การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์

STUDY OF THE EFFACTS OF DRYING TEMPERATURE ON THE PROBIOTIC CONTENT IN BUTTERFLY PEA FLOWERS

นายนราธิป บุญมาศ

ว่าที่ร้อยตรีวศิน แฝงเมือง

นายภิญโญ วงค์ประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567

การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์

STUDY OF THE EFFACTS OF DRYING TEMPERATURE ON THE PROBIOTIC CONTENT IN BUTTERFLY PEA FLOWERS

นายนราธิป บุญมาศ

ว่าที่ร้อยตรีวศิน แฝงเมือง

นายภิญโญ วงค์ประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567

การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์

นายนราธิป บุญมาศ
ว่าที่ร้อยตรีวศิน แฝงเมือง
นายภิญโญ วงค์ประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2567

STUDY OF THE EFFACTS OF DRYING TEMPERATURE ON THE PROBIOTIC CONTENT IN BUTTERFLY PEA FLOWERS

Mr.	Narathip	Bunmat
Acting 2 Lt.	Wasin	Fangmuang
Mr.	Pinyo	Wongpraserd

The Project Report Submitted in Partial Fulfillment of
The Requirement for Degree of Bachelor of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
2024

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญรูป ช

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ซ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 3

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 4

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 4

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน 4

1.5 การดำเนินงาน 5

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดอกอัญชัน 5

2.2 โพรไบโอติกส์ 6

2.3 ทฤษฎีการอบแห้ง 7

2.4 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด 12

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3. ขั้นตอนดำเนินการ

3.1 แผนการดำเนินงาน 14

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 15

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 16

3.4 วิธีการอบแห้งดอกอัญชันด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด 17

บรรณานุกรม 18

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การดำเนินงานของโครงงานการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติก ในภาคเรียนที่ 1/2567	3
1.2	การดำเนินงานของโครงงานการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติก ในภาคเรียนที่ 2/2567	3
1.3	แผนการใช้จ่ายและรายการวัสดุที่ใช้ในโครงงาน	4

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ดอกอัญชัน	5
2.2	โพรไบโอติกส์	7
2.3	การอบแห้งดอกอัญชัน	8
2.4	การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	9
2.5	เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง	11
2.6	ตู้อบ Fluidized Bed Dryer	12
3.1	ขั้นตอนการทำงาน	15
3.2	เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	16

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
W_d	วัตถุดิบแห้ง	%d.b
W_W	วัตถุดิบเปียก	%d.b
M_d	ความชื้นมาตรฐานแห้ง	d.b.
M_w	ความชื้นมาตรฐานแห้ง	d.b.
m_w	มวลของผลผลิตชื้น	kg
m_d	มวลของผลผลิตแห้ง	kg
M_f	ความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ	-
M_s	ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ	-
M_1	ความชื้นที่หายไป	-
M_R	อัตราส่วนความชื้น	-
M_t	ความชื้นที่เวลาใดๆ	-

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

โลกกำลังเผชิญกับวิกฤตสุขภาพ โรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง กำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ในปี 2565 [1] ระบุว่า โรคไม่ติดต่อเรื้อรังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตของประชากรโลกประมาณ 71% การเสริมสร้างสุขภาพและการป้องกันโรคจึงมีความสำคัญมาก อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น อาหารที่มีสารโพรไบโอติกส์ได้รับความสนใจมากขึ้น ข้อมูลจาก Global Industry Analysts ในปี 2565 คาดการณ์ว่าตลาดอาหารเสริมโพรไบโอติกส์ทั่วโลกจะมีมูลค่าสูงถึง 67.5 พันล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี 2569 สารโพรไบโอติกส์เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ เมื่อบริโภคเข้าไป สารโพรไบโอติกส์จะช่วยปรับสมดุลของระบบจุลินทรีย์ในลำไส้ ป้องกันการติดเชื้อ ลดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และช่วยในการดูดซึมสารอาหาร ประเทศไทยมีทรัพยากรทางธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ พืชสมุนไพรมีการใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนาน ข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตร ในปี 2565 ระบุว่า ประเทศไทยมีพืชสมุนไพรประมาณ 1,500 ชนิด ดอกอัญชัน (Clitoria ternatea) เป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีคุณสมบัติทางยาหลายอย่าง ข้อมูลจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในปี 2565 [2] ระบุว่า ดอกอัญชันมีสารโพรไบโอติกส์ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับดอกอัญชันในประเทศไทยยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปดอกอัญชันที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงจะช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของพืชสมุนไพรไทย

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

ดังนั้นโครงงานนี้คณะผู้จัดจะทำการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปดอกอัญชันให้สามารถคงคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางยาได้สูงสุด ผลการศึกษานี้จะช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของอุณหภูมิการอบแห้งต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน และนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการแปรรูปดอกอัญชันที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากดอกอัญชัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1. เพื่อศึกษาการอบแห้งดอกอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

1.2.2. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชันที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่อง อบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

