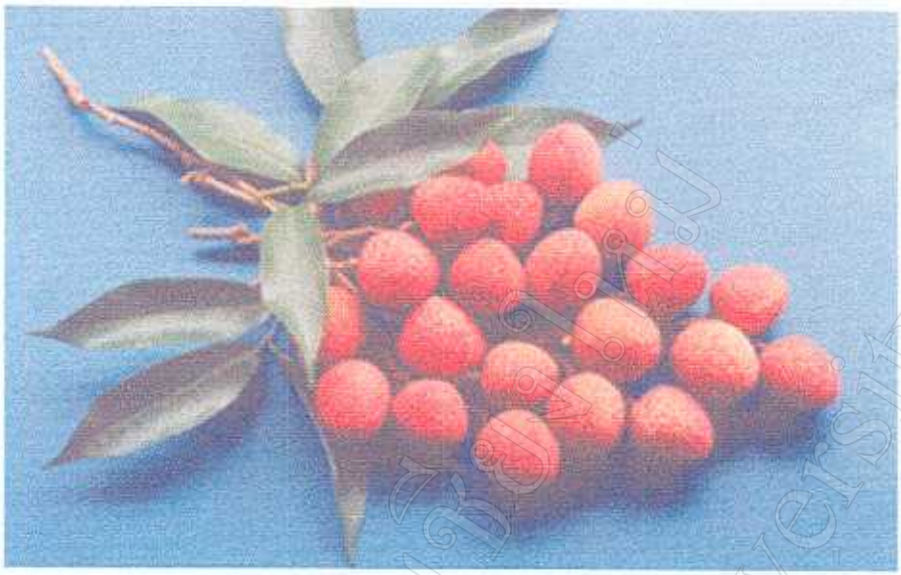
ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก ก
รูปวัตถุดิบ เครื่องมือ และผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

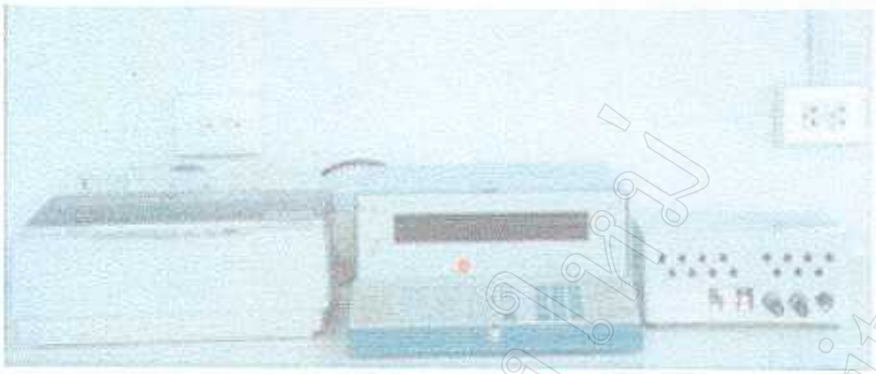
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



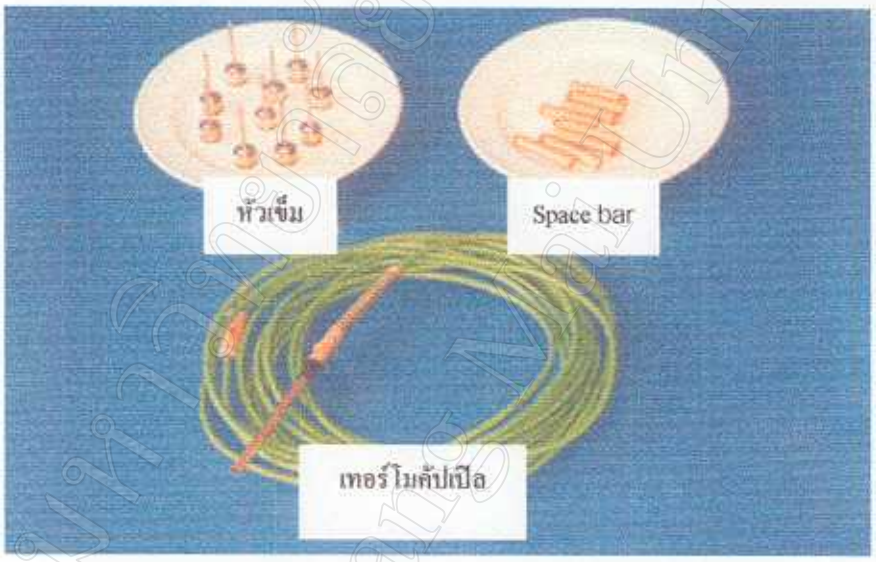
รูป ก-1 ลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย

รูป ก-2 ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ภายหลังผ่านการแปรรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูป ก-3 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา (F_0)



รูป ก-4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1

เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10

รูป ก-5 ลักษณะเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 เริ่มต้นการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1

เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10

รูป ก-6 ลักษณะเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 เก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

เนื้อลิ้นจี่ดีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1

เนื้อลิ้นจี่ดีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10

รูป ก-7 ลักษณะเนื้อลิ้นจี่ดีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 เริ่มต้นการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

เนื้อลิ้นจี่ดีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1

เนื้อลิ้นจี่ดีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A10

รูป ก-8 ลักษณะเนื้อลิ้นจี่ดีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10 เก็บรักษานาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส และรายนามกลุ่มผู้ประกอบการที่ให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบสำรวจความต้องการของลูกค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

แบบสำรวจความต้องการของลูกค้า

ข้าพเจ้าเป็นนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกำลังสำรวจความต้องการขนาดของเนื้อลิ้นจี่ตีป่น (Lychee Puree) ข้าพเจ้ามีความยินดีเป็นอย่างยิ่งถ้าท่านได้ช่วยให้การสำรวจนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

1. ขณะนี้บริษัทของท่านทำผลิตภัณฑ์ Puree หรือไม่ ☐ ทำ ☐ ไม่ทำ

   ถ้า "**ทำ**" โปรดตอบคำถามข้อที่ 2

   ถ้า "**ไม่ทำ**" โปรดตอบคำถามข้อที่ 3

2. บริษัทของท่านทำผลิตภัณฑ์ Puree อะไร _____

3. ท่านต้องการใช้ Puree ในผลิตภัณฑ์ใด

   ☐ แยม ☐ น้ำผลไม้

   ☐ เนคต้า ☐ โยเกิร์ต

   ☐ อื่นๆ ได้แก่ _____

4. ขนาดของ Puree ลิ้นจี่ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์ของท่าน

   ☐ ใหญ่กว่า 4.70 มิลลิเมตร

   ☐ 3.33-4.7 มิลลิเมตร

   ☐ 1.7-3.3 มิลลิเมตร

   ☐ 0.8-1.7 มิลลิเมตร

   ☐ น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร

-ขอบคุณค่ะ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

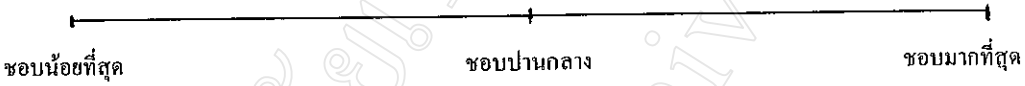
(Structured scale)

ชื่อผลิตภัณฑ์ เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก

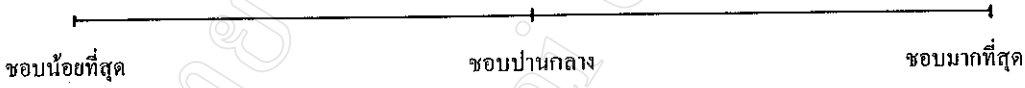
ชื่อผู้ทดสอบชิม ..... **วันที่** .....

คำชี้แจง ขอให้ท่านโปรดทำการประเมินตัวอย่างที่ท่านได้รับ โดยทำเครื่องหมาย I บนเส้นในตำแหน่งที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิม

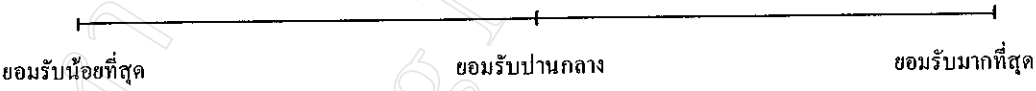
1. ความชอบสี



2. ความชอบกลิ่น



3. การยอมรับรวม



ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

- ขอบคุณค่ะ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

(Structured scale)

ชื่อผลิตภัณฑ์ แยมเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก

ชื่อผู้ทดสอบชิม ..... **วันที่** .....

