

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การออกแบบการทดลองเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการทดลอง (Mixture Design) การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) วิธีการทดลอง และได้กำหนดรูปแบบการทดลอง โดยในบทนี้จะเป็นการทดลองและวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

4.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง

ลำไยอบแห้งที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพต่ำ เลือกจากอายุการเก็บรักษาสินค้าในสต็อกนับจากวันที่ผลิต โดยจะใช้ลำไยอบแห้งที่มีอายุการเก็บไว้ในสต็อกแล้วประมาณ 7-8 เดือน

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเอทานอล เลือกใช้ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ทางการค้า *Fermivin PDM*

4.2 ผลการออกแบบการทดลอง Mixture Design

ในการออกแบบการทดลองนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง คือ ปริมาณที่เหมาะสมของลำไยอบแห้ง น้ำตาล และยีสต์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Mixture Design และพิจารณาช่วงระดับปัจจัย ดังนี้

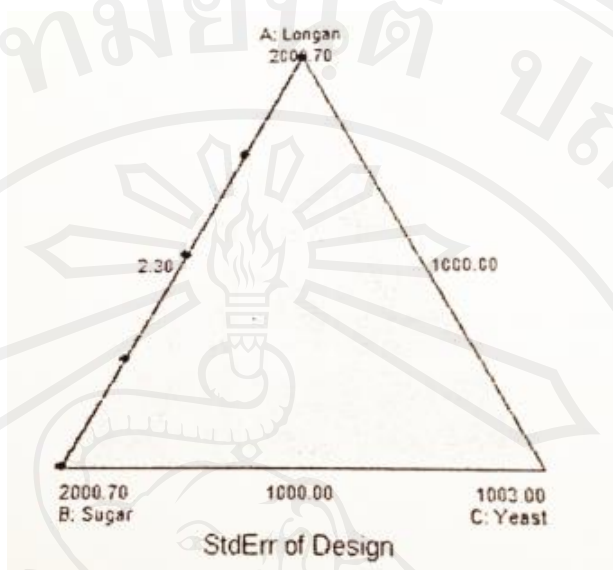
- 1) ปัจจัยด้านลำไยอบแห้ง ที่จุดต่ำสุดและจุดสูงสุด (1,000 - 2,000 กรัม) ตามลำดับ
- 2) ปัจจัยด้านน้ำตาล ที่จุดต่ำสุดและจุดสูงสุด (1,000 - 2,000 กรัม) ตามลำดับ
- 3) ปัจจัยด้านยีสต์ ที่จุดต่ำสุดและจุดสูงสุด (2.3 - 4.6 กรัม) ตามลำดับ

ตาราง 4.1 แสดงปริมาณส่วนผสมจากการออกแบบ Mixture Design

สูตร	ลำไยอบแห้ง (g)	น้ำตาล (g)	ยีสต์ (g)
1	1499.2	1499.2	4.6
2	1000	1998.4	4.6
3	1250.275	1749.925	2.8
4	1749.525	1249.925	3.55
5	1249.925	1749.925	3.15
6	1000.35	2000	2.65
7	1000	2000	3
8	1749.925	1250.1	2.975
9	1000.7	2000	2.3
10	1250.1	1749.925	2.975
11	2000	1000.35	2.65
12	1998.4	1000	4.6
13	1749.925	1250.275	2.8
14	1500.1	1500.1	2.8
15	2000	1000	3
16	1249.925	1749.525	3.55
17	1999.2	1000	3.8
18	1499.85	1499.85	3.3
19	1500.35	1500.35	2.3
20	1749.125	1249.925	3.95
21	1749.925	1249.925	3.15
22	1249.925	1749.125	3.95
23	1000	1999.2	3.8
24	1499.525	1499.525	3.95
25	2000	1000.7	2.3

*สภาวะควบคุม สำหรับการทดลองนี้ คือ ปริมาณน้ำหมักในถังหมักคือ 10 ลิตร

ผลการออกแบบสูตรผสม Mixture Design ได้สูตรการทดลองคือ 25 สูตร โดยใช้ Mixture Design แบบเซฟเฟอเพล็กซ์แลตทิซ (Scheffe' Simplex-Lattice)