1.2.3. เพื่อศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่ส่งผลต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1. ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชันต่อดอกอัญชัน 1 kg

1.3.2. อุณหภูมิการอบแห้งที่ใช้ในการทดลองคือ 45°C, 55°C และ 65°C

1.3.3 ใช้ความเร็วลมที่ 1.5 M/s

1.3.4. ตัวแปรที่พิจารณาได้แก่ เวลาการอบแห้ง, น้ำหนัก, ความชื้น, อัตราส่วนความชื้น และการใช้พลังงานในการอบแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงงาน

1.4.1. ได้รับความรู้เรื่องการอบแห้งอัญชันด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

1.4.2. ได้ทราบตัวแปรที่มีผลต่อสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชันที่ผ่านการอบแห้ง

1.4.3 ได้ทราบถึงข้อมูลอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาปริมาณสารโพรไบโอติกส์ในดอกอัญชัน

1.5 การดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 การดำเนินงานของโครงงานการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติก ในภาคเรียนที่ 1/2567

กิจกรรม	ภาคการเรียนที่ 1 /2567														
	สัปดาห์ที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
กำหนดหัวข้อโครงงาน															
ศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง															
ทำใบเสนอโครงงาน															
แก้ไขใบเสนอโครงงาน															
สอบหัวข้อโครงงาน															
แก้ไขโครงการตามที่คณะกรรมการฯ แนะนำและจัดทำรูปเล่ม บทที่ 1-3															

ตารางที่ 1.2 การดำเนินงานของโครงงานการศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติก ในภาคเรียนที่ 2/2567

กิจกรรม	ภาคการเรียนที่ 2 /2567														
	สัปดาห์ที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
แก้ไขโครงการตามที่คณะกรรมการฯ แนะนำและจัดทำรูปเล่ม บทที่ 1-3															
ทดลองและวิเคราะห์ผล															
สรุปแก้ไขปัญหาที่พบ															
สรุปผลการทดลองและประเมินผลการทำงาน															
จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์แบบสมบูรณ์															
สอบป้องกันปริญญานิพนธ์															

ตารางที่ 1.3 แผนการใช้จ่ายและรายการวัสดุที่ใช้ในโครงงาน

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1.ดอกอัญชันสด	3,000
2.ตรวจวิเคราะห์สารโพรไบโอติกต่อตัวอย่าง	3,500
3.ค่าซ่อมบำรุง	2,500
4.ค่าจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์	3,000
รวมทั้งหมด	12,000

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดอกอัญชัน

อัญชัน ชื่อสามัญ Butterfly Pea, Blue Pea ชื่อวิทยาศาสตร์ Clitoria Ternatea L. จัดอยู่ในวงศ์ถั่ว (FABACEAE หรือ LEGUMINOSAE) และอยู่ในวงศ์ย่อยถั่ว FABOIDEAE (PAPILIONOIDEAE หรือ PAPILIONACEAE) สมุนไพรอัญชัน มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า แดงชัน (เชียงใหม่), เอื้องชัน (ภาคเหนือ) เป็นต้น อัญชัน เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในแถบอเมริกาใต้ ปลูกทั่วไปในเขตร้อน ลักษณะของดอกอัญชันจะมีสีขาว สีฟ้า สีม่วง ส่วนตรงกลางดอกจะมีสีเหลือง และรูปทรงคล้ายหอยเชลล์ มีสรรพคุณที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพราะมีสารที่ชื่อว่า “แอนโทไซยานิน” (Anthocyanin) ซึ่งมีหน้าที่ไปช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้ดีมากขึ้น เช่น ไปเลี้ยงบริเวณรากผม ซึ่งช่วยทำให้ผมดกดำ เงางาม หรือไปเลี้ยงบริเวณดวงตาจึงช่วยบำรุงสายตาไปด้วยในตัว

รูปที่ 2.1 ดอกอัญชัน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

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

ราก : มีทั้งรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย โดยรากทุกชนิดจะแทงลงดินไม่ลึกมาก ยกเว้นรากแขนงที่จะแทงไปตามแนวผิวดิน

ใบ : รูปรีแกมไข่ ปลายใบแหลม ฐานใบมน กว้าง 1-3 เซนติเมตร ยาว 2-5 เซนติเมตร ออกสลับเป็นคู่ตรงข้ามตามข้อกิ่ง ประกอบด้วยใบย่อย 5-7 ใบ และมีใบย่อยสุดท้ายขึ้นที่ปลายกิ่ง

ดอก : เป็นดอกเดี่ยวออกบริเวณซอกใบ โดยจะมีทั้งดอกชั้นเดียวและดอกซ้อน ลักษณะดอกคล้ายดอกถั่วหรือฝาหอยเชลล์ มีด้วยกันหลากหลายสี เช่น สีน้ำเงินอมม่วง สีม่วง สีน้ำเงิน สีฟ้า สีคราม สีขาว และสีชมพู แต่ทุกดอกจะมีตรงกลางเป็นสีเหลือง

