ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักและกลิ่นของผักกาดเขียวปลี *Brassica juncae* L. ดอง

นางสาวนันทนาถ กิติศรีวรพันธุ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-1310-1
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19921697X

FACTORS AFFECTING FERMENTATION AND FLAVOR OF FERMENTED LEAF MUSTARD *Brassica juncae* L.

Miss Nuntanat Kitisrivorapan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-1310-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักและกลิ่นของผักกาดเขียวปลี *Brassica juncae* L. ดอง
โดย	นางสาวนันทนาถ กิติศรีวรพันธุ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นันทนาถ กิติศรีวรพันธุ์ : ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักและกลิ่นของผักกาดเขียวปลี *Brassica juncae* L. ดอง (FACTORS AFFECTING FERMENTATION AND FLAVOR OF FERMENTED LEAF MUSTARD *Brassica juncae* L.) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.รมณี สงวนดีกุล , 137 หน้า.
ISBN 974-13-1310-1.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหมักผักกาดเขียวปลี และกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการหมัก โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ ผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncae* L.) ซึ่งมีค่าความชื้น 94.9% ค่าความเป็นกรดด่าง 5.86 ค่า total sugars(as invert sugar) 0.031% ค่า total acidity(as citric acid) 0.28% จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.03×10^6 โคโลนีต่อกรัม และแลคติกแอซิดแบคทีเรีย 1.86×10^6 โคโลนีต่อกรัม ในการหมักมีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง คือ ปริมาณเกลือ น้ำตาล อุณหภูมิในการหมัก และเชื้อจุลินทรีย์ จากการทดลองปัจจัยหลักคือปริมาณเกลือที่ใช้ในน้ำหมัก 2 ระดับ คือ ปริมาณเกลือร้อยละ 4 และ 10 พบว่าการหมักด้วยน้ำเกลือร้อยละ 4 จะทำให้ค่า pH และ total sugars(as invert sugar) ลดลงได้มากกว่าการหมักที่เติมน้ำเกลือร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยน้ำเกลือร้อยละ 4 ยังทำให้มีค่า %total acidity(as lactic acid), total plate count และ lactic acid bacteria ที่สูงกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือร้อยละ 10 ($p \leq 0.05$) ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปเพื่อเป็นแหล่งของคาร์บอนสำหรับเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย 2 ระดับ คือ ร้อยละ 1 และ 4 พบว่าระดับน้ำตาลทั้ง 2 ระดับที่เติมลงไปไม่ทำให้ค่า pH , total sugars(as invert sugar) , total plate count และ lactic acid bacteria มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 2 ระดับ คือ 20 ± 2 และ 30 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส จะมีค่า pH และ total sugars(invert) ลดลงได้ต่ำกว่าการหมักที่ 20 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังทำให้ค่า %total acidity(as lactic acid) , total plate count และ lactic acid bacteria สูงกว่าการหมักที่ 20 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) ในการหมักที่มีภาวะดังกล่าวข้างต้นพบเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย คือ *Lactobacillus plantarum* , *Lactobacillus brevis* , *Pediococcus spp.* และ *Leuconostoc mesenteroides* โดยมี *Lactobacillus plantarum* เป็นเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียหลักที่พบในการหมักทุกตัวอย่างการทดลอง การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่า การหมักที่ 30 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเติมน้ำเกลือร้อยละ 4 และน้ำตาลร้อยละ 4 มีคะแนนด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติที่ดี ผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นในผักกาดเขียวปลีดองโดยใช้ gas chromatography / mass spectrometry พบสารประกอบหลักๆในผักกาดดอง คือ dimethyl disulfide, allyl isothiocyanate, benzaldehyde และ dimethyl trisulfide

ภาควิชา....เทคโนโลยีทางอาหาร... ลายมือชื่อนิสิต นันทนาถ กิติศรีวรพันธุ์
สาขาวิชา...เทคโนโลยีทางอาหาร.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา.....2543.....

4072288423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: FERMENTED LEAF MUSTARD / VOLATILE COMPOUNDS / LACTIC ACID BACTERIA
NUNTANAT KITISRIVORAPAN : FACTORS AFFECTING FERMENTATION AND FLAVOR OF FERMENTED LEAF MUSTARD *Brassica juncae* L.
THESIS ADVISOR : ROMANEE SANGUANDEEKUL ,Ph.D., 137 pp.
ISBN 974-13-1310-1.

This experiments have objective to study factors affecting fermentation and flavor of fermented leaf mustard (*Brassica juncae* L.). Leaf mustard were used as raw material which had moisture content 94.9%, total sugars (as invert sugar) 0.031%, total acidity (as citric acid) 0.281%, pH 5.86, total plate count 5.03×10^6 colony/g and lactic acid bacteria 1.86×10^6 colony/g. Salt and sugar concentration, temperature and microorganism are the main effect controlling fermentation. Two levels of salt concentration in brine (4 and 10%w/v) were studied. The results showed that pH and total sugars decreased in 4% salt more than in 10% salt ($p \leq 0.05$). But %total acidity, total plate count (TPC) and lactic acid bacteria (LAB) increased ($p \leq 0.05$). The results of sugar concentration (1 and 4%(w/v)) showed that no effect to the pH, total sugars (as invert sugar), TPC and LAB ($p > 0.05$). The fermentation at 30°C had %total acidity (as lactic acid), TPC and LAB higher than the fermentation at 20°C. But pH and total sugars (as invert sugar) decreased when fermented at 30°C. *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus spp.* And *Leuconostoc mesenteroides*. *Lactobacillus plantarum* were detected in all fermentations. The results of sensory evaluation indicated that the fermented leaf mustard in 4% salt, 4% sugar at 30°C was more acceptable in aroma, texture and taste. The flavor analysis using gas chromatography / mass spectrometry showed that dimethyl disulfide, allyl isothiocyanate, benzaldehyde and dimethyl trisulfide were found as major volatile compounds in fermented leaf mustard.

Department.....Food Technology.....Student' signature.....Nuntanat Kitisrivorapan.....
Field of student...Food Technology.....Advisor' signature.....Romanee Sanguandeekul.....
Academic.....2000.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ข้อคิดเห็นในการดำเนินงานวิจัย ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. วรรณา ตุลยธัญ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อภิญญา อัศวนิก และอาจารย์ ดร. สิทธิวัฒน์ เลิศศิริ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง GC/MS ในงานวิจัย ตลอดจนให้ความสะดวกและคำแนะนำตลอดการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนงานวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อและขอความอนุเคราะห์ในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่มีน้ำใจช่วยเหลือในทุกๆด้าน และให้กำลังใจตลอดมา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณป้า คุณน้า และโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณแม่ที่ให้ความสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านเงินทุนและกำลังใจ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญตารางภาคผนวก..... ฌ

สารบัญรูป..... ฐ

สารบัญรูปภาคผนวก..... ฒ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์..... 3

3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 26

4 ผลการทดลอง..... 35

5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 75

6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 85

รายการอ้างอิง..... 87

ภาคผนวก..... 92

ภาคผนวก ก..... 93

ภาคผนวก ข..... 101

ภาคผนวก ค..... 110

ภาคผนวก ง..... 118

ภาคผนวก จ..... 120

ภาคผนวก ฉ..... 121

ประวัติผู้เขียน..... 137

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่		หน้า
ก.1	Factors for 10 ml. of Fehling's solution to be used with Lane and Eynon volumetric method	95
ข.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 0	101
ข.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 1	101
ข.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 2	102
ข.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 3	102
ข.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 4	103
ข.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 5	103
ข.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 6	104
ข.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 7	104
ข.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 8	105
ข.10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 9	105
ข.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 10	106
ข.12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 11	106
ข.13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 12	107

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 13	107
ข.15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 14	108
ข.16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 15	108
ข.17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกาดเขียวปลีดองที่หมักเป็นเวลา 14 วัน	109
ฉ.1	อิทธิพลของเกลือต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	121
ฉ.2	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	121
ฉ.3	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	122
ฉ.4	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	122
ฉ.5	อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	123
ฉ.6	อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	123
ฉ.7	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	124
ฉ.8	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	124
ฉ.9	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	125
ฉ.10	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	125
ฉ.11	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	126
ฉ.12	อิทธิพลของเกลือที่เติมต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	126
ฉ.13	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	127

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ฉ.14	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	127
ฉ.15	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	128
ฉ.16	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	128
ฉ.17	อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	129
ฉ.18	อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	129
ฉ.19	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	130
ฉ.20	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	130
ฉ.21	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	131
ฉ.22	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	131
ฉ.23	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	132
ฉ.24	อิทธิพลของเกลือต่อจำนวน total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	132
ฉ.25	อิทธิพลของน้ำตาลต่อจำนวน total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	133
ฉ.26	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อจำนวน total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	133
ฉ.27	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อจำนวน total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	134

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ฉ.28	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อจำนวน total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	134
ฉ.29	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวน total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	135
ฉ.30	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวน total plate count ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	135
ฉ.31	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวน lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	136

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลในกระบวนการหมักแบบ homofermentation และ heterofermentation lactic acid bacteric	13
2.2	การหมักของ heterofermentation lactic acid bacteria	15
4.1	อิทธิพลของเกลือต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	37
4.2	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	38
4.3	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า pH ของผักกาดดองในขณะหมัก	39
4.4	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดดองในขณะหมัก	40
4.5	อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	41
4.6	อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	42
4.7	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	43
4.8	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า%total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	44
4.9	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	45
4.10	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	46
4.11	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	47
4.12	อิทธิพลของเกลือต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	48
4.13	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	49
4.14	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	50
4.15	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.16	อิทธิพลร่วมของน้ำเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	52
4.17	อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total sugars(as invert sugar)ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	53
4.18	อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	54
4.19	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	55
4.20	อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	56
4.21	อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	57
4.22	อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	58
4.23	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	59
4.24	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	60
4.25	อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก	61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาคผนวก

รูปที่		หน้า
ค.1	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 30°C	110
ค.2	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 30°C	111
ค.3	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 30°C	112
ค.4	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 30°C	113
ค.5	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20°C	114
ค.6	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 20°C	115
ค.7	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20°C	116
ค.8	Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีดองน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 20°C	117
ง.1	ผักกาดเขียวปลี	118
ง.2	ผักกาดเขียวปลีดองที่อุณหภูมิ 20°C	119
ง.3	ผักกาดเขียวปลีดองที่อุณหภูมิ 30°C	119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncae* L.) เป็นพืชในตระกูล Cruciferae ซึ่งเป็นไม้ล้มลุกที่ปลูกได้ง่าย เจริญเร็ว มีลักษณะใบหนา กาบใบอวบใหญ่ สีขาวนวลอมเขียว ใบสีเขียวแก่ (Datta, 1970) ในประเทศไทยมีการผลิตผักกาดเขียวปลีออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี มีพื้นที่เพาะปลูกผักกาดเขียวปลีทั้งประเทศรวม 60,122 ไร่ ให้ผลผลิต 1,052 กก./ไร่ โดยแหล่งผลิตที่สำคัญคือ ลำปาง กรุงเทพฯ นนทบุรี และนครปฐม(กองเศรษฐกิจการตลาด, 2527) โดยทั่วไปแล้วผักกาดเขียวปลีจะไม่นิยมนำมาบริโภคเป็นผักสด เนื่องจากมีรสเผ็ด ขม มีกลิ่นฉุน แต่มีคุณภาพภายหลังการหมักดองที่ดี คือ มีความกรอบ ไม่เปื่อยยุ่ย และมีกลิ่นรสที่ดี จึงนิยมนำผักกาดเขียวปลีมาแปรรูปเป็นผักกาดดองหรือผักกาดกระป๋อง (สายชล เกตุษา , พีรเดช ทองอำไพ และจำนงค์ อุทัยบุตร,2527)

โดยทั่วไปการหมักที่เกิดขึ้นจะเป็นการหมักที่เป็นไปตามธรรมชาติโดยอาศัยเชื้อที่ติดมากับวัตถุดิบที่ใช้ และต้องมีการควบคุมสภาวะการหมักที่เหมาะสม การหมักดองส่วนใหญ่จะเป็นการหมักที่เกิดขึ้นจากเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียในตระกูล Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus เป็นต้น โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้จะเปลี่ยนน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก ทำให้อาหารมีรสเปรี้ยว นอกจากนี้ยังมีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เอธานอล (ethanol) และสารประกอบอื่นๆ เช่น เอสเทอร์ (esters) อัลดีไฮด์ (aldehydes) คีโตน (ketones) กรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์อื่นๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัวของการหมักดองขึ้น