รูป 4.1 แสดงตำแหน่งของจุดที่ใช้ทำการทดลองทั้ง 25 จุด

จากการวิเคราะห์อย่างง่ายจากสูตรผสมที่ได้ตามตาราง 4.1 ทำให้ทราบว่าสูตรที่ 7 และ 15 มีส่วนผสมที่มีน้ำหนักที่ง่ายต่อการชั่งตวงส่วนผสม

4.3 ผลการออกแบบการทดลอง Factorial Design

ในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ใช้โปรแกรมเชิงสถิติ (Minitab 16) มาออกแบบการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล โดยทำการวิเคราะห์แยกเป็น 2 ส่วน คือ แบบสกัดน้ำตาลจากลำไยแห้งโดยการแช่ และแบบสกัดน้ำตาลลำไยอบแห้งโดยการต้ม ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลการทดลองการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง โดยการแช่ในน้ำกลั่น

โดยการใช้ลำไยอบแห้งทั้ง 2 แบบ มาทดลอง คือ ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด และ ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ ทำการแช่ในน้ำกลั่น และหมักด้วยยีสต์ที่อุณหภูมิ 20 – 40°C เป็นเวลา 7 - 14 วัน ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลดังในตาราง 4.2 และ 4.3

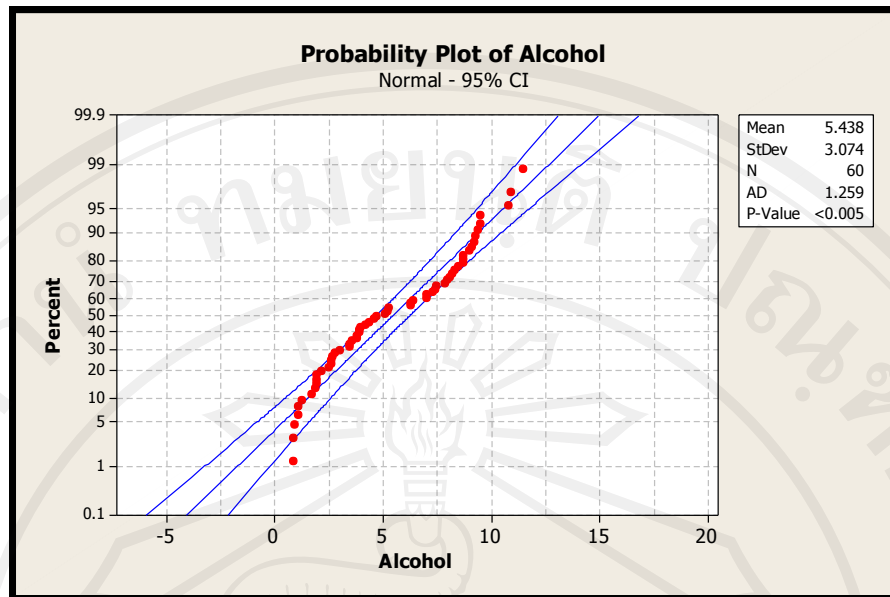
ตาราง 4.2 บันทึกผลการทดลองการแช่น้ำกลั่น หมักไว้ 7 วัน

ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด			ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ		
Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol	Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol
7 วัน	20 °C	0.87	7 วัน	20 °C	1.5
	25 °C	1.93		25 °C	3.47
	30 °C	2.83		30 °C	5.57
	35 °C	3.73		35 °C	8.03
	40 °C	5.2		40 °C	7.6

