สหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมากในน้ำหนัก 100 กรัมให้พลังงานทั้งหมด 120 กิโลแคลอรี่และให้คุณประโยชน์ทางแร่ธาตุได้แก่ โปรตีน 12.9 กรัม ไขมัน 5.5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.1 กรัม เหล็ก 9.5 กรัม แคลเซียม 75.8 กรัม ฟอสฟอรัส 185.3 กรัมและโพแทสเซียม 305.5 กรัม (นิภา เบญจพงศ์ และ อุรุญากร จันทร์แสง,2540) การบริโภคจิ้งหรีดสามารถนำมาประกอบอาหารรูปแบบต่างๆโดยการปรุงสุกในรูปแบบต่างๆมากมายโดยการปรุงสุกในรูปแบบทอดหรืออบแห้งแต่ยังคงมีข้อจำกัดในการรับประทานเนื่องจากภาพลักษณ์ของจิ้งหรีดทำให้ผู้คนไม่กล้ารับประทานและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่ำเนื่องจิ้งหรีดมีปริมาณความชื้นสูง ดังนั้นเพื่อสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคและเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาอีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จึงต้องนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อเป็นแหล่งทางเลือกทางโปรตีนชนิดใหม่แก่ผู้คนที่ต้องการคุณประโยชน์ที่สูงจากแมลง

2.2 กระบวนการทำแห้งแบบถาด (Tray dry)

หลักการการทำแห้งแบบถาด คือ การนำวัตถุดิบวางไว้ในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน โดยใช้พัดลมมอเตอร์เป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ หรือเป่าตั้งฉากกับก้นถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบ เนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่ง ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกใดๆ ไม่เกิดความเสียหายจากการแตกหัก ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ (batch) จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขการอบเข้มงวด หรืออบวัตถุดิบหลายๆชนิดแต่จำนวนน้อยๆ หรือใช้กับการควบคุมแบบโปรแกรมซึ่งค่อยๆ ปรับอุณหภูมิไปตามความเหมาะสม

ข้อดี: 1. สามารถจัดการกับวัตถุดิบได้ง่าย

2. หลีกเลี่ยงการสูญเสียวัตถุดิบระหว่างการขนถ่ายและไม่ขนถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้สำหรับการทำงานแบบกะ (batch)

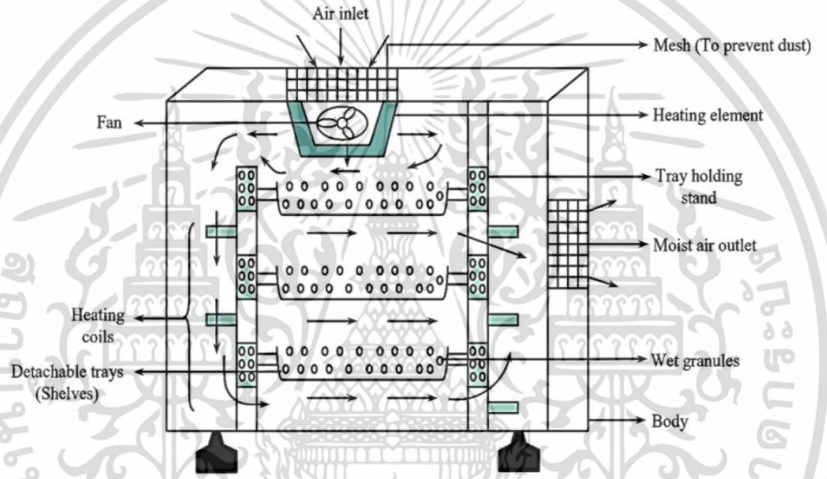
4. ไม่ต้องใช้ความชำนาญมากในการใช้งาน

5. มีประสิทธิภาพมากกับวัตถุดิบที่มีมูลค่าสูง

6. ง่ายในการติดตั้งเครื่อง

ข้อเสีย: 1. ใช้เวลาในการทำแห้งที่ค่อนข้างนาน

2. ไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนไม่ได้และเกิดออกซิไดซ์ได้



ภาพที่ 1 หลักการทำงานเครื่องทำแห้งแบบถาด

ที่มา: Electrical Workbook (2022)

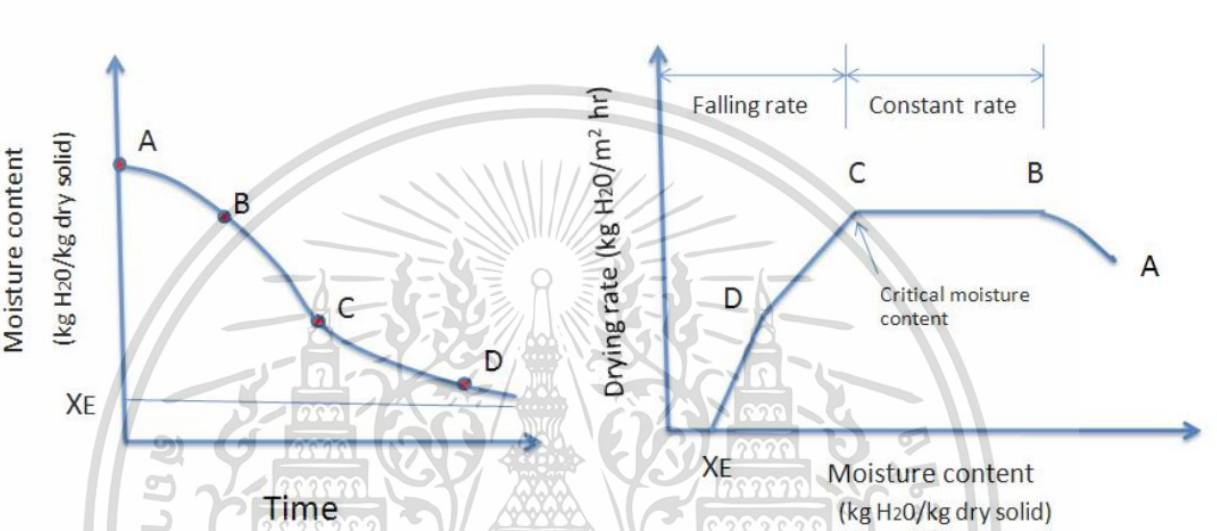
2.3 การอบแห้ง (Drying)

การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก-น้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบ เมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น(slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

เครื่องอบโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของ

ผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลได้ (yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

อัตราการทำแห้งของอาหาร ขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติของอาหารเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง และสภาวะแวดล้อมระหว่างการทำแห้ง เช่น ชนิดของเครื่องทำแห้ง (dryer) อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient) เป็นต้น แบ่งออกเป็น 3 ช่วง



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับอัตราการทำแห้งที่ระยะเวลาต่างๆ
ที่มา: foodnetworksolution (2009)

1. ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial adjustment period -AB) เป็นช่วงเริ่มต้นที่อาหารที่ใช้ในการอบแห้ง มีความชื้นเริ่มต้น (A) ของอาหารยังสูงอยู่ ผิวของอาหารจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกลางลมร้อนกับอาหาร ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวอาหาร มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของกระแสลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลาง อัตราการทำแห้งค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงอัตราทำแห้งคงที่ (constant rate)

2. ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant rate period -BC) เป็นช่วงที่น้ำภายในวัสดุเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้า พลังงานความร้อนที่วัสดุได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากของวัสดุอย่างต่อเนื่อง ความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลง ความชื้นของวัสดุ ณ เวลานี้ เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (critical moisture content)

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period CD และ DE) เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารสูงขึ้นเรื่อยๆ อัตราการอบแห้งจะลดลงความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่าความชื้นสมดุล (equilibrium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

moisture content, XE) ซึ่งเป็นความชื้นที่ต่ำสุด ภายใต้สภาวะที่ใช้อยู่ในขณะนั้น ที่ความชื้นนี้ อัตราการทำแห้งเป็นศูนย์ น้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมามีการศึกษากระบวนการแปรรูปด้วยการทำแห้งด้วยวิธี ไมโครเวฟ, เตาอบลมร้อนและแบบเยือกแข็งหรือการผลิตจิ้งหรีดผงเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ในการเสริมคุณค่าทางอาหารประเภทต่างๆ

2.4.1 ผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและหม้ออบลมร้อน

Bawa และคณะ (2020) ได้ทำการตรวจสอบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและเตาอบลมร้อนเพื่อดูองค์ประกอบทางจุลวิทยา และพารามิเตอร์สีของผงจิ้งหรีดโดยวิธีการทั้งสองแบบนั้นให้ผลแตกต่างหรือกันเคียงกันอย่างไร โดยผลจากการทดลองทั้งสองแบบโดยการทำแห้งแบบไมโครเวฟให้ผลดีกว่าการอบด้วยหม้ออบลมร้อนเนื่องจากการวัดค่าทางโภชนาการและระกับการวัดค่าสีที่ส่งผลออกมาดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ วิตามินโดยเห็นได้อย่างชัดเจนในผงจิ้งหรีดทั้งสองอย่างที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกัน ปริมาณวิตามินที่วัดได้โดยการทำแห้งแบบไมโครเวฟ (4.84 + 0.01 มก./100 ก. แบบแห้ง) และปริมาณวิตามินโดยการทำแห้งแบบหม้ออบลมร้อน (3.83 + 0.01 มก./100 ก. แบบแห้ง) แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่ถึงอย่างนั้นระดับของ Staphylococcus aureus ในทุกตัวอย่างนั้นต่ำกว่าเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ แต่การทดลองนี้มุ่งเน้นไปที่คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณทางชีววิทยา และพารามิเตอร์ เพื่อประเมินการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเทคนิคการอบแห้งในการจัดการกับความหลากหลายของมาตราฐานอาหารและนโยบายความปลอดภัยของอาหารเพื่อให้ได้ความหลากหลายของผลการทดลองในการพัฒนา

ผลของการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเทคนิคการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงคุณประโยชน์ทางโภชนาการ และปริมาณทางจุลชีววิทยาเนื่องจากมีปัจจัยทางโภชนาการในผงจิ้งหรีดที่สูงกว่าการทำแห้งด้วยหม้ออบลมร้อนโดยการเสริมผลิตภัณฑ์อาหารด้วยผงจิ้งหรีดสามารถช่วยลดอัตราการขาดสารอาหารต่างๆรวมไปถึง วิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด

2.4.2 ลักษณะการเก็บรักษาผงจิ้งหรีด

Lee และคณะ (2020) ต้องการศึกษาผลของลักษณะการเก็บรักษาผงจิ้งหรีดด้วยกระบวนการทำแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษา ผลที่พบ กระบวนการทำแห้งด้วยวิธีแบบเยือกแข็งมีค่าการดูดกลืนน้ำที่สูงกว่ากระบวนการทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อนและไม่มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลง pH อย่างมีนัยสำคัญแต่พบเชื้อแบคทีเรียที่มีชีวิต 3.56 Log CFU/g. ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40°C ภายในระยะเวลา 14 วัน

2.4.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนและองค์ประกอบของเปปไทด์

Montowska และคณะ (2019) ต้องการจะศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนและองค์ประกอบเปปไทด์ของผงจิ้งหรีดที่รับประทานได้ผลที่พบ จิ้งหรีดมีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยโปรตีน (55–60%) ไขมัน (24–29%) ไฟเบอร์ (3.5%-7%) และแร่ธาตุ ปริมาณแร่ธาตุที่วิเคราะห์ใน 100 กรัมของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Ca (139–218 มก.) K (826–1224 มก.) Mg (86–113 มก.) Na (263–312 มก.) Cu (2.33–4.51 มก.) Fe (4.06–5.99 มก.) Mn (4.1–12.5 มก.) และ Zn (12.8–21.8 มก.) ดังนั้นจึงอาจกลายเป็นส่วนผสมของอาหารที่มีคุณค่าสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

DA ROSA MACHADO และคณะ (2019) ศึกษาผงจิ้งหรีดโปรตีนทางเลือกใหม่ของขนมปังปราศจากกลูเตน ผลที่พบ ผงจิ้งหรีดมีคุณประโยชน์อุดมไปด้วยโภชนาการทั้งโปรตีนและไขมันรวมทั้งยังมีแร่ธาตุอีกด้วย เป็นโปรตีนทางเลือกที่ดีในการเป็นสารเติมแต่งอาหารไม่ว่าจะเป็นขนมปังหรือในอาหารต่างๆจากตัวเลขเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการเติมโปรตีนผงจิ้งหรีด10% ของส่วนประกอบอาหารมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 40% เมื่อเทียบกับแป้งเลนทิลหรือแป้งบัควีทที่เติมปริมาณเท่ากันแต่ปริมาณโปรตีนไม่ได้เพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับผงจิ้งหรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

จิ้งหรีดสายพันธุ์ทองแดงทองดำ จากล็อตโต้ฟาร์ม จังหวัดชลบุรี

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 น้ำกลั่น

3.1.2.2 catalist แบบเม็ด

3.1.2.3 กรดซัลฟิวริก

3.1.2.4 กรดบอริก

3.1.2.5 อินดิเคเตอร์

3.1.2.6 กรดไฮโดรคลอริก

3.1.2.7 ปิโตรเลียม อีเทอร์

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 หม้อนึ่งสแตนเลสไอน้ำ 3 ชั้น

3.2.2 ตะแกรงสี่เหลี่ยม

3.2.3 เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dry)

3.2.4 เครื่องปั่นละเอียด แบบใบมีด 6 แฉก

3.2.5 ตะแกรงขนาด 80, 112 , 120, 140 , 160 mesh

3.2.6 เครื่องร่อนผง (Sieving shaker)

3.2.7 เครื่องวัดสี Minolta cr-400

3.2.8 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 3 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 Moisture can

3.2.10 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.2.11 โถดูดความชื้น

3.2.12 Hot plate

3.2.13 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

3.2.14 เตาเผา

3.2.15 ตู้ดูดควัน

3.2.16 ชุดย่อยโปรตีน

3.2.17 ชุดกลั่นโปรตีน

3.2.18 ขวดรูปชมพู่ 50 มล.