การแปรรูปอาหารโดยการหมักดองสามารถผลิตได้ตั้งแต่ระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งอาหารหมักพื้นบ้านของเอเชียมักจะเริ่มจากระดับในครัวเรือนที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพง วิธีทำไม่ยุ่งยาก แต่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติและกลิ่นรสที่ดี เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารสด ดังนั้นการหมักดองจึงถือเป็นวิธีการเพิ่มคุณค่าทางเศรษฐกิจให้แก่ผลิตผลทางการเกษตร

การผลิตผักกาดดองนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย ได้แก่ ปริมาณของเกลือที่ใช้ในการหมัก แหล่งของคาร์บอนสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ อุณหภูมิ สภาวะแวดล้อมในการหมักที่ปราศจากออกซิเจน ความสะอาด เป็นต้น จึงทำให้การผลิตเพื่อให้ได้ผักกาดดองที่มีรสชาติที่พอดี เปรี้ยวกลมกล่อม มีกลิ่นหอมเฉพาะของผักดอง ตลอดจนมีความกรอบจนชุ่มลิ้น นับว่าเป็นการยาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต และมีผลต่อการเกิดกลิ่นรสในผักกาดเขียวปลีดอง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักผักกาดเขียวปลีโดยใช้เชื้อธรรมชาติและผลต่อการเกิดกลิ่นของผักกาดเขียวปลีดอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

1. ผักกาดเขียวปลี (leaf mustard)

ผักกาดเขียวปลี มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica juncae* L. จัดเป็นพืชในตระกูลกะหล่ำ(Cruciferae) เช่นเดียวกับกะหล่ำปลี ผักกาดขาว และกะหล่ำดอก (จานุลักษณ์ ขนบดี,2535) ผักกาดเขียวปลีเป็นพืชที่มีลักษณะใบหนา กาบใบอวบใหญ่ สีขาวอมเขียวอ่อน ใบสีเขียวแก่(Datta,1970) จัดเป็นพืชล้มลุก ปลูกง่ายโตเร็ว ระยะการปลูกสั้น (45-60 วัน) สามารถปลูกได้ตลอดปี ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกผักกาดเขียวปลีทั้งประเทศรวม 60,122 ไร่ ให้ผลผลิต 1,052 กก./ไร่ แหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดลำปาง กรุงเทพ นนทบุรี และนครปฐม (กองเศรษฐกิจการตลาด,2527) โดยทั่วไปแล้วผักกาดเขียวปลีไม่นิยมรับประทานสด เพราะมีกลิ่นฉุนและรสเผ็ด จึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นผักกาดดองหรือผักกาดกระป๋อง (สายชล เกตุษา , พีรเดช ทองอำไพ และจำนงค์ อุทัยบุตร,2527)

เมืองทอง ทวนทวี(2525) ได้แบ่งผักกาดเขียวปลีออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) พันธุ์ปลีกลม มีลักษณะใบนอกแผ่ กาบใบกว้าง ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่สูง แต่มักเกิดอาการปลีแตกร้าว และชะลอการเก็บเกี่ยวได้ไม่นาน

2) พันธุ์ปลีแหลม มีลักษณะหัวปลีแหลม ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าพันธุ์ปลีกลม แต่ไม่ค่อยเกิดอาการปลีแตกร้าว และชะลอการเก็บเกี่ยวได้นานขึ้น

2. อาหารหมัก

การหมักดองอาหารนอกจากจะทำให้สามารถถนอมอาหารไว้ได้นานแล้ว ยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่อีกด้วย บางครั้งอาจช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อย ทำให้ย่อยง่ายขึ้น และเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร (Nout และ Rombouts, 1992) ซึ่งการหมักดองอาหารหลายชนิดมักจะมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่มากกว่าเพื่อถนอมอาหาร ดังนั้นอาหารหมักดองจึงหมายถึงกลุ่มของอาหารที่พิเศษกลุ่มหนึ่งที่ส่วนประกอบของอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือไขมัน ถูกเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในสภาพที่ดีโดยอาศัยการหมัก ซึ่งขึ้นกับปัจจัยต่างๆ คือ สภาพธรรมชาติของอาหาร ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ เป็นต้น (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538) การหมักดองผักและผลไม้มักจะเป็นการหมักชนิดให้กรดแลคติกซึ่งสามารถถนอมผักและผลไม้ไว้ได้นานและได้ผลิตภัณฑ์

อาหารที่มีรสชาติแปลกไปจากเดิม ซึ่งการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรียในระหว่างการหมักดองจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และนอกจากนี้ยังช่วยทำให้เกิดการผลิตสารที่ให้กลิ่นรสออกมาทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัว

อาหารประเภทผักดองนั้นนิยมกันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆทั้งในยุโรปและอเมริกา ซึ่งผักดองที่ทำกันส่วนใหญ่จะทำจากกะหล่ำปลี แตงกวา และมะกอก นอกจากนี้ยังมีการดองผักผสม เช่น หอม กะหล่ำดอก และมะกอก ส่วนประเทศในเอเชียที่มีการผลิตผักดอง เช่น จีน เกาหลี ไทย ฟิลิปปินส์ เป็นต้น ในประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ผักดอง เช่น ผักกาดดองเปรี้ยว หน่อไม้ดอง หอมดอง ผักเสี้ยนดอง เป็นต้น (อรพิน ภูมิภมร,2526)

การหมักดองผักและผลไม้อาจแบ่งออกได้ตามส่วนประกอบและกรรมวิธีการทำได้เป็น 4 ชนิด คือ (ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์,2524)

1) ผักและผลไม้ดองที่ผ่านการดองเกลือ และมีเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปเกี่ยวข้อง สำหรับการดองโดยวิธีนี้จะเป็นการดองโดยน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำ ส่วนใหญ่จะน้อยกว่า 12% ส่วนมากจะอยู่ประมาณ 2-5% แล้วแต่ชนิดของผักและผลิตภัณฑ์ที่ดอง การดองโดยวิธีนี้จะมีเชื้อจุลินทรีย์พวกที่อยู่ในอากาศ เปลี่ยนน้ำตาลที่มีอยู่ช้างในผักและผลไม้หรือที่เติมลงไปให้เป็นกรดแลคติก

2) ผักและผลไม้ดองที่ผ่านการดองโดยไม่มีเชื้อจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้อง หรือเรียกว่า unfermented pickle มักใช้กับผักและผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงอยู่แล้ว เช่น มะนาว มะม่วง มะยม หรืออาจจะใช้กับผักหรือผลไม้ทั่วๆไป เช่น แตงกวาก็ได้ โดยวิธีนี้จะใช้เกลือที่มีความเข้มข้นสูงๆ ถึง 20-25% โดยวิธีนี้มักจะมีวัตถุประสงค์เพื่อการเก็บรักษาผักและผลไม้ไว้ในน้ำเกลือ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมการทำผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ตากแห้งบางชนิด เช่น การทำลูกสมอ หรือผลไม้แช่อิ่ม อาจเป็นการช่วยกำจัดรสขม รสฝาดออกจากผักและผลไม้ได้ด้วย

3) ผักและผลไม้ดองในน้ำส้มสายชู โดยวิธีนี้ผักและผลไม้ที่ใช้อาจผ่านการดองด้วยเกลือทั้งที่เกี่ยวกับจุลินทรีย์หรือไม่เกี่ยวก็ได้ และอาจจะไม่ผ่านการหมักเลยก็ได้เช่นกัน เป็นการแช่ส่วนของผักและผลไม้ที่ตกแต่งแล้วลงในน้ำส้มสายชูที่มีการปรุงแต่งรสชาติเรียบร้อยแล้ว อาจจะมีการเติมเครื่องเทศ น้ำตาล และเกลือลงไปด้วยก็ได้

4) ผักและผลไม้ดองในน้ำมัน ในบางประเทศนิยมผลิตอาหารแปลกขึ้นมาบริโภคกัน เช่น อาจใช้ turnip, กะหล่ำดอก พืชอื่นๆ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้จะผ่านการหมักดองน้ำเกลือหรือไม่ก็ได้ ปกติพวกนี้จะใช้ผักที่เตรียมแล้วคลุกกับเกลือและเครื่องเทศ บรรจุขวดแล้วตากแดดไว้

ประมาณ 4-8 วัน พร้อมด้วยคนเป็นระยะ จากนั้นผสมน้ำมันลงไปจนกระทั่งผสมกันดี จึงนำไปบริโภค ซึ่งได้รับความนิยมอยู่ในบางประเทศเช่น อินเดีย อังกฤษ เป็นต้น

แลคติกแอซิดแบคทีเรียเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักผักและผลไม้ โดยจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในกระบวนการหมักดอง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ (Pederson, 1979)

1) Homofermentation lactic acid bacteria เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแลคติกที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลคาร์บอน 6 ได้กรดแลคติกเพียงอย่างเดียว ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยทำให้ผักดองมีรสเปรี้ยว แบคทีเรียแลคติกในกลุ่มนี้ เช่น *Lactobacillus plantarum , Pediococcus cerevisiae*

2) Heterofermentation lactic acid bacteria เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแลคติกที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส หรือ น้ำตาลคาร์บอน 6 ประมาณครึ่งหนึ่งได้เป็นกรดแลคติก และน้ำตาลที่เหลือจะนำไปผลิตกรดอะซิติก เอทิลแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่แอลกอฮอล์และกรดจะรวมตัวกันเกิดเป็นเอสเทอร์ ให้กลิ่นที่ดีแก่ผักดอง แบคทีเรียแลคติกในกลุ่มนี้ เช่น *Leuconostoc mesenteroides , Lactobacillus brevis*

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการหมัก

การหมักดองผักและผลไม้เป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของคาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลที่มีอยู่ในผักและผลไม้ไปเป็นกรดแลคติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียแลคติก แต่ตามปกติแล้วเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผักผลไม้จะมีอยู่หลายชนิดทั้งชนิดที่ช่วยทำให้เกิดการหมักและชนิดที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ดังนั้นในการหมักอาหารจึงต้องมีการปรับสภาวะในการหมักให้เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียแลคติก

3.1 ปริมาณเกลือ

เกลือเป็นส่วนประกอบของอาหารที่มีความสำคัญ ช่วยทำให้เกิดรสชาติ ช่วยเก็บรักษาอาหาร และช่วยแปรสภาพอาหาร ในขณะหมักดองเกลือจะทำหน้าที่เป็นตัวคัดเลือกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่ความเข้มข้นของเกลือสูงๆจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากความดันออสโมติกระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์เสียไป ทำให้น้ำในเซลล์ซึมออกมาภายนอกเพื่อรักษาสมดุลของความเข้มข้นของของเหลวภายนอกและภายในเซลล์ให้เท่าๆกัน แต่ในการหมักผักผลไม้ ความเข้มข้นของเกลือที่ใช้จะไม่สูงมากนัก เพราะถ้าใช้ความเข้มข้นของเกลือสูงจะทำให้ความกรอบของผักและผลไม้เสียไป เนื่องจากเกลือจะไปดึงน้ำออกจากผัก จึง

ใช้ความเข้มข้นของเกลือในระดับปานกลางพอที่จะทำให้ผักยังคงกรอบอยู่ และในขณะเดียวกันก็ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดด้วย (Desrosier,1970) นอกจากนี้เกลือยังช่วยดึง fermentable sugars ออกมาจากเซลล์พืชด้วย เนื่องจากในการดึง fermentable sugars ออกจากเซลล์ผักหรือผลไม้ จำเป็นต้องอาศัยการเติมเกลือหรือน้ำเกลือเพื่อผลักดันให้เกิดแรงดันออสโมติกขึ้น ในผักใบ การหมักที่มีการเตรียมโดยการหั่น ตัด เช่น กะหล่ำปลีดอง จะต้องการปริมาณเกลือในการหมักเพียง 1-2% แต่การหมักพืชผักทั้งผลหรือทั้งต้น เช่น แตงกวา ผักกาดเขียว แครอท จะต้องการปริมาณเกลือในการหมักสูงถึง 4-18% เพื่อให้เพียงพอต่อการดึง fermentable sugars ออกมา (Nout และRombouts, 1992) ดังนั้นในการผลิตผักกาดดองจึงใช้เกลือ 2-3% หรือใช้น้ำเกลือ 4-10% (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ,2534) ส่วนในการผลิตผักดองประเภทกะหล่ำปลีดองและกิมจิ จะใช้เกลือ 2-2.5% ส่วนในการหมักพวกมะกอกมักจะใช้เกลือ 7-10% และในแตงกวา 15-18% (ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์,2524)