ตาราง 4.3 บันทึกผลการทดลองการแช่น้ำกลั่น หมักไว้ 14 วัน

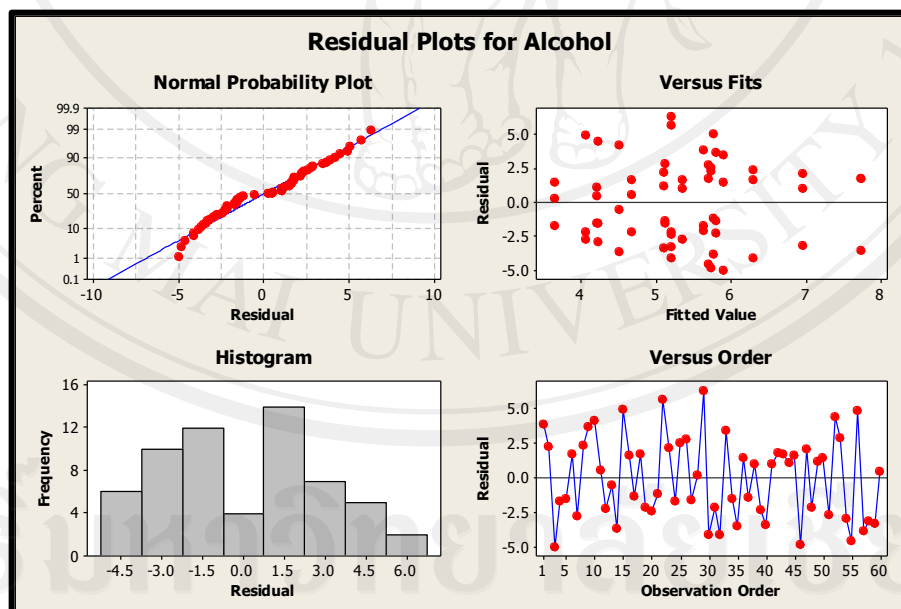
ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด			ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ		
Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol	Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol
14 วัน	20 °C	1.17	14 วัน	20 °C	2.1
	25 °C	3.63		25 °C	6.63
	30 °C	4.4		30 °C	7.73
	35 °C	9.2		35 °C	10.83
	40 °C	7.1		40 °C	10.27

ผลการทดลองที่ได้บันทึกในตาราง 4.2 และ 4.3 สามารถนำไปตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง (Model Adequacy Checking) ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่าลักษณะข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distributed) ค่าความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance, σ^2) และข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ได้



รูป 4.2 กราฟการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง การแช่ในน้ำกลั่น

การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของส่วนตกค้าง จากการพิจารณาการกระจายของค่าส่วนตกค้าง จากรูป 4.2 พบว่า ค่าส่วนตกค้าง มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง (P-value < 0.005) มีค่า Mean = 5.438, StDev = 3.074 จึงทำให้ประมาณได้ว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงปกติ



รูป 4.3 กราฟการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง การแช่ในน้ำกลั่น

จากรูป 4.3 กราฟซ้ายบนคือ กราฟการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) กราฟขวบน เป็นการตรวจสอบความเสถียรของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

แผนภาพมีการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบหรือโครงสร้างใดๆ กราฟขวาล่าง เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้างในแต่ละระดับของปัจจัย แผนภาพมีการกระจายตัวในด้านบวกและด้านลบที่สมดุลกัน ดังนั้นจากแผนภาพทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลการทดลองชุดนี้ มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลดังกล่าว ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในขั้นตอนต่อไปได้

4.3.2 ผลการทดลองการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง โดยการต้ม

โดยการใช้ลำไยอบแห้งทั้ง 2 แบบ มาทดลอง คือ ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด และ ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ ทำการแช่ในน้ำกลั่น และหมักด้วยยีสต์ที่อุณหภูมิ 20 – 40°C เป็นเวลา 7 - 14 วัน ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แล้วบันทึกผลในตาราง 4.4 และ 4.5

ตาราง 4.4 บันทึกผลการทดลองการต้ม หมักไว้ 7 วัน

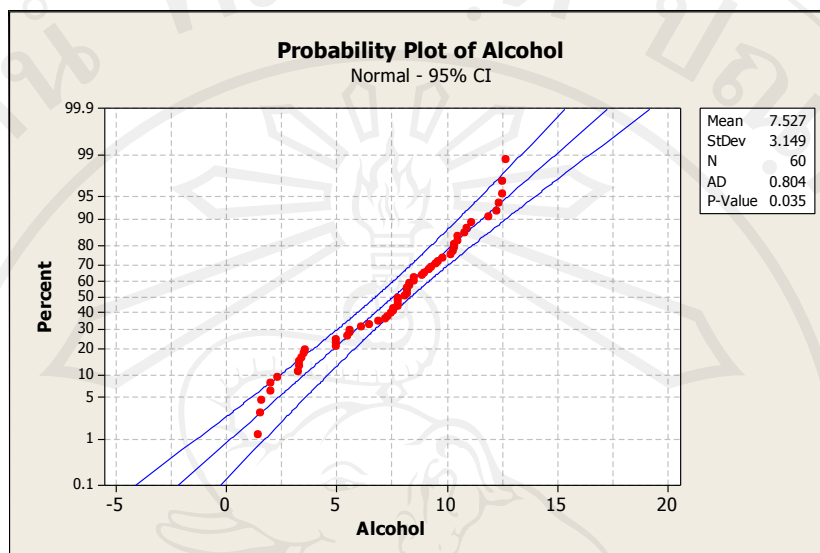
ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด			ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ		
Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol	Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol
7 วัน	20 °C	1.73	7 วัน	20 °C	3.3
	25 °C	4.2		25 °C	7.3
	30 °C	6.33		30 °C	8.53
	35 °C	8.5		35 °C	9.63
	40 °C	8.17		40 °C	9.07