คำชี้แจง ขอให้ท่านโปรดทำการประเมินตัวอย่างที่ท่านได้รับ โดยทำเครื่องหมาย I บนเส้นในตำแหน่งที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิม

1. ความชอบสีแยมลิ้นจี่

ชอบน้อยที่สุด — ชอบปานกลาง — ชอบมากที่สุด

2. ความชอบกลิ่นแยมลิ้นจี่

ชอบน้อยที่สุด — ชอบปานกลาง — ชอบมากที่สุด

3. ความชอบต่อการ spread ของแยมบนขนมปัง

ชอบน้อยที่สุด — ชอบปานกลาง — ชอบมากที่สุด

4. ความชอบรสหวาน

ชอบน้อยที่สุด — ชอบปานกลาง — ชอบมากที่สุด

5. ความชอบรสเปรี้ยว

ชอบน้อยที่สุด — ชอบปานกลาง — ชอบมากที่สุด

6. การยอมรับรวม

ยอมรับน้อยที่สุด — ยอมรับปานกลาง — ยอมรับมากที่สุด

- ขอบคุณค่ะ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

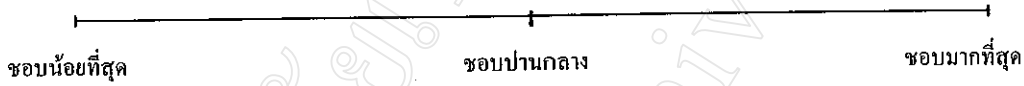
(Structured scale)

ชื่อผลิตภัณฑ์ เนื้อลิ้นจี่ตีป่น

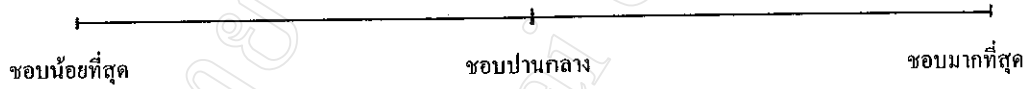
ชื่อผู้ทดสอบชิม ..... **วันที่** .....

คำชี้แจง ขอให้ท่านโปรดทำการประเมินตัวอย่างที่ท่านได้รับ โดยทำเครื่องหมาย I บนเส้นในตำแหน่งที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิม

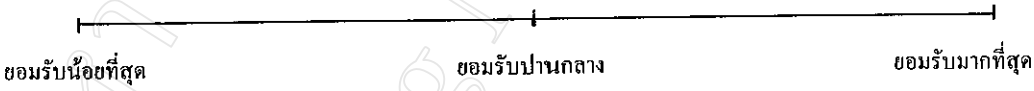
1. ความชอบสี



2. ความชอบกลิ่น



3. การยอมรับรวม



ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.

- ขอบคุณค่ะ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

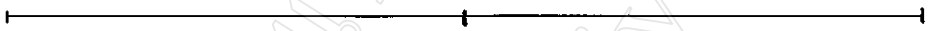
(Structured scale)

ชื่อผลิตภัณฑ์ น้ำลิ้นจี่ที่แปรรูปจากเนื้อลิ้นจี่ตีป่น

ชื่อผู้ทดสอบชิม ..... **วันที่** .....

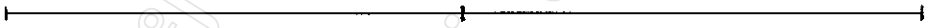
คำชี้แจง ขอให้ท่านโปรดทำการประเมินตัวอย่างที่ท่านได้รับ โดยทำเครื่องหมาย I บนเส้นในตำแหน่งที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิม

1. ความชอบสีน้ำลิ้นจี่



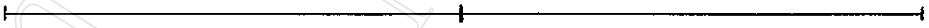
ชอบน้อยที่สุด ชอบปานกลาง ชอบมากที่สุด

2. ความชอบกลิ่นน้ำลิ้นจี่



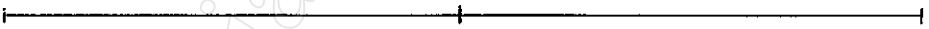
ชอบน้อยที่สุด ชอบปานกลาง ชอบมากที่สุด

3. ความชอบรสหวาน



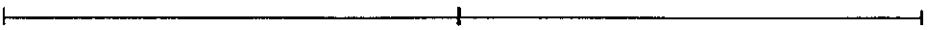
ชอบน้อยที่สุด ชอบปานกลาง ชอบมากที่สุด

4. ความชอบรสเปรี้ยว



ชอบน้อยที่สุด ชอบปานกลาง ชอบมากที่สุด

5. การยอมรับรวม



ยอมรับน้อยที่สุด ยอมรับปานกลาง ยอมรับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ .....

.....

- ขอบคุณค่ะ -

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

รายนามกลุ่มผู้ประกอบการที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสำรวจความต้องการของลูกค้า เพื่อสอบถามขนาดลิ้นจี่ตีป่นที่ต้องการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ มีดังต่อไปนี้

1. บริษัทยูไนเต็ดแดรี่ฟูดส์
2. บริษัทดัชมิลล์ จำกัด
3. บริษัทอินดัสเทรียลฟู้ด ซัพพลาย จำกัด
4. บริษัทแดรี่ไทย จำกัด
5. บริษัททิปโก้ฟูดส์ จำกัด
6. บริษัท CHOMOTHANA จำกัด
7. บริษัทโฟร์โมสต์ จำกัด
8. บริษัทมอกก้าไทย จำกัด
9. บริษัทซีพีซี/อายิ จำกัด
10. บริษัทไทยแอ็ดวานซ์ฟู้ด จำกัด
11. บริษัทสยามฟู้ด จำกัด
12. บริษัท ไทยนุติจำกัด
13. บริษัทไทยมี จำกัด
14. บริษัท Thai Union Manufacture จำกัด
15. บริษัทจินตนาฟู้ด จำกัด
16. บริษัท Ocean United จำกัด
17. บริษัท Thai Agrifood จำกัด
18. บริษัท Bangkok T.M. Beverage จำกัด
19. บริษัท Agro Plus จำกัด
20. บริษัท Dole Thailand จำกัด

♠ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย ♠

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี จุลชีววิทยา และวิธีการเตรียมตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. การวัดความเป็นสุญญากาศ (Vacuum)

1.1 นำกระป๋องลิ้นจี่มา ชั่งน้ำหนักทั้งกระป๋อง บันทึกน้ำหนักทั้งหมด

1.2 ใช้เครื่องวัดสุญญากาศ (Vacuum gauge) เจาะรูตรงกลางกระป๋อง เพื่อวัดความดันสุญญากาศภายในกระป๋อง

2. การวัดช่องว่างเหนืออาหาร (Head space)

2.1 นำกระป๋องจากข้อ 1.2 มาเปิดฝากระป๋องออก

2.2 ทำการวัดช่องว่างเหนือระดับอาหาร โดยใช้ไม้บรรทัดวัดระยะทางจากขอบของเหลวถึงขอบตะเข็บด้านในของฝา การวัดจะวัดทั้งหมด 3 ตำแหน่งภายในกระป๋องเดียวกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย วัดตัวอย่างละ 2 กระป๋อง

3. การวัดน้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้อ (Net weight and drained weight)

3.1 นำตะแกรงมาชั่งหาน้ำหนัก โดยใช้ตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มีช่องเปิดสี่เหลี่ยมขนาด 2.5x2.5 มิลลิเมตร หรือ 2.8x2.8 มิลลิเมตร

3.2 เทตัวอย่างอาหารลงในตะแกรงที่ทราบน้ำหนักแล้ว และเอียงตะแกรงเป็นมุม 17-20 องศา เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักตะแกรงรวมกับน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่

3.3 ล้างภาชนะบรรจุและฝา คว่ำทิ้งไว้ให้แห้ง ชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักภาชนะบรรจุและฝา

3.4 ผลต่างระหว่างน้ำหนักทั้งหมด (จากข้อ 1.1) กับน้ำหนักภาชนะบรรจุและฝาเป็นน้ำหนักสุทธิ

น้ำหนักสุทธิ = น้ำหนักทั้งกระป๋อง – (น้ำหนักกระป๋อง + ฝา)

3.5 ผลต่างระหว่างน้ำหนักสุทธิกับน้ำหนักตะแกรง และน้ำหนักเนื้อของเหลว เป็นน้ำหนักเนื้อ

น้ำหนักเนื้อ = น้ำหนักสุทธิ – น้ำหนักตะแกรง - น้ำหนักของเหลว

4. การวัดสีระบบ Hunter Lab

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รายงานผลค่าสีเป็นระบบฮันเตอร์ โดยค่าสี L เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

เมื่อ	L คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
	a* คือ ค่าสีแดง	เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง
		เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว
	b* คือ ค่าสีเหลือง	เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
		เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ก่อนโดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ; L = 97.67, a* = -0.18, b* = 1.84)

ขั้นตอนการวัดสี

4.1 ปรับมาตรฐานเครื่องทุกครั้งก่อนเริ่มใช้งาน ด้วยแผ่นสีขาวมาตรฐาน ตามคู่มือการใช้งานของเครื่อง

4.2 วัดตัวอย่างโดยเทตัวอย่างใส่ Cell สำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 50 มิลลิลิตร วางตรงตำแหน่งสำหรับวัดตัวอย่าง ใช้ที่ครอบสีดำครอบลงไป แล้วปฏิบัติตามคู่มือการใช้เครื่องในการวัดค่าสี จะวัดทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย

5. การวัดความหนืด (Viscosity)

วิธีการใช้เครื่อง Brookfield Model DV

5.1 ตั้งเครื่องให้อยู่ในแนวระดับด้วยการหมุนปรับน็อตที่ปลายขาตั้งจนระดับลูกน้ำอยู่กึ่งกลาง

5.2 นำตัวอย่างอาหารเหลวที่ต้องการวัดค่าเทใส่ภาชนะซึ่งควรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 นิ้ว ขึ้นไป ปริมาตรบรรจุประมาณ 400 มิลลิลิตร