3.2.19 บีกเกอร์ 50 มล.

3.2.20 เครื่อง Water activity meter

3.2.21 บิวเรต

3.2.22 ขาตั้งบิวเรต

3.2.23 ที่จับบิวเรต

3.2.24 แก้วเคลือบ

3.2.25 Extraction cup

3.2.26 เครื่อง Soxtec

3.2.27 เครื่องสกัดเยื่อใย (Fiber analyzer)

3.2.28 เครื่องหมุนเหวี่ยง

3.2.29 หลอดหมุนเหวี่ยง 50 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบจิ้งหรีดสด 100 กรัม ล้างน้ำไหลให้ทั่วถึงเป็นเวลา 1-2 นาทีโดยประมาณ จากนั้นนำไปลวกเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในแมลง เป็นเวลา 5 นาที ด้วยหม้อนึ่งสแตนเลส 3 ชั้น ใส่น้ำที่ก้นหม้อปริมาตร 900 มล. วัดอุณหภูมิให้น้ำเดือดที่ 100°C จากนั้นนำมาผึ่งให้แห้งบนตะแกรง

3.3.2 ขั้นตอนการทำแห้งแบบถาด (tray dry)

นำวัตถุดิบที่เตรียมมาแล้ว ทำการทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 80,90และ100°C วัดปริมาณความชื้นทุกๆ 30 นาทีด้วยเครื่อง moisture halogen mettle Toledo HX204 จนกว่าจะได้ปริมาณความชื้นที่ต้องการ 5 %

3.3.2 ขั้นตอนการทำเป็นผง

นำตัวอย่างหลังการทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 80,90และ100°C มาปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้งแบบละเอียดใบมีด 6 แฉก จากนั้นจะได้เป็นผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดผงละเอียด

3.3.3 ขั้นตอนการหาขนาดอนุภาค

นำผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดผงนำมาร่อนโดยใช้เครื่องร่อนผง (sieving shaker) โดยใช้ขนาดตะแกรงที่ 80,112,120,140และ160 mesh มาทดสอบว่าผงที่ผ่านการทำแห้งแต่ละอุณหภูมิสามารถผ่านตะแกรงขนาดที่เท่าไหร่เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่อไป

3.3.4 ขั้นตอนการหา %yield

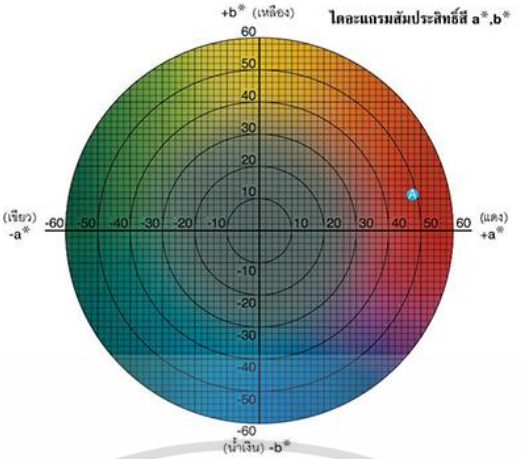
หาได้โดยใช้สูตร

%yield = (น้ำหนักหลังทำจิ้งหรีดผง / น้ำหนักจิ้งหรีดก่อนทำแห้ง) * 100 (1)

3.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE

วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Minolta cr-400 รายงานค่าเป็น L* , a* , b* โดยค่า L* หมายถึงค่าความสว่างยิ่งมีค่ามากจะยิ่งสว่างมาก ค่า a* และ b* หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์สี เช่น +a* อยู่ในทิศของสีแดง, -a* อยู่ในทิศของสีเขียว, +b* อยู่ในทิศของสีเหลือง และ –b* อยู่ในทิศของสีน้ำเงิน แสดงได้ดังภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ไดอะแกรมสัมประสิทธิ์สี a*, b*

3.3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content)

วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง moisture halogen mettle Toledo HX204 วัดค่าทุกๆ 30 นาทีจนกว่าจะได้ค่าความชื้นสุดท้ายที่ 5%

3.3.7 ขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash)

โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างจิ้งหรีดผง 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำไปให้ความร้อนด้วย hotplate จนกว่าควันจะหมดในตู้ดูดควัน จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 3 ชม. ทิ้งให้เย็นลง 30 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและทำการชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักที่ชั่งได้จะคงที่ เมื่อคงที่สามารถคำนวณหา %เถ้า ได้จากสูตร

%เถ้า = (น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา / น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา) * 100 (2)

3.3.8 ขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein)

ใช้วิธีเจลดาห์ โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างจิ้งหรีดผง 1-2 กรัม ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน เติม catalist ตัวอย่างละ 2 เม็ด จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกตัวอย่างละ 20 มล. นำไปใส่ในชุดย่อยโปรตีนตั้งอุณหภูมิ 400-420°C ใช้เวลาประมาณ 1- 1 ชม.ครึ่ง จะได้สารละลายสีฟ้าใส จากนั้นเตรียมกรดบอริกเข้มข้น 2% ที่เติมอินดิเคเตอร์แล้วใส่ในขวดรูปชมพู่ นำสารละลายสีฟ้าใสและขวดรูปชมพู่ใส่ในชุดกลั่นโปรตีน เปิดให้เครื่องทำงานใช้เวลาประมาณ 5 นาทีจะได้สารละลายสีเขียว จากนั้นนำไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกจนได้จุดยุติเป็นสีม่วง จดปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณจากสูตร หาปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไนโตรเจน = ((ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง – ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรต blank)*(ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก*1.4007)/(น้ำหนักตัวอย่าง)) (3)

จากนั้นหา %โปรตีนได้จากสูตร

%โปรตีน = ปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก * 6.25 (4)

3.3.9 ขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Fat)

โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างจิ้งหรีดผง 2-3 กรัม ใส่ใน extraction cup จากนั้นนำไปใส่เครื่อง soxtec เปิดให้เครื่องทำงานใส่ petroleum ether ตัวอย่างละ 80 มล. เมื่อเครื่องสกัดเสร็จแล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 100-105°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทิ้งเย็นในโถดูดความชื้น เมื่อเย็นนำไปชั่งน้ำหนัก extraction cup

นำไปคำนวณหา % ไขมันได้ จากสูตร

%ไขมัน = ((น้ำหนัก extraction cup หลังสกัดไขมัน - น้ำหนัก extraction cup ก่อนสกัดไขมัน)/(น้ำหนักตัวอย่าง))*100 (5)

3.3.10 ขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ (Fiber)

โดยนำแก้วเคลือบเผาที่เตาเผาอุณหภูมิ 300°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 400°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 550°C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างจิ้งหรีดผง 1-2 กรัมใส่ในแก้วเคลือบ นำไปใส่เครื่องสกัดเยื่อใย ใช้เวลาประมาณ 1-2ชม. เมื่อสกัดเสร็จนำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 100-105°C เป็นเวลา 3 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบคำนวณหา %เส้นใยหยาบ ได้จากสูตร

%เส้นใย = ((น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ – น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา) / (น้ำหนักตัวอย่าง)) * 100 (6)