ผลและเมล็ด : ผลออกเป็นฝักคล้ายถั่วฝักยาว แต่สั้นและแบนกว่า โดยมีตั้งแต่สีเขียว สีเขียวเข้ม สีเหลือง สีน้ำตาล สีน้ำตาลเข้ม ไปจนถึงสีดำ ส่วนเมล็ดเป็นทรงรี มีตั้งแต่สีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ ตามอายุ

2.2 โพรไบโอติกส์

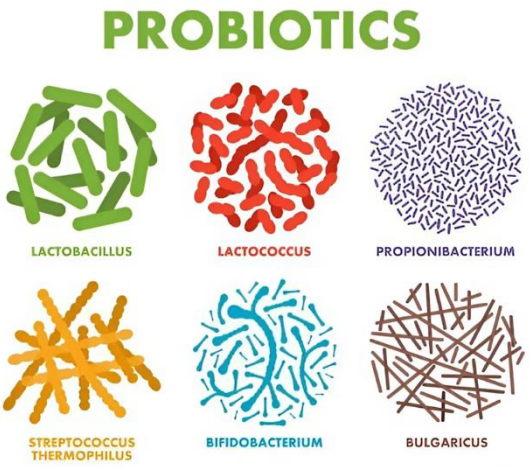
โพรไบโอติกส์ (Probiotics) เป็นจุลินทรีย์ขนาดเล็กซึ่งจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดดี สามารถพบได้ในอาหาร เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต กิมจิ มิโสะ เป็นต้น ผู้เชี่ยวชาญด้านทางเดินอาหาร ให้คำจำกัดความว่า โพรไบโอติกส์ คือ “จุลินทรีย์ที่มีชีวิต เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะทำให้สุขภาพดีในภาวะต่าง ๆ โดยเป็นจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติทนต่อกรดและด่าง สามารถจับที่บริเวณผิวของเยื่อบุลำไส้แล้วผลิตสารต่อต้านหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพได้” พรีไบโอติกส์ 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

2.3.2 แซคคาโรไมซิส (Saccharomyces Boulardii) แซคคาโรไมซิสเป็นยีสต์ที่พบได้ในกลุ่มโพรไบโอติกส์ ไม่มีอยู่ในร่างกายของมนุษย์ตามธรรมชาติ แซคคาโรไมซิสช่วยบรรเทาอาการท้องเสีย และบรรเทาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับด้านทางเดินอาหาร

2.3.3 บิฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) บิฟิโดแบคทีเรียมเป็นหนึ่งในจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ที่เรียกกันได้ว่าดีที่สุด เพราะช่วยบรรเทาอาการลำไส้แปรปรวน จากงานวิจัยพบว่าโพรไบโอติกส์ชนิดนี้ช่วยผลิตสารตั้งต้นของภูมิต้านทานในร่างกายได้ บิฟิโดแบคทีเรียมพบได้ในอาหารประเภทนม

2.3.4 จุลินทรีย์โพรไบโอติกประเภทอื่น ทั้งนี้ยังมีโพรไบโอติกส์ชนิดอื่นๆ ที่ใช้ทางด้านการแพทย์อีกด้วย เช่น Enterogermina – Bacillus Clausii, Bacillus Subtilis, Longum, B. Breve, B.infantis, Streptococcus thermophilus เป็นต้นพบมากที่สุดในกลุ่มโพรไบโอติกส์ แบคทีเรียแลคโตลาซิลลัส เป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่เกาะติดลำไส้ มีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สามารถย่อยแลคโตสในนมได้ อาหารที่พบแลคโตบาซิลลัส เช่น อาหารหมักดอง โยเกิร์ต นมเปรี้ยว



รูปที่ 2.2 โพรไบโอติกส์

โพรไบโอติกส์มีบทบาทมากมายที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่างๆ ในร่างกาย ดังนี้

(1) ป้องกันไม่ให้เชื้อก่อโรคจับที่ผิวเยื่อบุลำไส้ โดยการสร้างเกราะป้องกันบริเวณเยื่อบุลำไส้

(2) ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อฉวยโอกาสในร่างกาย

(3) กระตุ้นระบบการย่อยอาหารโดยการสร้างเอนไซม์หลากหลายชนิด

(4) ช่วยรักษาสมดุลจุลินทรีย์ในร่างกายที่เสียไป

(5) เหนี่ยวนำการกระตุ้นการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน ทำให้มีการสร้างสารป้องกันและกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้เข้าสู่ภาวะสมดุลได้

2.3 ทฤษฎีการอบแห้ง

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

รูปที่ 2.3 การอบแห้งดอกอัญชัน

การระเหยของน้ำจากวัสดุไม่จำเป็นต้องเกิดที่จุดเดือดเสมอไป ในหลายกรณีสามารถใช้อากาศพัดผ่านวัสดุเพื่อดึงน้ำออกมา โดยอาศัยหลักการที่ว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นต่ำจะสามารถดึงน้ำออกจากวัสดุได้ดีขึ้น ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความเร็วของอากาศที่พัดผ่าน และลักษณะทางกายภาพของวัสดุเอง