Pederson และ Albury (1954) ได้ศึกษาผลของปริมาณเกลือที่ใช้ในการหมักที่ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแลคติกและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในการหมักกะหล่ำปลีดอง พบว่าการหมักโดยใช้ปริมาณเกลือต่ำ (1%) จะช่วยทำให้ *Leuconostoc mesenteroides* และ *Lactobacillus brevis* ซึ่งเป็น heterofermentation lactic acid bacteria เจริญได้ดี ส่วนการหมักโดยใช้ปริมาณเกลือสูง(3.5%) จะเกิดการชัดขวางการเจริญของ *Leuconostoc mesenteroides* และ *Lactobacillus brevis* มากกว่าในพวก homofermentation lactic acid bacteria โดยสามารถให้ผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งสองมากถึง 90% (Steinkraus,1992) นอกจากนี้การหมักโดยใช้ปริมาณเกลือต่ำ(1%) จะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าการหมักโดยใช้ปริมาณเกลือสูง(3.5%)

Stamer , Stoyla และ Dunckel (1971) ยังพบว่า เมื่อใช้เกลือ 3.5% เชื้อ *Leuconostoc mesenteroides* และ *Lactobacillus brevis* ซึ่งเป็น heterofermentative species จะลดปริมาณการสร้างกรดลง 90% ส่วน homofermentative species พวก *Lactobacillus plantarum* จะลดการสร้างกรดลง 30% และ *Pediococcus cerevisiae* จะลดการสร้างกรดลง 16%

Adam และ Moss (1995) แนะนำว่าระดับของเกลือที่เหมาะสมในการหมัก sauerkraut คือ 2-3% w/w โดยถ้าปริมาณเกลือน้อยกว่า 2% ผลิตภัณฑ์จะอ่อนนุ่ม ไม่กรอบ แต่ถ้าใส่เกลือมากกว่า 3% เชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการจะเจริญไม่ได้

การเติมเกลือมากเกินไปจะทำให้ *Pediococcus cerevisiae* และยีสต์เจริญได้ดี ในขณะที่เชื้อที่ต้องการในการหมักไม่สามารถเจริญได้ นอกจากนี้อาจมีฟิล์มยีสต์และราเจริญที่ผิวหน้าของกะหล่ำปลีดอง ซึ่งจะทำลายกรดที่มีอยู่ทำให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญในผักดองได้ ทำให้ผักเละ มีสีดำและมีกลิ่นเหม็น (สุมาลี เหลืองสกุล,2535 ; Pederson,1979) นอกจากนี้การเติมเกลือมากเกินไปยังทำให้การหมักช้าลง การใช้ความเข้มข้นของเกลือต่ำไปก็จะทำให้กะหล่ำปลีที่ได้นิ่มและมีกลิ่นรสที่ไม่ดี (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต,2536) ดังนั้นในการหมักกะหล่ำปลีจึงได้แนะนำให้ใช้เกลือในการหมัก 2-2.5%

Etchells และคณะ (1964) ศึกษาผลของเกลือในการดองแตงกวาด้วยเชื้อบริสุทธิ์ *Pediococcus cerevisiae* FBB-61 , *Lactobacillus plantarum* FBB-67, *Lactobacillus brevis* FBB-70 และ *Lactobacillus brevis* L-544 พบว่า *Pediococcus cerevisiae* FBB-61 , *Lactobacillus plantarum* FBB-67, *Lactobacillus brevis* FBB-70 และ *Lactobacillus brevis* L-544 จะเจริญได้ดีในช่วง 2-4 วันแรกของการหมักและสามารถเจริญได้ที่ปริมาณเกลือสูงที่สุดประมาณ 8% แต่ก็มีความเป็นกรดต่ำ ส่วนการหมักที่ความเข้มข้นของเกลือต่ำกว่าจะให้การความเป็นกรดที่สูงกว่า นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการหมัก *Pediococcus cerevisiae* FBB-61 และ *Lactobacillus plantarum* FBB-67 พบว่าที่เกลือความเข้มข้น 8.1% จะไม่มีผลต่อการเจริญของ *Pediococcus cerevisiae* FBB-61 มากเท่าไรนัก แต่จะมีผลอย่างมากต่อการสร้างกรด คือให้ความเป็นกรดน้อย แต่ในการหมักด้วย *Lactobacillus plantarum* FBB-67 ที่เกลือความเข้มข้น 8.3% เชื้อจะเจริญได้น้อย แต่สามารถให้ความเป็นกรดที่สูงกว่า นอกจากนี้ Etchells , Borg และ Bell (1968) ยังพบว่า การดองแตงกวาถ้าใช้ปริมาณเกลือสูง จะทำให้แตงกวามีช่องกลวงเกิดอาการที่เรียกว่า "bloaters" (hollow stock) ทั้งนี้เพราะเกิดจากแรงดันของก๊าซที่สร้างขึ้นโดย *Lactobacillus brevis* ถึงแม้ *Lactobacillus brevis* จะทนเกลือได้น้อยกว่า *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ก็ตาม

Nout และ Rombouts (1992) แนะนำว่าความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เหมาะสมในการหมักแตงกวาดอง คือ 5% ซึ่ง lactic acid bacteria, yeast และ Gram-negative coliform bacteria จะเป็นกลุ่มที่มีบทบาทมากในการหมัก (Costilow และ Fabian, 1953)

3.2 แหล่งคาร์บอน

ในการหมักผักหรือผลไม้นั้นแหล่งของคาร์บอนก็มีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก เนื่องจากผักหรือผลไม้แต่ละชนิดจะมีลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีที่

แตกต่างกันออกไป โดยในผักที่มีปริมาณน้ำตาลสูงเพียงพอจะมีส่วนช่วยสนับสนุนขบวนการหมักที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปในผักสดจะมี fructose, glucose และ saccharose รวมถึง pectic substance และ organic acid เป็นแหล่งของคาร์บอน (Nout และRombouts,1992)

ในการผลิต sauerkraut ปริมาณน้ำตาลจะมีส่วนสำคัญต่อการสร้างกรดในผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณน้ำตาลจะอยู่ในช่วง 2.9-6.4% ในกะหล่ำปลี ถ้านำกะหล่ำปลีที่มีปริมาณน้ำตาลสูงมาหมักก็จะได้ปริมาณกรดที่สูงตามขึ้นไปด้วย โดยน้ำตาลในกะหล่ำปลีจะประกอบด้วย glucose, fructose 85% และ sucrose 15% (Frazier และ Westhoff,1988) ส่วนในการผลิตผักกาดดอง ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์ (2524) แนะนำว่าควรมีการผสมน้ำข้าว น้ำแป้ง น้ำตาลหรือน้ำมะพร้าว เพื่อเพิ่มแหล่งคาร์บอนให้แก่เชื้อแบคทีเรีย ทำให้เกิดการผลิตกรดมากขึ้นและใช้เวลาในการหมักสั้นลง

3.3 อุณหภูมิ

การหมักพืชผักส่วนมากมักจะทำที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นการหมักโดย Thermophilic Bacillus spp. และ *Lactobacillus delbruckii* ซึ่งจะหมักที่อุณหภูมิ 45-55 °C อุณหภูมิที่แตกต่างกันจะมีส่วนทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญมีความแตกต่างกันด้วย ตัวอย่างเช่น *Leuconostoc mesenteroides* และ yeast จะเจริญได้ที่ 20-30 °C โดยแลกติคแอซิดแบคทีเรียทั้งหลายจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30-35 °C (Nout และ Rombouts,1992)

การหมักที่อุณหภูมิสูงมากเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียได้ โดยในการหมักกะหล่ำปลีถ้ามีการหมักที่อุณหภูมิสูงมากเกินไป กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นจะเป็นกิจกรรมของ *Pediococcus cerevisiae* ซึ่งสามารถเจริญได้ดีและผลิตสารบางอย่างที่มีกลิ่นรสไม่ดีออกมา นอกจากนี้ *Leuconostoc* และแลคติกแอซิดแบคทีเรียอื่นๆที่ช่วยเพิ่มรสชาติเจริญได้ช้าหรือไม่สามารถเจริญได้เลย ถ้าหมักที่อุณหภูมิต่ำเกินไปแลกติกแอซิดแบคทีเรียจะไม่เจริญและเปิดโอกาสให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาจากดิน เช่น *Flavobacterium* และ *Enterobacter* เจริญได้และผลิตสารที่ให้กลิ่นรสไม่ดีออกมา (สุมาลี เหลืองสกุล,2535)

นอกจากนี้การหมักที่อุณหภูมิต่ำ เช่น 7.5 °C ซึ่งที่อุณหภูมินี้ไม่เหมาะสมในการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย คือ *Leuconostoc mesenteroides* , *Lactobacillus brevis* , *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis* ทำให้เจริญได้น้อยและมีค่าความเป็นกรดต่ำ ทั้งยังใช้เวลาในการหมักที่นาน ส่วนการหมักที่อุณหภูมิ 23 และ32 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิ

ที่เหมาะสมในการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ทำให้เจริญและผลิตกรดได้ดี ทั้งยังใช้เวลาในการหมักที่สั้นกว่า (Pederson ,1979)

นอกจากนี้การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการหมักกะหล่ำปลีด้วยเกลือ 2.25% โดย Pederson และ Albury (1954) ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน คือ การหมักที่อุณหภูมิสูงจะทำให้แบคทีเรียเจริญและผลิตกรดได้ดี ทั้งยังใช้เวลาในการหมักที่สั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักที่อุณหภูมิต่ำ ๆ การหมักแตงกวาด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 7.8% (w/v) ที่อุณหภูมิ 18 °C จะใช้เวลาในการหมักนานถึง 20 วัน ในขณะที่การหมักที่อุณหภูมิ 32 °C จะใช้เวลาในการหมักเพียงแค่ 11 วัน Pederson และ Albury (1953)

Frazier และ Westhoff (1988) แนะนำว่าในการหมัก sauerkraut ควรทำที่อุณหภูมิ 20-24 °C แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 15.6 °C การหมักจะเกิดขึ้นช้าและไม่สมบูรณ์ และถ้าหมักที่อุณหภูมิสูง 26-29 °C จะเกิดการหมักที่ผิดปกติ การหมักที่ 7.5 °C จะทำให้ *Leuconostoc mesenteroides* เจริญได้ช้ามาก มีปริมาณกรด 0.4% เมื่อหมักได้ 10 วัน และปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.8-0.9% เมื่อหมักนาน 1 เดือน แต่ถ้าหมักที่ 18 °C จะมีปริมาณกรด 1.7-2.3% ภายใน 20 วัน และถ้าหมักที่ 32 °C ปริมาณกรดจะสูงขึ้นภายใน 8-10 วัน ซึ่งกรดที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะเป็นกรดแลคติกที่ผลิตโดย homofermentative species คือ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* (Steinkraus,1992 ; Harris,1998)

3.4 เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักจะเป็นเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่ปะปนมากับผักและผลไม้ ซึ่งมีทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และรา โดยจุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากที่สุดในการหมักคือแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

Fleming (1982) ได้แบ่งการดองออกเป็น 4 ระยะ ตามชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ระยะเริ่มต้น (Initiation stage) จุลินทรีย์ที่พบในช่วงนี้ได้แก่ จุลินทรีย์ทั่วไปที่ติดมากับผักและผลไม้ซึ่งมีทั้งแกรมบวกและแกรมลบ แต่จะพบแลคติกแอซิดแบคทีเรียจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น แลคติกแอซิดแบคทีเรียจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเกลือลดลง ซึ่งเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นด้วย

2. ระยะแรก (Primary fermentation stage) ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับแลคติกแอซิดแบคทีเรียและยีสต์ การหมักจะดำเนินไปจนกระทั่งคาร์โบไฮเดรตถูกหมักจนหมด จัดว่าเป็นการหมักที่สมบูรณ์ หรือดำเนินไปจนกระทั่งค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงต่ำเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

3. ระยะที่สอง (Secondary fermentation stage) จะเกิดขึ้นเมื่อการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรียถูกยับยั้ง เนื่องจากความเป็นกรด-ด่าง ลดลงต่ำมากเกินไป ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตบางส่วนยังหมักไม่หมด ทำให้ fermentative yeast เจริญเติบโตแทนที่และใช้คาร์โบไฮเดรตที่เหลือ

4. ระยะหลังจากการหมักดอง (Post- fermentation stage) จะพบในการดองในถังเปิด โดยแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย รา และฟิล์มยีสต์ จะเจริญอยู่บนผิวหน้าที่สัมผัสกับอากาศ ซึ่งการดองในถังปิดจะไม่พบในลักษณะนี้

โดยในช่วงการหมักผักและผลไม้ ที่เกิดขึ้นจะเป็นผลของการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่สำคัญ คือ Lactobacillus spp., Leuconostoc spp. และ Pediococcus spp. (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล,2539)

