



การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์
The study of the effects of drying temperature on the probiotic content in
butterfly pea flowers

ปฐวิภาณ ถิ่นพระบาท
ณทพร จินดาประเสริฐ
กวิน เลิศเล่ห์กุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ นายนราธิป บุญมาศ นายภิญโญ วงศ์ประเสริฐ และ ว่าที่ร้อยตรีวศิน แฝงเมือ ington นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ช่วยดำเนินการปรับปรุงเครื่อง และช่วยทดสอบ จนงานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

ปฐิภาณ ถิ่นพระบาท
ณทพร จินดาประเสริฐ
กวิน เลิศเลาห์กุล



ชื่อเรื่อง การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์
ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ
และ อาจารย์กวิน เลิศเลาะห์กุล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2568

บทคัดย่อ

ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ ดอกอัญชันยังมีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย เช่น ช่วยบำรุงสายตา ลดความดันโลหิต ปรับสมดุลฮอร์โมน และช่วยในการย่อยอาหาร ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับดอกอัญชันมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การค้นพบคุณสมบัติทางยาที่น่าสนใจของดอกอัญชัน รวมถึงดอกอัญชันอบแห้งมีแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารสำคัญในดอกอัญชันมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก การอบแห้งเป็นวิธีการแปรรูปดอกอัญชันอีกชนิดหนึ่งเพื่อการเก็บไว้ใช้งานในช่วงขาดแคลนดอกอัญชันหรือการนำไปจำหน่ายในรูปแบบดอกอัญชันอบแห้ง การอบแห้งดอกอัญชันจะต้องเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางยาให้คงอยู่ในดอกอัญชัน แต่กระบวนการอบแห้งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินได้ โดยอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงเกินไปอาจทำลายสารแอนโทไซยานินลดลง ดังนั้นโครงการนี้คณะผู้จัดทำได้ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณแอนโทไซยานิน โดยทดลองใช้ดอกอัญชันในการอบแห้งครั้งละ 1 kg ทดลองอบแห้งดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C บันทึกข้อมูลการทดลองทุก 10 นาที เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการรักษาคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางยา ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 45 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 200 นาที เป็นอุณหภูมิอบแห้งดอกอัญชันที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของสารแอนโทไซยานินอยู่ที่ 2.2418 mg/g ซึ่งค่าเฉลี่ยมากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °C และ 65 °C

Title The study of the effects of drying temperature on the probiotic content in
 butterfly pea flowers

By Asst.Prof. Dr.Padipan Tinprabath Dr.Nataporn Chindaprasert and Mr.Kawin
 Lertlaokul
 Faculty of Engineering
 Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Year 2025

Abstract

The butterfly pea flower (*Clitoria ternatea*) is highly nutritious, rich in vitamins, minerals, and antioxidants. Additionally, it has various medicinal properties, such as improving vision, reducing blood pressure, balancing hormones, and aiding digestion. In recent years, research on butterfly pea flowers has increased, leading to the discovery of its interesting medicinal qualities. Among these is the presence of anthocyanins in dried butterfly pea flowers, which play an important role in stimulating the growth of probiotic microorganisms. Drying is another method of processing butterfly pea flowers for storage during periods of scarcity or for sale as dried flowers. The drying process must preserve the nutritional value and medicinal benefits of the flowers. However, excessive drying temperatures can degrade anthocyanins, leading to a reduction in their levels. Therefore, this study aimed to examine the effect of drying temperature on the anthocyanin content in butterfly pea flowers. The flowers were dried in batches of 1 kilogram at temperatures of 45 °C, 55 °C, and 65 °C, with data recorded every 10 minutes to identify the optimal drying temperature that would preserve both the nutritional and medicinal properties of the flowers. The results showed that drying the flowers at 45 °C for 200 minutes was the most suitable condition, as it resulted in an average anthocyanin content of 2.2418 mg/g, which was higher than the levels found when drying at 55 °C and 65 °C.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ดอกอัญชัน	3
2.2 พรูไบโอติกส์	4
2.3 โพรไบโอติกส์	4
2.4 การอบแห้ง	6
2.5 ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด	10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
2.7 ทฤษฎีไฟฟ้า	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	13
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	14
3.3 วิธีการอบแห้งสั้ดด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	14
3.4 วิธีการคำนวณความชื้นเริ่มต้น	19
บทที่ 4 ผลการศึกษา	20
4.1 ขั้นตอนหลังจากการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	20
4.2 ขั้นตอนหลังจากการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	20
4.3 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	21
4.4 ข้อมูลและผลการอบแห้ง 1 kg	21
4.5 เปรียบเทียบผลการทดลอง	27
4.6 ดำเนินการส่งตัวอย่างดอกล้วยขึ้นอบแห้งไปตรวจวิเคราะห์หาสารโพรไบโอติกส์	28
4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ Lactic acid bacteria	32
4.8 อภิปรายผลการทดลอง	32
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย	33
5.1 สรุปผลการศึกษา	33
5.2 อุปสรรคในการทดลอง	33
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา	34
บรรณานุกรม	35
ประวัติผู้วิจัย	37

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ดอกอัญชัน	3
2.2 โพรไบโอติกส์	6
2.3 การอบแห้งดอกอัญชัน	7
2.4 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	8
2.5 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง	10
2.6 ตู้อบ Fluidized bed dryer	11
3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	14
3.3 ดอกอัญชันน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	15
3.4 การใส่ดอกอัญชันเข้าเครื่องอบแห้ง	15
3.5 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ	16
3.6 เปิดสวิตช์ควบคุมมอเตอร์	16
3.7 ชุบน้ำร้อนและอุณหภูมิที่จะทำการอบ	17
3.8 การจับเวลาในการอบ 10 นาที	17
3.9 การชั่งน้ำหนักดอกอัญชัน และ น้ำหนักเครื่อง	18
3.10 การจดบันทึกน้ำหนัก เทอร์โมมิเตอร์ และอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที	18
3.11 เครื่องอบ Nabertherm Oven TR60	19
4.1 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C	21
4.2 ดอกอัญชันที่อบแห้งในอุณหภูมิ 45 °C	22

4.3 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C	23
4.4 ดอกอัญชันที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C	24
4.5 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C	24
4.6 ดอกอัญชันที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C	24
4.7 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C	25
4.8 อัตราการอบแห้ง 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C	25
4.9 อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C	26
4.10 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C	26
4.11 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C	27
4.12 ตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C จำนวน 100 g ในการวิเคราะห์หาสารโพรไบโอติกส์	28
4.13 ตัวอย่างสารสกัดดอกอัญชันอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C ละลายในบัฟเฟอร์ pH 1.0 และ 4.5	30

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกกำลังเผชิญกับวิกฤตสุขภาพ โรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง กำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ในปี 2565 [1] ระบุว่า โรคไม่ติดต่อเรื้อรังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตของประชากรโลกประมาณ 71% การเสริมสร้างสุขภาพและการป้องกันโรคจึงมีความสำคัญมาก อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น อาหารที่มีสารโพรไบโอติกส์ ได้รับความสนใจมากขึ้น ข้อมูลจาก Global Industry Analysts ในปี 2565 คาดการณ์ว่า ตลาดอาหารเสริมโพรไบโอติกส์ทั่วโลกจะมีมูลค่าสูงถึง 67.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2569 สารโพรไบโอติกส์เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ เมื่อบริโภคเข้าไป สารโพรไบโอติกส์จะช่วยปรับสมดุลของระบบจุลินทรีย์ในลำไส้ ป้องกันการติดเชื้อ ลดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และช่วยในการดูดซึมสารอาหาร ประเทศไทยมีทรัพยากรทางธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ พืชสมุนไพรมีการใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนาน ข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตร [2] ในปี 2565 ระบุว่า ประเทศไทยมีพืชสมุนไพรประมาณ 1,500 ชนิด ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*) เป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณสมบัติทางยาหลายอย่าง ข้อมูลจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในปี 2565 ระบุว่า ดอกอัญชันมีสารโพรไบโอติกส์ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับดอกอัญชันในประเทศไทยยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปดอกอัญชันที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง จะช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของพืชสมุนไพรไทย

ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*) เป็นพืชสมุนไพรที่มีประวัติการใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนานในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย ดอกอัญชันมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ ดอกอัญชันยังมีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย เช่น ช่วยบำรุงสายตา ลดความดันโลหิต ปรับสมดุลฮอร์โมน และช่วยในการย่อยอาหาร ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับดอกอัญชันมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การค้นพบคุณสมบัติทางยาที่น่าสนใจของดอกอัญชัน รวมถึงการมีสารโพรไบโอติกส์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ เมื่อบริโภคเข้าไป สารโพรไบโอติกส์จะช่วยปรับสมดุลของระบบจุลินทรีย์ในลำไส้ ป้องกันการติดเชื้อ ลดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และช่วยในการดูดซึมสารอาหาร อย่างไรก็ตาม การแปรรูปดอกอัญชันเพื่อเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางยาเป็นสิ่งสำคัญ การอบแห้งเป็นวิธีการแปรรูปที่นิยมใช้ เนื่องจากช่วยให้เก็บรักษาได้นานขึ้น แต่กระบวนการอบแห้งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชันได้ อุณหภูมิการอบแห้งที่สูงเกินไปอาจทำลายจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ส่งผลให้ปริมาณสารโพรไบโอติกส์ลดลง

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้จัดทำได้ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์จึงมีความสำคัญอย่างมาก เพื่อพัฒนาแนวทางในการแปรรูปดอกอัญชันให้สามารถคงคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางยาได้มากที่สุด ผลการศึกษานี้จะช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของอุณหภูมิการอบแห้งต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน และนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการ

แปรรูปดอกอัญชันที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากดอกอัญชันในด้านการแพทย์และอาหาร

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 2.2 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชันที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 2.3 เพื่อศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่ส่งผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 3.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อปริมาณสารโพรไบโอติก (ในรูปแบบของสารสารแอนโทไซยานิน) ในดอกอัญชันต่อดอกอัญชัน 1 kg
- 3.2 อุณหภูมิการอบแห้งที่ใช้ในการทดลองคือ 45°C, 55°C และ 65°C
- 3.3 ใช้ความเร็วลมที่ 5.42 m/s
- 3.4 ตัวแปรที่พิจารณาได้แก่ เวลาการอบแห้ง, น้ำหนัก, ความชื้น, อัตราส่วนความชื้น และการใช้พลังงานในการอบแห้ง

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ได้รับความรู้เรื่องการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 4.2 ได้ทราบตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน (ในรูปแบบของสารสารแอนโทไซยานิน) ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 4.3 ได้ทราบอุณหภูมิการอบแห้งที่ส่งผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ทำการทบทวน ศึกษา ตำรา เอกสาร งานวิจัย ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อจะได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในเบื้องต้น ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับดอกอัญชัน พรินโอติกส์ โปรโอติกส์ การอบแห้ง ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดอกอัญชัน [2]

อัญชัน ชื่อสามัญ Butterfly pea, Blue pea ชื่อวิทยาศาสตร์ *Clitoria ternatea* L. จัดอยู่ในวงศ์ถั่ว (Fabaceae หรือ Leguminosae) และอยู่ในวงศ์ย่อยถั่ว Faboideae (Papilionoideae หรือ Papilionaceae) สมุนไพรอัญชัน มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า แดงชั้น (เชียงใหม่), เอื้องชั้น (ภาคเหนือ) เป็นต้น อัญชัน เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในแถบอเมริกาใต้ ปลูกทั่วไปในเขตร้อน ลักษณะของดอกอัญชันจะมีสีขาว สีฟ้า สีม่วง ส่วนตรงกลางดอกจะมีสีเหลือง และรูปทรงคล้ายหอยเชลล์ มีสรรพคุณที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพราะมีสารที่ชื่อว่า “แอนโทไซยานิน” (Anthocyanin) ซึ่งมีหน้าที่ไปช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้ดีขึ้น เช่น ไปเลี้ยงบริเวณรากผม ซึ่งช่วยทำให้ผมดกดำ เงางาม หรือไปเลี้ยงบริเวณดวงตาจึงช่วยบำรุงสายตาไปด้วยในตัว