2.4.1 อัตราความชื้นในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ

อัตราความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ในสองรูปแบบ ได้แก่ ปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (Wet Base) และปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (Dry Base) ในกระบวนการอบ วัสดุจะมีการเปลี่ยนแปลงของมวลรวม ซึ่งอาจทำให้การคำนวณความชื้นแบบ Wet Base ให้ค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น ในการคำนวณทางอุตสาหกรรม จึงนิยมใช้ค่าความชื้นที่คำนวณจาก Dry Base เนื่องจากมวลแห้งจะคงที่ตลอดกระบวนการอบ ทำให้การคำนวณสะดวกยิ่งขึ้น

หากกำหนดให้ความชื้นแบบ Wet Base เท่ากับ และความชื้นแบบ Dry base เท่ากับ ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.1

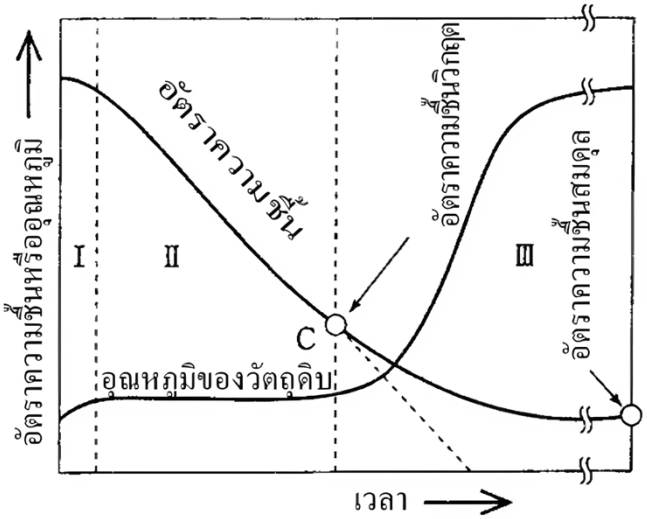
$$W_d \frac{W_W}{1+W_W} = W_W \frac{W_d}{1+W_d} \qquad (2.1)$$

เมื่อ W_d คือ วัตถุดิบแห้ง (%d.b)

คือ W_w คือ วัตถุดิบเปียก (%d.b)

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบเมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสลมร้อนแล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของ

วัตถุดิบนั้นโดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูป 3 ซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ

1) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ (ช่วง I) ในช่วงนี้อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิสมดุลตามเงื่อนไขการอบ โดยในกรณีที่ใช้การพาความร้อนด้วยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

2) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (ช่วง II) เมื่อวัตถุดิบมีอุณหภูมิคงที่ ความร้อนที่ได้รับทั้งหมดจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้น โดยการระเหยจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ ทำให้อัตราเร็วในการอบมีค่าคงที่ในช่วงนี้ซึ่งจะดำเนินตราบใดที่ยังมีความชื้นอิสระอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุดิบอัตราความชื้นของวัตถุดิบจะลดลงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราเร็วคงที่

3) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง (ช่วง III) เมื่อการอบดำเนินต่อไปจนผิวหน้าของวัตถุดิบเริ่มแห้งและความชื้นภายในเริ่มลดลงความชื้นจากภายในจะค่อย ๆ ซึมออกมาเพื่อทดแทนอัตราการระเหยที่ผิวหน้า ทำให้การอบเข้าสู่ช่วงที่อัตราเร็วในการอบลดลง การระเหยจะเคลื่อนลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ และอุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อย ๆ เข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อน ในช่วงนี้ ความร้อนต้องถูกส่งเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ ละส่วนหนึ่งของความร้อนจะถูกใช้ในการทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราเร็วในการอบค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

2.4.2 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis Moisture Content) เป็นค่าที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งในทางทฤษฎี เนื่องจากทำให้การคำนวณง่ายขึ้น สาเหตุหลักที่ทำให้การคำนวณง่ายขึ้นคือมวลของวัสดุแห้งมักจะคงที่หรือเกือบคงที่ในระหว่างการอบแห้งอย่างไรก็ตาม มวลแห้งอาจลดลงเล็กน้อยเนื่องจากกระบวนการหายใจและการเผาผลาญสารอาหารในผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิต แม้ว่ามวลแห้งจะลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงนี้มักเป็นไปอย่างเล็กน้อย จึงสามารถหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้งได้อย่างแม่นยำโดยใช้สมการที่เหมาะสม ดังสมการที่ 2.2

$$M_d = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (d.b.)
m_w คือ มวลของผลผลิตชื้น (kg)
m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.4.3 การคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก การบอกค่าความชื้นก็คือการบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ สามารถบอกได้เป็นความชื้นมาตรฐานเปียก ดังสมการที่ 2.3

$$M_w = \frac{m_d - m_w}{m_d} \times 100 \quad (2.3)$$

เมื่อ Mw คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (d.b.)
m_w คือ มวลของผลผลิตชื้น (kg)
m_d คือ มวลของผลผลิตแห้ง (kg)