5.3 เสียบปลั๊ก และเปิดสวิตซ์ ด้านหลังตัวเครื่อง

5.4 เครื่องจะบอกให้ Remove spindle (ซึ่งถ้ามีหัวเข็มอยู่ให้เอาออก) แล้วทำการกดปุ่มใดๆ

5.5 เครื่อง Set Autozero นานประมาณ 15 วินาที

5.6 เครื่องจะบอกให้ Replace spindle ซึ่งให้ใส่หัวเข็มที่เลือกใช้ลงไป (ในที่นี้ใช้เข็มวัด No.4) ให้ใช้มือซ้ายจับโคนหัวเข็มให้แน่นแล้วใช้มือด้านซ้ายหมุนหัวเข็ม โดยให้เกลียวชนกันพอดี จากนั้นเทตัวอย่างลิ้นจี่ตีป่นลงไปให้ท่วมระดับขีดเครื่องหมายบน spindle

การเลือกขนาดของ spindle ที่ต้องการ พิจารณาจากลักษณะของอาหารที่ต้องการจะวัด

- อาหารข้นหนืดมาก ให้ใช้ spindle ขนาดเล็กสุด และ speed ต่ำสุด
- อาหารข้นหนืดน้อย ให้ใช้ spindle ขนาดใหญ่สุด และ speed สูงสุด

ทั้งนี้ตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ตีป่นใช้ spindle เบอร์ 3

5.7 กด Select spindleใช้ลูกศร ↑↓ แทนตัวเลข และกด Select spindle อีกครั้ง ต้องรีบกระทำให้เสร็จภายใน 3 วินาที

5.8 กดลูกศร ↑↓ เพื่อตั้ง speed แล้วกด Select speed

5.9 กด Select speed กับ Select spindle พร้อมกันเพื่อตั้ง Time stop โดยจะออกมาเป็น ↑ Time stop กับ ↓ Time torque ให้กด ↑ Time stop แล้วกด ↑↓ เพื่อตั้งเวลาเป็นนาที แล้วกด Select spindle แล้วเลือกเวลาเป็นวินาที

5.10 กด Motor on/off

5.11 ระบบจะเริ่มทำงานตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดเครื่องก็จะหยุดเอง

5.12 กดลูกศร ↑ เพื่ออ่านค่า % การบิด ความหนืด(เซนติพอยส์) และอุณหภูมิ (°ซ) ถ้าค่า % ที่อ่านได้อยู่ ระหว่าง 10-100 แสดงว่าใช้ได้ (แต่ถ้าต้องการค่าที่ถูกต้องแน่นอนมากๆ ควรปรับให้ค่าที่อ่านได้ใกล้เคียง 100 %)

5.13 เสร็จแล้วทำการกด Select spindle ถ้าจะทำการทดลองต่อให้กดตามข้อ 5-9 หากเสร็จสิ้นการทดลองให้ปิดสวิตซ์ด้านหลังเครื่อง

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

1. การเตรียมตัวอย่าง

เนื้อลิ้นจี่ตีป่น นำเนื้อลิ้นจี่ตีป่นจากกระป๋อง มาปั่นอีกครั้งด้วยด้วยเครื่องปั่น (Model IF-308) ที่ความเร็วเบอร์ 2 นาน 30 วินาที

เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก นำส่วนเนื้อและน้ำจากกระป๋องของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกมาผสมกันโดยที่อัตราส่วนของเนื้อต่อน้ำลิ้นจี่เท่ากับ 3 : 1 ตีป่นด้วยเครื่อง blender ที่ความเร็วเบอร์ 2 นาน 60 วินาที

2. การวัดค่าพีเอช ตามวิธีของ AOAC, 1995

แบ่งตัวอย่างที่เตรียมจากข้อ 1 มาวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Microprocessor pH meter) ยี่ห้อ HANNA ก่อนการใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ทุกครั้ง ตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องโดยใช้สารละลายมาตรฐานที่มีค่าพีเอช เท่ากับ 4 และ 7 ตามลำดับ วิธีการใช้เครื่องมือตามรายละเอียด คู่มือการใช้งานของเครื่อง

3. การหาปริมาณกรดทั้งหมด (Total titratable acidity) ตามวิธีของ Pearson, 1981

3.1 สารเคมีและวิธีการเตรียม

3.1.1 *สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล* เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 4 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมา Standardize เพื่อเทียบหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ ด้วยการไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐาน (Hydrochloric acid, HCl) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

3.1.2 ฟีนอล์ฟทาลีน *(Phenolphthalene ; $C_{20}H_{10}O_4$) ความเข้มข้น 1 %* เตรียมโดยชั่งฟีนอล์ฟทาลีนมา 1 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์

3.2 วิธีวิเคราะห์

แบ่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา 5 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจำนวน 30 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 2-3 หยด นำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนที่ถาวร จดปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรททำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกจากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%ในรูปกรดซิตริก)} = \frac{N \times V \times E \times 100}{W\ (g)}$$

เมื่อ

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท มีหน่วยเป็นนอร์มัล

V คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

E คือ น้ำหนักสมมูลของกรดซิตริกมีค่าเท่ากับ 0.07

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

4. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids) ตามวิธีของ AOAC, 1995

แบ่งตัวอย่างที่เตรียมจากข้อ 1 มาส่วนหนึ่ง กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้ววัดหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยใช้ Hand refractometer (ATAGO model N1) ซึ่งวัดค่าได้ในช่วง 0-32 บันทึกค่าที่อ่านได้เป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์

ก่อนใช้ Hand refractometer ต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่องให้เป็นศูนย์ โดยใช้น้ำกลั่น

5. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

5.1 สารเคมีและวิธีการเตรียม

5.1.1 *สารละลาย Carrez no.1* เตรียมโดยชั่ง ซิงค์อะซิเตทไดไฮเดรท (Zinc acetate dihydrate ; $(CH_3OO)_2Zn{\cdot}2H_2O$) จำนวน 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก (Acetic acid ; CH_3COOH) จำนวน 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)

5.1.2 *สารละลาย Carrez no.2* เตรียมโดยชั่ง โปแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide ; $K_4[Fe(CN)_6]{\cdot}3H_2O$) จำนวน 10.6 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

5.1.3 *สารละลาย Fehling no.1* เตรียมโดยชั่ง คอปเปอร์ซัลเฟท (Copper (II) sulfate anhydrous ; $CuSO_4$) จำนวน 69.278 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

5.1.4 *สารละลาย Fehling no.2* เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) จำนวน 100 กรัม และโซเดียมโปแทสเซียมทาร์เทรท (Sodium potassium tartate ; $NaKC_4O_6.4H_2O$) จำนวน 346 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

5.1.5 *สารละลายเมทิลลีนบลูความเข้มข้น 1 %* เตรียมโดยชั่งเมทิลลีนบลู (methylene blue ; $(CH_2)_2NC_6H_3N:C_6H_3[N(CH_3)_2]:SCl\cdot 3H_2O$) จำนวน 1 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

5.1.6 *สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล* เตรียมโดยตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Hydrochloric acid ; HCl) จำนวน 563 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตรที่มีน้ำกลั่นอยู่ ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5.1.7 *สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 นอร์มัล* เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; NaOH) จำนวน 400 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5.2 การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง (วิธีเตรียมตามข้อ 1) จำนวน 5 กรัม เติมน้ำกลั่นพอประมาณคนให้เข้ากัน เติม Clearing agent ซึ่งก็คือ สารละลาย Carrez no.1 และ Carrez no.2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 เก็บสารละลายที่กรองได้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลก่อนอินเวอร์ชัน (คือน้ำตาลรีดิวซิงทั้งหมดที่อยู่ในอาหารไม่รวมน้ำตาลซูโครส) และหาน้ำตาลหลังอินเวอร์ชัน (คือน้ำตาลรีดิวซิงทั้งหมดที่อยู่ในอาหารรวมทั้งน้ำตาลซูโครส)

5.3 วิธีวิเคราะห์

5.3.1 การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซิงก่อนอินเวอร์ชัน (D_1)

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในบิวเรทขนาด 50 มิลลิลิตร (ชนิดปลายงอ) ไล่ฟองอากาศให้หมด ปิเปตสารละลาย Fehling reagent ซึ่งประกอบด้วยสารละลาย Fehling no. 1 และ Fehling no. 2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ ขนาด 125 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วขนาดเล็ก ลงไป 2-3 เม็ด นำไปต้มให้เดือดบนตะเกียงบุนเซน ไตเตรทกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนกระทั่งสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมทิลลีนบลูลงไป 1-2 หยด ไตเตรทจนสีฟ้าหายไปหมดเหลือแต่ตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้อยู่ในช่วง

15-50 มิลลิลิตร แสดงว่าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นเหมาะสม ถ้าหากปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ไตเตรทน้อยกว่า 15 มิลลิลิตร ควรเจือจางสารละลายน้ำตาลตัวอย่างลงไปอีก แล้วทำการไตเตรทใหม่ แต่ถ้าหากปริมาตรของสารละลายน้ำตาลตัวอย่างที่ใช้ไตเตรทมากกว่า 50 มิลลิลิตร แสดงว่าสารละลายน้ำตาลนั้นเจือจางเกินไปต้องเตรียมสารละลายน้ำตาลใหม่ ให้มีความเข้มข้นมากกว่าเดิม