รูปที่ 2.1 ดอกอัญชัน [2]

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น : เป็นไม้เลื้อยล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นยาวประมาณ 3-5 เมตร มีขนนุ่ม เลื้อยได้ไกลถึง 20 ฟุต มีเถาจำนวนมาก โดยเถาจะไขปลายทอดพันตามวัตถุที่เกาะได้ ซึ่งถ้าเป็นเถาอ่อนจะมีสีเขียว ส่วนเถาแก่จะมีสีน้ำตาล

ราก : มีทั้งรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย โดยรากทุกชนิดจะแทงลงดินไม่ลึกมาก ยกเว้นรากแขนงที่จะแทงไปตามแนวผิวใบ : รูปรีแถมไข่ ปลายใบแหลม ฐานใบมน กว้าง 1-3 เซนติเมตร ยาว 2-5 เซนติเมตร ออกสลับเป็นคู่ตรงข้ามตามข้อกิ่ง ประกอบด้วยใบย่อย 5-7 ใบ และมีใบย่อยสุดท้ายขึ้นที่ปลายกิ่ง

ดอก : เป็นดอกเดี่ยวออกบริเวณซอกใบ โดยจะมีทั้งดอกชั้นเดียวและดอกซ้อน ลักษณะดอกคล้ายดอกถั่วหรือฝ้ายหอยเซลล์ มีด้วยกันหลากหลายสี เช่น สีส้มเงินอมม่วง สีม่วง สีส้มเงิน สีฟ้า

สีคราม สีขาว และสีชมพู แต่ทุกดอกจะมีตรงกลางเป็นสีเหลือง

ผลและเมล็ด : ผลออกเป็นฝักคล้ายถั่วฝักยาว แต่สั้นและแบนกว่า โดยมีตั้งแต่สีเขียว สีเขียวเข้ม สีเหลือง สีส้มตาล สีส้มตาลเข้ม ไปจนถึงสีดำ ส่วนเมล็ดเป็นทรงรี มีตั้งแต่สีเขียว สีส้มตาล และสีดำ ตามอายุ

2.2 พรไบโอติกส์ [9]

พรไบโอติก (Prebiotic) เป็นสารที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยหรือดูดซึมในระบบทางเดินอาหารได้ โดยสารดังกล่าวเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของโพรไบโอติกส์ ซึ่งเป็นแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ในลำไส้ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ ช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้อย่างเป็นปกติ นอกจากนี้ การรับประทานอาหารที่มีพรไบโอติกส์ก็อาจช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรง ช่วยเรื่องการเผาผลาญ และอาจมีประสิทธิผลในด้านการต้านโรคบางชนิด เช่น โรคสมองจากโรคตับ โรคอ้วน ภาวะเมตาบอลิกซินโดรม โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคกระเพาะลำไส้ และโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นต้น รวมทั้งอาจช่วยป้องกันภาวะผื่นผิวหนังอักเสบและโรคแพ้อาหารในเด็กทารกได้อีกด้วย โดยพรไบโอติกส์มักพบได้ในผักและผลไม้ โดยเฉพาะผักหรือผลไม้ที่มีคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนอย่างไฟเบอร์และแป้งด้านการย่อย เช่น กระเทียม หัวหอม ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต ถั่วเหลือง แอปเปิ้ล กล้วย และมะเขือเทศ เป็นต้น ลำไส้ของมนุษย์เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียหลายชนิดที่มีส่วนช่วยในการย่อยอาหารและช่วยส่งเสริมสุขภาพของลำไส้ให้ดีขึ้น เมื่อรับประทานอาหารที่มีพรไบโอติกส์เข้าไป กระบวนการย่อยอาหารจะสร้างสภาวะที่เหมาะสมต่อโพรไบโอติกส์ในทางเดินอาหารหรือลำไส้ ซึ่งกระบวนการนี้จะช่วยปรับสมดุลของแบคทีเรียที่ดีในลำไส้ และช่วยเสริมสร้างสุขภาพที่ดีให้กับระบบทางเดินอาหาร

2.3 โพรไบโอติกส์ [7]

โพรไบโอติกส์ (Probiotic) เป็นจุลินทรีย์ขนาดเล็กซึ่งจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดดี สามารถพบได้ในอาหาร เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต กิมจิ มิโสะ เป็นต้น ผู้เชี่ยวชาญด้านทางเดินอาหาร ให้คำจำกัดความว่าโพรไบโอติกส์ คือ “จุลินทรีย์ที่มีชีวิต เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะทำให้สุขภาพดีในภาวะต่าง ๆ โดยเป็นจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติทนต่อกรดและด่าง สามารถจับที่บริเวณผิวของเยื่อลำไส้แล้วผลิตสารต่อต้านหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพได้” พรไบโอติกส์ คืออาหารชนิดหนึ่ง เป็นสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็ก อาหารเหล่านี้จึงสามารถเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ได้ในรูปไม่เปลี่ยนแปลง และจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ ทำให้กระตุ้นการเจริญเติบโตและการทำงานของแบคทีเรีย พบได้ในหัวหอม กระเทียม ถั่วเหลือง ถั่วแดง ไฟเบอร์ในผักและผลไม้ต่าง ๆ ประเภทของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ในร่างกายของเราไม่ได้มีเพียงชนิดเดียว แต่มีอยู่หลากหลายประเภท ซึ่งล้วนส่งผลดีต่อร่างกายแตกต่างกันไป ประเภทของโพรไบโอติกส์ มีดังนี้

2.3.1 แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) แลคโตบาซิลลัส พบมากที่สุดในกลุ่มโพรไบโอติกส์ แบคทีเรียแลคโตลาซิลลัสเป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่เกาะติดลำไส้ มีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สามารถย่อยแลคโตสในนมได้ อาหารที่พบแลคโตบาซิลลัส เช่น อาหารหมักดอง โยเกิร์ต นมเปรี้ยว

7.2 โพรไบโอติกส์ [4] โพรไบโอติกส์ (Probiotics) เป็นจุลินทรีย์ขนาดเล็กซึ่งจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดดี สามารถพบได้ในอาหาร เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต กิมจิ มิโสะ เป็นต้น ผู้เชี่ยวชาญด้านทางเดินอาหารให้คำจำกัดความว่า โพรไบโอติกส์ คือ “จุลินทรีย์ที่มีชีวิต เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะทำให้สุขภาพดีในภาวะต่างๆ โดยเป็นจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติทนต่อกรดและด่าง สามารถจับที่บริเวณผิวของเยื่อบุลำไส้ แล้วผลิตสารต่อต้านหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ รวมถึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพได้” โพรไบโอติกส์ คืออาหารชนิดหนึ่ง เป็นสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็ก อาหารเหล่านี้จึงสามารถเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ได้ในรูปไม่เปลี่ยนแปลง และจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ ทำให้กระตุ้นการเจริญเติบโตและการทำงานของแบคทีเรีย พบได้ในหัวหอม กระเทียม ถั่วเหลือง ถั่วแดง ไฟเบอร์ในผักและผลไม้ต่าง ๆ เป็นต้น

ประเภทของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ในร่างกายของเราไม่ได้มีเพียงชนิดเดียว แต่มีอยู่หลากหลายประเภท ซึ่งล้วนส่งผลดีต่อร่างกายแตกต่างกันไป ประเภทของโพรไบโอติกส์ มีดังนี้

1) แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) แลคโตบาซิลลัส

ประเภทของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ในร่างกายของเราไม่ได้มีเพียงชนิดเดียว แต่มีอยู่หลากหลายประเภท ซึ่งล้วนส่งผลดีต่อร่างกายแตกต่างกันไป ประเภทของโพรไบโอติกส์ มีดังนี้

2) แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) แลคโตบาซิลลัส

พบมากที่สุดในกลุ่มโพรไบโอติกส์ แบคทีเรียแลคโตลาซิลลัสเป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่เกาะติดลำไส้ มีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สามารถย่อยแลคโตสในนมได้ อาหารที่พบแลคโตบาซิลลัส เช่น อาหารหมักดอง โยเกิร์ต นมเปรี้ยว

3) แซคคาโรไมซิส (Saccharomyces Boulardii)

แซคคาโรไมซิสเป็นยีสต์ที่พบได้ในกลุ่มโพรไบโอติกส์ ไม่มีอยู่ในร่างกายของมนุษย์ตามธรรมชาติ แซคคาโรไมซิสช่วยบรรเทาอาการท้องเสีย และบรรเทาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับด้านทางเดินอาหาร

4) บิฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium)

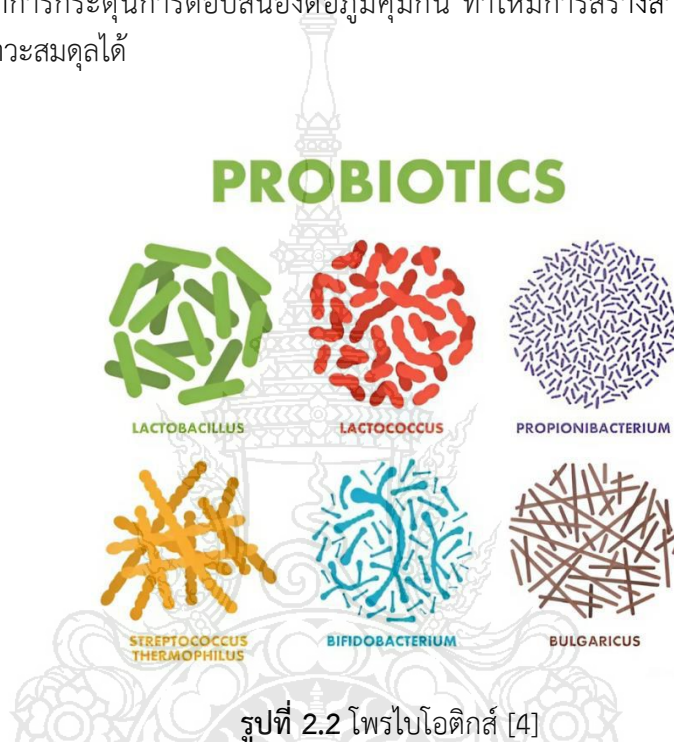
บิฟิโดแบคทีเรียมเป็นหนึ่งในจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ที่เรียกกันได้ว่าดีที่สุด เพราะช่วยบรรเทาอาการลำไส้แปรปรวน จากงานวิจัยพบว่าโพรไบโอติกส์ชนิดนี้ช่วยผลิตสารตั้งต้นของภูมิคุ้มกันในร่างกายได้ บิฟิโดแบคทีเรียมพบได้ในอาหารประเภทนม

5) จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ประเภทอื่น

ทั้งนี้ยังมีโพรไบโอติกส์ชนิดอื่นๆ ที่ใช้ทางด้านการแพทย์อีกด้วย เช่น Enterogermina – Bacillus clausii, Bacillus subtilis, Longum, B. Breve, B. infantis, Streptococcus thermophilus เป็นต้นพบมากที่สุดในกลุ่มโพรไบโอติกส์ แบคทีเรียแลคโตลาซิลลัสเป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่เกาะติดลำไส้ มีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สามารถย่อยแลคโตสในนมได้ อาหารที่พบแลคโต

