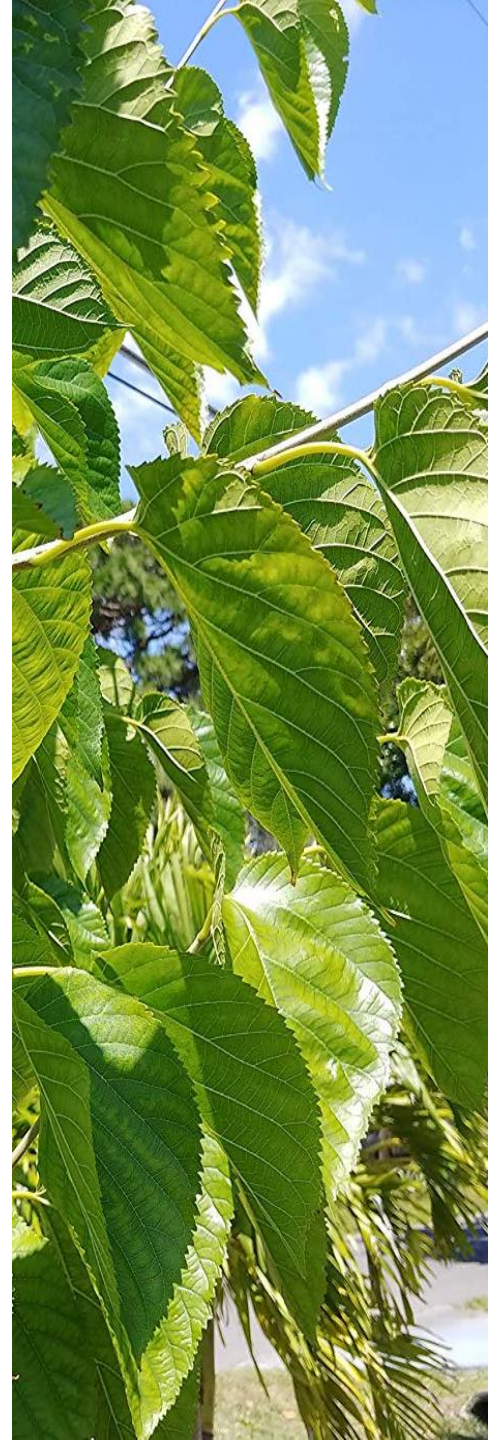


Finding the Most Suitable of Mulberry Leaves Extraction to Produce the Herbal Health Drinks

การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสารเข้มข้น
จากใบหม่อนเพื่อนำไปแปรรูปเป็นเครื่องดื่มสมุนไพร
เพื่อสุขภาพ



ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำโครงการ

ในยุคปัจจุบันผู้คนมีแนวโน้มหันมาดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ไม่ว่าจะด้วยการออกกำลังกาย กินอาหารคลีน อาหารเพื่อสุขภาพ และการพักผ่อนที่เพียงพอ ทั้งหมดนี้เป็น 3 สิ่ง ปัจจัยที่ทำให้เกิด การใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Productive routine) ทั้งร่างกายและจิตใจ สาเหตุนี้มาจากผู้คนนั้นทำงานกันอย่างเหน็ดเหนื่อย ในช่วงเวลาทำงานต้องเจอกับช่วงเวลาเร่งรีบและเครียด ไม่ค่อยมีเวลาได้พักผ่อน เมื่อหลังจากทำงานเสร็จผู้คนจะเกิดการเหนื่อยล้า เป็นส่วนน้อยที่ผู้คนจะออกกำลังกายหลังจากทำงาน การกินอาหารนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นหลังจากทำงานเสร็จมนุษย์ก็จะรับประทานอาหารและในปัจจุบันมีอาหารให้เลือกกินหลายอย่างมากมาย เมื่อผู้คนใช้ชีวิตเป็นวัฏจักรดังนี้โดยที่ไม่ได้ออกกำลังกายไม่มีการนำพลังงานส่วนเกินจากอาหารที่รับประทานไปเผาผลาญจึงทำให้เกิดไขมันหรือน้ำตาลตกค้างในร่างกาย ผมจึงสนใจที่จะทำโครงการเกี่ยวกับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่สกัดจากใบหม่อนที่มี 1-deoxynojirimycin (DNJ) เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของใบหม่อนโดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α -glucosidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อย น้ำตาลโมเลกุลคู่ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจึงทำให้น้ำตาลในเลือดลดลงได้

ใบหม่อนที่นำมาทดลองมี 2 สายพันธุ์ ด้วยกัน คือ



ใบหม่อนสายพันธุ์ สกลนคร



ใบหม่อนสายพันธุ์ บุรีรัมย์ 60

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาเงื่อนไขในการสกัดไบโหม่อนจากเครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์ ให้ได้สาร 1-deoxynojirimycin (DNJ) เข้มข้น ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวนี้ คือ แรงดันไฟฟ้า ความถี่ในการจ่ายพัลส์ของเครื่องสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของไบโหม่อนสองสายพันธุ์ระหว่าง สายพันธุ์ สกลนคร และสายพันธุ์บุรีรัมย์ โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง และทักษะวิชาทางสถิติ เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องสกัด

ขอบเขตการศึกษา

1. สายพันธุ์ของใบหม่อนที่นำมาสกัด
2. ใบหม่อนที่นำมาสกัดเป็นแบบสด
3. การใช้โปรแกรม มินิแทบ (Minitab) เป็นเครื่องมือในการออกแบบการทดลองเพื่อเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการสกัดใบหม่อนจากเครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์
4. เปรียบเทียบความเข้มข้นของใบหม่อนสองสายพันธุ์ระหว่าง สายพันธุ์สกลนคร และสายพันธุ์บุรีรัมย์โดยทักษะวิชาทางสถิติ
5. การนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบสารด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) เพื่อทำการแยกสารที่สนใจจากสารสกัดของใบหม่อน