3.3.11 ขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

โดยหาจากวิธีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFE)

จากสูตร % คาร์โบไฮเดรต

%คาร์โบไฮเดรต = 100 – (% ความชื้น + % เถ้า + % ไขมัน + % เส้นใยหยาบ) (7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.12 ขั้นตอนวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Water solubility)

โดยหาจากวิธี A/S Niro Atomizer (1978) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างจิ้งหรีดผง 3 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ปริมาตร 50 มล. เติมน้ำ 30 มล. จากนั้นให้ความร้อนบน hot plate อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 15 นาที จากนั้นใส่หลอดหมุนเหวี่ยงปริมาตร 50 มล. นำไปใส่เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 600 rpm เป็นเวลา 5 นาที เมื่อเสร็จรอบแรกเติมน้ำเพิ่ม 20 มล. และทำซ้ำอีกครั้ง จากนั้นอ่านค่าตะกอนที่ได้นำมาเปรียบเทียบกันกับตัวอย่างอื่น คำนวณได้จากสูตร

% ความสามารถในการละลาย = ((น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมหลังอบ – น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเปล่า) / (น้ำหนักตัวอย่าง)) * 100 (8)

3.3.13 ขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity)

โดยใช้เครื่อง Water activity meter สามารถวัดสเกลได้ตั้งแต่ 0-1 aw โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ $\pm$ 0.02 aw ใช้ปริมาณตัวอย่างจิ้งหรีดผงน้ำหนักไม่เกิน 1 กรัมในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

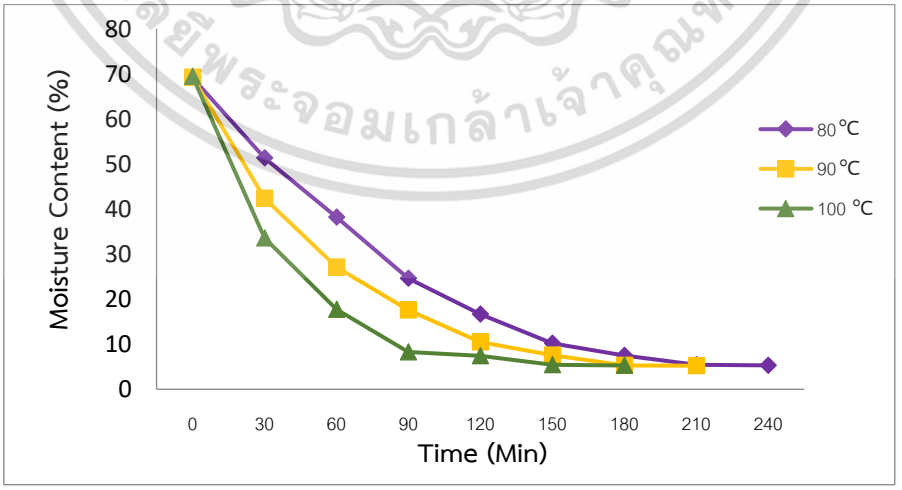
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการทำแห้งของจิ้งหรีดในเครื่องทำแห้งแบบถาดโดยในการทดลองจะกำหนดน้ำหนักของจิ้งหรีดเริ่มต้นให้คงที่ที่ 100 $\pm$ 0.5 กรัม และตรวจสอบค่าความชื้นของจิ้งหรีดที่อุณหภูมิทำแห้ง 80, 90, 100°C ที่เวลาการทำแห้ง 240, 210, 180 นาที ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาการทำแห้งที่มีคุณสมบัติของจิ้งหรีดที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

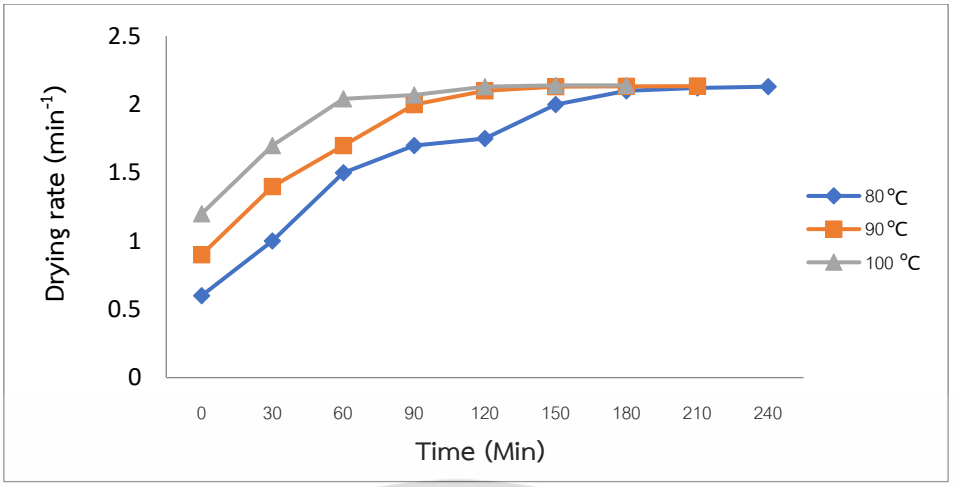
4.1 ค่าความชื้นและอัตราการทำแห้งตัวจิ้งหรีด

จากภาพที่ 4.1 พบว่า ที่อุณหภูมิ 80°C ปริมาณความชื้นในช่วงเวลาการทำแห้งตั้งแต่ 0 ถึง 180 นาที จะมีค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งเวลาที่ 210 นาทีเป็นต้นไป ค่าความชื้นจะมีค่าลดลงค่อนข้างคงที่, ที่อุณหภูมิ 90°C ปริมาณความชื้นในช่วงเวลาการทำแห้งตั้งแต่ 0 ถึง 150 นาทีจะมีค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งเวลาที่ 180 นาทีเป็นต้นไป ค่าความชื้นจะมีแนวโน้มคงที่ และที่อุณหภูมิ 100°C ปริมาณความชื้นในช่วงเวลาการทำแห้งตั้งแต่ 0 ถึง 90 นาทีจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญและเริ่มมีแนวโน้มคงที่เมื่อเวลาการทำแห้งมากกว่า 90 นาที เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศร้อนกับจิ้งหรีดมาก ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ดีทำหน้าระเหยออกจากตัวจิ้งหรีดได้ในปริมาณมาก สังเกตได้จากกราฟที่อุณหภูมิสูงกว่าจะมีความลาดชันมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อพิจารณาอัตราการทำแห้ง จากภาพที่ 4.2 พบว่าเมื่อระยะเวลาการทำแห้งเพิ่มขึ้นอัตราการทำแห้งจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการลดลงของความชื้นเมื่อเวลาการทำแห้งเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณความชื้นของจิ้งหรีดต่อเวลาการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงอัตราการทำแห้งต่อเวลาการทำแห้ง

4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของจิ้งหรีดผง

จิ้งหรีดผงที่ได้จากการนำจิ้งหรีดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดที่สภาวะต่างกัน มาปั่นและบดเพื่อลดขนาดแล้วนั้น จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบ

4.2.1 ลักษณะทางกายภาพภายนอกและค่าสี

เมื่อนำจิ้งหรีดที่ผ่านการอบแห้งมาปั่นเพื่อทำเป็นผงพบว่าจิ้งหรีดผงที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 90°C สามารถปั่นเป็นผงละเอียดร่วนและที่การทำแห้งที่อุณหภูมิ 100°C มีลักษณะผงที่ละเอียดมากที่สุด เนื่องจากมีความแห้งและเปราะทำให้เกิดการแตกเป็นผงได้ง่าย โดยขนาดอนุภาคสามารถผ่านที่ตะแกรงขนาด 140 mesh ในขณะที่อุณหภูมิ 80 และ 90°C สามารถผ่านที่ตะแกรงขนาด 120 mesh แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และผงจิ้งหรีดที่อุณหภูมิ 80°C มีลักษณะสีน้ำตาลอ่อน ที่อุณหภูมิ 90°C มีลักษณะสีน้ำตาล เข้มขึ้นและอุณหภูมิ 100°C มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มมากที่สุด แสดงได้ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ขนาดอนุภาคของจิ้งหรีดผงที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ

อุณหภูมิการทำแห้ง	ขนาดของอนุภาค (Mesh)				
	80	112	120	140	160
80°C	/	/	/	-	-
90°C	/	/	/	-	-
100°C	/	/	/	/	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าสี L*, a*, b* ของจิ้งหรีดผง

ค่าสี	80°C	90°C	100°C
L*	44.15 ± 0.1	39.77 ± 0.12	37.5 ± 0.14
a*	2.66 ± 0.08	2.04 ± 0.2	1.61 ± 0.1
b*	5.43 ± 0.09	4.48 ± 0.16	3.77 ± 0.06

ก) 80°C ข) 90°C ค) 100°C

ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะและสีของจิ้งหรีดผงที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ ก) 80°C ข) 90°C และ ค) 100°C

4.2.2 ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในจิ้งหรีดผง

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของจิ้งหรีดผงที่ผลิตจากสภาวะการทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิต่างกันพบว่า ความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ 5% ที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาในการทำแห้ง 240 นาทีและมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.3539, ที่อุณหภูมิ 90°C ใช้เวลาในการทำแห้ง 198 นาทีและมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.2985, ที่อุณหภูมิ 100°C ใช้เวลาในการทำแห้ง 180 นาทีและมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.1182 สังเกตได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้นระยะเวลาในการทำแห้งจะสั้นลงความชื้น และปริมาณน้ำอิสระจะมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดผง

อุณหภูมิการทำแห้ง	เวลา (min)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณน้ำอิสระ
80°C	240	5.32 ± 0.01	0.3539 ± 0.004
90°C	198	5.25 ± 0.01	0.2985 ± 0.002
100°C	180	5.29 ± 0.01	0.1182 ± 0.005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ปริมาณสารอาหารในจิ้งหรีดผง

เมื่อนำจิ้งหรีดผงที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.4 พบว่าที่อุณหภูมิการทำแห้ง 80°C, 90°C และ100 °C ไม่ทำให้ปริมาณสารอาหารในจิ้งหรีดผงแตกต่างกันมากนักโดยที่อุณหภูมิการทำแห้ง 80°C และเวลาการทำแห้ง 240นาที จะให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 70.35

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารอาหารในจิ้งหรีดผง

สารอาหาร	80°C	90°C	100°C
%โปรตีน	70.35 ± 0.03	69.80 ± 0.03	68.98 ± 0.04
%ไขมัน	13.83 ± 0.07	14.02 ± 0.05	14.18 ± 0.05
%เถ้า	4.83 ± 0.04	4.81 ± 0.02	4.66 ± 0.04
%เส้นใยอาหาร	5.95 ± 0.04	5.21 ± 0.03	5.04 ± 0.08
%คาร์โบไฮเดรต	6.53 ± 0.04	6.22 ± 0.08	6.03 ± 0.05

4.2.4 ความสามารถในการละลายของจิ้งหรีดผง

จากตารางที่ 4.5 พบว่าที่ขนาดอนุภาค 120 mesh เมื่ออุณหภูมิการทำแห้งสูงขึ้นจะมีค่าความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากลักษณะผงที่ 100°C มีความร่วนมากกว่าจึงละลายน้ำได้ดีกว่า และที่อุณหภูมิการทำแห้งเท่ากับ 100 °C จิ้งหรีดผงที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าจะละลายน้ำได้ดีกว่า

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการละลายน้ำที่ 120และ 140 mesh

อุณหภูมิ (°C)	ขนาดอนุภาค (mesh)	ความสามารถการละลายน้ำ (%)
80	120	10.26 ± 0.02
90	120	11.99 ± 0.09
100	120	15.57 ± 0.03
	140	17.43 ± 0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการทำแห้งจิ้งหรีดโดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของจิ้งหรีดผง เพื่อหาสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมที่ให้จิ้งหรีดผงที่มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิการทำแห้ง 80°C และใช้เวลาทำแห้งที่ 240 นาที จะให้จิ้งหรีดผงที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ร้อยละ 70.35 และมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน โดยสามารถผ่านตะแกรงขนาด 120 meshได้ โดย L* เท่ากับ 44.15$\pm$0.1, a* เท่ากับ 2.66$\pm$0.08 และb* เท่ากับ 5.43$\pm$0.09 ซึ่งที่สภาวะนี้ค่าร้อยละผลได้ คิดเป็น 55.57$\pm$0.48 และคุณสมบัติทางเคมีมีพบว่า ปริมาณน้ำอิสระมีค่าเท่ากับ 0.3539$\pm$0.004, ค่าความสามารถในการละลายน้ำคิดเป็นร้อยละ 10.26$\pm$0.02 และปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.32 ผลการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละของสารอาหารองค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีโปรตีน 70.35, ไขมัน 13.83, เถ้า 4.83, เส้นใยอาหาร 5.95 และคาร์โบไฮเดรต 6.53 ซึ่งจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ได้นั้น จิ้งหรีดผงที่ผลิตได้มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ของอาหารแห้งและสามารถเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคและนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งอาหารได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการเพิ่มและลดช่วงอุณหภูมิในการทำแห้งเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเพิ่มเติมเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น

5.2.2 ศึกษาเพิ่มเติมในการลดปริมาณความชื้นสุดท้ายให้น้อยลงเพื่อได้ระยะการเก็บรักษาที่มากขึ้นกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สาระ น่ารู้. 2559. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://foodchemitry.blogspot.com/2016/10/blog-post_20.html.

Bawa, Michael, Sirichai Songsermpong, Chanwit Kaewtapee, and Wasaporn Chanput. (2018). "Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (Acheta domesticus)." Journal of Food Processing and Preservation 44, no. 5 (2020): e14407.

DA ROSA MACHADO, Carolina; THYS, Roberta Cruz Silveira. Cricket powder (Gryllus assimilis) as a new alternative protein source for gluten-free breads. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2019, 56: 102180.

Lee, Ha Eun, Won Yeong Bang, Yeojin Kim, Sujin Bae, Dongyup Hahn, and Young Hoon Jung. (2020). "Storage characteristics of two spotted cricket (Gryllus bimaculatus De Geer) powder according to drying method and storage temperature." Entomological Research 50, no. 11 (2020): 517-524.