บาซิลลัส เช่น อาหารหมักดอง โยเกิร์ต นมเปรี้ยว โพรไบโอติกส์มีบทบาทมากมายที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่างๆ ในร่างกาย ดังนี้

- ก) ป้องกันไม่ให้เชื้อก่อโรคจับที่ผิวเยื่อบุลำไส้ โดยการสร้างเกราะป้องกันบริเวณเยื่อบุลำไส้
- ข) ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อฉวยโอกาสในร่างกาย
- ค) กระตุ้นระบบการย่อยอาหารโดยการสร้างเอนไซม์หลากหลายชนิด
- ง) ช่วยรักษาสมดุลจุลินทรีย์ในร่างกายที่เสียไป
- จ) เหนี่ยวนำการกระตุ้นการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน ทำให้มีการสร้างสารป้องกันและกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้เข้าสู่ภาวะสมดุลได้



รูปที่ 2.2 โพรไบโอติกส์ [4]

2.4 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ กระบวนการที่ใช้ในการลดปริมาณน้ำในวัสดุต่าง ๆ โดยการทำให้ น้ำหรือความชื้นในวัสดุระเหยออกไป ส่งผลให้วัสดุนั้นมีความชื้นลดลง กระบวนการนี้มีความสำคัญอย่างมากในหลายอุตสาหกรรม เช่น อาหาร ยา และเคมีภัณฑ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ หรือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การอบแห้งสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดและธรรมชาติของวัสดุที่ต้องการอบ โดยวัสดุที่นำมาอบแห้งมักจะเป็นของแข็งที่เปื่อยขึ้น แต่ในบางกรณีอาจเป็นของเหลวข้น (Slurry) หรือของเหลวใสก็ได้ ในกรณีของวัสดุที่เป็นของแข็ง การอบแห้งจะทำให้ของเหลวในวัสดุระเหยเป็นไอ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีปริมาณของเหลวต่ำลงมาก อันเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้วัสดุนั้นมีความแห้งมากยิ่งขึ้น

การระเหยของน้ำจากวัสดุไม่จำเป็นต้องเกิดที่จุดเดือดเสมอไป ในหลายกรณีสามารถใช้อากาศพัดผ่านวัสดุเพื่อดึงน้ำออกมา โดยอาศัยหลักการที่ว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นต่ำจะสามารถดึงน้ำออกจากวัสดุได้ดีขึ้น ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความเร็วของอากาศที่พัดผ่าน และลักษณะทางกายภาพของวัสดุเอง



รูปที่ 2.3 การอบแห้งดอกอัญชัน [5]

2.4.1 อัตราความชื้นในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ [5]

แสดงได้ด้วยปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (ค่า Wet base) หรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (ค่า Dry base) ในขณะที่อบมวลรวมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อคำนวณความชื้นแบบ Wet basis จะทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการคำนวณทางอุตสาหกรรมจะใช้ค่าความชื้นที่คำนวณแบบ Dry basis ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เนื่องจากมวลแห้งนี้มีค่าคงที่ตลอดการอบ จึงมีความสะดวกมากกว่า ถ้าให้ความชื้นที่ Wet basis เท่ากับ W_w และให้ความชื้นที่ Dry basis เท่ากับ W_d แล้ว ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กัน ดังสมการที่ 2.1

$$W_d \frac{W_w}{1 + W_w} = W_w \frac{W_d}{1 + W_d} \quad (1)$$

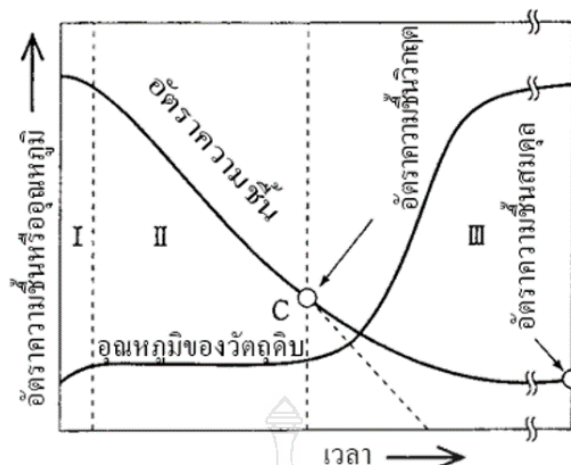
เมื่อ W_d คือ วัตถุดิบแห้ง (%d.b)

W_w คือ วัตถุดิบเปียก (%d.b)

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบเมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสมร้อนแล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูปซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.4

1) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ [5]

ช่วง I เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุดิบ ในกรณีที่วัตถุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุเปียก [5]

2) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ [5]

ในช่วง II วัตถุเปียกจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ขั้นตอนการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุเปียกโดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุเปียก โดยอัตราความชื้นของวัตถุเปียกจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

3) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง [5]

เมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุเปียกแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุเปียกเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุเปียกจะเข้มข้นมาทดแทน ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ขั้นตอนการระเหยจะค่อย ๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุเปียก อุณหภูมิของวัตถุเปียกจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบ ความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุเปียก นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุเปียกเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านมา

ความสามารถในการดูดซับความชื้นของวัสดุขึ้นกับกลไกการเคลื่อนที่สภาพของความชื้นที่มีอยู่ภายในวัตถุเปียกขึ้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของความชื้นในวัตถุเปียก เปียกนอกจากจะมีความชื้นในรูปน้ำอิสระแล้ว ยังมีน้ำ Adsorption water ที่เกาะติดกับพื้นผิวของแข็ง ความชื้น Bonding water และไอน้ำในช่องว่างอีกด้วย

2.4.2 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง [5]

ความชื้นมาตรฐานแห้งนี้เป็นที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ของกระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือ เกือบคงที่ ระหว่างการอบแห้ง เหตุที่เกือบจะคงที่เป็นเพราะผลผลิตทางเกษตรเป็นสิ่งมีชีวิตมีการหายใจ ดังนั้นสามารถหาความชื้นมาตรฐานแห้งได้ตามสมการมีการเผาผลาญสารอาหาร ทำให้มวลแห้งมีโอกาสลดลงได้ ส่วนใหญ่แล้วมวลแห้งจะลดลงเล็กน้อย ดังสมการที่ (2)

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (d.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตขึ้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.4.3 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก [5]

การบอกค่าความชื้นก็คือการบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานเปียก ดังสมการที่ (3)

$$M_w = \frac{m_d - m_w}{m_d} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (w.b.)

m_w คือ มวลของผลผลิตขึ้น (kg)

m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.4.4 การคำนวณหาความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ [5]

ค่าความชื้นสุดท้ายคือปริมาณน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบน้อยที่สุดของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยจะต้องคำนึงถึงความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ สามารถคำนวณค่าได้ ดังสมการที่ (4)

$$M_f = M_s - M_1 \quad (4)$$

เมื่อ M_f คือ ความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ

M_s คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ

M_1 คือ ความชื้นที่หายไป

หมายเหตุ ค่าความชื้นที่ใช้ในสูตรต้องใช้ความชื้นมาตรฐานชนิดเดียวกัน

2.4.5 สูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) [5]

ค่าอัตราส่วนความชื้นเป็นค่าที่นิยมนำมาใช้ในการเขียนกราฟ เพื่อแสดงผลการทดลองที่มีค่าสูงสุดเท่ากันทุกชนิด จึงเหมาะกับการเปรียบเทียบผลการทดลอง ดังสมการที่ (5)

$$M_R = \frac{M_t}{M_s} \quad (5)$$

เมื่อ M_R คือ อัตราส่วนความชื้น

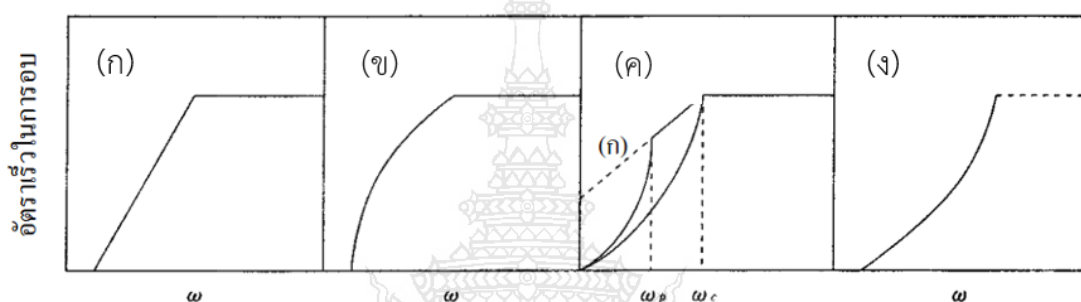
M_t คือ ความชื้นที่เวลาใด ๆ

M_s คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ

หมายเหตุ ค่าความชื้นที่ใช้ในสูตรต้องใช้ความชื้นมาตรฐานชนิดเดียวกัน

2.4.6 อัตราเร็วในการอบด้วยอัตราเร็วลดลง [5]

อัตราเร็วในการอบวัตถุดิบของแข็ง จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ แต่รูปร่างของเส้นกราฟคุณลักษณะการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายใน ได้แก่ ลักษณะของวัตถุดิบ สมบัติของความชื้นภายในวัตถุที่มีอยู่ ฯลฯ มากกว่าเงื่อนไขการอบภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลมร้อน ฯลฯ เมื่อทำการวัดเส้นกราฟอัตราเร็วในช่วงอัตราเร็วลดลงของวัสดุต่าง ๆ จะแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง [5]

ในจำนวนประเภทต่าง ๆ ข้างต้น รูป (ก) จะพบได้ในกรณีที่อนุภาคของวัตถุดิบมีน้ำอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นอิสระ กล่าวคือ การอบหดยของเหลว เยื่อบาง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 mm เป็นต้น รูป (ข) พบได้ในอนุภาคขนาดจืดที่มีสมบัติ Non-hydrophilic หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้นๆ เป็นต้น ทั้งรูป (ก) และ (ข) เป็นวัสดุที่น้ำจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าด้วยแรง Capillary ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 รูป (ง) โดยมากจะพบในการอบสารเนื้อเดียว เช่น สบู่ กาว เจลาติน ฯลฯ ซึ่งไม่มีช่วงอบด้วยอัตราคงที่ โดยอัตราความชื้นที่ผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับอัตราความชื้นสมดุลกับลมร้อน หลังจากนั้นการแพร่ของน้ำภายในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลเด่นชัดที่สุด การอบรูป (ค) วัตถุดิบมีสมบัติระหว่าง (ก), (ข) กับ (ง) โดยช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะมี 2 ช่วง คือหลังจากเกิดช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 แล้วจะเข้าสู่ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 2 โดยกรณี (ก) จะพบในวัสดุที่มี Osmotic water เช่น ดินเหนียว และกรณี (ข) เป็นรูปที่ทั่วไปที่สุด พบได้ในวัสดุห่อ ชั้นตะกอน เป็นต้น

ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอบโดยคร่าวๆ สำหรับรูป (ก), (ข) จะแปรผันตามความหนาของวัสดุ ขณะที่รูป (ง) จะแปรผันตามความหนาของวัตถุดิบกำลังสอง ส่วนรูป (ค) จะอยู่ระหว่างทั้งสองแบบข้างต้น

2.5 ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed dryer) [5]