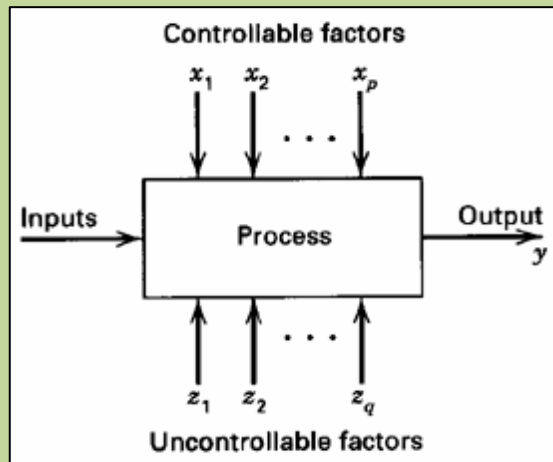
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สารสกัดจากเครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์ภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุด
2. สามารถนำสารสกัดเข้มข้นนี้ไปพัฒนาต่อเพื่อช่วยผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานได้
3. เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่สามารถตอบโจทยได้สำหรับบุคคลที่รักสุขภาพ

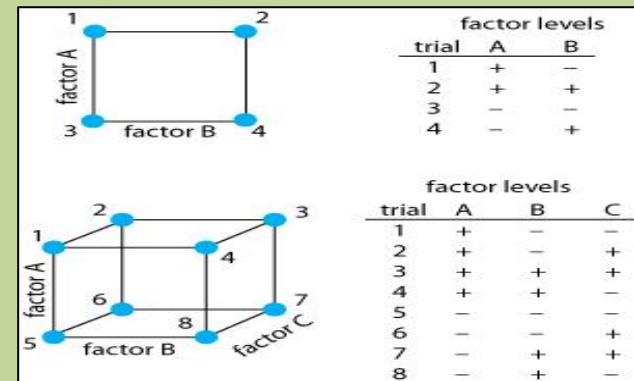
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง Design of Experiment
- ส่วนประกอบของการทดสอบด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)
- หลักการอิเล็กทรอนิกส์

ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง Design of Experiment



ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ



ตัวอย่างกราฟการทดลองแฟคทอเรียล

ส่วนประกอบของการทดสอบด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

การนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) HPLC เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจ ที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจจะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (Stationary Phase) หรือ คอลัมน์(Column) กับเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ซึ่งจะถูกแยกออกมาในเวลาที่แตกต่างกัน

Mobile phase / Solvent : หรือตัวทำละลายที่ใช้ในการชะหรือแยกตัวอย่าง เป็นเฟสเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นของเหลว ทำหน้าที่ในการนำสารตัวอย่างและตัวทำละลายเข้าสู่ stationary phase (ในที่นี้คือ คอลัมน์) เพื่อให้เกิดกระบวนการแยกภายในคอลัมน์

Degaser : ทำหน้าที่กำจัดฟองอากาศ อากาศที่มีอยู่ใน mobile phase เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเข้าสู่ column และ detector

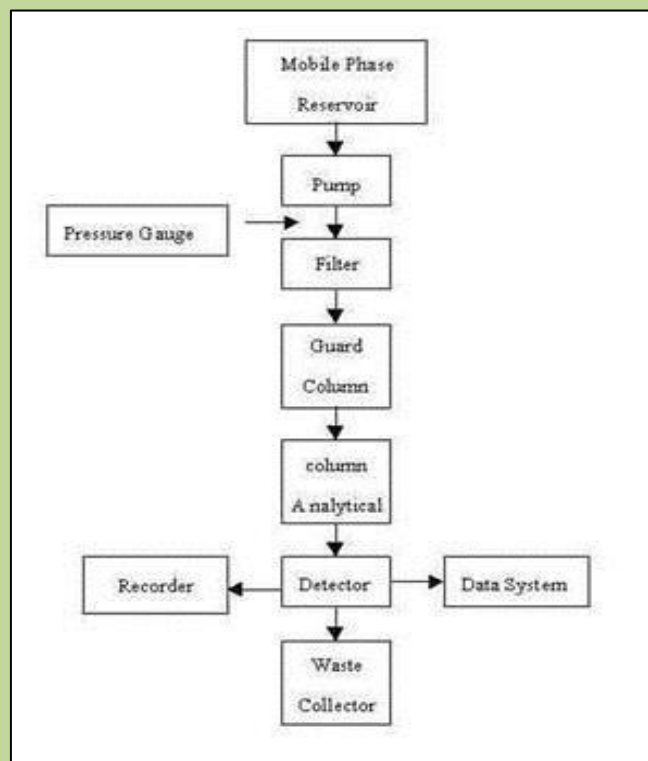
Pump : ทำหน้าที่ดึงตัวทำละลาย (mobile phase) เข้าสู่ระบบ HPLC

เนื่องจากในการแยกสารผสมในเทคนิค HPLC จะอาศัยหลักการไหลของเฟสเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่ ที่มีขนาดอนุภาคเล็กมาก จึงทำให้เกิดความต้านทานการไหล ระบบปั๊มจึงมีความสำคัญมากในการที่จะทำให้เกิดความดันสูงเพื่อที่จะเอาชนะแรงต้านทาน Injector

Autosampler : ทำหน้าที่ในการฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่ระบบ HPLC

Column : หรือจะเรียกว่า stationary phase มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเจล เป็นเฟสอยู่กับที่ ทำหน้าที่ให้เกิดกระบวนการแยกของสารที่สนใจ โดยการบวนการแยกเกิดขึ้นระหว่าง mobile phase กับ stationary phase

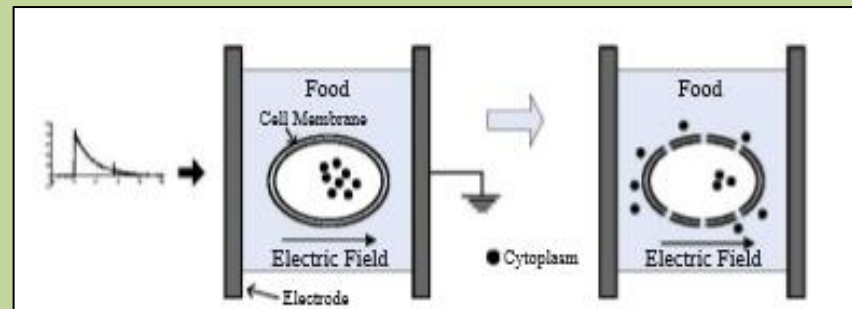
Detector : คือ ตัวตรวจวัดสัญญาณ ทำหน้าที่ในการตรวจวัดสัญญาณของสารที่สนใจที่ได้จากกระบวนการแยก มีหลายชนิดด้วยกัน การเลือกใช้ขึ้นกับตัวอย่างที่สนใจว่าสามารถตอบสนองกับ Detector ชนิดไหนได้ดี