Montowska, M., Kowalczewski, P. Ł., Rybicka, I., & Fornal, E. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. Food chemisty, 2019, 290, 130-138.

Food Network Solution. 2009. Drying rate. [Online].Available: https://www.foodnetwork solution.com/wiki/word/0663/drying-rate.

iEnergyGuru. 2015. Drying. [Online]. Available: https://ienergyguru.com/2015/09/drying. 18 September 2015.

Electrical Workbook. 2022 .Tray dryer. [Online]. Available: https://electricalwork book.com/tray-dryer. 26 June 2022.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 การหา % yield

สูตรการคำนวณ

(น้ำหนักหลังทำจิ้งหรีดผง / น้ำหนักจิ้งหรีดก่อนทำแห้ง) * 100

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักหลังทำจิ้งหรีดผง = 55.8 กรัม

น้ำหนักจิ้งหรีดก่อนทำแห้ง = 100.38 กรัม

จะได้ว่า %yield = (55.8 / 100.38) * 100 = 55.59 %

ก.2 การหา Drying rate (min^{-1})

สูตรการคำนวณ

(ปริมาณความชื้นที่เวลา t_1 – ปริมาณความชื้นที่เวลา t_2) / (t_2 – t_1)

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณความชื้นที่เวลา t_1 = 69.13 %

ปริมาณความชื้นที่เวลา t_2 = 51.3 %

t_1 = 0 นาที

t_2 = 30 นาที

จะได้ว่า Drying rate = (69.13 – 51.3) / (30-0) = 0.6 min^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การหา % เถ้า

สูตรการคำนวณ

(น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา / น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา) * 100

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา = 0.08 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา = 1.68 กรัม

จะได้ว่า %เถ้า = (0.08 / 1.67) * 100 = 4.79 %

ก.4 การหา % โปรตีน

สูตรการคำนวณ

หาปริมาณร้อยละของไนโตรเจน

((ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง – ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรต blank) * (ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก * 1.4007) / (น้ำหนักตัวอย่าง))

จากนั้นหา % โปรตีน

ได้จาก ปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก * 6.25

ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง = 15.63

ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรต blank = 9.28

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก = 2%

น้ำหนักตัวอย่าง = 1.58 กรัม

จะได้ว่า ปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก = ((15.63 – 9.28) * (2 * 1.4007) / (1.58)) = 11.256

ปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก = 11.256

จะได้ว่า %โปรตีน = 11.256 * 6.25 = 70.35 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 การหา % ไขมัน

สูตรการคำนวณ

((น้ำหนัก extraction cup หลังสกัดไขมัน – น้ำหนัก extraction cup ก่อนสกัดไขมัน) / (น้ำหนักตัวอย่าง)) * 100

น้ำหนัก extraction cup หลังสกัดไขมัน = 4.78 กรัม

น้ำหนัก extraction cup ก่อนสกัดไขมัน = 4.42 กรัม

น้ำหนักตัวอย่าง = 2.64 กรัม

จะได้ว่า %ไขมัน = ((4.78 – 4.42) / (2.64)) * 100 = 13.89 %

ก.6 การหา % เส้นใยหยาบ

สูตรการคำนวณ

((น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ – น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา) / (น้ำหนักตัวอย่าง)) * 100

น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ = 3.34 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา = 3.25 กรัม

น้ำหนักตัวอย่าง = 1.54 กรัม

จะได้ว่า %เส้นใยหยาบ = ((3.34 – 3.25) / (1.54)) * 100 = 5.95 %

ก.7 การหา % ความสามารถในการละลายน้ำ

สูตรการคำนวณ

(น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมหลังอบ – น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเปล่า) / (น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้) * 100

น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมหลังอบ = 5.21 กรัม

น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเปล่า = 4.9 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ = 3.08 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า %ความสามารถในการละลายน้ำ = (5.21 – 4.9) / (3.08) * 100 = 10.26 %

ภาคผนวก ข

เครื่องมือและวิธีการ

ภาพที่ ข.1 เครื่องวัดวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Water Activity (a_w) AQUA LAB รุ่น 4TE)

วิธีการใช้งาน

1.เปิดสวิตช์ ON/OFF ที่ด้านหลังเครื่องเพื่อเริ่มการทำงาน

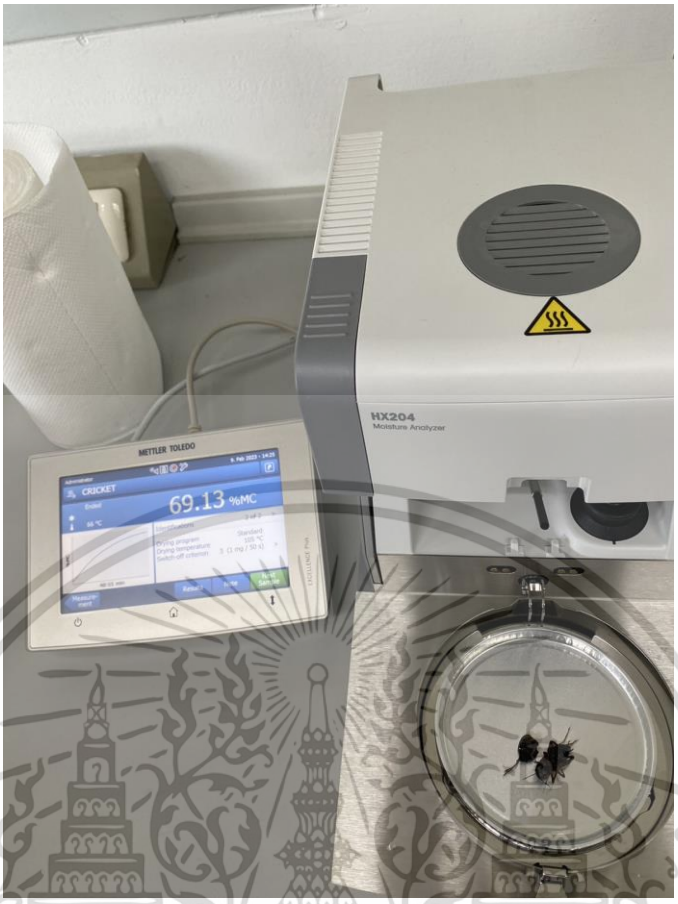
2.เลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปด้านขวา เพื่อเปิดฝาเครื่อง สำหรับใส่ตัวอย่างไม่เกินครึ่งตลับ

3.จากนั้นนำตัวอย่างชั่งแล้วใส่ในตลับสำหรับการวัดวอเตอร์แอคทีวิตี้ แล้วจึงเปิดฝาของเครื่อง

4.นำตัวอย่างใส่ลงในช่องสำหรับวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ จากนั้นปิดฝาแล้วเลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปทางด้านซ้ายมือเพื่ออ่านค่าของตัวอย่างเป็นแบบอัตโนมัติ