ตาราง 4.5 บันทึกผลการทดลองการต้ม หมักไว้ 14 วัน

ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด			ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ		
Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol	Time (C)	Temp. (A)	% Alcohol
14 วัน	20 °C	2.57	14 วัน	20 °C	4.97
	25 °C	7.73		25 °C	8.27
	30 °C	7.8		30 °C	10.5
	35 °C	11.23		35 °C	12.36
	40 °C	9.37		40 °C	12.16

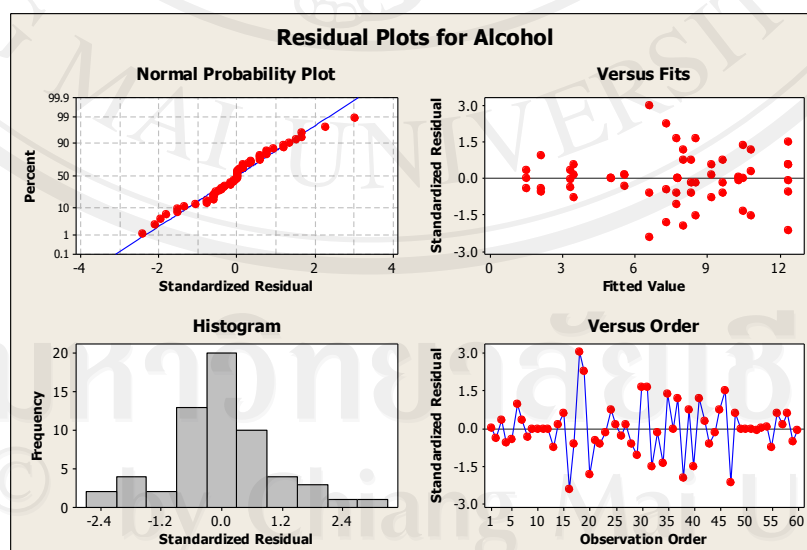
ผลการทดลองที่ได้บันทึกในตาราง 4.4 และ 4.5 สามารถนำไปตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง (Model Adequacy Checking) ซึ่งเป็นการตรวจว่า

ลักษณะข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distributed) ค่าความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance, σ^2) และข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ได้



รูป 4.4 กราฟการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง การต้ม

การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของส่วนตกค้างจากการพิจารณาการกระจายของค่าส่วนตกค้าง จากรูป 4.4 พบว่า ค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง (P-value = 0.035 < 0.005) Mean = 7.527, StDev = 3.149 จึงทำให้ประมาณได้ว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงปกติ



รูป 4.5 กราฟการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง การต้ม

จากรูป 4.5 กราฟซ้ายบน คือ กราฟการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) กราฟขวาบน เป็นการตรวจสอบความเสถียรของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) แผนภาพมีการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบหรือโครงสร้างใด ๆ กราฟขวาล่าง เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้างในแต่ละระดับของปัจจัย แผนภาพมีการกระจายตัวในด้านบวกและด้านลบที่สมดุลกัน ดังนั้นจากแผนภาพทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลดังกล่าว ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในขั้นตอนต่อไปได้

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองแฟกทอเรียลจะทำให้สามารถหาอิทธิพลของปัจจัยแต่ละตัว และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเมื่อมีปัจจัยหลายตัวในการทดลองทำให้มีอิทธิพลของปัจจัย 3 ประเภท คือ