วิธีเป่าลมร้อนเข้าไปจากด้านล่างของชั้นวัตถุดิบที่เป็นผงที่วางบนแผ่นที่มีรูพรุน เพื่อให้ผงวัตถุดิบลอยขึ้นและมีการเคลื่อนไหวเหมือนตัวมันเป็นของไหลตัวอย่างแสดงไว้ในตู้อบ

ตู้อบแบบนี้จะมีจุดเด่นดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 2.6

1) พงวัตถุติบจะสัมผัสกับก๊าซอย่างรุนแรงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงและเนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตรของพวงวัตถุติบมีค่ามาก จึงมีการถ่ายเทความร้อนรวมได้มาก

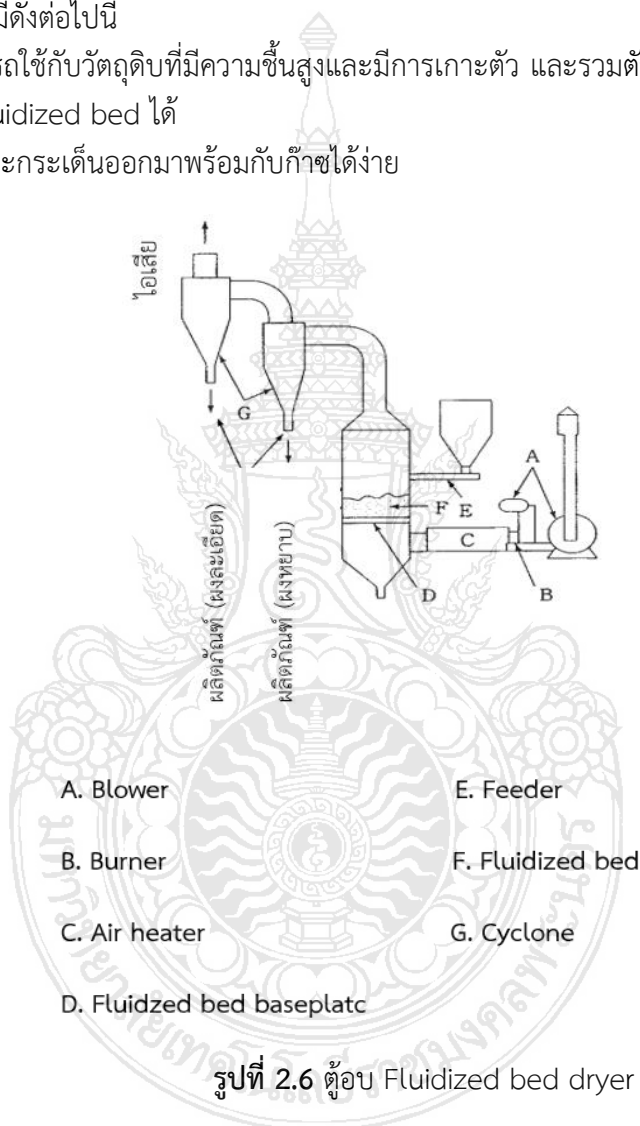
2) อนุภาคแต่ละตัวจะกระทบกันอย่างรุนแรงในขณะที่ถูกกวไปมา ทำให้วัตถุติบมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ

3) ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในเครื่องอบสามารถปรับให้เป็นเท่าใดก็ได้ จึงเหมาะกับวัตถุติบที่ต้องใช้เวลานานในการอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความชื้นต่ำ

ส่วนข้อเสียมีดังต่อไปนี้

1) ไม่สามารถใช้กับวัตถุติบที่มีความชื้นสูงและมีการเกาะตัว และรวมตัวสูง เพราะจะไม่สามารถทำให้เกิดสภาพ Fluidized bed ได้

2) อนุภาคจะกระเด็นออกมาพร้อมกับก๊าซได้ง่าย



รูปที่ 2.6 ตู้อบ Fluidized bed dryer [5]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนาธิป แห่หลี่ และคณะ (2564) [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องในลักษณะทำงานจริงทำการทดสอบกับวัตถุติบฟ้าทะลายโจร โดยกำหนดน้ำหนักวัตถุติบในการอบครั้งละ 0.5 kg , 1 kg , 2 kg และทดลองที่อุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C จากงานวิจัยหากอบเกิน 70 °C คุณสมบัติการเป็นตัวยาจะลดลงโดยหาค่าความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลา จนถึงค่าความชื้นที่ต้องการ และดูความผิดพลาด ความเสียหายของวัตถุติบผลการ

ทดลองกับวัตถุดิบ ฟ้าทะลายโจรที่อุณหภูมิ 40 °C และที่ 50 °C จะพบว่าฟ้าทะลายโจรมีการลดความชื้นได้รวดเร็ว พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้น ตามน้ำหนักของฟ้าทะลายโจร

จิตาภา นพพันธ์ (2564) [7] ได้ศึกษาผลของเทคนิคการแทรกซึมโพรไบโอติกส์และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งต่อปริมาณ *Lactobacillus casei* และคุณภาพของขนุนอบแห้งเสริมโพรไบโอติกส์ โดยใช้ขนุนพันธุ์สีทองสุกพอดี และเทคนิคการแทรกซึมสามแบบคือ แทรกซึมในสภาวะบรรยากาศ (AI), สูญญากาศแบบพัลส์ (PVI), และคลื่นอัลตราซาวด์ (UI) ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคการแทรกซึมและระยะเวลามีผลต่อปริมาณ *L. casei* ในขนุน การแทรกซึมด้วย PVI ที่ 45 นาทีมีปริมาณ *L. casei* สูงสุด ขณะที่อุณหภูมิทำแห้งที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณ *L. casei* ลดลง โดยการทำแห้งที่ 50 °C มีปริมาณ *L. casei* คงเหลือมากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอาหารและยาประเทศไทย ส่วนการทำแห้งที่ 60 °C ไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากปริมาณ *L. casei* ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ปริญญ์ ชูปวา (2564) [8] ได้ศึกษากระบวนการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟและลมหมุนอัดตัวเพื่อการเตรียมข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป โดยมุ่งเน้นการออกแบบเครื่องอบแห้งที่สามารถลดปัญหาการเกาะติดกันของเมล็ดข้าวและความยุ่งยากในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ข้าวหอมมะลิแดงถูกใช้เป็นตัวอย่งในการศึกษา กระบวนการแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก: การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับลมหมุนอัดตัว: การศึกษาพบว่าความดันลมหมุนอัดตัวที่ 6 bar ให้ค่าพารามิเตอร์ของสมการการอบแห้งและค่าสัมประสิทธิ์แพร่ความชื้นประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้ความดันลมหมุนอัดตัว 6 bar ร่วมกับอุณหภูมิลมร้อน 98.5 °C และเวลาในการใช้ลมหมุนอัดตัว 2 นาทีให้ค่า Desirability สูงสุด (0.603). การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟ: อุณหภูมิลมร้อน 98 °C และการใช้ไมโครเวฟที่ 450 watt ให้ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ความชื้นประสิทธิภาพสูงสุด ($8.33 \times 10^{-8} \text{ m} / \text{s}^2$) การอบแห้งที่ระดับความร้อนไมโครเวฟจาก 300 เป็น 450 watt ให้ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานต่ำสุด (25.49 MJ/kg). การควบคุมความคงตัวของเบดลอยตัว โดยมีผลต่อคุณภาพของข้าวในด้านค่าการเปลี่ยนแปลงสี ร้อยละการหดตัว คุณสมบัติการคืนรูป และคุณสมบัติเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุด.

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

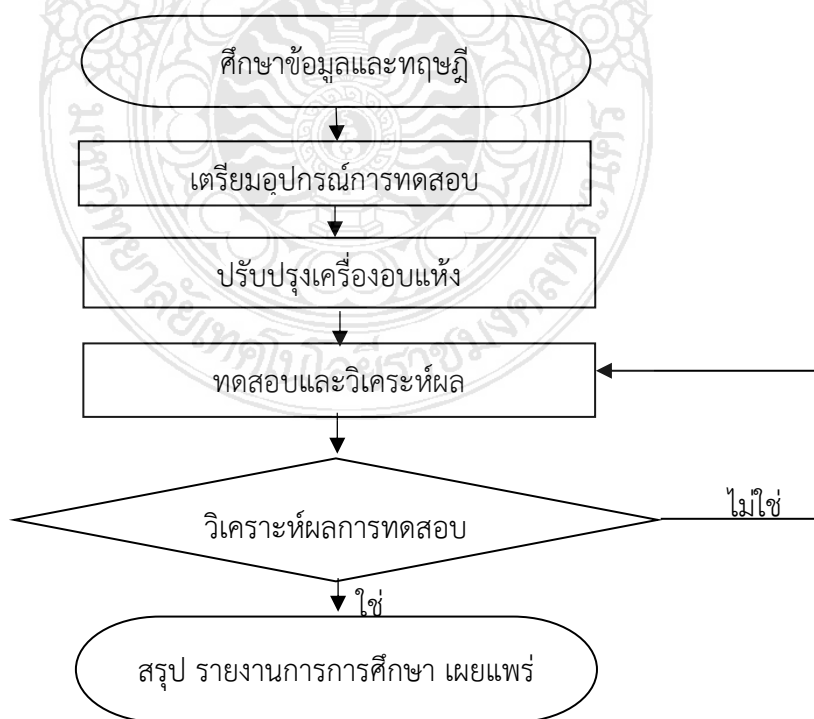
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด และศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่ส่งผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนการลงมือปฏิบัติและทดลอง อีกทั้งเพื่อให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 3.1.1 ศึกษาข้อมูลและทฤษฎี
- 3.1.2 เตรียมอุปกรณ์การทดสอบ
- 3.1.3 ปรับปรุงเครื่องอบแห้ง
- 3.1.4 ทดสอบ
- 3.1.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 3.1.6 สรุป รายงานผลการการศึกษา เผยแพร่