5.หลังจากอ่านค่าเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณเตือน 3 ครั้ง และแสดงสัญลักษณ์แผ่นบันทึก (Diskette) เป็นอันเสร็จสิ้นการวัดค่า จากนั้นเลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปทางขวามือและเปิดฝาเพื่อนำตัวอย่างออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.2 เครื่องวัดค่าปริมาณความชื้น (Moisture Halogen Mettler: Toledo รุ่น HX204)

วิธีการใช้งาน

1.เปิดเครื่องสำรองไฟแล้วเสียบปลั๊กเครื่อง Moisture Halogen จากนั้นเปิดสวิตช์ Power ที่ด้านหลังเครื่อง จากนั้นเครื่องจะเปิดโดยอัตโนมัติ

2.เมื่อเปิดเครื่องเสร็จ ทำการเปิดฝาสำหรับใส่ตัวอย่างในการวัดค่าปริมาณความชื้น โดยการเปิดปุ่ม OPEN ที่หน้าจอของเครื่อง

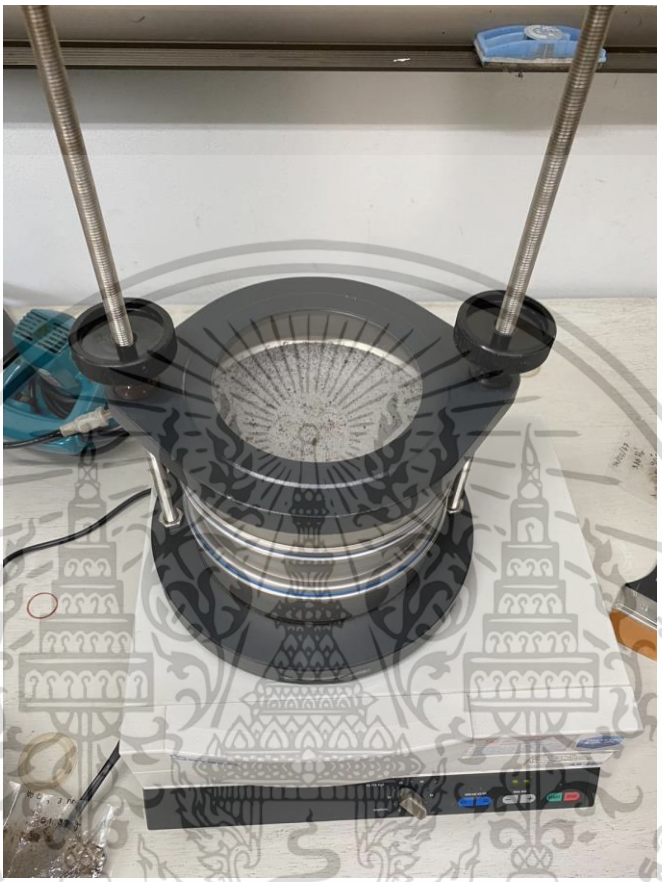
3.หลังจากเปิดฝาแล้วทำการตั้งชื่อของตัวอย่างที่ต้องการวัดและรอบของการทำซ้ำ เพื่อเป็นการบันทึกไม่ให้ข้อมูลสูญหาย

4.หลังจากนั้นทำการวางถาดรองสำหรับใส่ตัวอย่าง ลงไปในช่องของเครื่องและกดปุ่ม Tare ที่หน้าจอเครื่องเพื่อหักค่าน้ำหนักของถาดออกไป

5.นำตัวอย่างที่ต้องการวัด(น้ำหนักไม่ควรเกิน 3 กรัม)เทลงบนถาดที่ทำการ Tare แล้ว ตัวเลขค่าน้ำหนักจะปรากฏบนหน้าจอของเครื่อง เมื่อได้น้ำหนักที่คงที่แล้ว กดปุ่ม Start drying บนหน้าจอเพื่อทำการวัดค่าปริมาณความชื้น ตัวฝาเครื่องจะปิดลงและทำการวัดปริมาณความชื้นโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.เมื่อวัดค่าเสร็จจะเปิดฝาตัวเองโดยอัตโนมัติ และแสดงค่าปริมาณความชื้นที่หน้าจอของเครื่อง จากนั้นจดบันทึกข้อมูล นำตัวอย่างและถาดรองออกจากตัวเครื่อง และทำการปิดฝาของเครื่องโดยกดปุ่มที่หน้าจอเป็นอันเสร็จสิ้น



ภาพที่ ข.3 เครื่องร่อนผง (Sieve Shaker Retsch-AS200)

วิธีการใช้งาน

1.ใส่ขนาดตะแกรงตามที่ต้องการจะวิเคราะห์ เรียงจากความถี่ mesh น้อยไปมาก

2.เปิดเครื่อง โดยกดปุ่ม start แล้วปรับความแรงสั่นเริ่มจากน้อยไปมาก เมื่อขนาดของผงเริ่มไม่ค่อยผ่านชั้นแล้วจึงปรับความแรงสั่นเพิ่ม

3.ปิดเครื่องจากนั้นถอดชั้นตะแกรงมาตรวจสอบว่าผงสามารถผ่านถึงชั้นไหนได้ จดบันทึกข้อมูลเป็นอันเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพประกอบการทดลอง

ภาพที่ ค.1 ตัวอย่างจิ้งหรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.2 ตัวอย่างจิ้งหรีดก่อนอบแห้ง 3 ซ้ำ

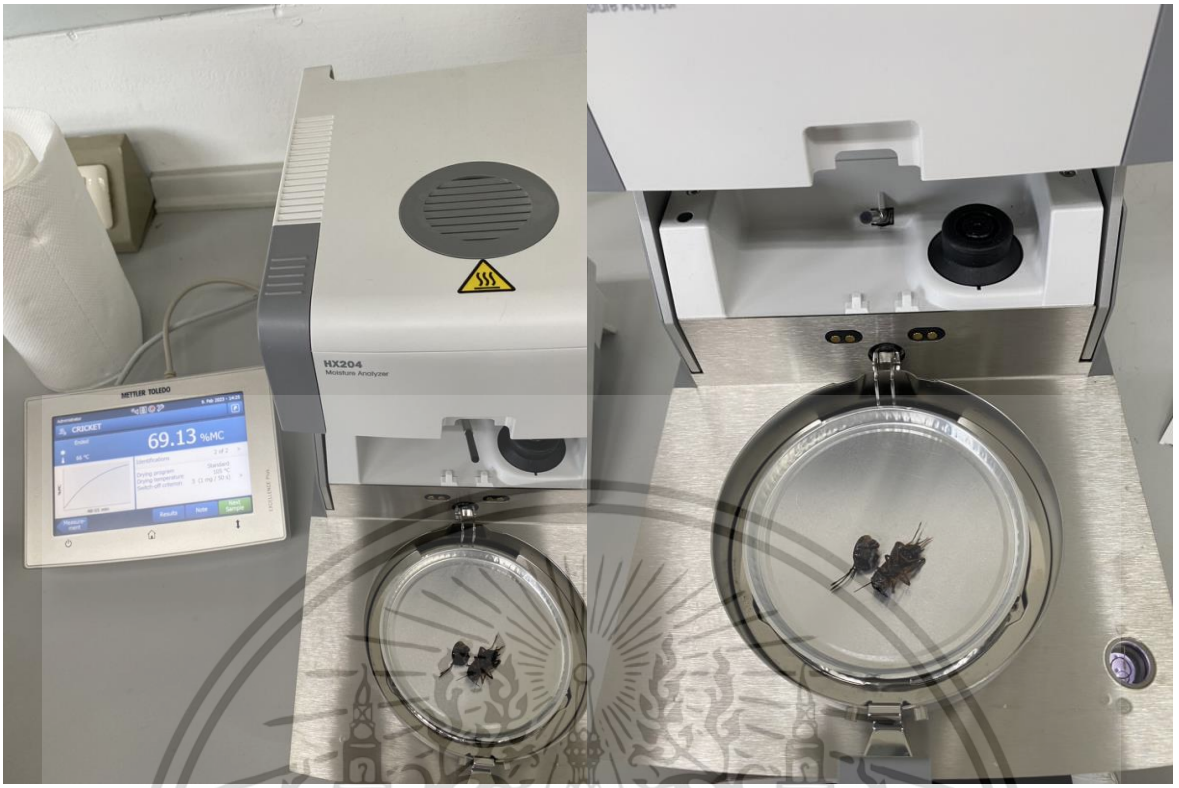
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.3 ตัวอย่างจิ้งหรีดขณะอบแห้งแบบถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.4 ตัวอย่างจิ้งหรีดหลังอบแห้งแบบถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