1. อิทธิพลอย่างง่าย (Simple Effect) คือ ความแตกต่างของอิทธิพลของปัจจัยหนึ่ง
2. อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ อิทธิพลเฉลี่ยของปัจจัยหนึ่งคำนวณจากค่าความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยหนึ่งที่ได้จากค่าเฉลี่ยของทุกระดับของปัจจัยอื่น
3. อิทธิพลร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction Effect) คือ ค่าแตกต่างของผลการทดลองระหว่างระดับของปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากันบนทุกระดับของปัจจัยอื่น หมายความว่าปัจจัยต่าง ๆ เหล่านั้นไม่เป็นอิสระกัน

เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งหมด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($\alpha=0.05$) โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้

4.4.1 วิเคราะห์ผลการทดลองการใช้ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองแล้วพบว่า ข้อมูลการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ จึงสามารถนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตาราง 4.6 รูปแบบการวิเคราะห์ Factorial ลำไยอบแห้งแบบเปลือกและเมล็ด

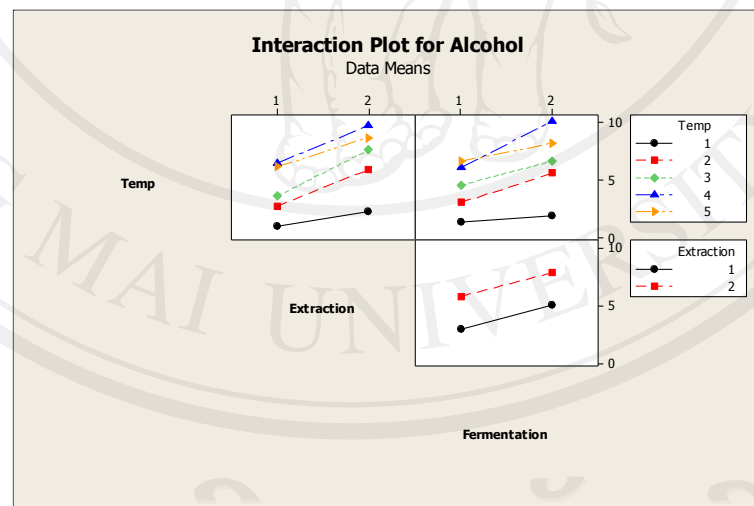
General Linear Model: Alcohol versus Temp, Extraction, Fermentation			
Factor	Type	Values	Levels
Temp (A)	fixed	5	a1, a2, a3, a4, a5
Extraction (B)	fixed	2	b1, b2
Fermentation (C)	fixed	2	c1, c2

- มีปัจจัยโดยที่
- A คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (Temperature)
ระดับของปัจจัยมี 5 ระดับ คือ 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C
- B คือ การสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง (Extraction)
ระดับของปัจจัยมี 2 ระดับ คือ การแช่น้ำกลั่น และการต้ม
- C คือ เวลาที่ใช้ในการหมัก (Fermentation Time)
ระดับของปัจจัยมี 2 ระดับ คือ 7 วัน และ 14 วัน

ตาราง 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง Factorial ที่กำหนดปัจจัย

Dependent Variable: Alcohol						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	555.333 ^a	19	29.228	579.615	0.000	
Intercept	1773.984	1	1773.984	35179.49	0.000	
Temp	321.427	4	80.357	1593.539	0.000	
Extraction	121.524	1	121.524	2409.919	0.000	
Fermentation	69.101	1	69.101	1370.331	0.000	
Temp * Extraction	13.201	4	3.300	65.445	0.000	
Temp * Fermentation	20.334	4	5.083	100.809	0.000	
Extraction * Fermentation	0.021	1	0.021	0.407	0.527	
Temp * Extraction * Fermentation	9.725	4	2.431	48.212	0.000	
Error	2.017	40	0.050			
Total	2331.334	60				
Corrected Total	557.35	59				