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

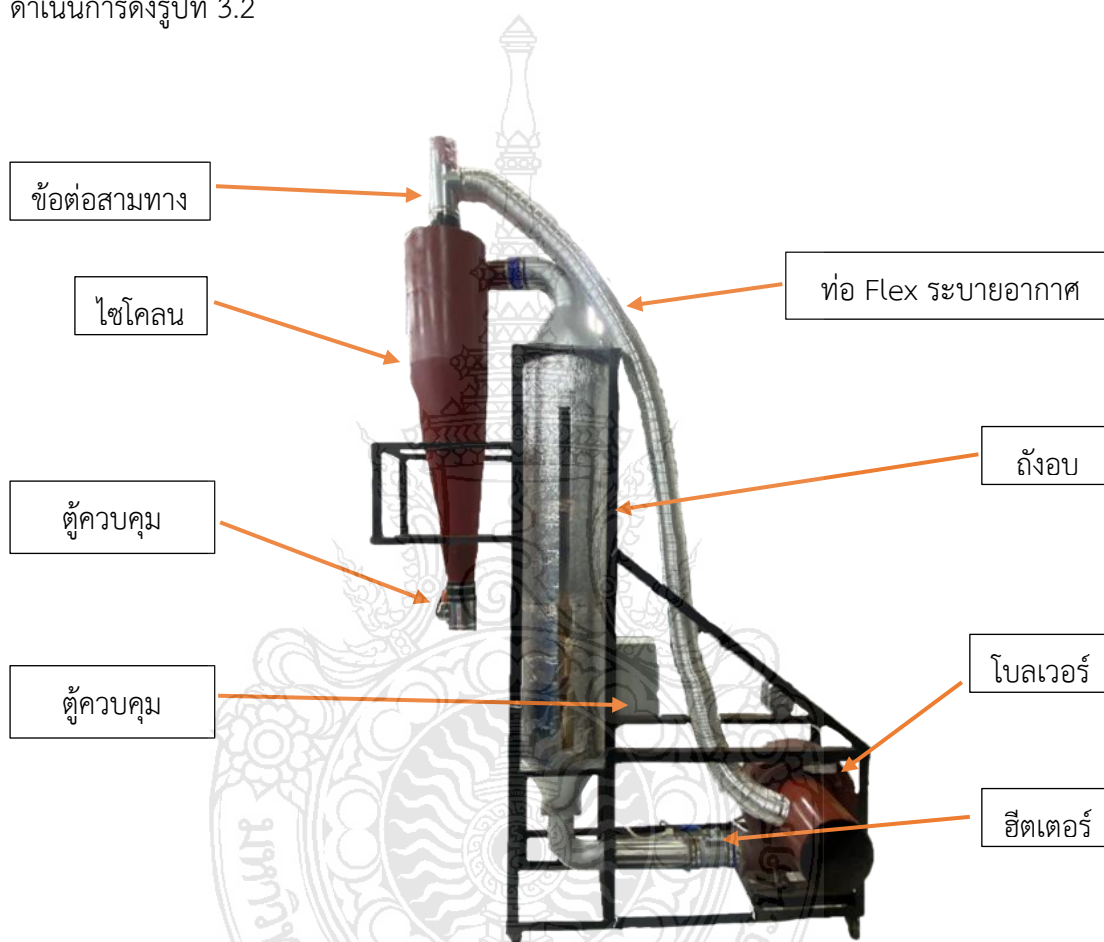
ขั้นตอนการดำเนินงาน การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การศึกษาลักษณะของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์และเพื่อศึกษาคุณสมบัติค่าความชื้นดอกอัญชันเพื่อหาสภาวะอุณหภูมิ ที่เหมาะสมในการอบแห้งดอกอัญชัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดีจึง เป็นต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนลงมือปฏิบัติและทดสอบเพื่อได้ผลทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนให้น้อยที่สุดดังนั้นผู้จัดทำโครงการมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

3.3 วิธีการอบแห้งดอกอัญชันด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

ในการทดลองการอบแห้ง ให้นำดอกอัญชันทำการชั่งน้ำหนักปริมาณดอกอัญชันที่จะเข้าทำการอบในเครื่องตามปริมาณที่กำหนด คือ 1 kg จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการอบแห้งตามอุณหภูมิที่กำหนด คือ 45 °C, 55 °C, 65 °C จากนั้นนำผลการทดลองการอบแห้งดอกอัญชันด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิต่างๆ ไปวิเคราะห์ค่าสารโพรไบโอติกส์



รูปที่ 3.3 ดอกอัญชันน้ำหนัก 1 กิโลกรัม



รูปที่ 3.4 การใส่ดอกอัญชันเข้าเครื่องอบแห้ง



รูปที่ 3.5 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.6 เปิดสวิตช์ควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 3.7 ชุดควบคุมฮีตเตอร์และอุณหภูมิที่จะทำการอบ



รูปที่ 3.8 การจับเวลาในการอบ 10 นาที



รูปที่ 3.9 การชั่งน้ำหนักดอกอัญชัน และ น้ำหนักเครื่อง



รูปที่ 3.10 การจดบันทึกน้ำหนัก เทอร์โมมิเตอร์ และอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที

3.4 วิธีการคำนวณความชื้นเริ่มต้น

ในการคำนวณหาอุณหภูมิความชื้นเริ่มต้นนั้นจะเริ่มจากการนำดอกอัญชันเข้าทำการทดลองอบด้วยเครื่องอบ Nabertherm Oven TR60 อุณหภูมิ 105 องศา ใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.11 เครื่องอบ Nabertherm Oven TR60

การคำนวณความชื้นมาตรฐานแท่งนั้นจะใช้สมการที่ 2.2

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100$$

$$M_d = \frac{0.1200\text{kg} - 0.0185}{0.120} \times 100$$

$$M_d = 84.538 \% \text{d.b}$$

ดังนั้น ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบนั้นอยู่ที่ 84.583 %d.b.

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด และหลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ทำการทดสอบกับวัตถุดิบดอกอัญชัน โดยกำหนดน้ำหนักวัตถุดิบในการอบครั้งละ 1 kg ทดลองที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C โดยหาค่าความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลา

4.1 ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

4.1.1 ตรวจสอบสภาพของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

- 1) ตรวจสอบระบบไฟฟ้า
- 2) ตรวจสอบระบบลม
- 3) ตรวจสอบระบบความร้อน

4.1.2 ทำการวัดความเร็วลม

4.1.3 เตรียมดอกอัญชันสดมาล้างทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคด้วยน้ำเกลือ จากนั้นนำไปตากให้แห้ง

4.1.4 นำดอกอัญชันที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในถังอบแห้ง

4.1.5 เปิดเบรกเกอร์ เปิดสวิตช์ฉุกเฉิน

4.1.6 เปิดสวิตช์ฮีตเตอร์

4.1.7 เปิดสวิตช์โบลเวอร์

4.1.8 ปรับตั้งอุณหภูมิที่ต้องการอบแห้ง

4.1.9 จับเวลาในการอบแห้ง 10 นาที

4.1.10 สังเกตการทำงานระหว่างการอบแห้ง

4.1.11 เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดทำการกดปุ่มปิดสวิตช์หยุดการทำงาน

4.1.12 ปิดเบรกเกอร์

4.1.13 ปิดสวิตช์ฮีตเตอร์

4.1.14 ปิดสวิตช์โบลเวอร์

4.1.15 นำวัตถุดิบมาชั่งน้ำหนัก

4.1.16 บันทึกค่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง

4.2 ขั้นตอนหลังจากการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

4.2.1 ปิดเบรกเกอร์ และถอดปลั๊กไฟออก

4.2.2 ทำความสะอาดภายในถังอบ

4.2.3 เก็บสายไฟให้เรียบร้อย

4.2.4 เก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบแห้ง

4.2.5 ใช้ผ้าคลุมเครื่องอบแห้งให้เรียบร้อย

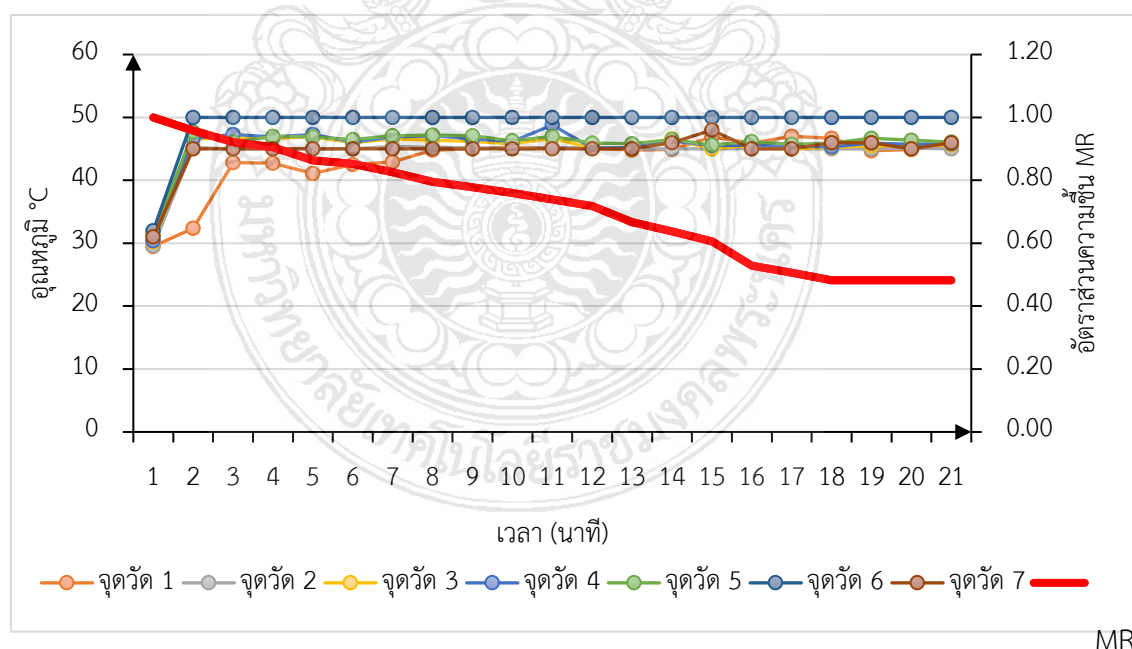
4.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 4.3.1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด
- 4.3.2 วัสดุในการอบแห้งคือดอกอัญชัน
- 4.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 4.3.4 โทรศัพท์มือถือในการจับเวลา
- 4.3.5 ถังสำหรับใส่วัสดุ
- 4.3.6 ถังสำหรับล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคให้กับดอกอัญชัน
- 4.3.7 ถุงมือ
- 4.3.8 ถุงซิปล็อคใส่สำหรับใส่วัสดุ
- 4.3.9 ผ้าสำหรับเช็ดทำความสะอาดเครื่อง
- 4.3.10 เทอร์โมมิเตอร์

4.4 ข้อมูลและผลการอบแห้ง 1 kg

4.4.1 ข้อมูลและผลการอบแห้งดอกอัญชัน

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	ดอกอัญชัน
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	45 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	300 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	200 นาที



รูปที่ 4.1 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด

ที่อุณหภูมิ 45 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.48 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 200 นาที แสดงดังรูปที่ 4.1

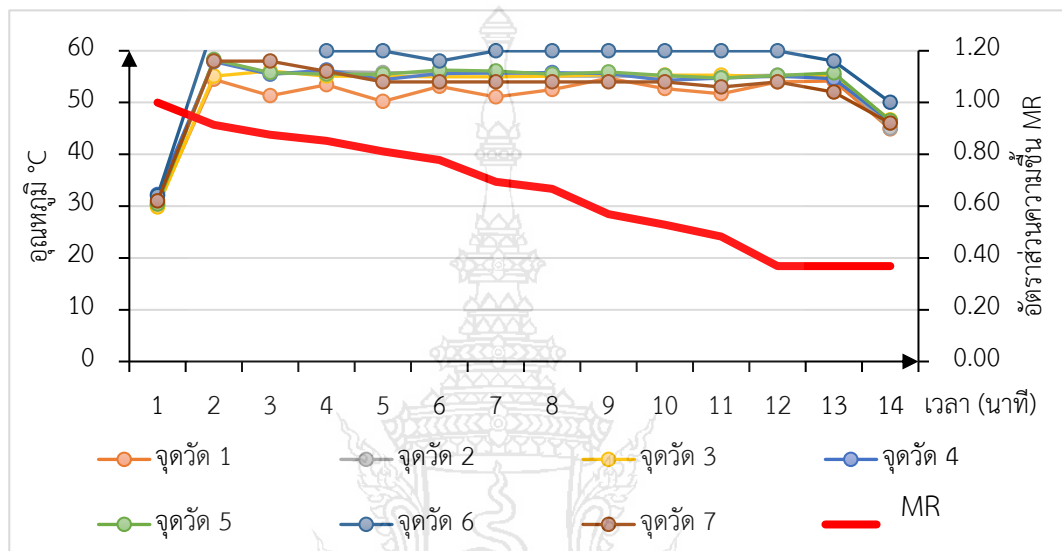


รูปที่ 4.2 ดอกอัญชันที่อบแห้งในอุณหภูมิ 45 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 45 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 140 นาที น้ำหนักสุดท้ายของดอกอัญชันหลังการอบแห้ง 300 g แสดงดังรูปที่ 4.2 น้ำหนักที่หายไป 700 g จะพบว่าการใช้ระยะเวลาในการอบแห้งดอกอัญชันจนเหลือความชื้นสุดท้ายค่อนข้างนาน แต่ดอกอัญชันยังคงรักษารูปทรงไว้ได้ และไม่เกิดการแตกหัก