- Lactobacillus มีรูปร่างเป็นท่อน ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ อุณหภูมิเหมาะสมในการเจริญเติบโตโดยทั่วไป คือ 30-40 °C มี pH ที่เหมาะสม คือ 5.5-5.8 หรือต่ำกว่า โดย Lactobacillus ที่มีความสำคัญในผักดอง ได้แก่ *Lactobacillus plantarum , Lactobacillus brevis*
- Leuconostoc มีรูปร่างกลมโดยมากมักเป็นรูปรี เซลมักอยู่เป็นคู่หรือเป็นสาย ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ โคโลนีมีขนาดเล็ก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 20-30 °C มีความสามารถในการเริ่มต้นการหมักได้เร็วกว่าแบคทีเรียแลกติกอื่นๆ หรือเร็วกว่าแบคทีเรียอื่นๆ และสามารถผลิตกรดออกมามากพอที่จะยับยั้งแบคทีเรียอื่นๆ เช่นในการหมักกะหล่ำปลี *Leuconostoc mesenteroides* จะเป็นแบคทีเรียแลคติกพวกแรกที่เจริญเติบโตและหมักให้กรดแลกติก 0.7-1.0 % ทำให้จุลินทรีย์อื่นๆ เจริญไม่ได้
- Pediococcus มีรูปร่างกลม เซลมักอยู่เป็นคู่ หรือ 4 เซล อยู่เดี่ยวๆ ติดสีแกรมบวก เจริญเติบโตได้ดีในที่มีเกลือ 5.5 % และจะเจริญได้ช้าลงเมื่อมีเกลือ 10% Pediococcus ที่มีความสำคัญในผักดอง ได้แก่ *Pediococcus*

cerevisiae ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการในการหมักกะหล่ำปลีในกรณีที่ใช้เกลือ 3.5% หรือหมักที่อุณหภูมิสูง 32-37 °C

ในการหมักกะหล่ำปลีดองด้วยเชื้อธรรมชาติ สุมาลี เหลืองสกุล(2535) และ Pelczar , Chan และ Krieg (1993) ได้อธิบายการเจริญของแบคทีเรียต่างๆ โดยในระยะแรกจะเกิดการหมักของ coliform bacteria เช่น *Enterobacter cloace* ซึ่งให้กรดแลคติกกับก๊าซ *Erwinia herbicola* จะให้สารที่ให้กลิ่นออกมา และ *Leuconostoc mesenteroides* จะเจริญได้ช้ากว่า เมื่อ *Leuconostoc mesenteroides* ผลิตกรดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีสูงถึง 0.7-1.0% แลคติกแอซิดแบคทีเรียอื่นๆ จะเจริญและเกิดการหมักน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติก กรดอะซิติก เอธานอล แมนนิทอล เด็กซแทรน เอสเทอร์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วยทำให้กะหล่ำปลีดองมีกลิ่นรสที่ดีและยังช่วยยับยั้งการเจริญของยีสต์ ในระยะหลังของการหมัก *Lactobacillus plantarum* จะผลิตกรดแลคติกต่อไปจนมีความเป็นกรดสูงถึง 1.5-2.0% และยังสามารถหมักแมนนิทอลได้ทำให้รสชมหมดไป นอกจากนี้ถ้ายังมีน้ำตาลและแมนนิทอลเหลืออยู่หลังการเจริญของ *Lactobacillus plantarum* แล้วจะมีการเจริญของ *Lactobacillus brevis* ซึ่งให้กรดแลคติกและก๊าซจนมีความเป็นกรดสูงถึง 2.4% และยังให้กลิ่นรสที่ไม่ดี แต่ปรากฏการนี้จะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก

การหมักแตงกวาโดยเชื้อธรรมชาติจะมีการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย โดยในระยะแรกของการหมักแตงกวาด้วยน้ำเกลือ 5% จะพบ *Leuconostoc* จำนวนน้อยและจะไม่พบเชื้อนี้เลย ในการหมักด้วยน้ำเกลือ 8% แต่จะพบ แลคติกแอซิดแบคทีเรียอื่นๆ ซึ่งได้แก่ *Pediococcus cerevisiae* , *Lactobacillus brevis* และ *Lactobacillus plantarum* แต่ในบางครั้งก็จะไม่พบ *Pediococcus cerevisiae* และ *Lactobacillus brevis* ในการหมักด้วยน้ำเกลือ 8% เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียทั้งสองมีความทนทานต่อความเข้มของเกลือได้น้อย อย่างไรก็ตามในระยะแรกของการหมักมักจะพบแบคทีเรีย ยีสต์และรา ที่ติดมากับแตงกวาในจำนวนที่มากกว่าแลคติกแอซิดแบคทีเรีย โดยระยะแรกของการหมักจะมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบการผลิตแตงกวาดอง หากการหมักไม่เป็นไปตามปกติที่ควรจะเป็นก็จะเกิดการเน่าเสียขึ้นได้ ทั่วไปในระยะแรกของการหมักจะใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน หรือบางกรณีอาจจะนานถึง 7 วัน ช่วงนี้จะเกิดการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมๆกับการเจริญของ fermenting yeasts และ oxidizing yeasts โดยจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักจะค่อยๆลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ความเป็นกรดจะค่อยๆเพิ่มมากขึ้นและ pH ลดลงอย่างรวดเร็ว ในระยะกลางของการหมัก กรณีที่ใช้การหมักด้วยน้ำเกลือ 5% จะพบ *Leuconostoc* ชนิดทนกรดได้ต่ำและ

Lactobacillus กับ *Pediococcus* ชนิดทนกรดได้สูง เป็นจำนวนมาก ส่วนแบคทีเรียที่ปนเปื้อนหรือแบคทีเรียที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักจะค่อยๆหายไปหลังจาก 10-14 วันของการหมัก แต่ยังคงมียีสต์ปะปนอยู่จำนวนมากพอสมควร ขณะเดียวกันความเป็นกรดจะเพิ่มมากขึ้นและ pH จะลดลง ระยะสุดท้ายของการหมักจะพบ *Pediococcus cerevisiae* , *Lactobacillus brevis* และ *Lactobacillus plantarum* เป็นจำนวนมากที่ความเข้มข้นของเกลือที่ 5-8% แต่ *Pediococcus cerevisiae* จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ความเข้มข้นของเกลือที่ 8%หรือ pH 3.7 ดังนั้นที่ความเข้มข้นของเกลือ 8%หรือ pH 3.7 นี้จะคงเหลือแต่ *Lactobacillus brevis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ยังคงเจริญเติบโตและมีบทบาทในการหมักต่อไปจนถึงระยะสิ้นสุดการหมัก เมื่อปริมาณกรดแลคติก 0.9% และ pH 3.3 (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต , 2536 ; Harris,1998 ; Pederson,1979)

การหมักมะกอกจะมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนี้คือ ระยะแรกในช่วง 7-14 วันภายหลังจากการหมัก น้ำเกลือที่ใช้ในการหมักจะค่อนข้างมีความเสถียร และแหล่งอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ก็เริ่มหลุดออกมาจากผลมะกอก และมีการเจริญเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย เช่น *Enterobacter* และ *Pseudomonas* บางทีก็มี *Clostridium* , *Bacillus* และ yeast เจริญด้วย จนกระทั่ง *Leuconostoc mesenteroides* เจริญขึ้น ระยะที่สอง ภายหลังจากอาทิตย์ที่ 2-3 ในขณะที่ *Leuconostoc mesenteroides* มีการจำนวนเพิ่มมากขึ้นและผลิตกรดขึ้นมา *Lactobacillus brevis* และ *Lactobacillus plantarum* จะเริ่มมีการเจริญและผลิตกรด ระยะสุดท้าย Lactobacilli โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Lactobacillus plantarum* จะมีจำนวนมากที่สุด (Frazier และ Westhoff,1988)

4. สารประกอบที่เกิดขึ้นจากการหมัก

การหมักทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ ที่ให้กลิ่นรสในอาหาร เช่น ซีอิ๊ว ซีสโยเกิร์ต ขนมปัง เบียร์ ไวน์ ปลาหมัก ไส้กรอกเปรี้ยว ผักและผลไม้ดอง เป็นต้น

สารประกอบต่างๆที่เกิดขึ้นจากการหมัก อาจเกิดได้จากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลง metabolism ของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมัก
2) enzymatic activity ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจาก microbial cell
3) ปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีต่างๆ เช่น กรดทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ เกิดเป็นเอสเทอร์

โดยอาจแบ่งสารประกอบต่างๆที่เกิดจากการหมักได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) ผลผลิตหลัก (major end products)

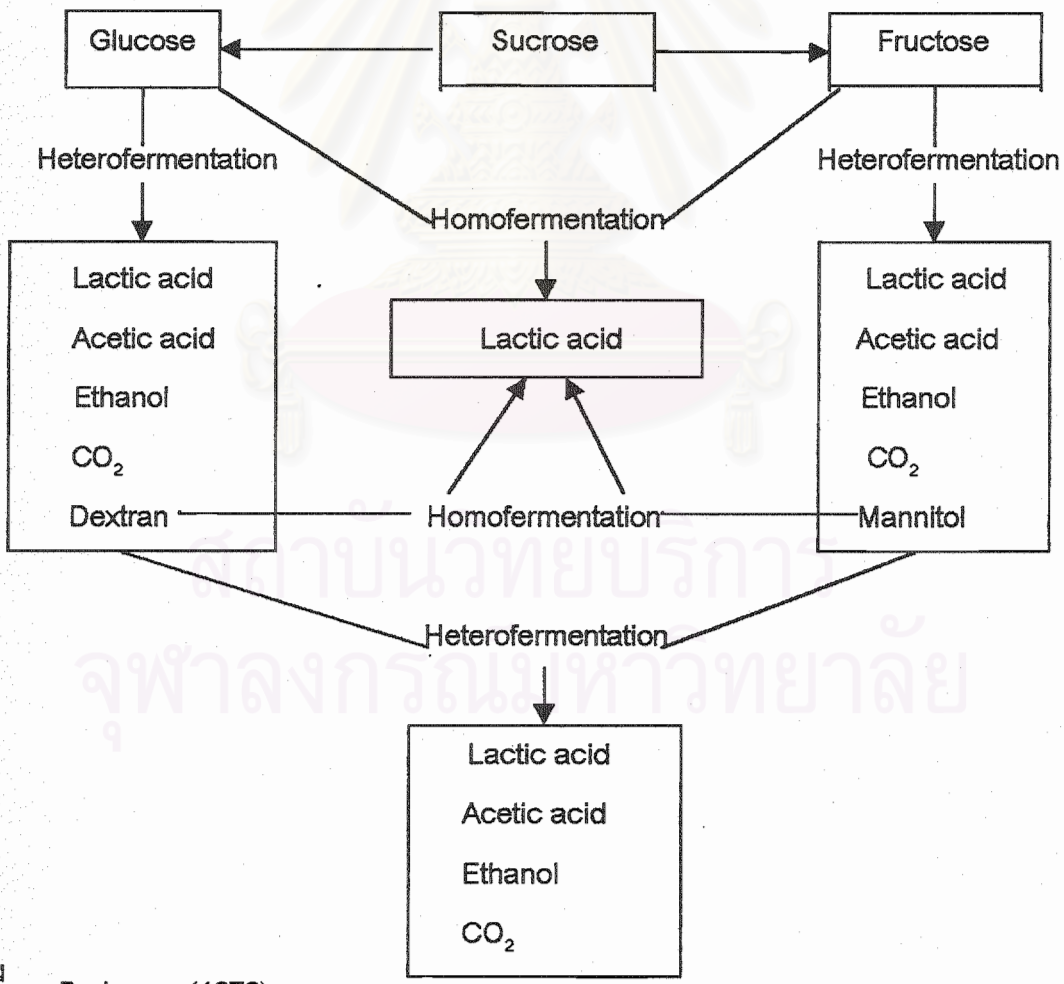
2) ผลผลิตรอง (minor products)

4.1 ผลผลิตหลัก(major end products)

การหมักของเชื้อแบคทีเรียแลคติกจะทำให้เกิดผลผลิตหลัก คือ

4.1.1 lactic acid

การหมักของเชื้อแบคทีเรียแลคติกโดยเฉพาะ homofermentation lactic acid bacteria จะนำ glucose และ fructose ไปใช้ในการหมักจนได้เป็นกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว (รูปที่ 2.1) ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะให้รสเปรี้ยวแก่ผลิตภัณฑ์หมัก



ที่มา : Pederson (1979)