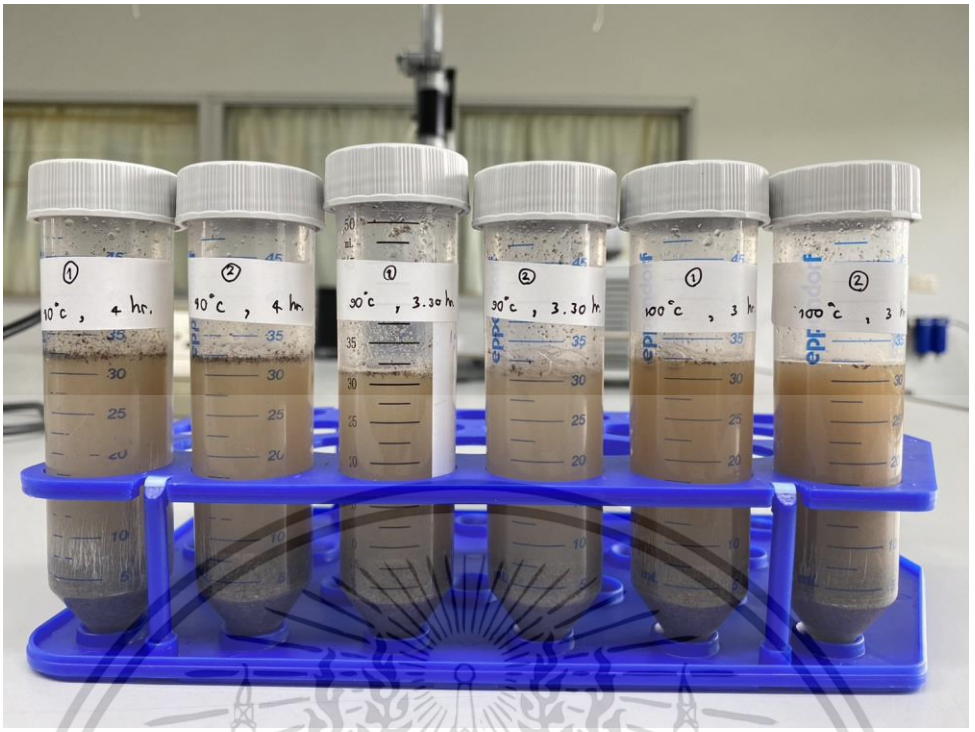
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.6 น้ำหนักหลังทำจิ้งหรีดผง

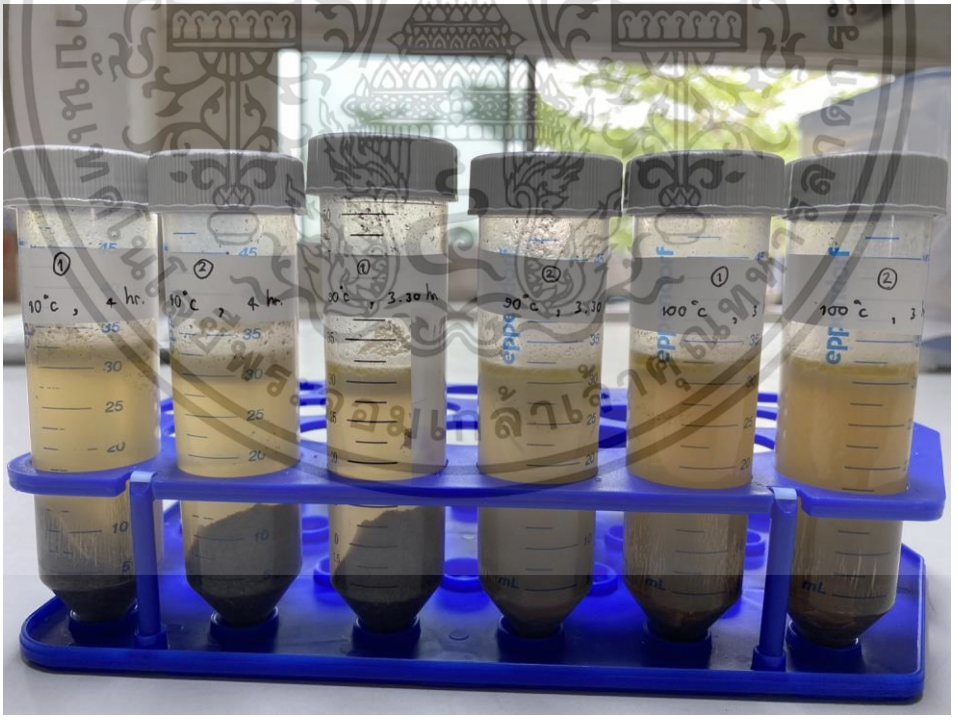
ภาพที่ ค.7 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ภาพที่ ค.8 จิ้งหรีดผงที่อุณหภูมิ 80,90,100°C ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.9 ตัวอย่างจิ้งหรีดผงก่อนการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำ



ภาพที่ ค.10 ตัวอย่างจิ้งหรีดผงหลังการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย กิตติศักดิ์ ทองพรหม
วัน เดือน ปี เกิด	13 ตุลาคม 2543
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
ปัจจุบัน	ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	ผลของตัวแปรกระบวนการผลิตจิ้งหรีดผงผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผง Effect of process parameters of cricket powder production via tray drying on the properties of the powder production

ชื่อ-นามสกุล	นาย ธัญพิสิษฐ์ เจริญแสง
วัน เดือน ปี เกิด	26 ธันวาคม 2543
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสมุทรปราการ
ปัจจุบัน	ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	ผลของตัวแปรกระบวนการผลิตจิ้งหรีดผงผ่านกระบวนการทำแห้งแบบถาดที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผง Effect of process parameters of cricket powder production via tray drying on the properties of the powder production

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้