4.4.2 ข้อมูลและผลการอบแห้งดอกอัญชัน

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ดอกอัญชัน
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	55 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	260 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	130 นาที



รูปที่ 4.3 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C

ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 55 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.37 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 130 นาที แสดงดังรูปที่ 4.3

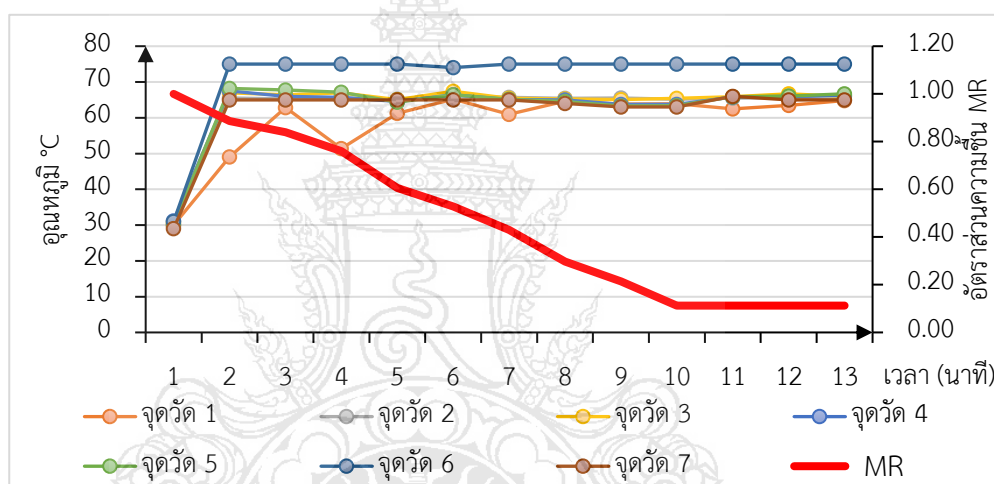


รูปที่ 4.4 ดอกอัญชันที่อบแห้งในอุณหภูมิ 55 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 130 นาที น้ำหนักสุดท้ายของดอกอัญชันหลังการอบแห้ง 260 g แสดงดังรูปที่ 4.4 น้ำหนักที่หายไป 740 g จะพบว่าใช้ระยะเวลาในการอบแห้งดอกอัญชันจนเหลือความชื้นสุดท้าย เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C แต่ดอกอัญชันเกิดการเสียรูปทรงและเกิดการแตกหักเพียงเล็กน้อย

4.4.3 ข้อมูลและผลการอบแห้งดอกอัญชัน

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	ดอกอัญชัน
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	65 °C
น้ำหนักเริ่มต้น	1 kg
น้ำหนักสุดท้าย	200 g
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	120 นาที



รูปที่ 4.5 อัตราส่วนความชื้นที่น้ำหนัก 1 kg ที่อุณหภูมิ 65 °C

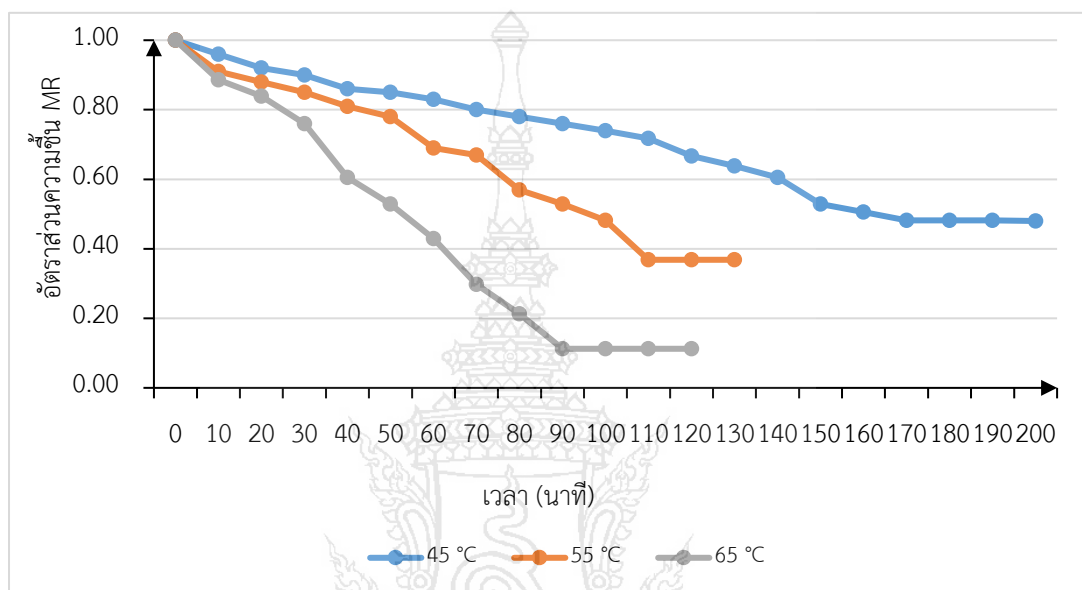
ค่าที่ได้จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่าเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้น (MR) จาก 1.00 ลดลงเหลืออยู่ที่ 0.11 ในระยะเวลาของการอบแห้ง 120 นาที แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 ดอกอัญชันที่อบแห้งในอุณหภูมิ 65 °C

ผลที่ได้จากการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 65 °C น้ำหนักก่อนอบแห้ง 1 kg ในระยะเวลาของการอบแห้ง 120 นาที น้ำหนักสุดท้ายของดอกอัญชันหลังการอบแห้ง 200 g แสดงดังรูปที่ 4.5 น้ำหนักที่หายไป 800 g จะพบว่าใช้ระยะเวลาในการอบแห้งดอกอัญชันจนเหลือความชื้นสุดท้าย เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C และ อุณหภูมิ 55 °C ดอกอัญชันเกิดการเสียรูปทรงและเกิดการแตกหัก

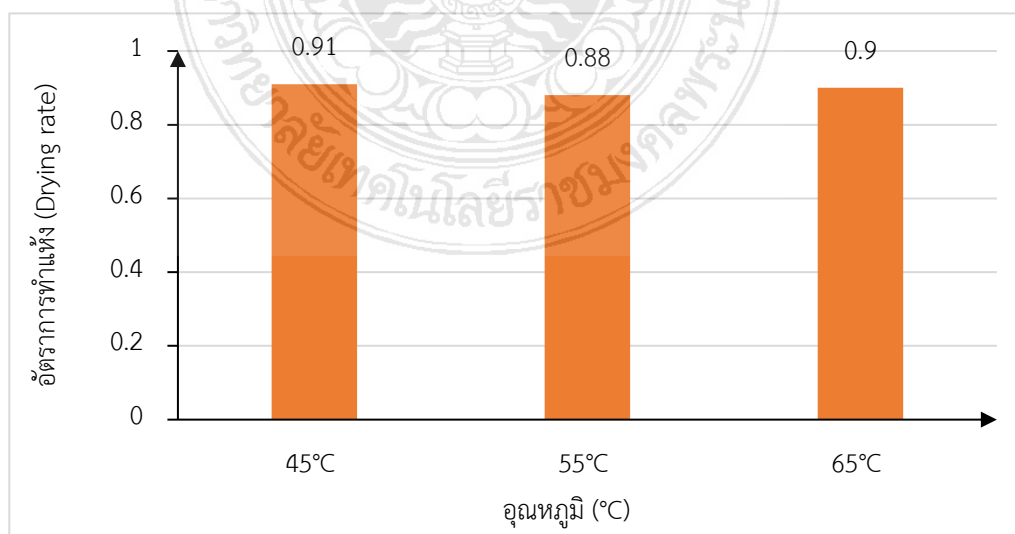
4.4.4 อัตราส่วนความชื้น 1 kg



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C

4.4.5 อัตราการอบแห้ง 1 kg

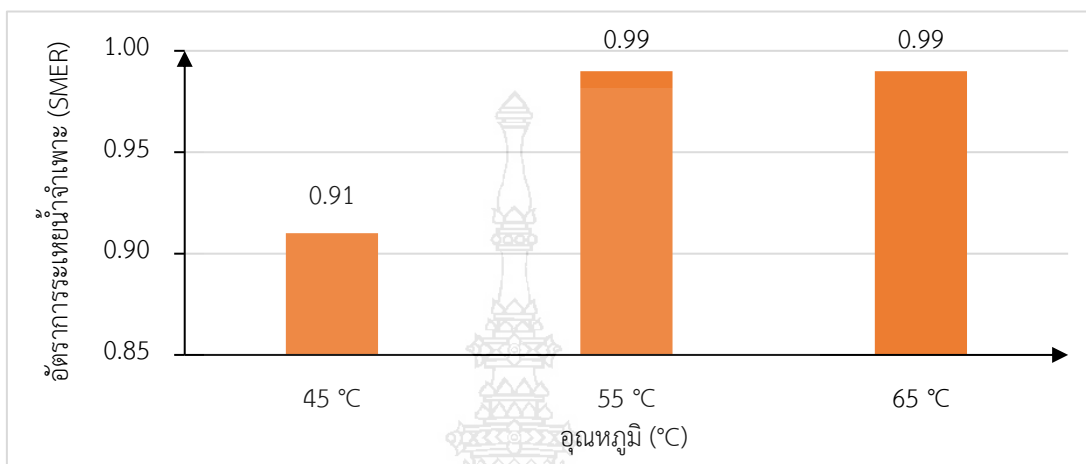
อัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือ อัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุต่อพื้นที่ที่เกิดการระเหยต่อหน่วยเวลาระหว่างการอบแห้ง แสดงการคำนวณที่ภาคผนวก ค.1



รูปที่ 4.8 อัตราการอบแห้ง 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C

4.4.6 อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 1 kg

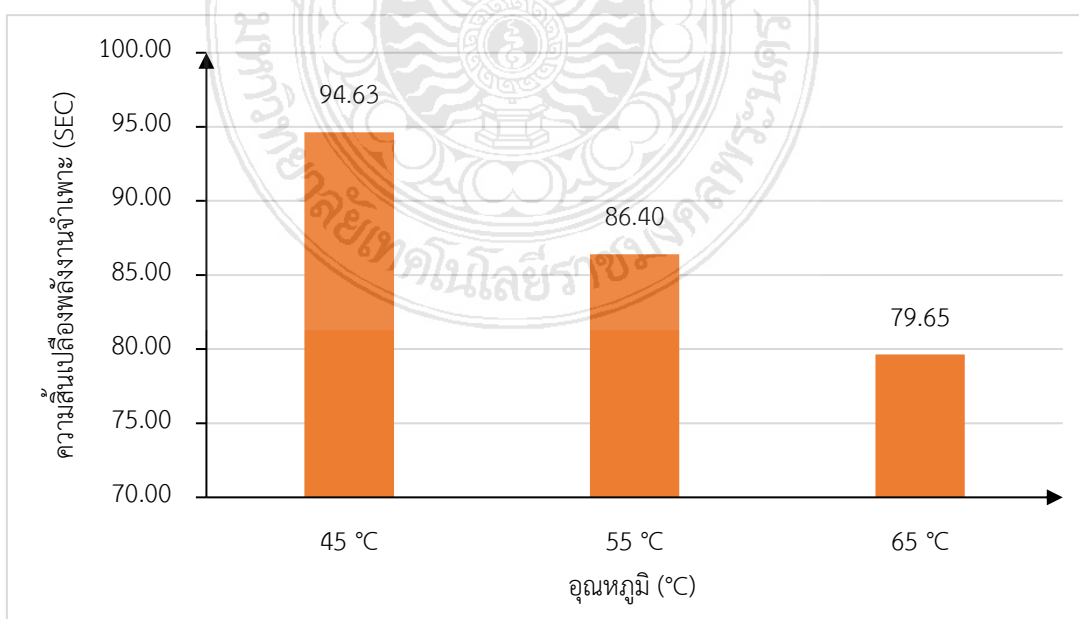
อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific Moisture Extraction Rate, SMER) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ตลอดการอบแห้ง แสดงการคำนวณที่ภาคผนวก ค.2