จากนั้นทำการไตเตรทสารละลายตัวอย่างเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องกับสารละลาย Fehling โดยปล่อยสารละลายน้ำตาลจากบิวเรทลงไปทันที โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ไตเตรทครั้งแรกประมาณ 1 - 2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมทิลลีนบลูลงไป 1-2 หยด แล้วไตเตรทต่อจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดงของคิวปรัสออกไซด์ โดยต้องไตเตรทให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที ตั้งแต่เริ่มเดือด จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ไป นำไปเทียบหาปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่าง จากตารางมาตรฐาน

5.3.2 การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซิงหลังอินเวอร์ชัน (D_2)

นำสารละลายน้ำตาลที่เหลือจากการไตเตรทหาน้ำตาลรีดิวซิงก่อนอินเวอร์ชัน จำนวน 70 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว และทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 โมล่าร์ แล้วนำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร จากนั้นทำการไตเตรทเช่นเดียวกับการหาน้ำตาลรีดิวซิงก่อนอินเวอร์ชัน

5.3.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงก่อนและหลังอินเวอร์ชันแล้วสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำตาลซูโครสได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลซูโครส (S) = เปอร์เซ็นต์ของผลต่าง $(D_2 - D_1) \times 0.95$

เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด = $D_1 + S$

โดยที่ D_1 = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงทั้งหมดก่อนทำการอินเวอร์ชัน (เปอร์เซ็นต์)

D_2 = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงทั้งหมดภายหลังทำการอินเวอร์ชัน (เปอร์เซ็นต์)

S = ปริมาณน้ำตาลซูโครส (เปอร์เซ็นต์)

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- ขวดขนาด 250 มิลลิลิตร สำหรับใส่สารละลายเพื่อเจือจาง (Dilution bottle)
- จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ปิเปตขนาด 1 , 2 และ 10 มิลลิลิตร
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert : Model WB14, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Heraeus : Model D - 6450 hanau. Germany)
- หม้อนึ่งความดัน (Hirayama : Model HA - 300MIV, Japan)
- ตะเกียง (Burner)
- เครื่องเปิดกระป๋องที่สามารถลนไฟฆ่าเชื้อได้

1.2 สารละลายเพื่อเจือจาง และอาหารเลี้ยงเชื้อ

- เปปโตน สำหรับเป็นสารละลายเพื่อเจือจาง (Becto® Peptone : Difgo Laboratory, U.S.A.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อเพลทเคานต์อะการ์ (Plate count agar : Merk, Germany)
- อาหารเลี้ยงเชื้อโพเตโตเดกซ์โตรสอะการ์ (Potato dextrose agar : Merk, Germany)
- อาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบล์บรอท (Brilliant green lactose bile broth : Merk, Germany)
- ทริพโตน (Tryptone : Merk, Germany)
- ยีสต์เอกซ์แทรกต์ (Yest extract : Merk, Germany)
- เดกซ์โตรส (Dextose : Fluka, Germany))
- ไดโปตัสเซียมฟอสเฟท (di-Potassium hydrogen phosphate trihydrate ; $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$: Merk, Germany)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid ; $HOOC(CHOH)_2COOH$: Cario Erba Reagebti, Germany)
- ออเรนจ์เซรุ่ม (Orange serum)

1.3 การเตรียมสารละลายเพื่อเจือจาง

สารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1 % โดยชั่งเปปโตน 1 กรัม ใส่ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ตวงสารละลายเปปโตนจำนวน 90 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วทนความร้อน ปิดด้วยฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที

1.4 การเตรียมสารละลายเพื่อปรับพีเอช

สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้น 10 % โดยชั่งกรดทาร์ทาริก 10 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร เทใส่ขวดแก้วทนความร้อน ปิดฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที

1.5 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.5.1 *อาหารเลี้ยงเชื้อเพลทเคานต์อะการ์ (Plate count agar ; PCA)* ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลาย เทใส่ขวดทนความร้อน ปิดด้วยฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ควรมีพีเอชสุดท้ายประมาณ 7.0±0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1.5.2 *อาหารเลี้ยงเชื้อโพเตโตเดกซ์โตรสอะการ์ (Potato dextrose agar ; PDA)* ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายเทใส่ขวดทนความร้อน ปิดด้วยฝาเกลียว นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที

1.5.3 *อาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบล์บรอท* ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ปิเปตใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิลิตร โดยในหลอดทดลองมีหลอดดักแก๊สคว่ำอยู่ภายในปิดจุก นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาสกาล นาน 15 นาที

1.5.4 *อาหารเลี้ยงเชื้อ Orange serum broth* สูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อประกอบด้วย

ทริพโตน	10 กรัม
ยีสต์แอกซ์แทรกต์	3 กรัม
เดกซ์โตรส	4 กรัม
ไดโปตัสเซียมฟอสเฟท	3 กรัม
ออเรนจ์เซรุม	200 มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	800 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในน้ำกลั่น ละลายให้เข้ากัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ปิเปตใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิลิตร โดยในหลอดทดลองมีหลอดดักแก๊สคว่ำอยู่ภายใน (สำหรับวิเคราะห์หา aciduric spoilage bacteria) ปิดจุก สำหรับส่วนที่ 2 ปิเปตใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิลิตร ปิดจุก ไม่ต้องใส่หลอดดักแก๊ส (สำหรับวิเคราะห์หา flat sour) จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 103.4 กิโลปาส นาน 15 นาที

หมายเหตุ วิธีการเตรียมออเรนจ์เซรุม โดยการคั้นน้ำส้ม นำไปต้มจนอุณหภูมิเท่ากับ 93 องศาเซลเซียส ยกลงค่อยๆ เทผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้เครื่องช่วยดูด (section) ส่วนที่กรองได้ 2-3 มิลลิลิตร แรกทิ้งไป กรองเอาเฉพาะส่วนที่เหลือ

1.6 การเตรียมตัวอย่าง

ล้างกระป๋องให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำ เช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด เช็ดฝากระป๋องด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70 % ลนด้วยเปลวไฟจากตะเกียง ใช้ลิ่มที่ลนไฟแล้วเจาะตรงกลางกระป๋อง รอยเจาะควรมีขนาดกว้างพอที่จะนำอาหารออกมาวิเคราะห์ได้

แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งใส่หลอดทดลองหรือหลอดแก้วปราศจากเชื้อ แล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในกรณีที่ต้องมีการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ

1.7 วิธีวิเคราะห์

1.7.1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

1.7.1.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างจากกระป๋องมา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มีสารละลายเจือจาง 90 มิลลิลิตร (จากข้อ 1.3) ผสมให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 10 หรือ 10^{-1}

1.7.1.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างจากกระป๋อง (ความเข้มข้นเท่ากับ 1) และสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10^{-1} (จากข้อ 1) ใส่ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 2 จาน

1.7.1.3 เทอาหารเลี้ยงเชื้อเพลทเคานต์อะการ์ที่หลอมเหลวแล้วมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

1.7.1.4 ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว กลับจานเพาะเชื้อ แล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อ (incubated) ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

1.7.1.5. นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ ซึ่งมีปริมาณ 30-300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)

1.7.2 การวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mould)

วิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตามข้อ 7.1.1) แต่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ โพเตโตเดกซ์โตรสอะการ์ ที่ปรับพีเอช เป็น 3.5 ด้วยการเติมสารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้น 10 % ลงไป (จากข้อ 1.4) โดยที่อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดทาร์ทาริก 1.9 มิลลิลิตร

จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน แล้วนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา หาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)

1.7.3 การวิเคราะห์หาโคลิฟอร์ม (Coliform)

1.7.3.1 การทดสอบขั้นแรก (Presumptive test)

ก. ใช้ปิเปตปราศจากเชื้อดูดสารละลายตัวอย่างจากกระป๋อง จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบท์บรอท จำนวน 2 หลอด

ข. นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนด 24 และ 48 ชั่วโมง ถ้ามีก๊าซเกิดขึ้นนำไปทดสอบต่อตามข้อ 1.7.3.2

1.7.3.2 การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test)

ก. นำหลอดที่มีก๊าซจากข้อ 1.7.3.1 มาเขย่าเบาๆ แล้วใช้ที่เขี่ยเชื้อ (loop) ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในหลอดทดลองที่มีก๊าซ นำไปขีดเป็นเส้นๆ (streak) บนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเอนโดอะการ์หรือลีวายน์อีเอ็มบีอะการ์ ในลักษณะที่จะให้โคโลนีแยกจากกันภายหลังการเพาะเชื้อ

ข. เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตรวจดูโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของโคลิฟอร์มในอาหารเลี้ยงเชื้ออีเอ็มบีอะการ์ จะมีลักษณะเป็นสีเข้ม อาจเป็นสีแดงเข้มหรือสีม่วงเข้มก็ได้

ค. ถ่ายโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะจากข้อ 1.7.3.2 (ข) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบล์บรอท และบนอาหารเลี้ยงเชื้อนิวเตรียนอะการ์