2.4.4 การคำนวณหาความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ ค่าความชื้นสุดท้ายคือปริมาณน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบน้อยที่สุดของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างโดยจะต้องคำนึงถึงความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ สามารถคำนวณหาค่าได้ ดังสมการที่ 2.4

$$M_f = M_s - M_1 \quad (2.4)$$

เมื่อ Mf คือ ความชื้นสุดท้ายของวัตถุดิบ
M_s คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ
M_1 คือ ความชื้นที่หายไป
หมายเหตุ ค่าความชื้นที่ใช้ในสูตรต้องใช้ความชื้นมาตรฐานชนิดเดียวกัน

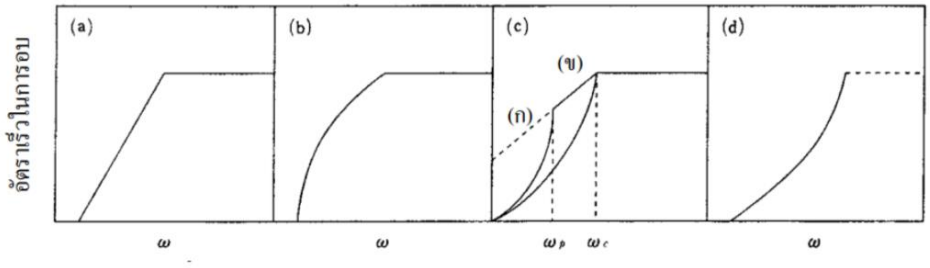
2.4.5 สูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)ค่าอัตราส่วนความชื้นเป็นค่าที่นิยมนำมาใช้ในการเขียนกราฟ เพื่อแสดงผลการทดลองที่มีค่าสูงสุดเท่ากันทุกชนิดจึงเหมาะกับการเปรียบเทียบผลการทดลอง ดีงสมการที่ 2.5

$$M_R = \frac{M_t}{M_s} \quad (2.5)$$

เมื่อ M_R คือ อัตราส่วนความชื้น
M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ
M_s คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ
หมายเหตุ ค่าความชื้นที่ใช้ในสูตรต้องใช้ความชื้นมาตรฐานชนิดเดียวกัน

2.4.6 อัตราเร็วในการอบด้วยอัตราเร็วลดลง

อัตราเร็วในการอบวัตถุดิบของแข็งจะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ อย่างไรก็ตาม รูปร่างของกราฟที่แสดงถึงคุณลักษณะของการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงจะได้รับอิทธิพลจากเงื่อนไขภายในของวัตถุดิบ เช่น ลักษณะและสมบัติของความชื้นภายในวัตถุ มากกว่าเงื่อนไขภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือความเร็วของลมร้อน เป็นต้น เมื่อทำการวัดกราฟอัตราเร็วลดลงของวัสดุต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังที่แสดงในรูปที่ 2.5

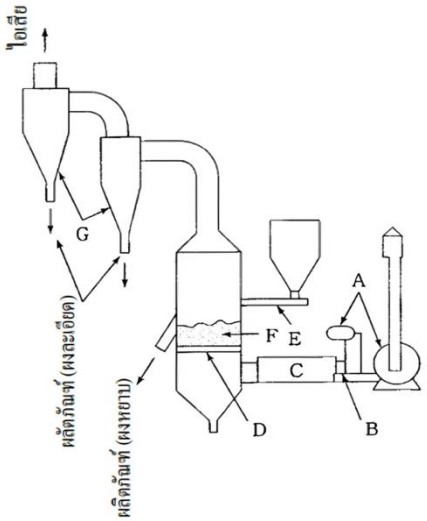


รูปที่ 2.5 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง

ในจำนวนประเภทต่าง ๆ ข้างต้น รูป (a) จะพบได้ในกรณีที่อนุภาคของวัตถุดิบมีน้ำอยู่ในรูปที่ค่อนข้าง เป็นอิสระ กล่าวคือ การอบหยดของเหลว เยื่อบาง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 mm เป็นต้น รูป (b) พบได้ในอนุภาคขนาดจิ๋วที่มีสมบัติ non-hydrophilic หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้นๆ เป็นต้น ทั้งรูป (a) และ (b) เป็นวัสดุที่น้ำจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าด้วยแรง capillary ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 รูป (d) โดยมากจะพบในการอบสารเนื้อเดียว เช่น สบู่ กาว เจลาติน ฯลฯ ซึ่งไม่มีช่วงอบด้วยอัตราคงที่ โดยอัตราความชื้นที่ผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับอัตราความชื้นสมดุลกับลมร้อน หลังจากนั้น การแพร่ของน้ำภายในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลเด่นชัดที่สุด การอบรูป (c) วัตถุดิบมีสมบัติระหว่าง (a), (b) กับ (d) โดยช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะมี 2 ช่วง คือหลังจากเกิดช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 แล้วจะเข้าสู่ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 2 โดยกรณี (ก) จะพบในวัสดุที่มี Osmotic water เช่น ดินเหนียว และกรณี (ข) เป็นรูปที่ทั่วไปที่สุด พบได้ในวัสดุหล่อชั้นตะกอน เป็นต้นระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอบโดยคร่าวๆ สำหรับรูป (a), (b) จะแปรผันตามความหนาของวัสดุ ขณะที่รูป (d) จะแปรผันตามความหนาของวัตถุดิบกำลังสอง ส่วนรูป (c) จะอยู่ระหว่างทั้งสองแบบข้างต้น