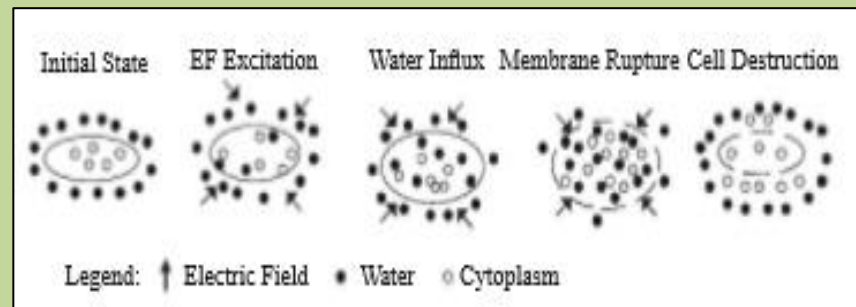
ส่วนประกอบของการทดสอบด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

หลักการอิเล็กโทรโพลेशन

หลักการอิเล็กโทรโพลेशन (Electroporation) ที่ประกอบด้วยขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้ววางซ้อนกันโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบพัลส์ให้กับขั้วหนึ่งและให้อีกขั้วหนึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเป็นกราวด์ (Ground) โดยการสักระยะจากไบโหมอนด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลส์คือการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane) ในไบโหมอนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรโพลेशनซึ่งเป็นกระบวนการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์โดยการเพิ่มค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity และค่าสภาพยอมไฟฟ้า (Permeability) ของเยื่อหุ้มเซลล์โดยการเพิ่มค่าความนำไฟฟ้าและสภาพยอมไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์สามารถทำได้โดยการใช้สนามไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นพัลส์หรือเป็นช่วงเวลาเกิดจากการจ่ายพัลส์แรงดันไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรดที่มีความเข้มสนามไฟฟ้า (Electric Field Strength) เยื่อหุ้มเซลล์และทำให้เกิดรูพรุน (Pores) เล็กๆจำนวนมากขึ้นที่เยื่อหุ้มเซลล์โดยลำดับขั้นของกระบวนการอิเล็กโทรโพลेशनที่เกิดขึ้นกับเซลล์ของจุลินทรีย์ สนามไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์เกิดรูพรุนจะทำให้เกิดการถ่ายเทระหว่างของเหลวภายนอกเซลล์กับไซโทพลาซึม (Cytoplasm) ซึ่งเป็นของเหลวภายในเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นและนำไปสู่การเบรกดาวน์ของเยื่อหุ้มเซลล์การเกิดรูพรุนที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์อันเนื่องมาจากความเครียดสนามไฟฟ้ารูพรุนที่เกิดขึ้นมีผลต่อการเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลสารเข้าออกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เท่านั้นเซลล์ไม่ถูกทำลายมากประยุกต์ใช้กับการเตรียมชิ้นต้นก่อนการดิงน้ำออกแบบออสโมซิสได้



หลักการอิเล็กโทรโพลีเซชัน



ลำดับขั้นตอนของกระบวนการอิเล็กโทรโพลีเซชันที่เกิดขึ้นกับเซลล์ของจุลินทรีย์

วิธีการดำเนินงาน

1. การเก็บเกี่ยวใบหม่อน ทำการเก็บใบหม่อนจากรั้วใบหม่อน



2. การคัดใบหม่อน ทำการคัดใบหม่อนที่ดีไว้เนื่องจากบางใบมีเชื้อราขึ้น หรือ บางใบโดน



ใบหม่อนที่โดนแมลงกินและมีเชื้อราขึ้น

3. การล้างใบหม่อน ใบหม่อนที่เก็บมาจากธรรมชาติไม่มีการใช้สารเคมีแต่มีแมลงและเชื้อราที่กัดกินใบจึงต้องล้างออกให้หมด

4. นำใบหม่อนไปตาก นำใบหม่อนที่ผ่านการล้างไปตากให้แห้ง

5. การอบใบหม่อน นำใบหม่อนที่ตากเสร็จแล้วไปอบในตู้อบแบบลมร้อน ด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส



ตู้อบแบบลมร้อน

6. นำไบหม่อนไปชั่ง นำไบหม่อนไปชั่งด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 กรัม
เพื่อจะนำไบหม่อนตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ไปผสมกับน้ำ



เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.01 กรัม

7. การปั่นใบหม่อน นำใบหม่อนที่ตากเสร็จแล้วไปปั่นด้วยเครื่องปั่น และผสมกับน้ำ
อัตราส่วน 1 ต่อ 4



เครื่องปั่นใบหม่อน

8. การสกัดน้ำไบหม่อน นำไบหม่อนปั่นไปสกัดด้วยเครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์



เครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์

9. นำใบหม่อนที่ได้จากการสกัดไปบรรจุลงขวดโหล



โหลแก้วสำหรับใส่สารสกัด

10. นำสารที่สกัดในขวดโหลมากรองสารโดยใช้ กระบอกฉีดสารประกอบกับตัวกรองสารและฉีดลงในขวด Vial สีชา



ขวด Vial สีชา ขนาด 1.5 มิลลิลิตร 11.6 x 32 มิลลิเมตร



กระบอกฉีดยาสารประกอบกับตัวกรองสารและฉีดลงในขวด Vial สีชา

11. เมื่อฉีดสารสกัดลงในขวด Vial สีชา ครบทุกตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างสารสกัดทั้งหมดไปเข้าเครื่อง HPLC



เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม มินิแทบ(Minitab) และนำข้อมูลจากการทดลองป้อนเข้าไปเพื่อใช้โปรแกรมเป็นเครื่องมือวิเคราะห์

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8 ☒	C9 ☒
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	แรงดันไฟ	ความถี่	เวลาในการสกัด	สกลนคร	บุรีรัมย์
1	5	1	1	1	5	1	30	0.01	5.91
2	11	2	1	1	5	3	10	1.14	3.97
3	2	3	1	1	10	1	10	1.17	3.87
4	6	4	1	1	10	1	30	1.93	3.86
5	16	5	1	1	10	3	30	0.01	3.04
6	13	6	1	1	5	1	30	0.01	5.60
7	4	7	1	1	10	3	10	1.48	2.87
8	15	8	1	1	5	3	30	1.83	3.07
9	14	9	1	1	10	1	30	1.94	3.92
10	8	10	1	1	10	3	30	0.01	2.92
11	3	11	1	1	5	3	10	1.22	3.96
12	7	12	1	1	5	3	30	1.79	3.19
13	12	13	1	1	10	3	10	1.48	2.81
14	10	14	1	1	10	1	10	1.14	3.97
15	9	15	1	1	5	1	10	1.40	4.45
16	1	16	1	1	5	1	10	1.35	4.44

ผลการทดสอบความเข้มข้นด้วยเครื่อง HPLC

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของแต่ละสายพันธุ์(มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	
	สกลนคร	บุรีรัมย์
1	1.35	4.44
2	1.22	3.96
3	1.17	3.87
4	1.48	2.87
5	0.01	5.91
6	1.79	3.19
7	1.93	3.86
8	0.01	2.92
9	1.40	4.45
10	1.14	3.97
11	1.14	3.97
12	1.48	2.81
13	0.01	5.60
14	1.83	3.07
15	1.94	3.92
16	0.01	3.04
ค่าเฉลี่ย	1.12	3.87

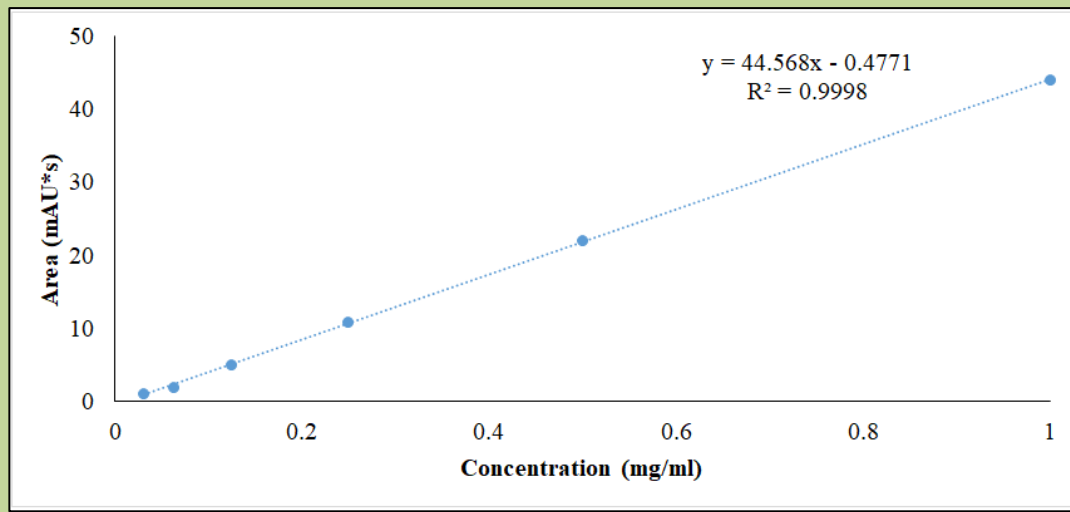
จากข้อมูลที่ทำการศึกษาทดสอบหาความเข้มข้นด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ดังตาราง ใบหม่อนแต่ละสายพันธุ์ระหว่างสกลนคร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และบุรีรัมย์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวน 2^k

ตัวอย่าง	ปัจจัยที่ต้องการศึกษา			ความเข้มข้นของแต่ละสายพันธุ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	
	แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์ต่อ เซนติเมตร)	ความถี่ (เฮิรตซ์)	เวลาที่ใช้ใน การสกัด (นาที)	สกลนคร	บุรีรัมย์
1	5	1	30	0.01	5.91
2	5	3	10	1.14	3.97
3	10	1	10	1.17	3.87
4	10	1	30	1.93	3.86
5	10	3	30	0.01	3.04
6	5	1	30	0.01	5.60
7	10	3	10	1.48	2.87
8	5	3	30	1.83	3.07
9	10	1	30	1.94	3.92
10	10	3	30	0.01	2.92
11	5	3	10	1.22	3.96
12	5	3	30	1.79	3.19
13	10	3	10	1.48	2.81
14	10	1	10	1.14	3.97
15	5	1	10	1.40	4.45
16	5	1	10	1.35	4.44

จากการทดลองพบว่าการทดลองที่ให้ค่าความเข้มข้นของสารสกัดมากที่สุด คือ ตัวอย่างการทดลองที่ 1 เป็นสายพันธุ์ บุรีรัมย์ ที่ได้ค่าความเข้มข้นเท่ากับ 5.91 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร ความถี่ในการจ่ายพัลส์เท่ากับ 1 เฮิรตซ์ และใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 30 นาที และการทดลองที่ได้ค่าความเข้มข้นต่ำที่สุด คือ การทดลองที่ 1 5 6 และ 10 เป็นสายพันธุ์สกลนคร ที่ได้ค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร ความถี่ในการจ่ายพัลส์เท่ากับ 1 เฮิรตซ์ และใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 30 นาที การทดลองที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร ความถี่ในการจ่ายพัลส์เท่ากับ 3 เฮิรตซ์ และใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 30 นาที

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารสกัด



เมื่อเราได้ข้อมูลจากการตรวจสอบสารสกัดโดยผ่านเครื่อง HPLC มาแล้วให้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นำไปคำนวณโดยใช้สมการ