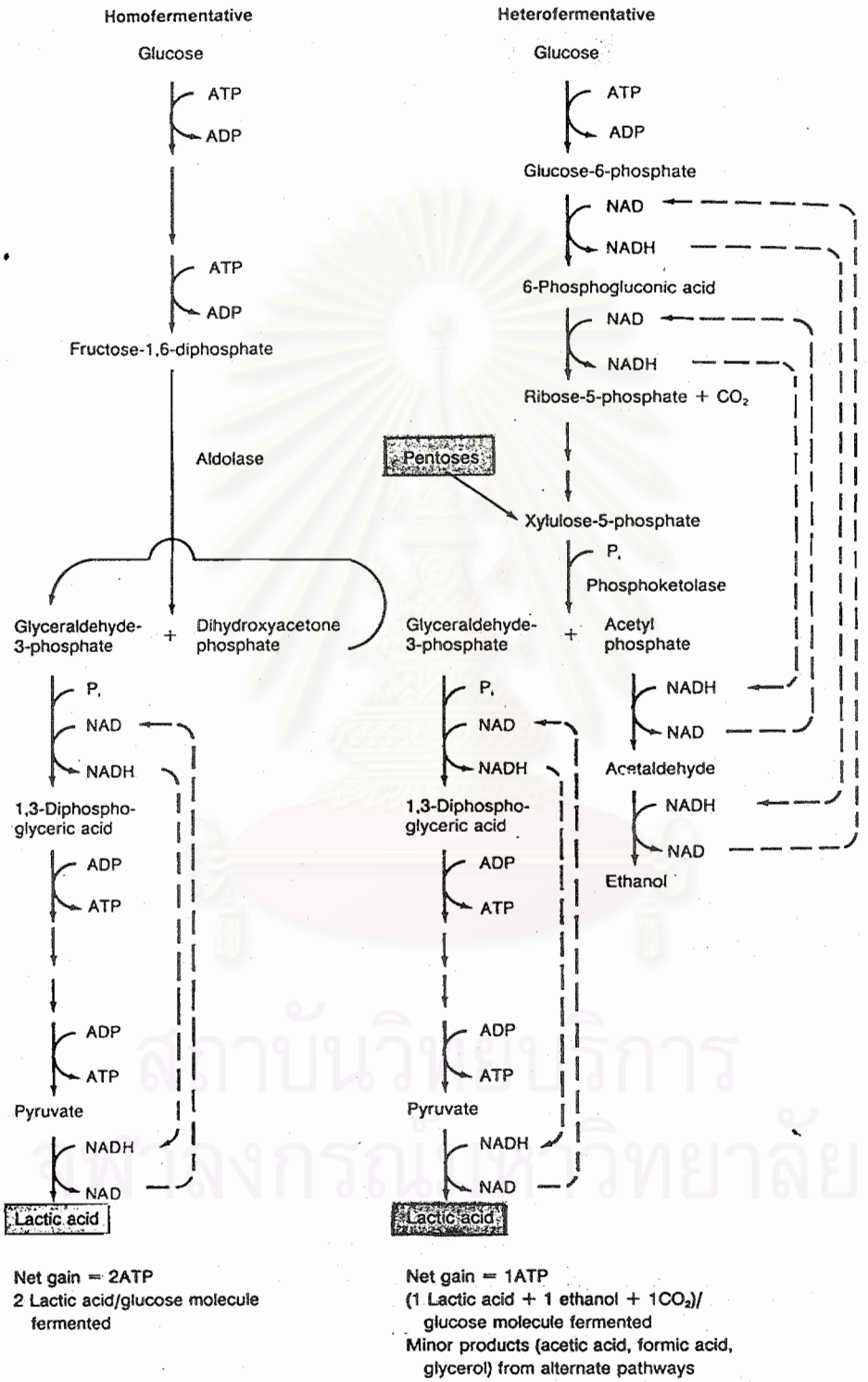
รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลในกระบวนการหมักแบบ homofermentation และ heterofermentation lactic acid bacteria

4.1.2 acetic acid , ethanol และ CO_2

การหมักของเชื้อแบคทีเรียแลคติกพวก heterofermentation นอกจากจะให้กรดแลคติกแล้วยังให้ end products อื่นๆ คือ กรดอะซิติก เอทธานอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่การหมักจะเริ่มจาก glucose จะถูกเปลี่ยนไปเป็น glucose-6-phosphate แล้วถูก oxidise เป็น 6-phospho-gluconate ซึ่งเป็นสาร intermediate ที่สำคัญ โดย 6-phospho-gluconate จะเปลี่ยนเป็น pentose phosphate , ribose-5-phosphate และ CO_2 ซึ่งจะแตกออกเป็น carbon 3 unit จนกระทั่งได้เป็นกรดแลคติก และ carbon 2 unit ได้เป็นเอทธานอล และ/หรือ กรดอะซิติก (Thomas และ Michael , 1991)

นอกจากนี้การหมักของ fructose คือ fructose 3 โมล จะถูก reduce จนได้เป็น manitol 2 โมล และ lactic acid , acetic acid และ CO_2 อย่างละ 1 โมล ส่วน mannitol อาจเกิดการหมักต่อไปจนได้ lactic acid , ethanol และ CO_2 นอกจากนี้ lactic acid bacteria strain *Leuconostoc mesenteroides* ยังสามารถเปลี่ยนแปลง glucose ให้เป็น dextran ได้ ในขณะที่ fructose จะถูกหมักได้เป็น acetic acid , ethanol และ CO_2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา :Thomas และ Michael (1991)

รูปที่ 2.2 การหมักของ heterofermentation lactic acid bacteria

4.2 ผลผลิตรอง (minor products)

ผลผลิตรองที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อกลิ่นของผักหรือผลไม้ดองโดยอาจแบ่งผลผลิตรองออกได้เป็นกลุ่มต่างๆ ดังนี้ (Lee ,1996 ; Gary ,1994)

4.2.1 esters

โมเลกุลของเอสเทอร์จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกรดและแอลกอฮอล์ เอสเทอร์จะมีความสำคัญต่อกลิ่นรส (flavor) ของอาหารจำพวกผลไม้สดและในอาหารหมักดอง โดยจะให้ fruity-flavor taste และ aroma แก่อาหาร เอสเทอร์ เช่น ethyl acetate , ethyl isovalerate , ethyl butyrate , ethyl hexanoate สามารถถูกสร้างได้โดยแบคทีเรีย species ต่างๆ คือ Pseudomonas , Lactococcus ,Lactobacillus และยีสต์

นอกจากนี้เอสเทอร์ยังสามารถเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาโดยตรงระหว่าง ethanol กับ acetic acid ซึ่งจะเกิดได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่ pH ต่ำและมีความเข้มข้นของ ethanol และ acetic acid สูง

4.2.2 aldehydes และ ketones

อัลดีไฮด์ก็เป็นสารประกอบกลุ่มหนึ่งที่มีบทบาทต่อกลิ่นรส โดยอัลดีไฮด์จะมีความเกี่ยวข้องกับ organic compounds 2 กลุ่มด้วยกันคือ alcohol และ carboxylic acid โดยที่อัลดีไฮด์จะเกิดจากปฏิกิริยา reduction ของ acid หรือเกิดจากปฏิกิริยา oxidation ของ alcohol อัลดีไฮด์ เช่น acetaldehyde สามารถผลิตได้จาก ethanol โดย Leuconostoc species ส่วนคีโตน เป็นสารประกอบคาร์บอนิลที่มีหมู่ alkyl 2 group มาต่อกับ carbonyl group

4.2.3 acids

นอกจากจะได้กรดแลคติกและกรดอะซิติกซึ่งเป็น major end products แล้วการหมักยังให้กรดอื่นๆอีกเช่น formic , propionic , valeric , succinic , caporic , butyric acid เป็นต้น

4.2.4 alcohols

ในการหมักนอกจากจะได้ ethanol แล้ว ยังอาจจะให้แอลกอฮอลอื่นๆ คือ

- higher alcohol เช่น 1-propanol , 1-butanol , 1-hexanol
- terpene alcohol เช่น linalool , geraniol

5. สารระเหยและกลิ่นในผักและผลไม้ดองบางชนิด

การหมักผักและผลไม้โดยทั่วไปจะเป็นการใช้เกลือและอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผักและผลไม้ช่วยให้เกิดการหมักขึ้น ซึ่งการหมักจะทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น และยังช่วยทำให้ผักและผลไม้มีกลิ่นรสที่พิเศษ โดยมากมักจะให้ผลในทางที่ดี คือ ให้กลิ่นรสที่พึงพอใจ หรือช่วยลดกลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น กลิ่นฉุน กลิ่นเหม็นเขียวของผักสด

การหมักผักชนิดต่างๆ จะให้กลิ่นรสที่ไม่เหมือนกัน โดยแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะของกลิ่นรสที่มีความเฉพาะตัว ขึ้นอยู่กับชนิดของผักที่ใช้ในการหมัก สภาวะในการหมัก หรือ การเติมเครื่องเทศหรือส่วนผสมอื่นๆ ลงในภารหมัก เช่น กระเทียม พริก ขิง เป็นต้น ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อสารระเหยและกลิ่นรสที่เกิดขึ้นจากการหมักทำให้มีความแตกต่างกัน จึงได้มีการศึกษาหาองค์ประกอบของสารให้กลิ่นที่เกิดขึ้นจากการหมักในผักและผลไม้ดองบางชนิด คือ แตงกวาดอง กะหล่ำปลีดอง กิมจิ และ มะกอกดอง

5.1 แตงกวาดอง

แตงกวาดองเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่มีความนิยมในการนำไปบริโภค เช่น นำไปฝานเป็นชิ้นบางๆ รับประทานกับแฮมเบอเกอร์ หรือ แซนวิช Aurand และคณะ (1965) ได้ศึกษาและแยก volatile component ในการหมักแตงกวาด้วยเชื้อบริสุทธิ์ คือ *Lactobacillus plantarum* , *Lactobacillus brevis* , *Pediococcus cerevisiae* และ *Leuconostoc mesenteroides*

เมื่อแตงกวาทุกตัวอย่างผ่านการหมักเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะกลั่นแยก volatile components ด้วย high-vacuum distillation (ความดัน 750 μHg. อุณหภูมิ 35 °C 2 ชั่วโมง) โดยใช้ liquid nitrogen trap เป็นตัวจับ volatile components ที่เตรียมได้ วิเคราะห์ด้วย gas liquid chromatography (GLC) ซึ่งประกอบด้วย U-shape column (heavy wall glass tube) มีขนาด 6ft. x I.D. 5mm. ,packed ด้วย Carbowax 20M บน 60-80 mesh GC-22 Firebrick (1:10 w/w) และ flame ionization detector สามารถแยก major volatile compounds ในแตงกวาดองได้ 6 ตัว คือ formaldehyde , acetaldehyde , propionaldehyde , acetone , butyraldehyde และ ethyl alcohol ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสโดยผู้ทดสอบที่มีความชำนาญและประสบการณ์ พบว่าการหมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ คือ *Leuconostoc mesenteroides* FBB-41 จะให้กลิ่นรสที่ดีที่สุด คือ มีรสชาติของกรดที่พอเหมาะ มีรสชาติเป็นที่พึงพอใจ ไม่มีกลิ่นหรือรสที่แปลกปลอม มีกลิ่นหอมอ่อนๆ การหมักแตงกวาด้วย

Lactobacillus plantarum FBB-12 จะให้รสชาติที่ดี มีความกลมกล่อม ไม่มีรสชาติอื่นแปลกปลอม ให้รสชาติของกรดปานกลาง มีกลิ่นหอมอ่อนๆ แต่ยังคงมีกลิ่นของแตงกวาสดอยู่ การหมักด้วย *Pediococcus cerevisiae* FBB-61 จะให้รสชาติกลางๆ มีกลิ่นหอมเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นอื่นแปลกปลอม แต่ยังคงมีกลิ่นของแตงกวาสด และมีรสชาติของ after taste เล็กน้อย ส่วนการหมักด้วย *Lactobacillus brevis* B-1863 จะให้รสชาติของกรดปานกลาง มีรสขมเล็กน้อย และมีกลิ่นหอมอ่อนๆ นั่นคือการหมักแตงกวาด้วยเชื้อบริสุทธิ์ของแลคติกแอสิดแบคทีเรียที่แตกต่างกันจะให้กลิ่นรสที่เกิดจากการหมักที่แตกต่างกันด้วย

ส่วนการหมักโดยเชื้อธรรมชาติแบบที่มีการปรับความเป็นกรด การหมักโดยเชื้อธรรมชาติแบบที่ไม่มีการปรับความเป็นกรด และแตงกวาที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (ไม่เกิดการหมัก) จะให้แตงกวาดองที่มีกลิ่นที่ไม่ค่อยดี คือ มีกลิ่นของเกลือ กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ กลิ่นแตงกวาดิบ และกลิ่นอับๆ ตามลำดับนอกจากนี้ยังให้รสชาติที่ไม่ค่อยดี โดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติแบบที่มีการปรับความเป็นกรดจะให้รสเปรี้ยวแหลมของกรด และรสของแตงกวา ส่วนการหมักโดยเชื้อธรรมชาติแบบที่ไม่มีการปรับความเป็นกรดจะมีรสเปรี้ยวและขม มีรสชาติที่ไม่พึงประสงค์และ after taste และแตงกวาที่ไม่เกิดการหมัก จะให้รสเปรี้ยวเล็กน้อย และมีรสชาติของแตงกวาดิบ (Aurand และคณะ ,1965)