ง. เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ดูการเกิดก๊าซในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบริลเลียนต์กรีนแลกโตสไบล์บรอท หรือลอริลทริปโตสบรอท ถ้ามีก๊าซเกิดขึ้นให้นำเชื้อที่ขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อนิวเตรียนต์อะการ์ ไปย้อมสีด้วยวิธีกรัมสเตน (gram stain) ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้ามีเชื้อซึ่งเป็นกรัมลบ (gram negative) มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นๆ ไม่มีสปอร์ แสดงว่าเป็นแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม

1.7.4 การวิเคราะห์หาแฟลตซาวร์ (Flat sour)

1.7.4.1 ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดตัวอย่างอาหารจากกระป๋อง จำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อออเรนจ์เซรุมบรอท จำนวน 4 หลอด

1.7.4.2 นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส อย่างละ 2 หลอด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ถ้ามีแบคทีเรียพวกแฟลตซาวร์ อาหารเลี้ยงเชื้อจะขุ่น ทดสอบให้แน่ใจโดยถ่ายเชื้อ (subcuture) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดิม แล้วเพาะเชื้อเหมือนเดิมซ้ำอีกครั้ง ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อขุ่นแสดงว่ามีแบคทีเรียชนิดแฟลตซาวร์

1.7.5 การวิเคราะห์หาอะซิดูริกสปอยเลจแบคทีเรีย (Aciduric spoilage bacteria)

1.7.5.1 ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดตัวอย่างอาหารจากกระป๋องจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อออเรนจ์เซรุมบรอท จำนวน 2 หลอด

1.7.5.2 นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส จำนวน 2 หลอด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ดูก๊าซทุก 24 ชั่วโมง ถ้าพบว่าขุ่นและมีก๊าซเกิดขึ้นแสดงว่ามีแบคทีเรียชนิดอะซิดูริกสปอยเลจ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความพอใจของผู้ทดสอบชิมใช้แบบทดสอบ Hedonic structural scale สเกลที่ใช้ประกอบด้วยเส้นตรงที่มีความยาว 12 เซนติเมตร แบ่งสเกลเป็นที่จุดเริ่มต้น ตรงกลาง และปลายเส้น ที่จุดเริ่มต้นด้านซ้ายคือความพอใจต่อผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ตรงกลางคือความพอใจต่อผลิตภัณฑ์ปานกลาง และปลายสุดด้านขวาคือความพอใจต่อผลิตภัณฑ์มากที่สุด ผู้ทดสอบชิมจะประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการขีดเครื่องหมาย I บนสเกล ณ ตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการแสดงความรู้สึกของผู้ทดสอบต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบหลังจากการชิมเสร็จ

1. การเตรียมน้ำลิ้นจี่สำหรับการทดสอบชิม (รัตนา, 2543)

ส่วนผสมของน้ำลิ้นจี่

ลิ้นจี่ตีป่น (จากกระป๋อง)	500 กรัม
น้ำตาลทราย	300 กรัม
กรดซิตริก	1 กรัม

วิธีการเตรียม

1.1 นำเนื้อลิ้นจี่ตีป่นจากกระป๋องมา 500 กรัม ใส่ในโถปั่น เติมน้ำลงไป 500 กรัม (อัตราส่วนเนื้อลิ้นจี่ตีป่น : น้ำ เท่ากับ 1:1) ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นจากนั้นกรองผ่านผ้าขาวบาง

1.2 เตรียมน้ำเชื่อม โดยต้มน้ำ 1 กิโลกรัมให้เดือด เติมน้ำตาลทรายลงไป 300 กรัม ต้มเดือด เติมกรดซิตริกลงไป 1 กรัม ยกลง กรองด้วยผ้าขาวบาง

1.3 นำน้ำลิ้นจี่ (จากข้อ 1) ผสมกับน้ำเชื่อม (จากข้อ 2) ในอัตราส่วน 1:1

1.4 นำไปให้ความร้อนจนวัดอุณหภูมิได้ 80 องศาเซลเซียส บรรจุลงในขวดที่สะอาด ปราศจากเชื้อ (ขวดก่อนนำมาใช้ ให้ต้มในน้ำเดือดอย่างน้อย 10 นาที) เติมน้ำลิ้นจี่จนถึงระดับคอขวด ปิดฝา

1.5 Cooling ในน้ำอุ่นก่อน แล้วค่อยลดอุณหภูมิให้ต่ำลง เพราะถ้าแช่ขวดลงในน้ำเย็นทันที ขวดอาจแตกได้

2. การเตรียมแยมลิ้นจี่สำหรับการทดสอบชิม (รัตนา, 2543)

สูตรการผลิต

ลิ้นจี่ชิ้นแตก (จากกระป๋อง)	450 กรัม
น้ำตาลทราย (แบ่งเป็น 3 ส่วน)	700 กรัม
สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 50%	6 มิลลิลิตร
ผงเพกติน ชนิด Rapid set	7 กรัม
สีผสมอาหาร (สีชมพู : สีเหลือง : น้ำ อัตราส่วน 2 : 1 : 30)	1 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

2.1 นำเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกมาล้างน้ำให้สะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ

2.2 แบ่งเนื้อลิ้นจี่เป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน ส่วนที่ 1 นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ส่วนที่ 2 ไม่ต้องปั่น

2.3 นำเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 2 ส่วน เทใส่กะทะทองแดง เติมน้ำลงไป 550 กรัม ให้ความร้อนจนอุณหภูมิเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส

2.4 เติมน้ำตาลทรายลงไป 2 ใน 3 ส่วน คือ 467 กรัม ลดไฟให้อ่อนสุด จับเวลา 10 นาที

2.5 ผสมผงเพกตินกับน้ำตาลทรายส่วนที่เหลือ (233 กรัม)ให้เข้ากัน แล้วค่อยๆ เติมลงไปจนหมด ขณะเติมให้คนตลอดเวลา

2.6 คนที่ไฟอ่อนต่อไปอีกประมาณ 5 นาที

2.7 เร่งไฟให้แยมเดือดจัด จนมีอุณหภูมิประมาณ 106 องศาเซลเซียส แยมจะข้นหนืด

2.8 ดับไฟ เติมสีผสมอาหาร และสารละลายกรดซิตริกลงไป คนให้เข้ากันเทใส่ภาชนะสำหรับกรอกทันที

2.9 กรอกแยมใส่ในขวดแก้วปากกว้างที่สะอาด (ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง) เทจนเต็มขวด เช็ดปากขวดให้สะอาด ปิดฝาขวดทันที (ฝาขวดบรรจุแยม เช็ดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70 %)

2.10 ปล่อยให้เย็นโดยไม่เคลื่อนย้าย เพื่อให้แยมแข็งตัว

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตัวอย่างการคำนวณ

เนื้อลิ้นจี่ตีปั่นบรรจุกระป๋องขนาด 300x407 (A1) ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิน้ำเดือดเท่ากับ 98 องศาเซลเซียส ข้อมูลจากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน นำมาประมวลผลได้ดังนี้

ขั้นตอนการคำนวณ

1. การป้อนข้อมูล และสร้าง heating curve
2. การประมวลผล
3. การป้อนข้อมูล และสร้าง cooling curve
4. การคำนวณ

1. ขั้นตอนป้อนข้อมูล (โดยใช้ โปรแกรม Microsoft excel)

1.1 ป้อนข้อมูลเวลาลงไปใน cell A3-A24 อุณหภูมิ cell B3-B24 และอุณหภูมิน้ำเดือด cell E3-E24

1.2 C3 เป็นการคำนวณเพื่อหา T_r-T เมื่อ T_r = อุณหภูมิน้ำเดือด นั่นคือ 98 °ซ หาได้จาก

= 98-B3

1.3 Copy C3 ลงไปเป็น C4:C24

1.4 D3 เป็นการคำนวณเพื่อหา log(T_r-T)

= log(C3)

1.5 Copy D3 ลงไปเป็น D4:D24

1.6 พลอทกราฟระหว่าง Time vs log (T_r -T) ได้ดังรูป ง-1 ก่อนปรับข้อมูล และรูป ง-2 หลังปรับข้อมูล

หมายเหตุ : ก่อนปรับข้อมูล หมายถึง การสร้าง heating curve ที่ได้จากการนำข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนทั้งหมด หลังปรับข้อมูล หมายถึง การสร้าง heating curve ที่ได้จากการนำข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนที่มีการตัดข้อมูลบางส่วนซึ่งอาจเป็น error ของการทดลองทิ้งไป เพื่อเพิ่มค่า R^2 ให้สูงขึ้น ($R^2 \geq 0.99$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง ง-1 ข้อมูล heating ของเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1

	A	B	C	D	E
1	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ : T (°ซ)	T_r-T (T_r = 98 °ซ)	Log (T_r-T)	อุณหภูมิน้ำในหม้อต้ม : T_R (°ซ)
2					
3	0.0	80.1	17.9	1.252853	94.9
4	1.0	81.6	16.4	1.214844	96.0
5	2.0	83.1	14.9	1.173186	97.1
6	3.0	85.8	12.2	1.086360	97.4
7	4.0	86.4	11.6	1.064458	97.4
8	5.0	86.9	11.1	1.045323	97.3
9	6.0	88	10.0	1.000000	97.4
10	7.0	89	9.0	0.954243	97.5
11	8.0	89.8	8.2	0.913814	97.4
12	9.0	90.5	7.5	0.875061	97.5
13	10.0	91.1	6.9	0.838849	97.4
14	11.0	91.7	6.3	0.799341	97.3
15	12.0	92.1	5.9	0.770852	97.4
16	13.0	92.5	5.5	0.740363	97.4
17	14.0	92.9	5.1	0.707570	97.4
18	15.0	93.2	4.8	0.681241	97.4
19	16.0	93.3	4.7	0.672098	97.5
20	17.0	93.5	4.5	0.653213	97.4
21	18.0	93.7	4.3	0.633468	97.3
22	19.0	93.9	4.1	0.612784	97.4
23	20.0	94.0	4.0	0.602060	97.5
24	21.0	94.3	3.7	0.568202	97.6

หมายเหตุ T หมายถึง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์

T_r หมายถึง อุณหภูมิของน้ำเดือด

T_R หมายถึง อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม

2. ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล และการสร้างกราฟ

2.1 การเพิ่มคำสั่ง Data analysis เข้าไปในโปรแกรม Microsoft excel

2.1.1 ใช้ โปรแกรม Microsoft excel

2.1.2 ในกรณีที่ไม่มีคำสั่ง Data analysis ในเมนู Tools ให้เลือกคำสั่ง Tools → Add-Ins...