วิธีการคำนวณโดยดูข้อมูลและสมการจากกราฟ

$$X = \frac{Y+b}{a}$$

โดย X = ความเข้มข้นของสารสกัด หน่วย (mg/ml)

Y = Area หน่วย (mAU*s)

a = ความชัน

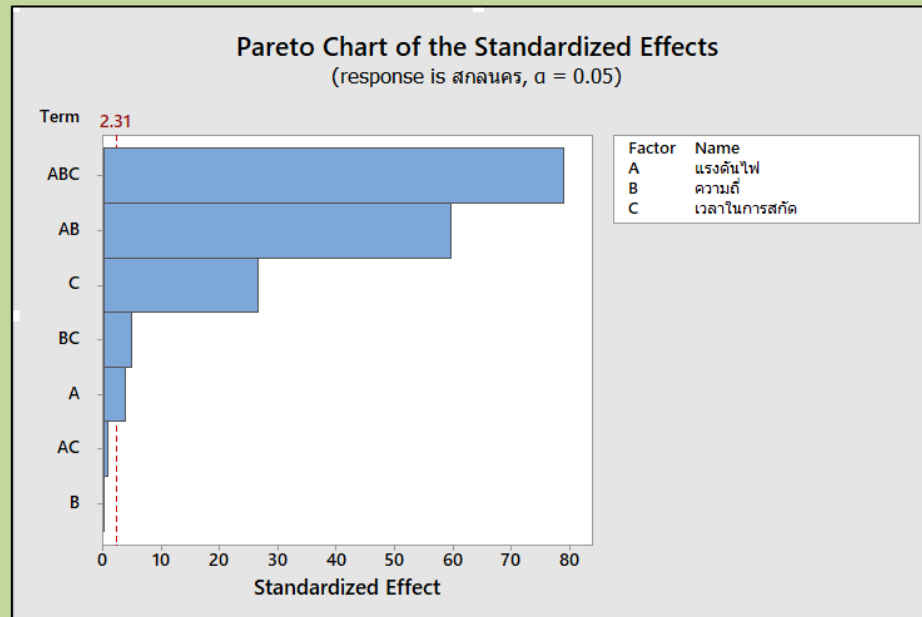
b = ค่าคงที่

การวิเคราะห์แบบแฟคทอเรียลกรณีทำการทดลองซ้ำ

1. ทำการทดสอบผลกระทบว่ามีผลจากการทดลองมีปัจจัยหรือปัจจัยร่วมใดบ้าง

ที่มีผลต่อการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นสารสกัดของ ใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร สารเข้มข้นที่สกัดได้จากเครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์ Pulse Electric Field หรือ PEF

แสดงผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร



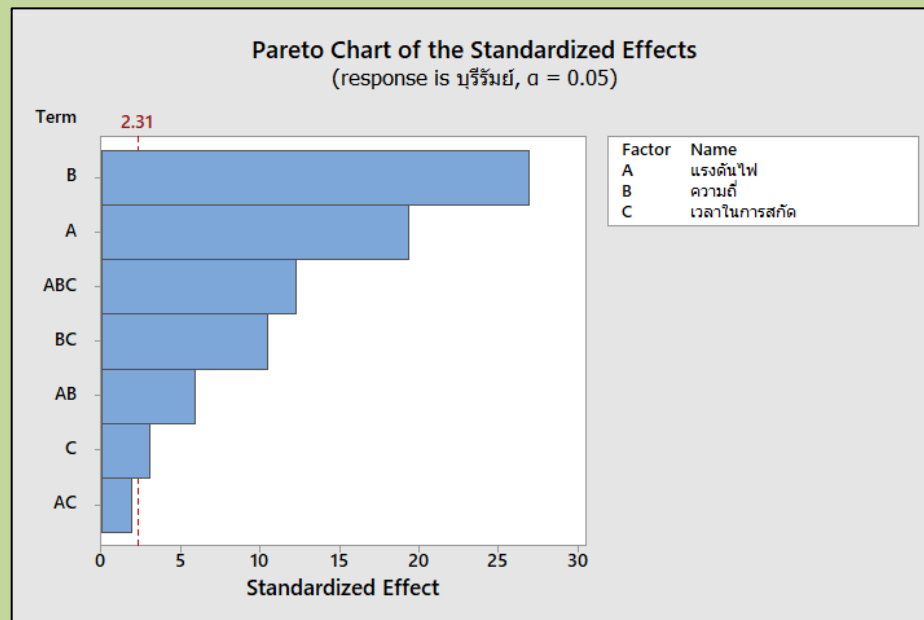
พบว่าผลร่วมระหว่าง A B และ C มีผลต่อความเข้มข้นสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์ สกลนครมากที่สุด รองลงมาเป็นผลร่วมระหว่าง A และ B รองลงมาอีกเป็น C ผลร่วมระหว่าง B และ C และสุดท้ายเป็น A ซึ่งปัจจัย A คือ แรงดันไฟฟ้า ปัจจัย B คือ ความถี่ของพัลส์ และปัจจัย C คือ เวลาที่ใช้ในการสกัด

แสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม มินิแทบ(Minitab) ของใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร

Source	P-Value
Model	0.000
Linear	0.000
แรงดันไฟ	0.005
ความถี่	0.928
เวลาในการสกัด	0.000
2-Way Interactions	0.000
แรงดันไฟ*ความถี่	0.000
แรงดันไฟ*เวลาในการสกัด	0.426
ความถี่*เวลาในการสกัด	0.001
3-Way Interactions	0.000
แรงดันไฟ*ความถี่*เวลาในการสกัด	0.000
Error	
Total	

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม มินิแทบ(Minitab) ดังภาพ 4.2 ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัด คือ แรงดันไฟฟ้า ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.005 ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ P-Value เท่ากับ 0.000 ปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับความถี่ ที่ P-Value เท่ากับ 0.000 ปัจจัยความถี่ร่วมกับเวลาในการสกัด เท่ากับ 0.001 ปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับความถี่และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ P-Value เท่ากับ 0.000 และเนื่องจากเกิดการ Interaction ระหว่าง A B และ C ทำให้ B มีผลด้วยปัจจัยความถี่จึงมีผลด้วย ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลความเข้มข้นของสารสกัด คือ ปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ P-Value เท่ากับ 0.426

แสดงผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์



พบว่าปัจจัย B มีผลต่อความเข้มข้นสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์ บุรีรัมย์ มากที่สุด รองลงมาเป็นปัจจัย A รองลงมาอีกเป็น ผลร่วมระหว่าง A B และ C ผลร่วมระหว่าง B และ C ผลร่วมระหว่าง A และ B สุดท้ายคือ ปัจจัย C ซึ่งปัจจัย A คือ แรงดันไฟฟ้า ปัจจัย B คือ ความถี่ของพัลส์ และปัจจัย C คือ เวลาที่ใช้ในการสกัด

แสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม มินิแทบ (Minitab) ของใบหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์

Source	P-Value
Model	0.000
Linear	0.000
แรงดันไฟ	0.000
ความถี่	0.000
เวลาในการสกัด	0.015
2-Way Interactions	0.000
แรงดันไฟ*ความถี่	0.000
แรงดันไฟ*เวลาในการสกัด	0.089
ความถี่*เวลาในการสกัด	0.000
3-Way Interactions	0.000
แรงดันไฟ*ความถี่*เวลาในการสกัด	0.000
Error	
Total	

ผลการผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม มินิแทบ (Minitab) ดังภาพ 4.4 ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัด คือ แรงดันไฟฟ้า ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ปัจจัยความถี่ของพัลส์ P-Value 0.000 และปัจจัยเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ P-Value เท่ากับ 0.015 ปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับความถี่ ที่ P-Value เท่ากับ 0.000 ปัจจัยความถี่ร่วมกับเวลาในการสกัด เท่ากับ 0.000 และปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับความถี่และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ P-Value เท่ากับ 0.000 ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลความเข้มข้นของสารสกัด คือ ปัจจัยความถี่ ที่ P-Value เท่ากับ 0.928 และปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ P-Value เท่ากับ 0.089

2. เขียนแบบจำลอง (Initial Model)

เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบหลัก และผลกระทบร่วมว่ามีผลของกระบวนการอย่างไรบ้างโดยแบบจำลองแบบเต็มจำนวนที่ได้จากการทดลองมีดังนี้

$$Y_1 = 5.268 - 0.5228 X_A - 1.9175X_B - 0.33150X_C + 0.26425X_{AB} + 0.042675X_{AC} + 0.15600X_{BC} - 0.021225X_{ABC}$$

โดย Y_1 = ผลตอบที่ทำการแปลง (FและT) มาจากผลตอบที่เป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร

X = ตัวแปรอิสระที่สามารถปรับค่าได้ (ค่าต่ำสุด , ค่าสูงสุด)

A = แรงดันไฟฟ้า

B = ความถี่

C = เวลาที่ใช้ในการสกัด

$$Y_2 = 2.470 + 0.2048X_A + 1.175X_B + 0.2440X_C - 0.1758X_{AB} - 0.02498X_{AC} - 0.11150X_{BC} + 0.011575X_{ABC}$$

โดย Y_2 = ผลตอบที่ทำการแปลง (FและT) มาจากผลตอบที่เป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร

X = ตัวแปรอิสระที่สามารถปรับค่าได้ (ค่าต่ำสุด , ค่าสูงสุด)

A = แรงดันไฟฟ้า

B = ความถี่

C = เวลาที่ใช้ในการสกัด

3. ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Appropriateness)

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0268095	99.92%	99.86%	99.70%

ประมาณค่าผลกระทบและค่าสัมประสิทธิ์เฉพาะปัจจัยที่สำคัญของสายพันธุ์สกลนคร

จากตาราง จะเห็นว่าค่า R-Sq มีค่าเท่ากับ 99.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงถึงร้อยละความแปรปรวนทั้งหมดจากข้อมูลการทดลองที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองซึ่งโดยปกติควรมีค่ามากกว่า 0.80 หรือ 80% โดยปกติถ้าหากเพิ่มจำนวนเทอมในแบบจำลองค่า R-Sq จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งอาจหมายความว่าแบบจำลองได้รวมเทอมที่ไม่จำเป็นเพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีค่าสูงขึ้นดังนั้นจึงตัดแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของแบบจำลองขึ้นมาใหม่คือ R-Sq(adj) โดยค่าดัชนีนี้อาจมีค่าลดลงถ้าเพิ่มเทอมที่ไม่จำเป็นในสมการแบบจำลองซึ่งในแบบจำลองนี้ จะเห็นได้ว่า R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับ 99.86 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม

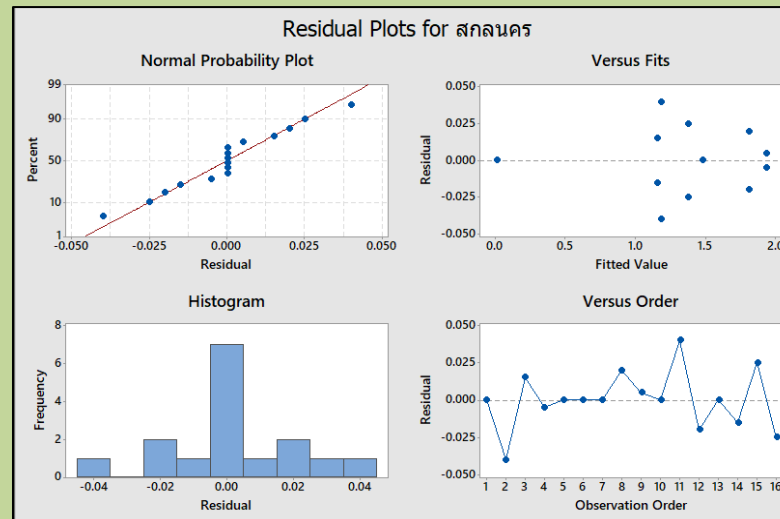
ประมาณค่าผลกระทบและค่าสัมประสิทธิ์เฉพาะปัจจัยที่สำคัญของสายพันธุ์บุริรัมย์