2.4 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed drier)

เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed drier) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแห้ง (Dehydration) ที่ใช้ลมร้อนเป่าผ่านชั้นวัสดุ (bed) ทำให้วัสดุลอยตัวเป็นอิสระ เกิดการคลุกเคล้าและสัมผัสกับลมร้อนอย่างสม่ำเสมอ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสูง สามารถ ลดความชื้นของวัสดุลงได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับใช้ทำแห้งวัสดุที่เป็นเม็ดเล็กที่มีรูปทรงและขนาดสม่ำเสมอ เช่น เมล็ดธัญพืช (Cereal grain) ถั่ว (legume) เป็นต้น และยังใช้ได้กับของเหลวแบบข้นหนืด (Paste) เนื้อผลไม้ (Pulp)



รูปที่ 2.6 ตู้อบ Fluidized Bed Dryer

A. Blower
B. Burner
C. Air heater
D. Fluidized bed baseplate
E. เครื่องป้อนวัตถุดิบ
F. Fluidized bed
G. Cyclone

จุดเด่นมีดังต่อไปนี้

1) ผงวัตถุดิบจะสัมผัสกับก๊าซอย่างรุนแรงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงและเนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตรของผงวัตถุดิบมีค่ามาก จึงมีการถ่ายเทความร้อนรวมได้มาก

2) แต่ละอนุภาคจะกระทบกันอย่างรุนแรงในขณะที่ถูกกวนไปมา ทำให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ

3) ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในเครื่องอบสามารถปรับให้เป็นเท่าใดก็ได้ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องใช้เวลานานในการอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความชื้นต่ำ

ข้อเสียมีดังต่อไปนี้

1) ไม่สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงและมีการเกาะตัว / รวมตัวสูง เพราะจะไม่สามารถทำให้เกิดสภาพ fluidized ได้

2) อนุภาคจะกระเด็นออกมาพร้อมกับก๊าซได้ง่าย

3) แผ่นกระจายก๊าซและ Fluidized Bed ทำให้เกิดความดันสูญเสียสูงจึงต้องใช้ blower เพื่อเป่าอากาศที่มีกำลังสูง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนาธิป แซ่หลี และคณะ (2564) [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องในลักษณะทำงานจริงทำการทดสอบกับวัตถุดิบฟ้าทะลายโจร โดยกำหนดน้ำหนักวัตถุดิบในการอบครั้งละ 0.5 kg , 1 kg , 2 kg และทดลองที่อุณหภูมิ 40 ℃และ 50 ℃ จากงานวิจัยหากอบเกิน 70 ℃ คุณสมบัติการเป็นตัวยาจะลดลงโดยหาค่าความชื้นที่ลดลงต่อช่วงเวลา จนถึงค่าความชิ้นที่ต้องการ และดูความผิดพลาด ความเสียหายของวัตถุดิบผลการทดลองกับวัตถุดิบฟ้าทะลายโจรที่อุณหภูมิ 40 ℃ และที่ 50 ℃ จะพบว่าฟ้าทะลายโจรมีการลดความชื้นได้รวดเร็ว พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้น ตามน้ำหนักของฟ้าทะลายโจร

จิดาภา นพพันธ์ (2564) [4] ได้ศึกษาผลของเทคนิคการแทรกซึมโพรไบโอติกและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งต่อปริมาณ Lactobacillus casei และคุณภาพของขนุนอบแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยใช้ขนุนพันธุ์สีทองสุกพอดี และเทคนิคการแทรกซึม 3 แบบคือ แทรกซึมในสภาวะบรรยากาศ (AI), สุญญากาศแบบพัลส์ (PVI), และคลื่นอัลตราซาวด์ (UI) ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคการแทรกซึมและระยะเวลามีผลต่อปริมาณ L. casei ในขนุน การแทรกซึมด้วย PVI ที่ 45 นาทีมีปริมาณ L. casei สูงสุด ขณะที่อุณหภูมิทำแห้งที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณ L. casei ลดลง โดยการทำแห้งที่ 50 ℃ มีปริมาณ L. casei คงเหลือมากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอาหารและยาประเทศไทย ส่วนการทำแห้งที่ 60 ℃ ไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากปริมาณ L. casei ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ปริญญ์ ชุปวา (2564) [5] ได้ศึกษากระบวนการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟและลมหมุนอัดตัว เพื่อการเตรียมข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป โดยมุ่งเน้นการออกแบบเครื่องอบแห้งที่สามารถลดปัญหาการเกาะติดกันของเมล็ดข้าวและความยุ่งยากในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ข้าวหอมมะลิแดงถูกใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา กระบวนการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับลมหมุนอัดตัว, การศึกษาพบว่าความดันลมหมุนอัดตัวที่ 6 bar ให้ค่าพารามิเตอร์ของสมการการอบแห้งและค่าสัมประสิทธิ์แพร่ความชื้นประสิทธิผลสูงสุด โดยใช้ความดันลมหมุนอัดตัว 6 bar ร่วมกับอุณหภูมิลมร้อน 98.5 ℃ และเวลาในการใช้ลมหมุนอัดตัว 2 นาทีให้ค่า Desirability สูงสุด (0.603).การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟ: อุณหภูมิลมร้อน 98 ℃ และการใช้ไมโครเวฟที่ 450 watt ให้ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ความชื้นประสิทธิผลสูงสุด (8.33x10^-8 m / s^2) การอบแห้งที่ระดับความร้อนไมโครเวฟจาก 300 เป็น 450 watt ให้ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานต่ำสุด (25.49 MJ/kg). การควบคุมความคงตัวของเบดลอยตัว โดยมีผลต่อคุณภาพของข้าวในด้านค่าการเปลี่ยนแปลงสี ร้อยละการหดตัว คุณสมบัติการคืนรูป และคุณสมบัติเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุด

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

3.1.1. ศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 วางแผนการดำเนินงาน

3.1.3 จัดเตรียมดอกอัญชันสำหรับทดลอง

3.1.4 ทดลองทำการอบแห้งด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

3.1.5 บันทึกผลการทดลอง

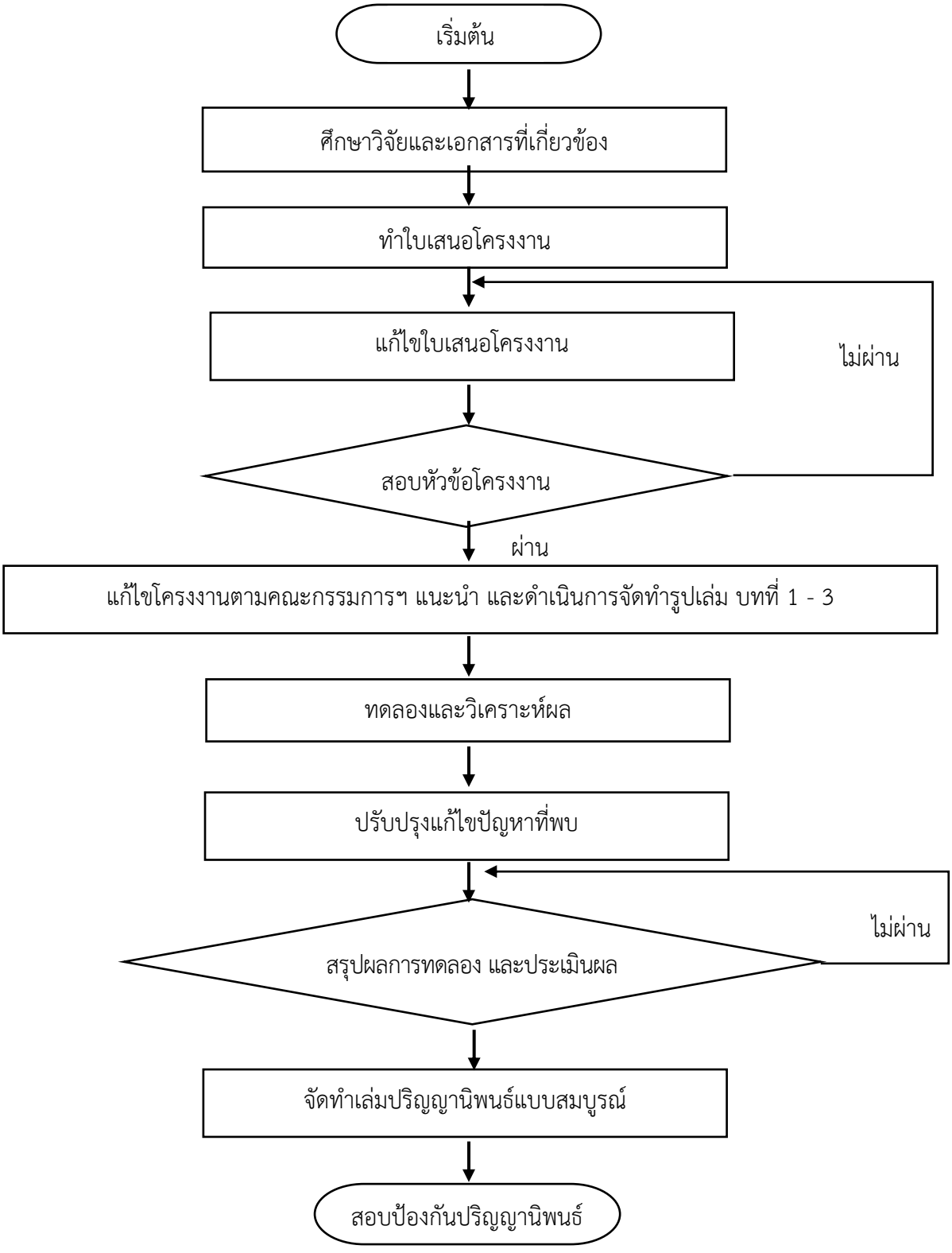
3.1.6 สรุปผลการทดลอง

3.1.7 จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์แบบสมบูรณ์

3.1.8 สอบป้องกันปริญญานิพนธ์

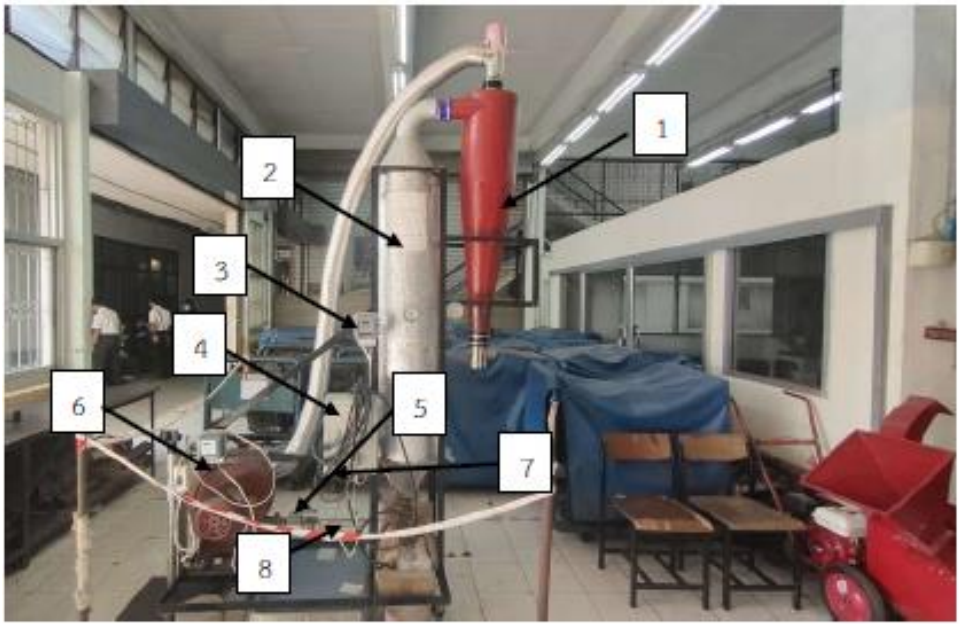
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน การศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งดอกอัญชันต่อปริมาณสารโพรไบโอติกส์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงาน

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดในโครงงานนี้แสดงดังรูป 3.2 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

1. ไซโคลน
2. ถังอบ
3. มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า
4. ตู้ควบคุม
5. วาล์วควบคุม
6. โบลเวอร์
7. สายไฟ
8. ฮีตเตอร์

3.4 วิธีการอบแห้งดอกอัญชันด้วยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

ในการทดลองการอบแห้ง ให้นำดอกอัญชันทำการชั่งน้ำหนักปริมาณดอกอัญชันที่จะเข้าทำการอบในเครื่องตามปริมาณที่กำหนด คือ 1กิโลกรัม จากนั้นจึงเริ่มให้ดำเนินการอบแห้งตามอุณหภูมิที่กำหนด กล่าวคือ 45 ℃, 55 ℃, 65 ℃ หลังจากนั้นจึงเริ่มดำเนินการชั่งน้ำหนักและหาค่าความชื้นในตัวของดอกอัญชันที่อบด้วยอุณหภูมิที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อทำการศึกษา น้ำหนัก ความชื้น และการใช้พลังงานในการอบแห้ง จากนั้น