2.1.3 เมื่อเข้าสู่ Add-Ins ให้คลิกเลือกในช่องของ Analysis ToolPak → แล้วคลิก OK

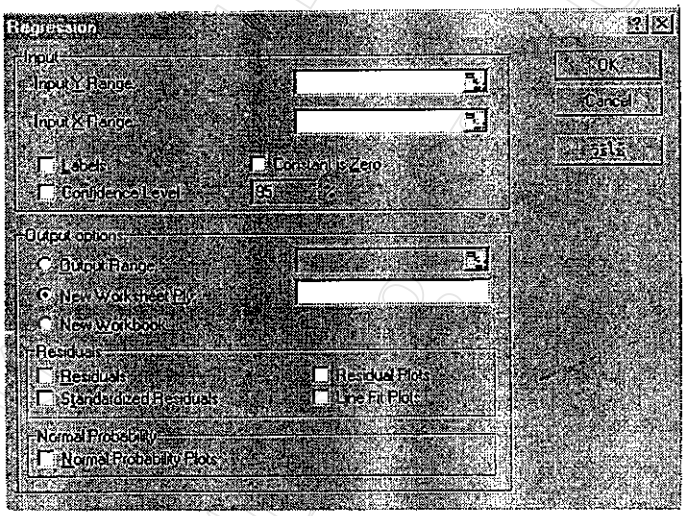
2.1.4 หลังจากนั้นคำสั่ง Data analysis จะปรากฏในเมนู Tools

2.2 การใช้คำสั่ง Data Analysis ในการคำนวณ

2.2.1 จากเมนู Tools เลือก Data analysis

2.2.2 ในหน้าจอส่วนของ Data analysis ให้คลิกเลือก Regression → แล้วคลิก OK

2.2.3 เมื่อเข้าสู่คำสั่ง Regression หน้าจอปรากฏดังนี้



ในส่วนของ Input Y Range : ให้เลือก Log (T_r-T) นั่นคือ D3:D45

และ Input X Range : ให้เลือก Time นั่นคือ A3:A45

Output option เลือก New Workbook

Residuals เลือก Residuals

จะได้ผล Summary Output ดังต่อไปนี้

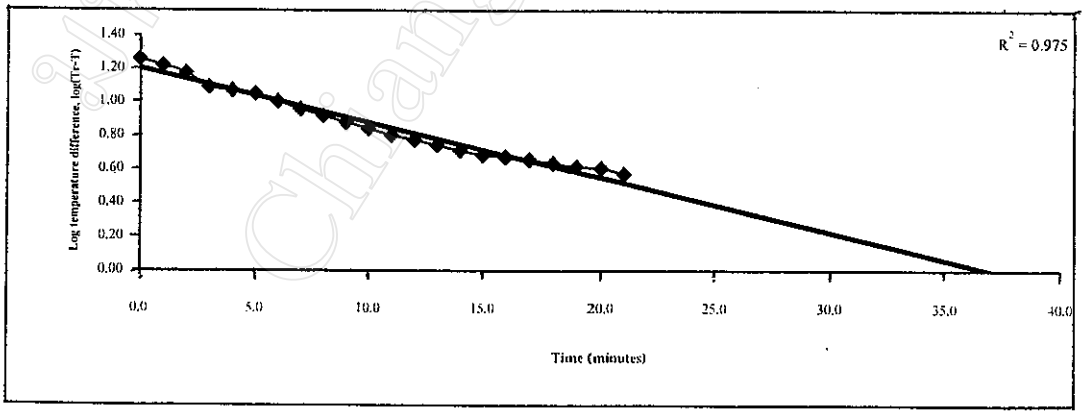
SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.98744
R Square	0.975037
Adjusted R Square	0.973789
Standard Error	0.034632
Observations	22

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	0.936931085	0.936931	781.1897	1.67E-17
Residual	20	0.023987289	0.001199		
Total	21	0.960918374			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.198827	0.014277414	83.96666	5.79E-27	1.169045	1.2286089
X Variable 1	-0.032528	0.001163808	-27.94977	1.67E-17	-0.034956	-0.0301005



รูป ง-1 Heating curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ก่อนการปรับข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

หลังการปรับข้อมูล Heating ได้ผลดังนี้

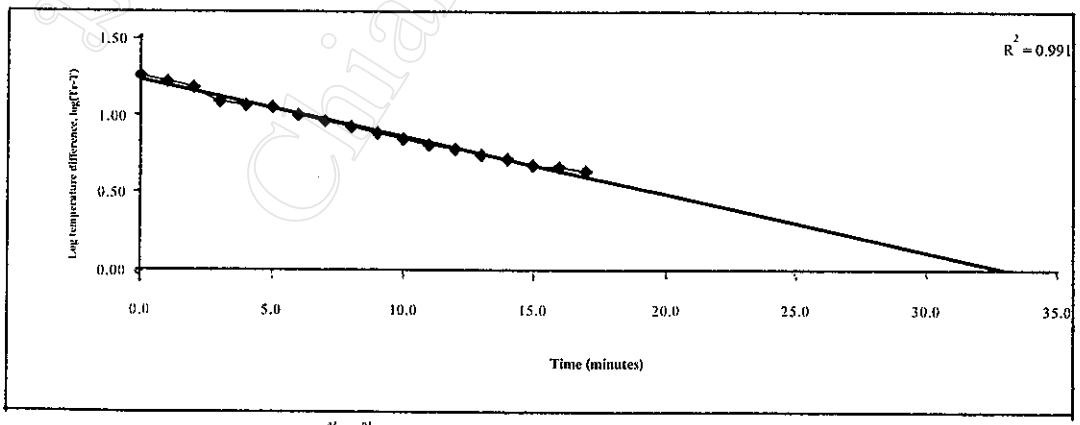
SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.995403
R Square	0.990828
Adjusted R Square	0.990255
Standard Error	0.019594
Observations	18

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	0.663584967	0.663585	1728.444	9.88E-18
Residual	16	0.006142727	0.000384		
Total	17	0.669727694			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.225455	0.008864548	138.2423	4.71E-26	1.206663	1.2442472
X Variable 1	-0.037008	0.000890172	-41.57456	9.88E-18	-0.038896	-0.0351214



รูป ง-2 Heating curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 หลังการปรับข้อมูลเพื่อเพิ่มค่า R^2

3. ขั้นตอนการสร้าง Cooling curve (โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel)

3.1 ป้อนข้อมูลเวลาลงไปใน cell A27-A43 ,อุณหภูมิ cell B27-B43 และอุณหภูมิน้ำในหม้อต้มลงไปใน cell E27-E43

3.2 C27 เป็นการคำนวณเพื่อหา T-T_w เมื่อ T_w = อุณหภูมิน้ำ cooling นั่นคือ 30 °ซ หาได้จาก

= B27-30

3.3 Copy C27 ลงไปเป็น C28:C43

3.4 D27 เป็นการคำนวณเพื่อหา log(T-T_w)

= log(C27)

3.5 Copy D27 ลงไปเป็น D28:D43

3.6 พลอทกราฟระหว่าง Time vs log (T-T_w) ได้ดังรูป ง-3 ก่อนปรับข้อมูลและหลังปรับข้อมูลรูป ง-4

ตาราง ง-2 ข้อมูล Cooling ของเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1

	A	B	C	D	E
25	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ : T (°ซ)	T-T_w (T_w = 30 °ซ)	Log (T-T_w)	อุณหภูมิน้ำในหม้อต้ม : T_R (°ซ)
26					
27	24.0	94.3	64.3	1.808211	97.5
28	23.0	94.1	64.1	1.806858	96.2
29	24.0	93.8	63.8	1.804821	94.8
30	25.0	91.7	61.7	1.790285	94.1
31	26.0	84.6	54.6	1.737193	93.5
32	27.0	76.2	46.2	1.664642	29.5
33	28.0	69.7	39.7	1.598791	28.3
34	29.0	64.6	34.6	1.539076	28.3
35	30.0	59.9	29.9	1.475671	27.9
36	31.0	56.9	26.9	1.429752	27.2
37	32.0	54.6	24.6	1.390935	28.7
38	33.0	52.5	22.5	1.352183	28.7
39	34.0	50.9	20.9	1.320146	28.7
40	35.0	49.3	19.3	1.285557	28.7
41	36.0	48.0	18.0	1.255273	28.8
42	37.0	46.6	16.6	1.220108	28.8
43	38.0	45.4	15.4	1.187521	28.8