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0943067	99.44%	98.95%	97.75%

จากตาราง จะเห็นว่าค่า R-Sq มีค่าเท่ากับ 99.44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงถึงร้อยละความแปรปรวนทั้งหมดจากข้อมูลการทดลองที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองซึ่งโดยปกติควรมีค่ามากกว่า 0.80 หรือ 80% โดยปกติถ้าหากเพิ่มจำนวนเทอมในแบบจำลองค่า R-Sq จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งอาจหมายความว่าแบบจำลองได้รวมเทอมที่ไม่จำเป็นเพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีค่าสูงขึ้นดังนั้นจึงตัดแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของแบบจำลองขึ้นมาใหม่คือ R-Sq(adj) โดยค่าดัชนีนี้อาจมีค่าลดลงถ้าเพิ่มเทอมที่ไม่จำเป็นในสมการแบบจำลองซึ่งในแบบจำลองนี้จะเห็นได้ว่า R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับ 98.95 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม

4. ทำการตรวจสอบความพอเพียง (Model Adequacy Checking)



ภาพแสดงการวิเคราะห์ส่วนค้างของผลตอบการทดลองสายพันธุ์สกลนคร

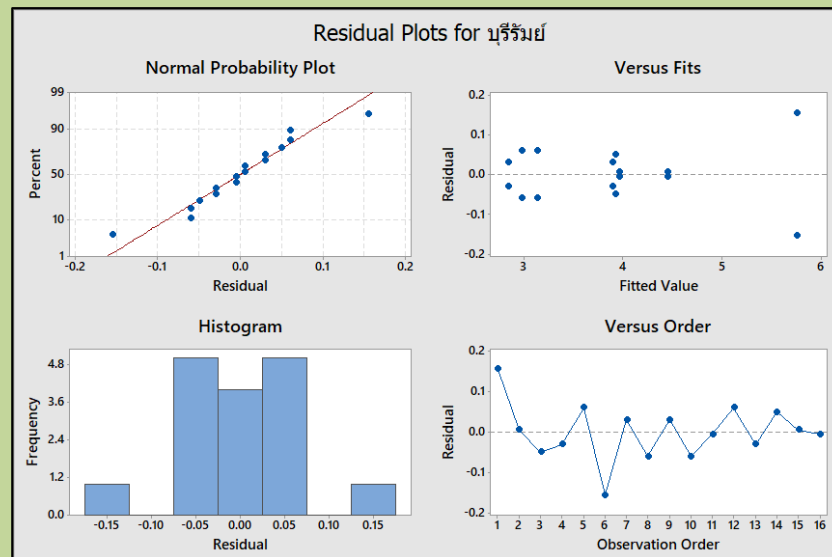
จากสไลด์หน้า 39 สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของความเข้มข้นสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์สกลนครได้ดังนี้

4.1 วิเคราะห์กราฟแบบปกติของส่วนค้ำจากกราฟ (Normal, Probability Plot) ข้อมูลส่วนค้ำส่วนใหญ่มีการกระตัวอยู่ใกล้เส้นแกนกำเนิด (Imaginary Line) ของกราฟปกติและไม่มีข้อมูลส่วนค้ำที่เห็นได้ชัดเจนว่าออกนอกเส้นหรือห่างแกนกำเนิดจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีการแจกแจงแบบปกติ

4.2 วิเคราะห์กราฟส่วนค้ำกับค่าทำนาย (Fitted Values) จากกราฟ (Versus Fits) จะเห็นได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีการกระจายตัวแบบสุ่มเป็นอิสระไม่มีรูปแบบหรือแนวโน้มใดๆที่ขึ้นค่าทำนายที่เกี่ยวข้องกับการทดลองก็สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีความสม่ำเสมอของความผันแปรตลอดช่วงของปัจจัย

4.3 วิเคราะห์กราฟส่วนค้ำกับเวลาหรือลำดับการทดลอง (Run orders) จากกราฟ (Versus Order) ข้อมูลส่วนค้ำมีการแกว่งขึ้นลงไม่มีรูปแบบหรือแนวโน้มใดๆจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำความเป็นอิสระต่อกันไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลองเมื่อข้อมูลส่วนค้ำมีคุณสมบัติครบทุกประการจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองมีความพอเพียงสามารถนำไปใช้ได้

ภาพแสดงการวิเคราะห์ส่วนค่างของผลตอบการทดลองสายพันธุ์บุรีรัมย์



จากสไลด์หน้า 41 สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของความเข้มข้นสารสกัดใบหม่อนสายพันธุ์สกลนครได้ดังนี้

4.1 วิเคราะห์กราฟแบบปกติของส่วนค้ำจากกราฟ (Normal, Probability Plot) ข้อมูลส่วนค้ำส่วนใหญ่มีการกระตัวอยู่ใกล้เส้นแกนกำเนิด (Imaginary Line) ของกราฟปกติและไม่มีข้อมูลส่วนค้ำที่เห็นได้ชัดเจนว่าออกนอกเส้นหรือห่างแกนกำเนิดจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีการแจกแจงแบบปกติ

4.2 วิเคราะห์กราฟส่วนค้ำกับค่าทำนาย (Fitted Values) จากกราฟ (Versus Fits) จะเห็นได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีการกระจายตัวแบบสุ่มเป็นอิสระไม่มีรูปแบบหรือแนวโน้มใดๆที่ขึ้นค่าทำนายที่เกี่ยวข้องกับการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีความสม่ำเสมอของความผันแปรตลอดช่วงของปัจจัย

4.3 วิเคราะห์กราฟส่วนค้ำกับเวลาหรือลำดับการทดลอง (Run orders) จากกราฟ (Versus Order) ข้อมูลส่วนค้ำมีการแกว่งขึ้นลงไม่มีรูปแบบหรือแนวโน้มใดๆจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลส่วนค้ำมีความเป็นอิสระต่อกันไม่ขึ้นอยู่กัลำดับการทดลองเมื่อข้อมูลส่วนค้ำมีคุณสมบัติครบทุกประการจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองมีความพอเพียงสามารถนำไปใช้ได้

5. แพลผลและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด

ปัจจัยที่ต้องการศึกษา	ระดับของปัจจัย	
	ต่ำ	สูง
แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร)	5	10
ความถี่ (เฮิรตซ์)	1	3
เวลาที่ใช้ในการสกัด(นาที)	10	30

เก็บรวบรวมผลแล้วนำไปเปรียบเทียบโดยใช้ทักษะวิชาทางสถิติ

1. การหาความแปรปรวนความเข้มข้นสารสกัด

Test and CI for Two Variances: สกลนคร, บุรีรัมย์

Method

σ_1 : standard deviation of สกลนคร

σ_2 : standard deviation of บุรีรัมย์

Ratio: σ_1/σ_2

The Bonett and Levene's methods are valid for any continuous distribution.

Descriptive Statistics

Variable	N	StDev	Variance	95% CI for σ
สกลนคร	16	0.713	0.508	(0.532, 1.087)
บุรีรัมย์	16	0.919	0.844	(0.596, 1.614)

Ratio of Standard Deviations

Estimated Ratio	95% CI for Ratio using Bonett	95% CI for Ratio using Levene
0.775530	(0.451, 1.645)	(0.385, 1.685)

Test

Null hypothesis $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Alternative hypothesis $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Significance level $\alpha = 0.05$

Method	Test Statistic	DF1	DF2	P-Value
Bonett	0.69	1		0.406
Levene	0.45	1	30	0.509

การหาความแปรปรวนความเข้มข้นสารสกัด สายพันธุ์สกลนคร และสายพันธุ์บุรีรัมย์

จากสไลด์หน้า 44 ใช้โปรแกรม มินิแทบ(Minitab) เพื่อหาความแปรปรวนของ ความเข้มข้นสารสกัดจากใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร และสายพันธุ์บุรีรัมย์ ซึ่งได้ผล ออกมาว่า ความแปรปรวนของสายพันธุ์สกลนครมีค่าเท่ากับ 0.508 และสายพันธุ์บุรีรัมย์ มีค่าเท่ากับ 0.844 ค่าความแปรปรวนทั้งสองมีค่าไม่เท่ากัน เมื่อความแปรปรวนไม่ เท่ากัน ค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom) ที่จะนำไปคิดต่อในขั้นตอนวิเคราะห์ สมมติฐานของความเข้มข้นสารสกัดทั้งสองสายพันธุ์

โดยกรณีที่ 1 กรณีที่ความแปรปรวนที่ 1 เท่ากับความแปรปรวนที่ 2 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ จะต้องหาค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom) จากสมการดังนี้

$$v = n_2 + n_1 - 2$$

กรณีที่ 2 กรณีที่ความแปรปรวนที่ 2 ไม่เท่ากับความแปรปรวนที่ 2 $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ จะต้องหาค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom) จากสมการดังนี้

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1-1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2-1}}$$

โดย v = องศาอิสระ (Degree of Freedom)

S_1^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

n_n = จำนวนตัวอย่าง

2. การใช้สถิติอนุมานสำหรับประชากรสองกลุ่มของความเข้มข้นสารสกัดจากใบหม่อนสายพันธุ์สกลนคร และสายพันธุ์บุรีรัมย์

Two-Sample T-Test and CI: สกลนคร, บุรีรัมย์

Method

μ_1 : mean of สกลนคร

μ_2 : mean of บุรีรัมย์

Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
สกลนคร	16	1.120	0.713	0.18
บุรีรัมย์	16	3.867	0.919	0.23

Estimation for Difference

Difference	95% Upper Bound for Difference
-2.747	-2.253

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$

T-Value	DF	P-Value
-9.45	28	0.000

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม มินิแทบ(Minitab)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองโดยใช้วิชาทางสถิติ ดังสไลด์หน้า 47 เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลของใบหม่อนสองสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์สกลนคร และสายพันธุ์บุรีรัมย์ โดยตั้งสมมติฐาน

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ และ $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$ หลังจากนั้นเมื่อได้ป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม Minitab ทำให้ได้ค่า T-value = -9.45 ที่ เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจากค่าที่ได้จากการเปิดตาราง

$-1.697 > T\text{-value} = -1.697 > -9.45$ ดังนั้น ไม่สามารถยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ ได้

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวน

จากการทดลองทั้งหมด 16 การทดลองมีการทดลองที่ให้ค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหม่อนสูงสุด คือ สายพันธุ์บุรีรัมย์ ที่ความเข้มข้นสารสกัดเท่ากับ 5.91 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหม่อนต่ำสุด คือ สายพันธุ์สกลนคร ที่ความเข้มข้นสารสกัด เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหม่อนทั้งสองสายพันธุ์

จากปัจจัยที่ต้องการศึกษามีทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ แรงดันไฟฟ้า ความถี่ในการจ่ายพัลส์ และเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมีผลกระทบต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหม่อนและยังมีปัจจัยร่วมที่ส่งผลเช่นกัน คือ ปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับความถี่ ปัจจัยความถี่ร่วมกับเวลาในการสกัด และปัจจัยแรงดันไฟฟ้าร่วมกับความถี่และเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ส่งผลอีกด้วย

การวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหม่อน

แต่เดิมได้ศึกษาปัจจัยของเครื่องสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์พบว่ามี 3 ปัจจัย
ที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหม่อนก

ปัจจัยที่ต้องการศึกษา	ระดับของปัจจัย	
	ต่ำ	สูง
แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร)	5	10
ความถี่ (เฮิรตซ์)	1	3
เวลาที่ใช้ในการสกัด(นาที)	10	30

ปัจจัยที่ผ่านการทดลองและวิเคราะห์หาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของสายพันธุ์บุรีรัมย์

ปัจจัยที่ต้องการศึกษา	ระดับของปัจจัย
แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร)	5
ความถี่ (เฮิรตซ์)	1
เวลาที่ใช้ในการสกัด(นาที่)	30

THANK YOU