จากข้อมูลในตาราง 4.7 สามารถแปลผลได้ดังนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ปัจจัยหลัก (Main Effect) ทั้ง 3 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (Temperature) การสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง (Extraction) และ เวลาที่ใช้ในการหมัก (Fermentation Time) มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) อย่างมีนัยสำคัญ พิจารณาได้จากค่า Sig ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญ ($\text{sig. } 0.000 < \alpha = 0.05$) และใน ส่วนของอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างสองปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักกับการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง ($A*B$) และ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักกับเวลาที่ใช้ในการหมัก ($A*C$) มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) อย่างมีนัยสำคัญ พิจารณาได้จากค่า Sig ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญ ($\text{sig. } 0.000 < \alpha = 0.05$) แต่ในส่วนของปัจจัยร่วมระหว่างการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้งกับเวลาที่ใช้ในการหมัก ($B*C$) นั้น ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) พิจารณาได้จากค่า Sig ที่ได้นั้นมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ ($\text{sig. } 0.527 > \alpha = 0.05$) นอกจากนี้อิทธิพลร่วม (Interaction) ทั้งสามปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักกับการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้งกับเวลาที่ใช้ในการหมัก ($A*B*C$) ยังแสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) อย่างมีนัยสำคัญ โดยพิจารณาได้จากค่า Sig ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ($\text{sig } 0.000 < \alpha = 0.05$) เช่นกัน และสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังรูป 4.6



รูป 4.6 กราฟอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย (ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด)

กราฟ Interaction Plot แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยหนึ่งต่ออีกปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากผลร่วมสามารถทำให้ผลจากปัจจัยหลักมีค่ามากขึ้นหรือลดลง ดังนั้นการพิจารณาผลร่วมจึงมีความสำคัญอย่างมาก จากรูป 4.6 อธิบายได้ว่า

แผนภาพซ้ายบน พิจารณาพบว่า เมื่อระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้น และการเพิ่มระดับการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้งสูงขึ้น ก็จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากเส้นกราฟมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน มีอิทธิพลร่วมกัน

แผนภาพขวบน พิจารณาพบว่า เมื่อระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้น และการเพิ่มระดับเวลาในการหมักสูงขึ้น ก็ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากมีอิทธิพลร่วมกัน

แผนภาพล่างสุด พิจารณาพบว่า เมื่อเพิ่มระดับการสกัดน้ำตาลจากลำไยสูงขึ้น ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับเวลาในการหมักสูงขึ้น ก็ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้นเช่น เส้นกราฟมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ขนานกัน เนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัยนี้ไม่มีอิทธิพลซึ่งกัน

4.4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองการใช้ลำไยอบแห้งแบบชนิดเนื้อ

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองแล้วพบว่า ข้อมูลการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ จึงสามารถนำข้อมูลผลการทดลองไปวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

ตาราง 4.8 รูปแบบการวิเคราะห์ Factorial ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ

General Linear Model: Alcohol versus Temp, Extraction, Fermentation			
Factor	Type	Values	Levels
Temp (A)	fixed	5	a1, a2, a3, a4, a5
Extraction (B)	fixed	2	b1, b2
Fermentation (C)	fixed	2	c1, c2

โดยมีปัจจัย

A คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (Temperature)

ระดับของปัจจัยมี 5 ระดับ คือ 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C

B คือ การสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง (Extraction)

ระดับของปัจจัยมี 2 ระดับ คือ การแช่น้ำกลั่น และการต้ม

C คือ เวลาที่ใช้ในการหมัก (Fermentation Time)

ระดับของปัจจัยมี 2 ระดับ คือ 7 วัน และ 14 วัน

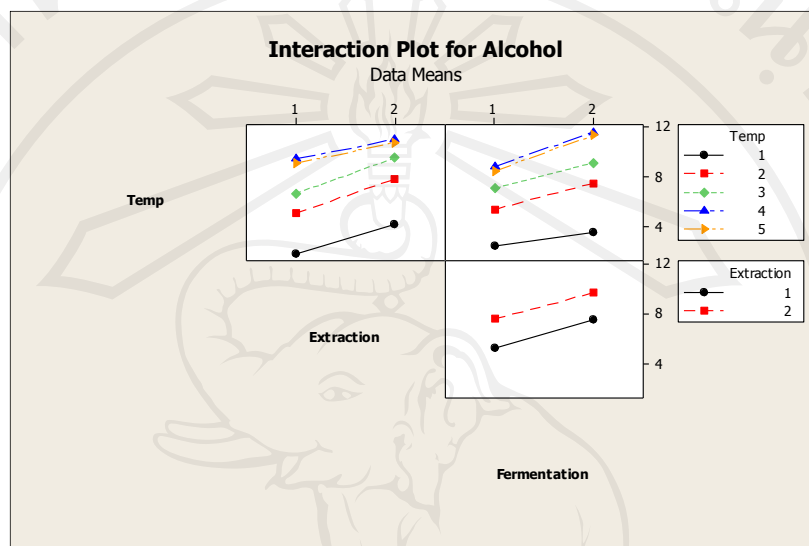
เมื่อมีการออกแบบแผนการทดลองไว้แล้วสามารถนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลในตาราง 4.9 ดังนี้