ต่อมาในปี ค.ศ. 1998 Zhou และ McFeeters ได้ศึกษาและวิเคราะห์สารให้กลิ่นในแตงกวาที่ดองน้ำเกลือความเข้มข้นต่ำ (2 % w/v)เปรียบเทียบกับแตงกวาสด โดยทั่วไปแล้วในทางการค้าการหมักและการเก็บแตงกวาดองจะทำในแทงค์เปิดขนาดใหญ่ หมักด้วยเกลือ 5-12% ซึ่งระดับของเกลือที่สูงนี้จะช่วยคัดเลือก homofermentative lactic acid bacteria ตลอดการหมักและป้องกันการเสื่อมเสียภายหลังจากเกิดการหมัก (Fleming และคณะ 1995) เมื่อจะนำผลิตภัณฑ์ไปใช้จึงต้องมีการล้างเอาเกลือออกก่อน ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้กลิ่นรสของแตงกวาดองถูกดึงออกไปด้วย ดังนั้น Zhou และ McFeeters จึงได้ใช้การหมักด้วยเกลือความเข้มข้นต่ำ เพื่อที่จะช่วยให้ volatile compounds ที่ต้องการและไม่ต้องการยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

แตงกวาจะถูกหมักนาน 21 วันหลังการเติมเชื้อบริสุทธิ์เพื่อให้เกิด volatile compounds เตรียมแตงกวาดองโดยเทคนิค purge & trap และวิเคราะห์ด้วย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS) ซึ่งประกอบด้วย capillary column (30m. x I.D. 25mm. ,0.25 μm. film thickness) และ mass selective detector แยกสารให้กลิ่นต่างๆ ได้ 37 ชนิด ประกอบด้วย 2 alkanes ,1 alkene ,9 alcohols , 5 aldehydes , 1 enal , 2

ketones ,1 carboxylic acid , 6 esters , 6 aromatics , 2 heteroaromatics และ 2 sulfur compounds โดยในแตงกวาสดจะไม่พบ ethyl benzene , o-xylene และ benzaldehyde แต่จะพบสารทั้ง 3 ได้ในแตงกวาที่ผ่านการดองแล้ว นอกจากนี้เมื่อมีการนำสารบางตัวมาคำนวณหาความเข้มข้นจะเห็นว่าความเข้มข้นของ linalool ในแตงกวาดอง (44 ppb)จะมีค่าสูงมากกว่าในแตงกวาสด(4.6 ppb) ถึงประมาณ 10 เท่า และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของ ethyl acetate พบว่ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแตงกวาดองเช่นกัน โดย linalool จะมีการเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วใน 3-10 วันของการหมักและจะคงที่ภายหลังจากการหมักวันที่ 10 และ ethyl acetate ซึ่งมีปริมาณน้อยในแตงกวาสดจะเพิ่มปริมาณขึ้นภายหลังจากการหมัก 3 วัน เนื่องจาก ethyl acetate จะมาจากกรดอะซิติกที่ใช้เติมในน้ำดองและจะมีค่าคงที่ในช่วง 3-14 วัน จากนั้นจะเพิ่มปริมาณขึ้นภายหลังจากวันที่ 14 ในทางตรงข้ามจะเห็นว่า (E,Z)-2,6-nonadienal และ 2-nonenal ในแตงกวาดองจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงอาทิตย์แรกของการหมัก และภายหลังจากการหมัก 5 วัน จะไม่สามารถตรวจสอบ 2-nonenal ได้ (Zhou และ McFeeters ,1998)

เมื่อพิจารณา (E,Z)-2,6-nonadienal และ 2-nonenal ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่มีความสำคัญในแตงกวาสด พบว่า (E,Z)-2,6-nonadienal จะให้กลิ่นคล้ายแตงกวา (cucumber like) และ 2-nonenal จะให้กลิ่นเหม็นเขียวและกลิ่นของไขมัน (green , fatty) (Schieberle , Ofner และ Grosch 1990) โดยสารทั้ง 2 จะมีการ form ตัวขึ้นได้อย่างรวดเร็วในแตงกวาสด เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาของ lipoxygenase ซึ่งมีค่า optimum pH ที่ 5.5 เกิดเป็น pathway ในการสร้าง (E,Z)-2,6-nonadienal และ 2-nonenal จาก linolenic acid หรือ linoleic acid ซึ่งเป็น fatty acid ที่มีอยู่มากในแตงกวา เมื่อเกิดการหมักขึ้น pH จะลดลงอย่างรวดเร็วถึง 3.8 ภายในเวลา 5 วันแรก lipoxygenase จึงทำงานไม่ได้ ปริมาณของ (E,Z)-2,6-nonadienal และ 2-nonenal จึงลดลงหรือไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้อีก ทำให้กลิ่นแตงกวา กลิ่นเหม็นเขียวและกลิ่นไขมันลดลงไป และมีกลิ่นอื่นๆที่เกิดจากการหมักเข้ามาแทนที่ ดังนั้นกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการหมักแตงกวาอาจเป็นผลเนื่องมาจาก ethyl benzene , o-xylene และ benzaldehyde ที่เกิดขึ้น การเพิ่มขึ้นของ linalool และ ethyl acetate และการลดปริมาณลงของ (E,Z)-2,6-nonadienal และ 2-nonenal ในแตงกวาดอง ในขณะที่สารให้กลิ่นอื่นๆทั้งในแตงกวาสดและแตงกวาดองส่วนมากมีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีผลให้กลิ่นที่แตกต่างกันมาก (Zhou และ McFeeters ,1998)

Zhou , Mcfeeters และ Fleming (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบในเนื้อเยื่อของแตงกวาดองที่มีการสัมผัสกับอากาศ เตรียมตัวอย่างด้วย เทคนิค purge & trap และวิเคราะห์ด้วย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS) พบว่า

hexanal และ series ของ trans unsaturated aldehydes ได้แก่ (E)-2-pentenal , (E)-2-hexenal , (E)-2-heptenal และ (E)-2-octenal จะเพิ่มขึ้นเมื่อแตงกวาดองมีการสัมผัสกับอากาศ และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน oxidized odour ก็ให้ผลในแนวทางเดียวกัน

Marsili และ Miller (2000) ศึกษาสารประกอบหลักในแตงกวาดอง เตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค solid-phase microextraction และวิเคราะห์ด้วย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS) พบว่า trans-4-hexenoic acid และ cis-4-hexenoic acid เป็นสารประกอบให้กลิ่นที่สำคัญและเป็นกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของแตงกวาดอง

5.2 กะหล่ำปลีดอง (sauerkraut)

กะหล่ำปลีดองเป็นผักดองที่มีนิยมบริโภคกันมาก ส่วนมากมักจะรับประทานร่วมกับเนื้อย่าง หรือไส้กรอก การหมักที่เกิดขึ้นจะช่วยทำให้เกิดการผลิตกรดแลกติกและให้กลิ่นรสที่เฉพาะ Lee และคณะ (1974) ได้ศึกษา volatile compounds ใน sauerkraut juice ซึ่งได้มาจากการหมักกะหล่ำปลีโดยใช้เชื้อธรรมชาติ เมื่อหมักจนได้ที่แล้วจะนำมาบีบอัดจนได้เป็น sauerkraut juice เตรียมตัวอย่างโดย steam distillation และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย gas chromatography พบ volatile compounds หลักที่สำคัญ คือ acetal (acetaldehyde diethyl acetal) , isoamyl alcohol , ethyl lactate , n-hexanol , cis-hex-3-ene-1-ol และ allyl isothiocyanate โดยทั้ง cis-hex-3-ene-1-ol และ allyl isothiocyanate เป็นสารให้กลิ่นที่สำคัญในกะหล่ำปลีสดและกะหล่ำปลีสุก (MacLeod และ MacLeod ,1970) ซึ่งค่อนข้างจะแน่นอนว่าสารทั้ง 2 ไม่มีส่วนช่วยสนับสนุนอย่างมีนัยสำคัญต่อกลิ่นของกะหล่ำปลีดอง แม้ว่า cis-hex-3-ene-1-ol และ allyl isothiocyanate จะเป็น character ของผักกะหล่ำปลี ดังนั้น Lee และคณะ (1974) จึงให้ความเห็นว่าส่วนประกอบหลักดังที่กล่าวข้างต้น ยกเว้น cis-hex-3-ene-1-ol และ allyl isothiocyanate ถือได้ว่าเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์หมัก และมีผลต่อกลิ่นรสในกะหล่ำปลีดอง นอกจากนี้สารประกอบที่ให้กลิ่นสดใหม่และกลิ่นหอมของผลไม้ (fresh and fruity odor) ดังเช่น ethyl butyrate , isoamyl acetate , mesityl oxide และ n-hexyl acetate จะค่อนข้างมีความสำคัญต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม

นอกจากนี้ Trail และคณะ (1996) ได้ศึกษา volatile compound ใน sauerkraut บรรจุกระป๋องที่ขายในประเทศสหรัฐอเมริกา เตรียมตัวอย่างโดยเทคนิค purge & trap และ

วิเคราะห์ด้วย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS) ซึ่งประกอบด้วย DB-5 capillary column (30m. , 0.25 μm. film thickness) และ electron ionization mass spectrometer แยก volatile compound ต่างๆได้ 17 ชนิด พบว่า major volatile compound ของ sauerkraut คือ ethanol , n-propanol , 2-propanol , acetaldehyde และ ethyl acetate

Vorbeck และคณะ (1961) ได้ศึกษาสารประกอบที่ให้กลิ่นในกะหล่ำปลีดองที่ถูก reject หรือ กะหล่ำปลีดองที่มีกลิ่นที่ผิดปกติ(off-odor) เปรียบเทียบกับกะหล่ำปลีดองที่มีกลิ่นที่ดี (excellent) โดยเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จากกะหล่ำปลีดองบรรจุกระป๋องที่วางขายในท้องตลาด ซึ่งมีคุณภาพได้มาตรฐานตาม USDA standards โดยเตรียมกะหล่ำปลีดองให้อยู่ในรูป methyl esters แล้ว วิเคราะห์ด้วย gas chromatography ซึ่งประกอบด้วย U shape column (heavy-wall boro-silicate glass tube) ขนาด 6ft x I.D. 5mm. , packed Chromosorb W (80-100 mesh , 1:5 w/w) และ flame ionization detector พบว่าในกะหล่ำปลีดองแบบ off-odor จะมีปริมาณของ methyl propionate , methyl butyrate และ methyl caporate สูงกว่าในแบบ excellent มาก แสดงว่าการเพิ่มขึ้นของสารประกอบทั้ง 3 ตัวนี้ในกะหล่ำปลีดองแบบ off-odor จะมีผลส่งเสริมทำให้เกิดกลิ่นคล้ายชีส (cheese like) แม้ว่าในกะหล่ำปลีดองแบบ excellent ก็มีสารประกอบทั้งสามอยู่ด้วยในปริมาณน้อยๆ แต่ก็ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติ นอกจากนี้การเกิดขึ้นของ methyl iso-butyrate , methyl iso-valerate และ methyl valerate ก็มีส่วนช่วยสนับสนุนทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติได้ (Vorbeck และคณะ ,1961)

5.3 กิมจิ

กิมจิเป็นอาหารพื้นเมืองของประเทศเกาหลี มีส่วนประกอบ คือ ผักกาดขาว (Chinese cabbage) และ หัวไชเท้า เป็นหลัก ผสมกับส่วนผสมอื่นๆ คือ กระเทียม พริก ต้นหอม ขิง ผักกาดเขียว แครอท เป็นต้น กิมจิจะมีรสชาติเปรี้ยว หวาน และเผ็ดร้อน ประกอบกับมีความซ่าของก๊าซ (carbonated) จากการหมัก ทำให้กิมจิมีความแตกต่างจาก sauerkraut (Steinkraus,1992) Cha ,Kim และ Cadwallader (1998) ศึกษา volatile flavor ที่เกิดขึ้นในขณะหมักกิมจิโดยใช้เชื้อธรรมชาติ ซึ่งมีส่วนผสม คือ Chinese cabbage(brined) 86.1 ,red pepper(powder) 3.3 ,garlic 1.4 ,ginger 0.25 ,green onion 0.5 ,leek 0.8 , carrot 0.5 ,sea tangle (*Laminaria* sp.) 3 ,salt 0.21 ,sugar 0.04 และ brine (23% NaCl) 3.9 (%w/v)

กิมจิที่หมักเสร็จแล้วจะผ่านการสกัดโดย vacuum distillation - solvent extraction (V-SDE) และวิเคราะห์ด้วย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS)

ซึ่งประกอบด้วย mass selective detector (MSD) ต่ออยู่กับ capillary column (DB-WAX) ขนาด 60 m. x 0.25 mm. Inside diameter x 0.25 μm film thickness ใช้ helium gas เป็น carrier แยก volatile compounds ได้ทั้งหมด 155 ตัว แบ่งออกเป็น 23 sulfur containing compounds, 23 aldehydes, 10 ketones, 36 alcohols, 9 acids ,11 esters , 24 terpenes , 6 thiocyanate, 6 aromatic compounds และ 7 miscellaneous compounds โดยจะสรุป volatile compounds ที่แยกมาได้ เป็นกลุ่ม ดังนี้