จะได้ผล Summary Output ดังต่อไปนี้

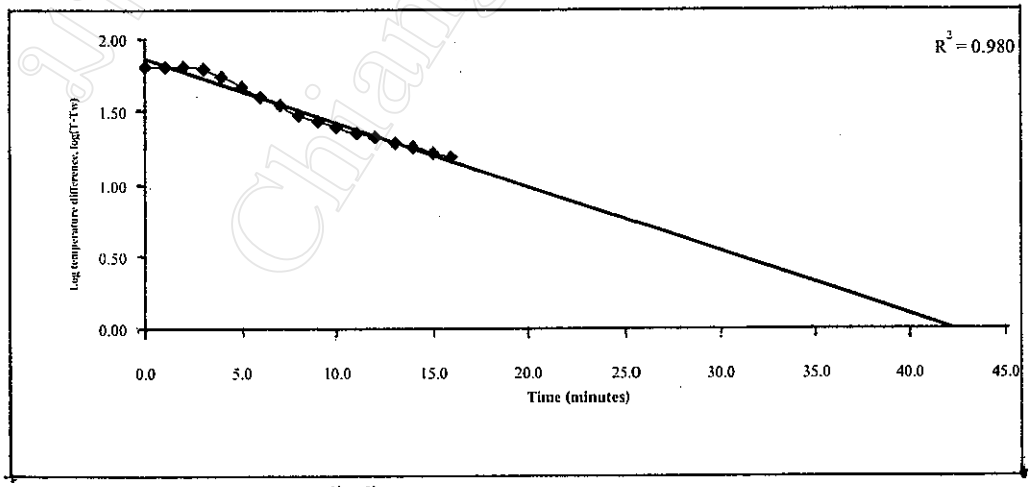
SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.989757
R Square	0.979619
Adjusted R Square	0.978261
Standard Error	0.033232
Observations	17

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	0.796263	0.796263	720.9945	4.26E-14
Residual	15	0.016566	0.001104		
Total	16	0.812829			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.863242	0.015434	120.7246	7.89E-24	1.830346	1.896139
X Variable 1	-0.04418	0.001645	-26.8513	4.26E-14	-0.04768	-0.04067



รูป ง-3 Cooling curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 ก่อนการปรับข้อมูล

หลังการปรับข้อมูลของ Cooling

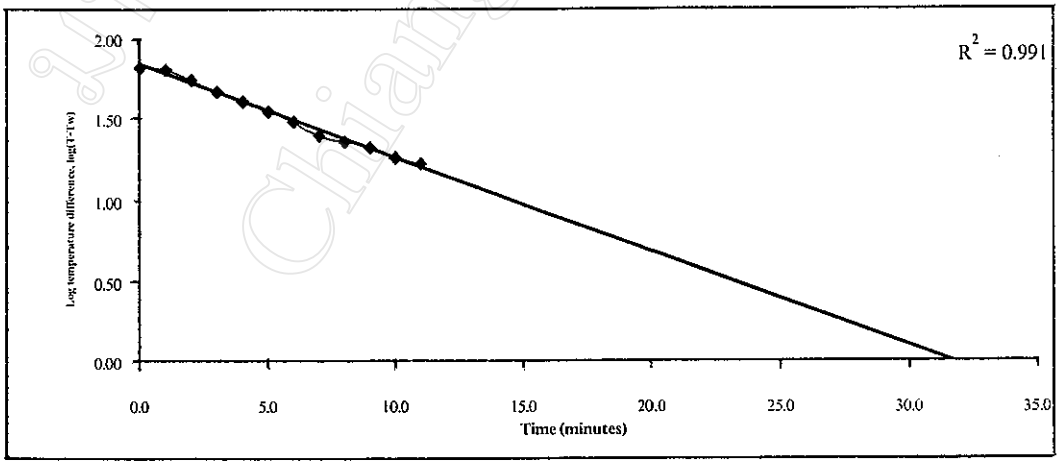
SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.995503
R Square	0.991027
Adjusted R Square	0.99013
Standard Error	0.020865
Observations	12

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	0.480800208	0.4808	1104.455	1.44E-11
Residual	10	0.00435328	0.000435		
Total	11	0.485153488			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.832837	0.011329869	161.7704	2E-18	1.807593	1.8580817
X Variable 1	-0.057985	0.001744778	-33.23334	1.44E-11	-0.061872	-0.0540972



รูป ง-4 Cooling curve ของเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 หลังการปรับข้อมูลเพื่อเพิ่มค่า R^2

4. ขั้นตอนการคำนวณ

ตัวอย่าง เนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด 300x407 (A1) ที่ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิน้ำเดือดเท่ากับ 98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มเดือดเมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที โดยมีค่า Process lithality ($F^{8.9}_{100}$) = 3.24 นาที และจากกราฟแทรกผ่านความร้อนที่ปรับค่าแล้ว (f_h และ j_{ch} จากรูป ง-2 และ j_{cc} จากรูป ง-4 ตามลำดับ) จะได้ข้อมูลต่างๆ ดังนี้ f_h = 27.50 นาที, j_{ch} = 0.93 และ j_{cc} = 1.01 สามารถคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อได้ดังนี้

4.1 ค่า j_{ch} ใน cell B1 หาได้จากสูตร $j_{ch} = (T_r-T_{pih})/(T_r-T_{ih})$ เป็นค่าที่หาได้จากรูป ง-2

4.2 ป้อนค่า f_h ซึ่งหาได้จากกราฟลงไปใน cell B2

4.3 ป้อนข้อมูล Process lethality ลงใน cell B3

4.4 ป้อนอุณหภูมิน้ำเดือด และ อุณหภูมิเริ่มต้น (°ซ)ลงใน Cell B4 และ B5 ตามลำดับ

4.5 I_h ใน cell B6 หาได้จากสูตร $I_h = T_r-T_{ih}$ คำนวณได้โดย

=B4-B5

4.6 ใน cell B7 ค่า $j_{ch}.I_h$ คำนวณได้โดย

=B1*B6

4.7 ใน cell B8 ค่า log ($j_{ch} . I_h$) คำนวณได้โดย

=log(B7)

4.8 ป้อนค่า z = 8.9 °ซ ลงใน cell B9

4.9 F_i ใน cell B10 หาได้จากสูตร $F_i = 10^{(100-Tr)/z}$ คำนวณได้โดย

=10^(100-98)/8.9

4.10 f_h/U ใน cell B11 หาได้จากสูตร $f_h/U = f_h/[(F^{8.9}_{100})xF_i)]$ คำนวณได้โดย

=B2/(B3*B10)

4.11 ป้อนค่า j_{cc} = 1.01 ลงใน cell B12

4.12 จากตารางหาค่า g ของ Stumbo ที่มีค่า z = 8.9 องศาเซลเซียส (16 องศาฟาเรนไฮต์) ในภาคผนวก ง ที่มีค่า f_h/U = 5.059, j_{cc} = 1.01 ดังนั้น g = 4.70 ใน cell B14

4.13 หาค่า log g ใน cell ที่ B15 ได้จาก

=log(B14)

4.14 หา Process time ใน cell B16 ได้จากสูตร $B = f_h[\log(j_{ch}.I_h) - \log g]$ คำนวณได้โดย

=B2*(B8-B15)

ตาราง ง-3 ผลการคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อโดยใช้วิธี Ball formula

	A	B	C
1	j_{ch}	0.93	
2	f_h	27.50	นาที
3	Process lethality ($F^{8.9}_{100}$)	3.24	นาที
4	อุณหภูมิน้ำเดือด (T_r)	98.0	°ซ
5	Initial temperature (T_{ih})	80.1	°ซ
6	$I_h = T_r - T_{ih}$	18.0	°ซ
7	$(j_{ch}.I_h)$	16.74	
8	$\log(j_{ch}.I_h)$	1.224	
9	z	8.90	°ซ
10	$F_i=10^{(i100-Tr)/z}$	1.678	
11	$f_h/U=f_h/[(F^{8.9}_{100})xF_i)]$	5.059	
12	j_{cc}	1.01	
13	จากตารางหาค่า g ของ Stumbo ที่มีค่า z = 8.9 ในภาคผนวก ง -4		
14	f_h/U= 5.059 , j_{cc}= 1.01 ดังนั้นค่า g =	4.70	
15	log g	0.67	
16	$B = f_h[\log(j_{ch}.I_h) - \log g]$	**15.56**	นาที

หมายเหตุ ใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณ

ตาราง ง-4 แสดงค่า f_h/U : g เมื่อค่า z = 16 องศาฟาเรนไฮต์ (8.9 องศาเซลเซียส)