ตาราง 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง Factorial ที่กำหนดปัจจัย

Dependent Variable: Alcohol						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	582.344 ^a	19	30.65	417.296	0.000	
Intercept	3399.645	1	3399.645	46286.21	0.000	
Temp	420.088	4	105.022	1429.876	0.000	
Extraction	75.937	1	75.937	1033.89	0.000	
Fermentation	71.679	1	71.679	975.91	0.000	
Temp * Extraction	4.248	4	1.062	14.459	0.000	
Temp * Fermentation	5.725	4	1.431	19.488	0.000	
Extraction * Fermentation	0.061	1	0.061	0.837	0.366	
Temp * Extraction * Fermentation	4.605	4	1.151	15.674	0.000	
Error	2.938	40	0.073			
Total	3984.927	60				
Corrected Total	585.282	59				

จากข้อมูลในตาราง 4.9 สามารถแปรผลได้ดังนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ปัจจัยหลัก (Main Effect) ทั้ง 3 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (Temperature) การสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง (Extraction) และเวลาที่ใช้ในการหมัก (Fermentation Time) มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) อย่างมีนัยสำคัญ พิจารณาได้จากค่า Sig. ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญ ($\text{sig. } 0.000 < \alpha = 0.05$) และในส่วนของอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างสองปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักกับการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้ง (A*B) และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักกับเวลาที่ใช้ในการหมัก (A*C) มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) อย่างมีนัยสำคัญ พิจารณาได้จากค่า Sig. ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญ ($\text{sig. } 0.000 < \alpha = 0.05$) แต่ในส่วนของปัจจัยร่วมระหว่าง การสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้งกับเวลาที่ใช้ในการหมัก (B*C) นั้น ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) พิจารณาได้จากค่า Sig.

ที่ได้นั้นมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ (sig. $0.366 > \alpha = 0.05$) นอกจากนั้นอิทธิพลร่วม (Interaction) ทั้งสามปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักกับการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้งกับเวลาที่ใช้ในการหมัก ($A*B*C$) ยังแสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (Alcohol) อย่างมีนัยสำคัญ โดยพิจารณาได้จากค่า Sig ซึ่งมีค่าน้อยกว่า (sig $0.000 < \alpha = 0.05$) เช่นกัน และสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังรูป 4.7



รูป 4.7 กราฟอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย (ลำไยอบแห้งแบบชนิดเนื้อ)

แผนภาพซ้ายบน พิจารณาพบว่า เมื่อระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้น และการเพิ่มระดับการสกัดน้ำตาลจากลำไยอบแห้งสูงขึ้น ก็จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากเส้นกราฟมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน มีอิทธิพลร่วมกัน

แผนภาพขวบน พิจารณาพบว่า เมื่อระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้น และการเพิ่มระดับเวลาในการหมักสูงขึ้น ก็ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากมีอิทธิพลร่วมกัน

แผนภาพล่างสุด พิจารณาพบว่า เมื่อเพิ่มระดับการสกัดน้ำตาลจากลำไยสูงขึ้น ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับเวลาในการหมักสูงขึ้น ก็ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงขึ้นเช่น เส้นกราฟมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ขนานกัน เนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัยนี้ไม่มีอิทธิพลซึ่งกัน

4.4.3 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square)

หลังจากได้ทำการตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง ว่ามีความเหมาะสมตามแผนการทดลองแล้วจะทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจจะบอกให้ทราบถึงระดับความเป็นไปได้ในการทดลอง แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้งหมดที่มีต่อตัวแปรตาม

1) การทดลองใช้ลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด

ตาราง 4.10 แสดงผลสรุปการทดลองลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือกและเมล็ด