รูปที่ 4.9 อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C

4.4.7 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 1 kg

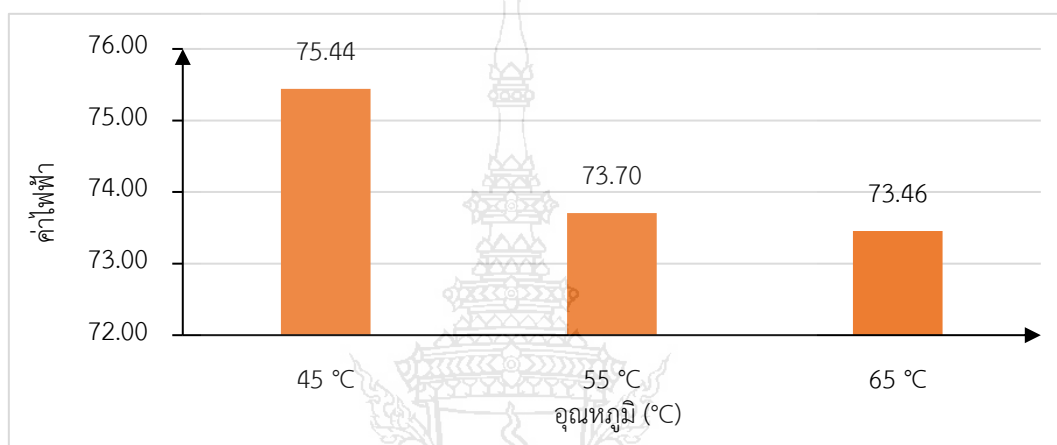
ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) คือ พลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำที่ระเหยซึ่งส่วนกลับของอัตราการระเหยน้ำจำเพาะ แสดงการคำนวณที่ภาคผนวก ค.3



รูปที่ 4.10 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C

4.4.8 ค่าไฟฟ้าจากการอบ 1 kg

การคำนวณค่าไฟฟ้าอ้างอิงราคาอัตราค่าไฟฟ้าตามประกาศวันที่ 29 พ.ย.2567 คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) มีมติเห็นชอบให้ปรับค่าเอฟทีขายปลีก สำหรับเรียกเก็บ ในงวดเดือน ม.ค.-เม.ย.2568 เท่ากับ 89.55 สตางค์ต่อหน่วย ส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 69.07 สตางค์ต่อหน่วย เมื่อรวมกับค่าไฟฟ้าฐานที่ 3.78 บาทต่อหน่วย ทำให้ค่าไฟฟ้าเรียกเก็บของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภทเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.68 บาทต่อหน่วย (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)



รูปที่ 4.11 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C

4.5 เปรียบเทียบผลการทดลอง

หลังจากทำการอบแห้งโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดจึงนำมา เปรียบเทียบกับดอกอัญชันสดและดอกอัญชันที่ได้ทำการตากแดดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการทดลอง

ดอกอัญชันสด	ดอกอัญชันที่อบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบด	ดอกอัญชันที่ตากแดด
		

จากการเปรียบเทียบพบว่าการอบดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดใช้ระยะเวลา น้อยกว่าการตากแดดอยู่มาก สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และดอกอัญชันจะไม่สัมผัสกับ มลพิษหรือเชื้อโรคที่อาจเกิดจากการตากแดดในที่ที่มีฝุ่นหรือแมลง

4.6 ดำเนินการส่งตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งไปตรวจวิเคราะห์หาสารโพรไบโอติกส์

ทำการส่งตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C , 55 °C และ 65 °C ตัวอย่างละ 100 g ไปตรวจวิเคราะห์หาสารโพรไบโอติกส์ที่ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C จำนวน 100 g ในการ วิเคราะห์หาสารโพรไบโอติกส์

4.6.1 ผลการวิเคราะห์หาสารโพรไบโอติกส์

จากการวิเคราะห์และศึกษาพบว่าในดอกอัญชันอบแห้ง ไม่มีสารหรือใยอาหารซึ่งเป็นแหล่ง โพรไบโอติกส์แบบดั้งเดิม เช่น อินูลินหรือฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ แต่แอนโทไซยานินในดอกอัญชันมี ศักยภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ในลำไส้ เช่น Lactobacillus และ Bifidobacterium

ดอกอัญชันอบแห้งมีศักยภาพในการทำหน้าที่เป็นโพรไบโอติกส์ได้ เนื่องจากมีแอนโทไซยานิน ซึ่งสามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณและประสิทธิภาพ ของคุณสมบัติขึ้นอยู่กับกระบวนการอบแห้ง โดยควรใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม ผู้ศึกษาโครงการจึงทำการ ส่งดอกอัญชันอบแห้ง ทั้ง 3 อุณหภูมิ คือ 45 °C, 55 °C และ 65 °C ให้กับห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจหา ปริมาณสารแอนโทไซยานิน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแอนโทไซยานินในดอกอัญชันอบแห้ง ต่อคุณสมบัติโพรไบโอติกส์ โดยมีการทดสอบหาปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ [14] ดังนี้

1) สารเคมีและอุปกรณ์

- 1.ก) สารเคมี
- 1.ข) โพแทสเซียมคลอไรด์ pH 1.0
- 1.ค) โซเดียมอะซิเตตไฮเดรต pH 4.5
- 1.ง) กรดไฮโดรคลอริก

2) อุปกรณ์ในการทดสอบ

- 1.ก) ปีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร
- 1.ข) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 1.ค) ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1 ลิตร
- 1.ง) ขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร
- 1.จ) อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Water bath)
- 1.ฉ) เครื่อง Spectrophotometer
- 1.ช) เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
- 1.ซ) เครื่องชั่ง
- 1.ฌ) นาฬิกาจับเวลา
- 1.ญ) Autopipette
- 1.ฎ) Pipette tip

3) การสกัดดอกอัญชัน

นำตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งทั้งดอกรวมกลีบเลี้ยง ดังแสดงในภาพที่ 1 มาบดใหม่มีขนาดชิ้นที่เล็กลงและสกัดโดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ : น้ำ เท่ากับ 1:30 ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที กรองสารสกัดด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นเทสารสกัดที่ได้เก็บไว้แล้วนำกากที่ผ่านการสกัดแล้วมาทำการสกัดที่อัตราส่วนและสภาวะเดิมจนกลีบดอกซีดขาว รวมสารสกัดทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง เข้าด้วยกัน นำไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

4) การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

เตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH 1.0 และสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำการตรวจหาปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดลงในขวดปรับปริมาตร จำนวน 2 ขวด ปรับให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตรด้วยบัฟเฟอร์ pH 1.0 และ pH 4.5 ดังแสดงในรูปที่ 4.13 เก็บตัวอย่างในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลานำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ตามลำดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ คำนวณและรายงานผลเป็นมิลลิกรัมของปริมาณแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัมของตัวอย่างวัตถุดิบ (mg/g) ดังสมการที่ 4.1

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g)} = \frac{A \times MW \times DF \times V}{\epsilon \times l \times G} \quad (4.1)$$

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH } 1.0 - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH } 4.5$$

$$MW = \text{น้ำหนักโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 449.2}$$

- ϵ = โมลาร์แอบซอร์บติวิตีของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26,900
 l = ระยะทางที่แสงเดินทางผ่านตัวอย่าง (เซนติเมตร)
 DF = Dilution factor ของสารละลายตัวอย่าง เช่น สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร นำมาเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร ดังนั้น ค่า DF มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิลิตร
 V = ปริมาณตัวทำละลาย
 G = ปริมาณตัวอย่าง



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างสารสกัดดอกอัญชันอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C ละลายในบัฟเฟอร์ pH 1.0 และ 4.5

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน -3- กลูโคไซด์ [14] ของตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้ง

อุณหภูมิ (°C)	(R1)	(R2)	(R3)	ค่าเฉลี่ย (mg/g)
45	2.3671	2.1416	2.2168	2.2418
55	2.0665	2.1792	2.1416	2.1291
65	2.0665	2.0289	2.1041	2.0665

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน -3- กลูโคไซด์ของตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและปริมาณแอนโทไซยานิน จากการทดสอบที่อุณหภูมิที่ต่างกันพบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการทำลายโครงสร้างของสารแอนโทไซยานินด้วยความร้อนทำให้สารนี้เสื่อมสภาพเร็วขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า จากการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้งจะลดลง ซึ่งแสดงถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่สูงขึ้นในการเสื่อมสภาพของสารแอนโทไซยานินได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับคุณสมบัติโพรไบโอติกส์

อุณหภูมิการอบ (°C)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g) ความเหมาะสมต่อโพรไบโอติกส์ (โดยประมาณ)
45°C	2.2418	สูงสุด (เสถียรภาพของสารสูง)
55°C	2.1291	ปานกลาง (สารเริ่มเสื่อมสภาพเล็กน้อย)
65°C	2.0665	ต่ำสุด (สารเสื่อมสภาพมากขึ้น)

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าในดอกอัญชันอบแห้งในรูปไซยานิน-3-กลูโคไซด์ ซึ่งให้เห็ถึง ความแตกต่างของปริมาณสารในตัวอย่างที่ถูกอบที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 45 °C มีปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ยสูงสุด 2.2418 mg/g สารนี้มีความเสถียรมากขึ้นเมื่ออบในอุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยคงโครงสร้างของสารและประสิทธิภาพในการเป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์ดี อุณหภูมิที่สูงขึ้น แอนโทไซยานินลดลงที่อุณหภูมิ 55 °C และ 65 °C การเสื่อมสภาพของแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่อประสิทธิภาพการเป็นสารตั้งต้นสำหรับโพรไบโอติกส์ แอนโทไซยานินในรูปของไซยานิน-3-กลูโคไซด์ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นให้จุลินทรีย์ในลำไส้ เช่น Lactobacillus และ Bifidobacterium

ตัวอย่างจากการอบแห้งที่ 45 °C มีโอกาสให้ผลดีต่อการทำงานของโพรไบโอติกส์มากกว่า เพราะปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด ช่วยเพิ่มสารเมตาโบไลต์ที่มีผลดีในลำไส้ ปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับความสามารถในการสนับสนุนโพรไบโอติกส์ โดยอุณหภูมิที่ต่ำ ช่วยคงคุณสมบัติของสารที่เหมาะสมกับการทำงานร่วมกับโพรไบโอติกส์

ตารางที่ 4.4 แสดงคุณสมบัติแอนโทไซยานินกับโพรไบโอติกส์

ลักษณะ	แอนโทไซยานิน	โพรไบโอติกส์	ความสัมพันธ์
บทบาทหลัก	ต้านอนุมูลอิสระ, ลดการอักเสบ	ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ดี	สนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้
ผลต่อระบบทางเดินอาหาร	ลดอนุมูลอิสระในลำไส้, สนับสนุนสุขภาพเยื่อเมือกในลำไส้	ส่งเสริมการทำงานของ Probiotic ในลำไส้	ช่วยปรับสมดุลในลำไส้
ผลกระทบเชิงสุขภาพ	ป้องกันโรคหัวใจ, ลดความเสี่ยงมะเร็ง	สนับสนุนระบบภูมิคุ้มกัน, ลดการเกิดโรคลำไส้	ส่งเสริมสุขภาพระบบทางเดินอาหารและภูมิคุ้มกัน
บทบาทหลัก	ต้านอนุมูลอิสระ, ลดการอักเสบ	ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ดี	สนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้