นำดอกอัญชันที่ได้จากการอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่างๆ ทดสอบปริมาณสารโพรไบโอติกส์ เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองใช้ช่วงของอุณหภูมิที่ผลปริมาณสารโพรไบโอติกส์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์

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] ชนาธิป แซ่หลีและคณะ, 2564, **การอบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด,ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต**, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. [24/7/2567]

[4] จิดาภา นพพันธ์, 2564, **อิทธิพลของเทคนิคการแทรกซึมและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งต่อการเสริมโพรไบโอติกในขนุนอบแห้ง**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร. [24/7/2567]

[5] ปริญญ์ ชุปวา, 2564, **การศึกษากระบวนการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟและลมหมุนอัดตัวสำหรับการเตรียมข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูป**, วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. [24/7/2567]

[6] ไทยแลนด์พลัส , 2565, **สมุนไพรน่ารู้ อภัยภูเบศร : อัญชัน** ,[ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.thailandplus.tv/archives/487642. [10/08/67]

[7] สมิติเวช, 2567, **‘โพรไบโอติกส์’เสริมภูมิคุ้มกัน**, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://samitivejchinatown.com/th/article/health/probiotics. [10/08/67]

[8] ienergyguru, 2558, **ทฤษฎีการอบแห้ง**, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://ienergyguru.com/2015/09/drying.[10/08/67]