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.922 ^a	.849	.841	1.22458	.849	105.222	3	56	.000

a. Predictors: (Constant), Fermentation, Extraction, Temp

b. Dependent Variable: Alcohol

จากตาราง Model Summary ค่า R Square = 0.849 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม หมายความว่า การทดลองมีความเป็นไปได้ในการที่จะทำให้ได้ค่าผลตอบที่มากที่สุด

2) การทดลองใช้ลำไยอบแห้งแบบเนื้อ

ตาราง 4.11 แสดงผลสรุปการทดลองลำไยอบแห้งแบบเนื้อ

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.943 ^a	.889	.883	1.07592	.889	149.865	3	56	.000

a. Predictors: (Constant), Fermentation, Extraction, Temp

b. Dependent Variable: Alcohol

จากตาราง Model Summary ค่า R Square = 0.889 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม หมายความว่า การทดลองมีความเป็นไปได้ในการที่จะทำให้ได้ค่าผลตอบแทนที่สูง

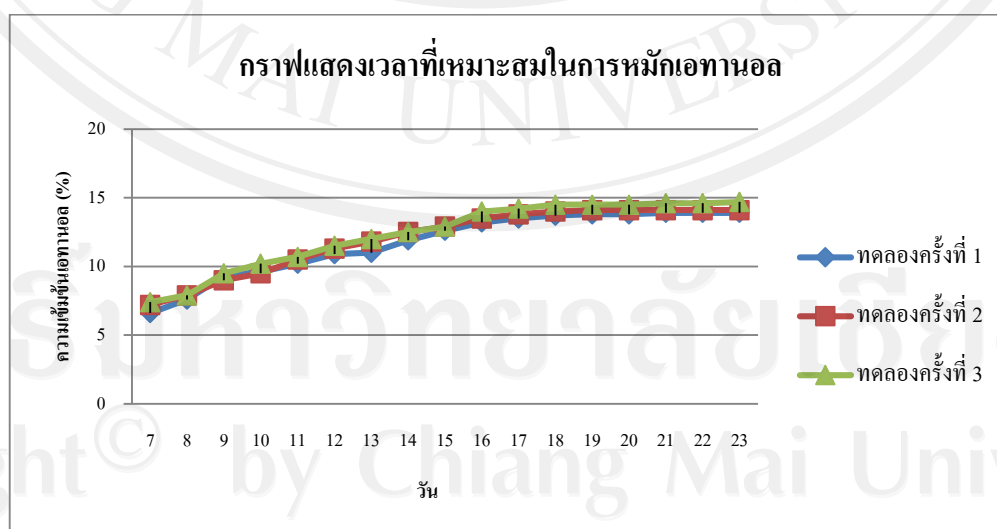
4.5 การวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการหมักเมื่อกำหนดชนิดของลำไยอบแห้ง วิธีการสกัดน้ำตาล และอุณหภูมิคงที่

4.5.1 ทดลองหมักเอทานอล

จากการออกแบบการทดลองข้างต้น ค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ได้ในแบบการทดลองมีค่ามากที่สุดประมาณ 12.36% โดยค่าแอลกอฮอล์ที่ได้ เกิดจากการใช้ลำไยอบแห้งแบบชนิดเนื้อ มาสกัดน้ำตาลโดยการนำไปต้มจนเดือด แล้วนำไปหมักไว้ที่อุณหภูมิคงที่ 35°C ดังนั้นเมื่อกำหนดปัจจัยดังกล่าวแล้ว ต้องการที่จะหาว่าเวลาที่ใช้ในการหมักเพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์มากที่สุดจะใช้เวลาเท่าไร โดยเริ่มวัดค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในวันที่ 7 ของการหมัก

4.5.2 หาเวลาที่ใช้ในการหมัก

จากรูป 4.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาในการหมักมากขึ้น ความเข้มข้นของเอทานอลก็จะเพิ่มขึ้นตามไปจนถึงจุด ๆ หนึ่ง จากนั้นความเข้มข้นของเอทานอลจะคงที่ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการหมักเอทานอลโดยการเลือกปัจจัยดังกล่าวมาทดลอง คือ หมักไว้ 18 วัน เนื่องจากถ้าใช้เวลาในการหมักนานเกินไปอาจจะทำให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่ต้องการปนเปื้อนได้



รูป 4.8 กราฟแสดงเวลาที่เหมาะสมในการหมักเอทานอล