จากตารางที่ 4.4 การเชื่อมโยงระหว่างแอนโทไซยานินและโพรไบโอติกส์ แอนโทไซยานินและโพรไบโอติกส์สามารถทำงานร่วมกันในการส่งเสริมสุขภาพโดยเฉพาะในด้านของระบบทางเดินอาหาร แอนโทไซยานินช่วยเสริมการทำงานของโพรไบโอติกส์โดยการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ดีในลำไส้ ซึ่งช่วยปรับสมดุลของระบบทางเดินอาหารและเสริมสร้างสุขภาพโดยรวม ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแอนโทไซยานินในแง่ของการสนับสนุนระบบทางเดินอาหารและการป้องกันโรคต่างๆ และการทำงานร่วมกับโพรไบโอติกส์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาสุขภาพลำไส้และภูมิคุ้มกัน

จากการศึกษาเชิงลึกให้ได้ผลของความสัมพันธ์ แอนโทไซยานิน และ โพรไบโอติกส์ เกี่ยวกับการย่อยและการดูดซึมของ แอนโทไซยานิน และ โพรไบโอติกส์ สามารถใช้วิธีการต่างๆ เช่น การใช้ In vitro models เพื่อจำลองกระบวนการย่อยและการดูดซึม, การใช้ In vivo studies เพื่อตรวจสอบการทำงานในสัตว์, และ Clinical studies ในมนุษย์เพื่อทดสอบผลกระทบในระดับจริง ซึ่งทั้งหมดนี้ช่วยให้เข้าใจถึงกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับการย่อยและการดูดซึมสารเหล่านี้ในระบบทางเดินอาหาร รวมถึงการเสริมสร้างสุขภาพของระบบย่อยอาหารในระยะยาว

4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ Lactic acid bacteria

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณ Lactic acid bacteria ในตัวอย่างดอกอัญชันอบแห้ง (วิธีการทดสอบ อ้างอิง ISO 15214:1998)

อุณหภูมิ (°C)	ผลการทดสอบ (cfu/g)
45	น้อยกว่า 10
55	น้อยกว่า 10
65	น้อยกว่า 10

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในดอกอัญชันอบแห้งมี Lactic acid bacteria แต่อินดิเคเตอร์ไม่สามารถระบุปริมาณของ Lactic acid bacteria ได้อย่างชัดเจนเนื่องจากมีปริมาณของ Lactic acid bacteria น้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งต้องมีปริมาณของ Lactic acid bacteria มากกว่า 10 cfu/g ขึ้นไปถึงจะระบุปริมาณได้อย่างชัดเจน

4.8 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบการอบแห้งดอกอัญชันที่ 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C ในระยะเวลาต่อการอบของการอบแห้งครั้งละ 10 นาที และการทดสอบหาปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

การอบดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 45 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 300 g ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 200 นาที อัตราส่วนความชื้นเริ่มต้น 1.00 อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.48 อัตราการอบแห้ง 0.91 kg/h อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 0.98 kg/kWh ความสิ้นเปลืองพลังงาน

จำเพาะ 94.63 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบ การอบแห้ง 80.43 % และมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 2.2418 mg/g

จากผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบการอบแห้งดอกอัญชันที่ 1 kg ที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C ในระยะเวลาต่อรอบของการอบแห้งครั้งละ 10 นาที และการทดสอบหาปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

การอบดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 45 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 300 g ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 200 นาที อัตราส่วนความชื้นเริ่มต้น 1.00 อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.48 อัตราการอบแห้ง 0.91 kg/h อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 0.98 kg/kWh ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 94.63 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบ การอบแห้ง 80.43 % และมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 2.2418 mg/g

การอบดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 55 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 260 g ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 140 นาที อัตราส่วนความชื้นเริ่มต้น 1.00 อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.37 อัตราการอบแห้ง 0.88 kg/h อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 0.99 kg/kWh ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 86.40 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบ การอบแห้ง 87.27 % และมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 2.1291 mg/g

การอบดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 65 °C น้ำหนักเริ่มต้น 1 kg น้ำหนักสุดท้าย 200 g ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 130 นาที อัตราส่วนความชื้นเริ่มต้น 1.00 อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย 0.11 อัตราการอบแห้ง 0.90 kg/h อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ 0.99 kg/kWh ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 79.65 MJ/kg ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบ การอบแห้ง 87.57 % และมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 2.1041 mg/g

ในดอกอัญชันอบแห้งมี Lactic acid bacteria แต่อินดิเคเตอร์ไม่สามารถระบุปริมาณของ Lactic acid bacteria ได้อย่างชัดเจนเนื่องจากมีปริมาณของ Lactic Acid Bacteria น้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งต้องมีปริมาณของ Lactic acid bacteria มากกว่า 10 cfu/g ขึ้นไปถึงจะระบุปริมาณได้อย่างชัดเจน



บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์อัญชัน สามารถสรุปงานวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน และการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับรักษาค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางยา การศึกษานี้ได้เลือกใช้อุณหภูมิที่ 45 °C, 55 °C และ 65 °C โดยใช้ดอกอัญชันน้ำหนัก 1 kg จากการทดลองการอบดอกอัญชันด้วยเครื่องฟลูอิดไดซ์เบดผลที่ได้สามารถจำแนกได้ ดังนี้

5.1.1 ผลจากการทดลองอบแห้งดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C และ 65 °C จะพบว่าดอกอัญชันมีการคลายความชื้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้วัตถุดิบนั้นคลายความชื้นออกมาได้รวดเร็ว แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำจะทำให้วัตถุดิบนั้นคลายความชื้นได้ช้า ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้น

5.1.2 จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 65 °C สามารถทำการอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก เนื่องจากมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าอุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่เร็ว แต่มีข้อเสียตรงที่ดอกอัญชันเกิดการเสียรูปทรงและเกิดการแตกหักมากกว่าการใช้อุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C

5.1.3 ผลการวิเคราะห์หาสารโพรไบโอติก พบว่าในดอกอัญชันอบแห้ง ไม่มีสารหรือใยอาหารซึ่งเป็นแหล่งโพรไบโอติกส์แบบดั้งเดิม เช่น อินูลินหรือฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ แต่พบค่าแอนโทไซยานินในดอกอัญชันมีศักยภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในลำไส้ เช่น Lactobacillus และ Bifidobacterium

5.1.4 จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการรักษามูลค่าสารแอนโทไซยานินในดอกอัญชัน เนื่องจากการมีปริมาณสารแอนโทไซยานินที่สูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.2418 mg/g

5.2 อุปสรรคในการทดลอง

5.2.1 เมื่อทำการทดลองอบแห้งดอกอัญชันในระยะเวลาที่นานจะพบว่า เครื่องชั่งน้ำหนักเกิดความร้อนสะสม ทำให้ตัวเลขแสดงน้ำหนักของดอกอัญชันไม่ตรงกับความเป็นจริง

5.2.2 เมื่อถึงเวลาชั่งน้ำหนักจำเป็นต้องชั่งน้ำหนักดอกอัญชันพร้อมเครื่องอบแห้งไปด้วย ซึ่งเครื่องอบแห้งมีน้ำหนักที่มาก อาจเกิดอันตรายได้เนื่องจากการชั่งน้ำหนักจะต้องใช้แม่แรง 4 ตัวในการยก และจะต้องใช้คน 1 คนทำการประคองเครื่องเพื่อยกวางบนเครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งแม่แรงมีหน้าสัมผัสที่น้อย อาจทำให้เครื่องอบแห้งนั้นล้ม และเกิดความเสียหายได้

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

5.3.1 ควรปิดการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักเป็นระยะ เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสะสม

5.3.2 ควรปรับปรุงแม่แรงสำหรับยกเครื่องอบแห้งหรือเพิ่มหน้าสัมผัสของแม่แรงกับเครื่องอบแห้งให้มากขึ้นเพื่อให้ความปลอดภัย

5.3.3 ควรออกแบบและแก้ไขเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดให้สามารถบำรุงรักษาได้ง่ายขึ้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- [1] กรมควบคุมโรค, 2567, โรคไม่ติดต่อเรื้อรังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตของประชากรโลก, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1376920230127075004.pdf>. [24/07/2567]
- [2] กรมวิชาการเกษตร, 2567, คู่มือดอกอัญชัน, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/pdf>. [24/07/2567]
- [3] ไทยแลนด์พลัส , 2565, สมุนไพรน่ารู้ อภัยภูเบศร : อัญชัน ,[ออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.thailandplus.tv/archives/487642>. [10/08/67]
- [4] สมิตีเวช, 2567, ‘โพรไบโอติกส์’เสริมภูมิคุ้มกัน, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://samitivejchinatown.com/th/article/health/probiotics>. [10/08/67]
- [5] ienergyguru, 2558, ทฤษฎีการอบแห้ง, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>
- [6] ชนาธิป แซ่หลี่และคณะ, 2564, การอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. [24/7/2567]
- [7] จิตภา นพพันธ์, 2564, อิทธิพลของเทคนิคการแทรกซึมและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งต่อการเสริมโพรไบโอติกในขนุนอบแห้ง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร. [24/7/2567]
- [8] ปริญญ์ ชูปวา, 2564, การศึกษากระบวนการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟและลมหมุนอัดตัวสำหรับการเตรียมข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. [24/7/2567]
- [9] ไทยแลนด์พลัส , 2565, สมุนไพรน่ารู้ อภัยภูเบศร : อัญชัน ,[ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.thailandplus.tv/archives/487642>. [10/08/67]
- [10] สมิตีเวช, 2567, ‘โพรไบโอติกส์’เสริมภูมิคุ้มกัน, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://samitivejchinatown.com/th/article/health/probiotics>. [10/08/67]
- [11] ienergyguru, 2558, ทฤษฎีการอบแห้ง, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://ienergyguru.com/2015/09/drying>. [10/08/67]
- [12] พบแพทย์, 2564, โพรไบโอติก กับประโยชน์ที่ควรรู้ , [ออนไลน์],แหล่งที่มา: <https://www.pobpad.com> [19/01/68]
- [13] วันทนี รอดศิริ และคณะ, 2559, การศึกษาการรอดชีวิตของ *Lactobacillus casei* ต่อสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน, สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ [05/2/2568]
- [14] Asen,S., Stuart, N.W., and Siegelman, H.W. 1959. Effect of various concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on sepal color of *Hydrangea macrophylla*. Am. Soc. Hort. Sci. 73: 495-502

ประวัติผู้วิจัย



ประวัติผู้วิจัย



ผศ.ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาเอก Docteur en Énergétique (Mechanical Engineering)
University of Orleans, France

ปัจจุบัน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาเอก Dr.-Ing. วิศวกรรมเครื่องกล จาก University of Rostock,
Germany

ปัจจุบัน

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

อาจารย์กวิน เลิศเลาะห์กุล



การศึกษา

ปริญญาตรี วศ.บ.(วิศวกรรมการออกแบบและผลิตรายยนต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริญญาโท M.Sc.(Automotive Soft Engineering)

Technische Universität Chemnitz, Germany

ปัจจุบัน

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