	Values of g when j of cooling curve is:								
f_h/U	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
0.20	3.67-05	3.95-05	4.23-05	4.50-05	4.78-05	5.06-05	5.34-05	5.61-05	5.89-05
0.30	1.60-03	1.74-03	1.88-03	2.02-03	2.16-03	2.31-03	2.45-03	2.59-03	2.73-03
0.40	1.12-0.2	1.21-02	1.31-02	1.40-02	1.49-02	1.58-02	1.68-02	1.77-02	1.86-02
0.50	3.69-02	3.97-02	4.24-02	4.51-02	4.79-02	5.06-02	5.33-02	5.61-02	5.88-02
0.60	8.28-02	8.83-02	9.38-02	9.93-02	1.05-01	1.10-01	1.16-01	1.21-01	1.27-01
0.70	0.148	0.157	0.166	0.175	0.184	0.193	0.202	0.211	0.221
0.80	0.230	0.243	0.256	0.270	0.283	0.296	0.309	0.322	0.335
0.90	0.324	0.342	0.360	0.378	0.395	0.413	0.431	0.448	0.466
1.00	0.427	0.450	0.473	0.496	0.518	0.541	0.564	0.586	0.609
2.00	1.51	1.60	1.69	1.78	1.87	1.96	2.05	2.15	2.24
3.00	2.39	2.56	2.73	2.90	3.07	3.24	3.42	3.59	3.76
4.00	3.11	3.36	3.60	3.85	4.09	4.33	4.58	4.82	5.06
5.00	3.73	4.04	4.35	4.66	4.96	5.27	5.58	5.88	6.19
6.00	4.28	4.65	5.01	5.37	5.73	6.09	6.45	6.81	7.17
7.00	4.78	5.19	5.60	6.00	6.41	6.82	7.23	7.63	8.04
8.00	5.23	5.68	6.13	6.58	7.03	7.47	7.92	8.37	8.82
9.00	5.65	6.13	6.62	7.13	7.58	8.02	8.55	9.04	9.52
10.00	6.04	6.55	7.07	7.58	8.10	8.61	9.13	9.64	10.16
15.00	7.65	8.28	8.91	9.55	10.18	10.81	11.44	12.08	12.71
20.00	8.90	9.61	10.32	11.03	11.75	12.46	13.17	13.88	14.60
25.00	9.91	10.68	11.46	12.23	13.01	13.78	14.56	15.33	16.11
30.00	10.7	11.6	12.4	13.2	14.1	14.9	15.7	16.5	17.4
35.00	11.5	12.3	13.2	14.1	15.0	15.8	16.7	17.6	18.5
40.00	12.1	13.0	13.9	14.8	15.8	16.7	17.6	18.5	19.0
45.00	12.6	13.6	14.5	15.5	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3
50.00	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1	21.1
60.00	13.9	15.0	16.1	17.1	18.2	19.2	20.3	21.4	22.4
70.00	14.6	15.7	16.8	18.0	19.1	20.2	21.4	22.5	23.6
80.00	15.2	16.4	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.6
90.00	15.7	16.9	18.1	19.4	20.6	21.8	23.1	24.3	25.6
100.00	16.1	17.4	18.7	20.0	21.2	22.5	23.8	25.1	26.4
150.00	17.8	19.3	20.7	22.2	23.7	25.1	26.6	28.1	29.6
200.00	19.0	20.6	22.2	23.8	25.4	27.0	28.6	30.2	31.8
250.00	19.9	21.6	23.4	25.1	26.8	28.5	30.2	31.9	33.6
300.00	20.7	22.5	24.3	26.1	27.9	29.7	31.5	33.3	35.1
350.00	21.4	23.2	25.1	27.0	28.9	30.8	32.6	34.5	36.4
400.00	21.9	23.9	25.8	27.8	29.7	31.7	33.6	35.5	37.3
450.00	22.5	24.5	26.5	28.5	30.5	32.4	34.4	36.0	38.0
500.00	23.0	25.0	27.0	29.1	31.1	33.2	35.2	37.2	39.3
600.00	23.9	26.0	28.1	30.2	32.3	34.4	36.5	38.6	40.7
700.00	24.7	26.8	29.0	31.1	33.3	35.5	37.6	39.8	41.9
800.00	25.4	27.6	29.8	32.0	34.2	36.4	38.6	40.8	43.0
900.00	26.1	28.3	30.5	32.7	35.0	37.2	39.4	41.6	43.9
999.99	26.7	28.9	31.2	33.4	35.7	37.9	40.2	42.4	44.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก จ

สมการรีเกรซชันเส้นตรง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สมการรีเกรซชันเส้นตรง (Linear regression)

จากผลการทดลองและวิจารณ์ผลในบทที่ 4 นำแสดงข้อมูลในรูปกราฟได้สมการที่เป็นแบบรีเกรซชันเส้นตรง แสดงดังตาราง จ-1 และ จ-2

ตาราง จ-1 สมการรีเกรซชันเส้นตรงจากการทดลองตอนที่ 2 ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

ผลิตภัณฑ์	รูป	การวิเคราะห์	สมการรีเกรสชันเส้นตรง	R^2
เนื้อลิ้นจี่ตีป่น	4.6	ค่าสี a* ภายหลังการฆ่าเชื้อ	y = 3.745x – 0.0194	0.9686
	4.7	ความหนืด	y = 1774.3x + 467.93	0.9631
	4.8	pH	y = -0.0823x + 4.1913	0.9913
		Total acidity (% as citric acid)	y = 0.048x + 0.3087	0.9054
	4.9	Total soluble solid (%)	y = 0.0286x + 13.067	0.4286
		Reducing sugar (%)	y = 0.0071x + 11.333	0.1336
		Total sugar (%)	y = -0.0077x + 11.569	0.2224
		Sucrose (%)	y = -0.0149x + 0.2353	0.7243

หมายเหตุ x หมายถึง ปริมาณกรดซิตริก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง จ-2 สมการรีเกรซชันจากการทดลองตอนที่ 4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์	รูป	การวิเคราะห์	สมการรีเกรสชันเส้นตรง	R^2
เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A1	4.26	ค่าสี L	y = -1.3461x + 60.489	0.8777
		ค่าสี a*	y = 0.5618x + 0.0971	0.9736
		ค่าสี b*	y = 0.5414x + 6.7229	0.8980
	4.27	pH	y = 0.0129x + 3.992	0.5664
		Total acidity (% as citric acid)	y = 0.0075x + 0.3814	0.5864
	4.28	Total soluble solid (%)	y = -0.1214x + 11.4	0.8811
		Reducing sugar (%)	y = 0.0221x + 8.33	0.4594
		Total sugar (%)	y = 0.0768x + 9.0314	0.8424
		Sucrose (%)	y = 0.0993x + 0.7057	0.9430
เนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋องขนาด A10	4.31	ค่าสี L	y = -2.2171x + 63.503	0.9668
		ค่าสี a*	y = 0.6425x + 2.16	0.9090
		ค่าสี b*	y = 0.4293x + 8.7057	0.9555
	4.32	pH	y = 0.0036x + 4.0157	0.1050
		Total acidity (% as citric acid)	y = -0.0093x + 0.4771	0.170
	4.33	Total soluble solid (%)	y = -0.1786x + 13.371	0.9527
		Reducing sugar (%)	y = 0.0539x + 10.936	0.7992
		Total sugar (%)	y = -0.2646x + 12.037	0.7915
		Sucrose (%)	y = -0.1014x + 0.6729	0.9366

หมายเหตุ x หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษา

ตาราง จ-2 (ต่อ) สมการรีเกรซชันจากการทดลองตอนที่ 4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์	รูป	การวิเคราะห์	สมการรีเกรสชันเส้นตรง	R^2
เนื้อลิ้นจี่ตีป่น บรรจุกระป๋อง ขนาด A1	4.36	ค่าสี L	y = -3.0775x + 67.201	0.8261
		ค่าสี a*	y = 1.1268x –0.3414	0.9530
		ค่าสี b*	y = 0.5236x + 9.0786	0.9389
	4.37	pH	y = 0.0043x + 3.98	0.6923
		Total acidity (% as citric acid)	y = 0.0082x + 0.5086	0.3800
	4.38	Total soluble solid (%)	y = -0.0714x + 15.486	0.8929
		Reducing sugar (%)	y = 0.0707x + 13.264	0.3839
		Total sugar (%)	y = -0.0761x + 14.169	0.4333
		Sucrose (%)	y = 0.1432x + 0.91	0.9363
เนื้อลิ้นจี่ตีป่น บรรจุกระป๋อง ขนาด A10	4.41	ค่าสี L	y = -3.0829x + 66.46	0.7661
		ค่าสี a*	y = 1.0829x + 1.540	0.9118
		ค่าสี b*	y = 0.6286x + 8.5686	0.9578
	4.42	pH	y = 0.0032x + 3.9886	0.4219
		Total acidity (% as citric acid)	y = 0.0146x + 0.5329	0.8612
	4.43	Total soluble solid (%)	y = -0.0429x + 15.286	0.7500
		Reducing sugar (%)	y = 0.0511x + 13.024	0.9574
		Total sugar (%)	y = -0.0689x + 13.787	0.9537
		Sucrose (%)	y = -0.1204x + 0.7671	0.9585

หมายเหตุ x หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวดรุณี มูลโรจน์	
วัน เดือน ปี เกิด	9 พฤศจิกายน 2517	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2533	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านโฮ่งรัตนวิทยา จังหวัดลำพูน
	พ.ศ. 2536	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนธีรการท์บ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน
	พ.ศ. 2540	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันราชภัฏอุตรดิตถ์
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2540-2541	นักวิทยาศาสตร์ สถาบันอาหาร กรุงเทพฯ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University