1) sulfur containing compounds

จะพบ diallyl disulfide isomers , methylallyl disulfide , dimethyl trisulfide และ dimethyl disulfide อยู่มาก สารประกอบเหล่านี้จะมีส่วนช่วยทำให้เกิดกลิ่น strong cooked cabbage , hot spicy และ/หรือ fresh garlic และ green onion like odors ซึ่งเป็นลักษณะกลิ่นเฉพาะโดยรวมของกิมจิ คาดว่า sulfur containing compounds ที่พบจะมาจาก Allium species ที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทำกิมจิ เช่น กระเทียม ต้นหอมสด และจะมีบทบาทต่อ flavor ของกิมจิด้วย

2) aldehydes

พบ (E)-2-butenol , (E)-2-hexenol , (E)-citral , (Z)-citral , phenylacetaldehyde , 3-methylbutanol และ (E,E)-2,4-decadienal อยู่มาก นอกจากนี้ยังพบ (E,Z)-2,6-nonadienal ในปริมาณน้อยๆ โดยเป็นไปได้ว่า (E,Z)-2,6-nonadienal , (E,E)-2,4-decadienal , 3-methylbutanol และ phenylacetaldehyde จะมีส่วนช่วยส่งเสริม overall flavor ของกิมจิ เนื่องจากว่าสารประกอบดังกล่าว มี odor threshold value (ค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารประกอบที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้) ในระดับต่ำๆ 0.03 ,0.1, 0.1 และ 4 ppb. ตามลำดับ

(E,Z)-2,6-nonadienal จะให้กลิ่นที่คล้ายแตงกวาสด (Schieberle , Ofner และ Grosch 1990) สารประกอบนี้จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ linoleic และ linolenic acid 44-60% จาก total free fatty acid ที่มีอยู่ในกิมจิ ส่วน 3-methylbutanol จะให้กลิ่น dark chocolate like คาดว่าสารประกอบนี้จะเกิดมาจาก microbial degradation ของ amino acid

3) ketones

พบว่า 2,3-butanedione ซึ่งให้กลิ่น buttery and cheese like จะมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น และ 1-octen-3-one ซึ่งให้กลิ่น mushroom and earthy จะมีความเข้มข้นลดลงในช่วงของการหมัก

4) alcohols

ในขณะหมักจะพบ ethanol , propanol , 1-penten-3-ol , 3-methyl-1-butanol และ 2-furan-methanol นอกจากนี้ยังพบพวก terpene alcohol คือ borneol , β-citronellol , geraniol , nerolidol และ linalool โดยที่ ethanol จะเพิ่มขึ้นสูงในขณะหมัก linalool จะให้กลิ่น floral , spicy and flower like ตลอดการหมัก ส่วน 2-phenyl ethanol จะให้ floral and rosy ตลอดการหมักเช่นเดียวกัน

terpene alcohol ที่พบในการหมักกิมจิจะเกิดจาก nonvolatile terpenoid glycoside โดย enzyme , acid และ/หรือ ความร้อน

5) terpenes

terpenes ที่พบจะไม่มีผลต่อ flavor เมื่อเปรียบเทียบกับ sulfur containing compounds

6) thiocyanate

2-phenyl ethyl–isothiocyanate , 3-butenyl isothiocyanate และ methyl thiocyanate จะลดลงเรื่อยๆในขณะหมัก สารประกอบเหล่านี้จะให้กลิ่น mustard oil , pungency , hot-like odor เป็น major component ซึ่งมีผลต่อลักษณะเฉพาะของกลิ่นใน Chinese cabbage , cabbage , broccoli และ cauliflower

6) acids

ระดับของ volatile organic acid เช่น acetic, propionic, butyric, valeric, caporic และ heptanoic acid จะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาการหมักกิมจิ โดย acetic acid จะพบในการหมักวันที่ 15 low molecular weight fatty acid จาก $C_4 - C_6$ เหล่านี้จะมี rancid , pungent และ cheese odor โดยกลิ่นที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น fatty acid เหล่านี้อาจเกิดจาก lipid oxidation หรือ bacterial degradation ของ amino acid

โดยสรุป volatile compound พวก sulfur containing compounds จะมีบทบาทสำคัญต่อการสร้าง flavor ในกิมจิมากกว่า volatile compound อื่นๆ

Young-Hee , Jung-Soo และ Young-Sook (2000) แยก volatile compound ในกิมจิ (mustard leaf *Brassica juncae* kimchi) ในระหว่างการหมัก (0-14 วัน) เตรียมตัวอย่างโดยใช้เทคนิค distillation และ แยกสารประกอบโดยใช้ gas chromatography-flame ionized detector (GC-FID) และ gas chromatography-mass selective detector (GC-MSD) พบ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนกับกรด 63% และกลุ่มสารประกอบ isothiocyanate 30% (2-phenylethyl isothiocyanate, benzothiazole , 2-methyl benzothiazole และ 2-(3H)- benzothiazolone) โดยปริมาณของสารประกอบ isothiocyanate ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นฉุน (pungency)ในผักกาดเขียวจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการหมักเกิดขึ้น

Soon-Sil และคณะ (1995) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของ pungent component ใน dolsan leaf mustard kimchi ในขณะหมัก พบสารประกอบหลัก คือ 3-isothiocyanate-1-propene(allyl isothiocyanate) , di-2-propenyl disulfide , 1-methoxy-2-butanol , 4- isothiocyanate-1-butene และ dimethyl trisulfide โดย allyl isothiocyanate และ 4- isothiocyanate-1-butene จะลดลงในขณะหมักและเก็บรักษา แต่ dimethyl trisulfide จะเพิ่มขึ้น ส่วน 1-methoxy-2-butanol จะเพิ่มมากขึ้นในช่วงแรกของการหมักและมีความเข้มข้นสูงมากที่สุดเมื่อมีการหมัก 2-3 วัน และจะลดลงในวันที่ 4 di-2-propenyl disulfide จะลดระดับลงหลังจากเก็บไว้ 5 วัน และจะเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บไว้ 10 วัน

Cha และคณะ (1999) ศึกษาและแยกสารประกอบในกิมจิ เตรียมตัวอย่างโดย vacuum simultaneous steam distillation-solvent extraction (V-SDE) วิเคราะห์แยกสารประกอบโดยใช้ gas chromatography/mass spectrometry/ olfactometry พบสารประกอบ 64 ชนิด โดยสารให้กลิ่นที่พบมากที่สุดคือ methylallyl trisulfide(garlic salt-like), methyl (methylthio)methyl disulfide (green onion, rubbery), methylpropyl disulfide (garlic-like), dipropyl disulfide (roasted garlic-like), dimethyl trisulfide (cooked cabbage-like), diallyl disulfide (green onion-like), phenylethyl acetate (floral, seaweed-like), allyl sulfide (roasted garlic-like), (E)-propenylpropyl disulfide (roasted garlic-like), (E)-2-octenal (sesame oil-like) ซึ่งแสดงว่า sulfur-containing compound จะมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างกลิ่นรสของกิมจิ

5.4 มะกอกดอง

มะกอกเป็นผลไม้ชนิดหนึ่ง บางครั้งในการหมักก็อาจจัดว่าอยู่ในประเภทผักดองด้วย เนื่องจากมีการหมักที่คล้ายคลึงกัน (Pederson,1979 ; Frazier และ Westhoff,1988) Fleming , Etchells และBell (1969) ได้แยก volatile components ในมะกอกที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ คือ *Lactobacillus plantarum, Pediococcus cerevisiae* และ *Leuconostoc mesenteroides* เตรียมตัวอย่างโดย head-space vapor analysis และวิเคราะห์ด้วย gas-liquid chromatography ซึ่งประกอบด้วย 6 ft ,1/4 in stainless steel tube , packed ด้วย 5% Carbowax 20M บน 60/80 mesh Chromosorb G ใช้ helium gas เป็น carrier พบสารประกอบให้กลิ่น 3 ตัว คือ acetaldehyde , methyl sulfide และ ethanol โดยตัวอย่างทั้ง 3 จะให้ profile ออกมาเหมือนกัน คือให้สารต่างๆที่เหมือนกันแต่มีค่าความสูงของ peak แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงของ peak พบว่า methyl sulfide และ acetaldehyde มีความสูงหรือปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากในการหมักแบบต่างๆ ส่วน ethanol พบว่าการหมักแบบธรรมชาติ จะมี ethanol ที่สูงมากที่สุด เนื่องจากในการหมักแบบธรรมชาติจะมีการเจริญของเชื้อยีสต์ที่สูง จึงทำให้เกิดการหมักของ ethanol ได้ดี การหมักโดย *Leuconostoc mesenteroides* จะให้ ethanol สูงรองลงมา ซึ่ง ethanol ที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลจากการหมักแบบ heterofermentation จึงให้ ethanol ที่สูงกว่าการหมักด้วย *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ซึ่งให้การหมักแบบ homofermentation

Montano , Sanchez และ Rejano (1990) ได้ศึกษา volatile components ในมะกอกที่หมักเป็นเวลา 6 เดือน จนมีค่า pH 4.5 , ความเป็นกรด 0.6% (กรดแลคติก) และมีปริมาณเกลือ 5.8% เตรียมตัวอย่างโดยเทคนิค headspace vapor และวิเคราะห์ด้วย gas chromatography ซึ่งประกอบด้วย Supelcowax 10 fused-silica capillary column ขนาด 30m.xI.D. 0.53mm. ฟิล์มหนา 1.0 µm. และ flame ionization detector พบองค์ประกอบหลัก คือ acetaldehyde, methanol, ethanol, 2-butanol และ n-propanol โดยพบ acetaldehyde , methyl sulfide และ ethanol เช่นเดียวกับ Fleming , Etchells และ Bell (1969)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์

1. ผักกาดเขียวปลี พันธุ์ปลีแหลม จากตลาดไท
2. เกลือแกง ตรานกอินทรีย์
3. น้ำตาลทราย ตรามิตรผล

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. sodium hydroxide (Merck, German)
2. potassium hydrogen phthalate (Merck, German)
3. phenolphthalein (Merck, German)
4. silver nitrate (BDH Chemicals,UK)
5. potassium chromate (Merck, German)
6. potassium chloride (Carlo Erba, USA)
7. copper (II) sulphate pentahydrate (Ajax Chemicals, Australia)
8. potassium sodium tartrate tetrahydrate (APS Finechem, Australia)
9. methylene blue (May & Baker, USA)
10. lead acetate (May & Baker, USA)
11. potassium oxalate (May & Baker, USA)
12. hydrochloric acid (J.T. Baker, USA)
13. citric acid (Merck, German)
14. Whatman No.1
15. Whatman No.41H
16. Whatman No.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. plate count agar (Merck, German)
2. MRS agar (Merck, German)
3. Nutrient agar (Difco Laboratories, USA)
4. sodium chloride (Carlo Erba, USA)
5. magnesium sulphate (Sigma Chemicals, USA)
6. manganese sulphate (Sigma Chemicals, USA)
7. ferrous sulphate (Carlo Erba, USA)
8. peptone (Difco Laboratories, USA)
9. crystal violet (Carlo Erba, USA)
10. iodine (Ajax Chemicals, Australia)
11. ethanol (J.T. Baker, USA)
12. safranin O (Carlo Erba, USA)
13. bromthymol blue (Sigma Chemicals, USA)
14. phenol red (Sigma Chemicals, USA)
15. yeast extract (Difco Laboratories, USA)
16. beef extract (Difco Laboratories, USA)
17. hydrogen peroxide (Merck, German)
18. fructose (Ajax Chemicals, Australia)
19. glucose (APS Finechem, Australia)
20. lactose (Ajax Chemicals, Australia)
21. sucrose (Difco Laboratories, USA)
22. raffinose (BDH Chemicals,UK)
23. mannitol (May & Baker, USA)
24. sorbitol (BDH Chemicals,UK)
25. xylose (Sigma Chemicals, USA)
26. maltose (May & Baker, USA)
27. glycerol (Sigma Chemicals, USA)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งหยาบ (Sartorius รุ่น BP3100S)
2. เครื่องชั่งละเอียด (AND รุ่น HR-200)
3. pH meter (SCHOTT รุ่น CG 825)
4. incubator (Memmert รุ่น 500)
5. cool incubator (Gallenkamp)
6. autoclave (SANYO Labo Autoclave รุ่น MLS-2400)
7. hot plate
8. microwave (Litton รุ่น AH15610.A)
9. oven (WTB binder)
10. กล้องจุลทรรศน์ (OLYMPUS รุ่น CH30RF200)
11. เครื่องเขย่าผสม (Super-Mixer ; Lab-Line Instrument, Inc.)
12. เครื่องบด (WARING รุ่น 32BL79)
13. colony counter (Gallenkamp รุ่น P1460)
14. desiccator
15. purge & trap sampler (Tekmar Dohrmann รุ่น 3100)
16. GC system (Hewlett-Packard รุ่น HP6890 GC series)
17. Mass selective detector (Hewlett-Packard รุ่น HP5973 MSD)
18. GC column HP-5MS ; ID 0.25 mm. X 30m. (Hewlett-Packard)
19. Tenax trap column (Suspelco, Inc.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลี

เนื่องจากจะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบ ดังนั้นจึงต้องศึกษาสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์เบื้องต้นของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง โดยทดสอบสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์

1.1 สมบัติทางเคมี

1.1.1 ความชื้น (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.1)

1.1.2 pH (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.2)

1.1.3 % total acidity (as citric acid) (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.3)

1.1.4 % total sugars (as invert sugar) (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.4)

1.2 สมบัติทางจุลินทรีย์

1.2.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยเพาะเลี้ยงใน plate count agar (ภาคผนวก ก. ข้อ 2.1)

1.2.2 จำนวนแบคทีเรียกลุ่มแลคติก โดยเพาะเลี้ยงใน MRS agar (ภาคผนวก ก. ข้อ 2.2)

2. ศึกษาการหมักผักกาดเขียวปลีโดยใช้เชื้อธรรมชาติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมัก

ผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncae* L.) พันธุ์ปลีแหลม ซื้อมาจากตลาดไท โดยคัดเลือกผักที่สด ไม่เปียก แฉะน้ำ เพื่อลดการเน่าเสียก่อนการดอง เตรียมผักกาดเขียวปลีโดยการนำมาตัดแต่งส่วนที่เป็นใบและส่วนที่เสียทิ้ง ล้างเศษดินออกด้วยน้ำให้สะอาด นำไปผึ่งแดดประมาณ 6 ชั่วโมง หรือทิ้งให้ความชื้นลดลง 10% เพื่อเป็นการช่วยลดความชื้นในผักลง เนื่องจากว่าถ้าผักมีความชื้นสูงเมื่อนำมาดอง น้ำในผักจะซึมผ่านออกมามากทำให้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการหมักเจือจางลงจึงทำให้การหมักเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่า นอกจากนี้การลดความชื้นของผักกากเขียวปลียังทำให้ผักนิ่ม ไม่หักได้ง่าย ทำให้สะดวกในการบรรจุผักลงในภาชนะที่ใช้ในการหมัก

นำผักกาดเขียวปลีที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว บรรจุในถังหมักให้แน่น เติมน้ำดองที่เตรียมจากการนำเกลือ น้ำตาล และน้ำสะอาด ผสมให้เข้ากัน ต้มให้เดือดและทำให้เย็น โดยน้ำดองที่เติม จะเติมในอัตราส่วน ผัก 1 ส่วน ต่อน้ำดอง 1.5 ส่วน จากนั้นทำให้เกิดการหมักใน

สภาวะปราศจากออกซิเจน โดยการใช้ถุงน้ำทับเอาไว้ด้านบน และปิดฝาถังหมักให้สนิท (ดัดแปลงจาก Phithakpol และคณะ, 1995)

เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักผักกาดเขียวปลีด้วยเชื้อธรรมชาติ จึงแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมัก คือ

1) ปริมาณเกลือ 2 ระดับ คือ 4 และ 10%
2) ปริมาณน้ำตาลทราย 2 ระดับ คือ 1 และ 4%
3) อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 20±2 °C และ 30±2 °C

วางแผนการทดลองแบบ symmetric factorial experimental design ขนาด 2x2x2 ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านเคมีและจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในขณะหมัก โดยตรวจวิเคราะห์ผลทุก 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 14 วัน ดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงด้านเคมี (วิเคราะห์ 2 ซ้ำ)

2.1.1 pH ในน้ำดอง (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.2)

2.1.2 % total acidity (as lactic acid) ในน้ำดอง (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.3)

2.1.3 % salt โดย Mohr titration ในน้ำดองและเนื้อผัก (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.5)

2.1.4 % total sugars (as invert sugar) ในน้ำดองและเนื้อผัก (ภาคผนวก ก. ข้อ 1.4)

2.2 การเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์ (วิเคราะห์ 2 ซ้ำ)

2.2.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยเพาะเลี้ยงใน plate count agar (ภาคผนวก ก. ข้อ 2.1)

2.2.2 จำนวนแบคทีเรียกลุ่มแลคติก โดยเพาะเลี้ยงใน MRS agar (ภาคผนวก ก. ข้อ 2.2)

3. ศึกษาชนิดของแบคทีเรียกลุ่มแลคติกที่เจริญในช่วงการหมักผักกาดเขียวปลี

นำเชื้อแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงใน MRS agar (จากข้อ 2.2.2) โดยคัดเลือกโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่มีลักษณะการเจริญบนอาหารแข็งที่แตกต่างกันจากสังเกตด้วยตาเปล่ามาทดสอบมาศึกษาลักษณะการเจริญ ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางชีวเคมีบางประการ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดจำแนกกลุ่มแบคทีเรีย โดยยึดแนวจัดจำแนกแบคทีเรียตาม Bergey's manual of systematic bacteriology 8th edition (Peter,1986)

3.1 ลักษณะการเจริญและทางสัณฐานวิทยา (Peter,1986 ; Morris และ Maurice,1960 ; Skerman,1967)

3.1.1 ลักษณะการเจริญ บันทึกลักษณะของโคโลนีที่เพาะเลี้ยงบน MRS agar บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน โดยสังเกตลักษณะขอบ รูปร่าง และการสร้างสารมีสี (pigment)

3.1.2 การติดสีแกรมและรูปร่างของเซล ใช้แบคทีเรียที่เจริญบน MRS agar อายุ 2-3 วัน นำไปย้อมแกรม (ภาคผนวก ก. ข้อ 2.3) ดูรูปร่างและการจัดเรียงตัวของเซล

3.2 ลักษณะทางชีวเคมี (Peter,1986 ; Morris และ Maurice,1960 ; Skerman,1967)

3.2.1 การสร้างเอนไซม์คะตะเลส ใช้ลูปเขี่ยเชื้อแบคทีเรียที่เจริญบน MRS agar อายุ 2-3 วัน นำมากระจายบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด หยดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (ภาคผนวก ก. ข้อ 4.7) ลงบนเชื้อแบคทีเรียบนแผ่นสไลด์ ถ้ามีฟองก๊าซเกิดขึ้น แสดงว่าเชื้อแบคทีเรียนั้นสามารถสร้างเอนไซม์คะตะเลสได้ (ให้ผลเป็นบวก) แต่ถ้าไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้น แสดงว่าเชื้อแบคทีเรียนั้นไม่สามารถสร้างเอนไซม์คะตะเลสได้ (ให้ผลเป็นลบ)

3.2.2 การทดสอบความสามารถในการใช้แหล่งคาร์บอนต่างๆ ใช้เชื้อแบคทีเรียที่นำไปทำให้บริสุทธิ์โดยการ streak ลงบน MRS agar เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว ถ่ายเชื้อแบคทีเรียลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวพื้นฐานที่เติมแหล่งคาร์บอนต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ คือ fructose , glucose , lactose , sucrose , raffinose , mannitol , sorbitol , xylose maltose และ glycerol โดยเติมลงไป 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ภาคผนวก ก. ข้อ 4.5) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตรวจผลวันที่ 7 ด้วยการไตเตรทกับสารละลาย

โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยใช้ mixed indicator (ภาคผนวก ก. ข้อ 4.8) ดูการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากสีเหลืองส้มไปเป็นสีเขียว บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ผลบวก คือใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการไตเตรทมากกว่า 0.5 มิลลิลิตร และผลลบ คือใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการไตเตรทน้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตร

ในการจำแนกเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียจะจำแนกตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีบางประการ โดยมีรายละเอียดต่างๆที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของ lactic acid bacteria

	Lactobacillus plantarum	*Lactobacillus brevis*	*Leuconostoc mesenteroides*	*Pediococcus spp.*
Morphology	Rods , Rounded ends maybe short rods/long rods	Rods , Rounded ends	Cocci	Cocci
Motility	none	none	none	none
Staining	Gram +	Gram +	Gram +	Gram +
Occuring	singly or short chains	singly or short chains	Pairs,short or long chains	Singly/pairs/tetrads
Fermentation reaction:				
1.xylose	d	d	d	d
2.glucose	+	+	+	+
3.lactose	+	d	d	+
4.sucrose	+	d	+	+
5.maltose	+	+	+	+
6.raffinose	+	d	d	+
7.glycerol	+	-	-	-
8.mannitol	+	-	d	-
9.sorbital	+	-	-	-
10.fructose	+	+	+	+
Gas(glucose)	-	+	+	-
Catalase	-	-	-	-

\+ 90% or more strains positive
d 11-89% strains positive
\- 90% or more strains negative

ที่มา: Peter, 1986; Morris and Maurice, 1960; Skerman, 1967

4. การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผักกาดเขียวปลีดอง

นำผักกาดดองทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ที่ผ่านการหมักแล้ว 14 วัน มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้จำนวนผู้ทดสอบ 15 คน ทดสอบคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ quantitative descriptive analysis (QDA) โดยคะแนนด้านต่างๆมีค่าดังนี้ (ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก จ)

1) สี คะแนน 0 หมายถึง ผักกาดดองตัวอย่างมีสีเหลือง และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีสีเขียว

2) กลิ่นผักดอง คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีกลิ่นหอมของผักกาดดองน้อย และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีกลิ่นหอมของผักกาดดองมาก

3) กลิ่นผิดปกติ คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างไม่มีมีกลิ่นผิดปกติ และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีกลิ่นผิดปกติมาก

4) รสเปรี้ยว คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างไม่มีรสเปรี้ยว และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีรสเปรี้ยวมาก

5) รสเค็ม คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างไม่มีรสเค็ม และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีรสเค็มมาก

6) เนื้อสัมผัส คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีความนิ่ม และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีความแข็ง กรอบ

วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ symmetric factorial with randomized complete block ขนาด 2x2x2 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan 's new multiple range test

5. การวิเคราะห์สารให้กลิ่น (flavor profile) ในผักกาดเขียวปลีดอง

นำผักกาดดองที่หมักไว้ 14 วัน เตรียมตัวอย่างโดยเทคนิค purge & trap และวิเคราะห์ flavor profile โดย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS)

5.1 การเตรียมตัวอย่างผักกาดเขียวปลีดองโดยเทคนิค purge & trap

เตรียมตัวอย่างโดยนำผักกาดเขียวปลีดองที่ผ่านการหมัก 14 วัน จำนวน 200 กรัม และน้ำดอง 100 กรัม บดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันใน blender นาน 60 วินาที จะได้ตัวอย่างเป็น slurry ชั่ง slurry 10 กรัม ใส่ในหลอดตัวอย่างสำหรับ purge & trap เติม

toluene 87 ppm (internal standard) 10 ไมโครลิตร นำหลอดตัวอย่างต่อเข้ากับ purge & trap sampler (Tekmar Dohrmann รุ่น 3100) preheat purge & trap sampler ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และ prepurge 1 นาที จากนั้นจึง purge ด้วย helium gas ที่อัตราเร็ว 40 มิลลิลิตรต่อนาที adsorb volatile sample ด้วย Tenax trap column (Suspelco, Inc.) และ dry Tenax trap column ที่ 180 องศาเซลเซียส , 5 นาที desorption trap volatile ที่ 180 องศาเซลเซียส ด้วย helium gas ที่อัตราเร็ว 4 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที

5.2 การวิเคราะห์ flavor profile โดย gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS)

desorbed volatile sample จาก Tenax trap column จะถูกส่งผ่าน GC column(HP-5MS) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร ใน GC system (Hewlett-Packard รุ่น HP6890 GC series) ผ่าน helium gas ที่อัตราเร็ว 1 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที โดยมี initial temperature 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของ oven จะถูกทำให้เพิ่มขึ้นจาก 40 จนถึง 230 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที

mass selective detector (Hewlett-Packard รุ่น HP5973 MSD) set ดังนี้ คือ ionization source temperature 280 องศาเซลเซียส , electronic ionization voltage 70 eV. , scanning mass range 20-350 amu. , electron multiplier voltage 200 V.

นำ chromatogram ที่ได้จากการวิเคราะห์มาคำนวณ peak area และ identification peak โดยใช้ mass spectrum library (Wiley 275 Library)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลี

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในการทดลอง คือ ปริมาณความชื้น(%) , pH , % total acidity (as citric acid) และ % total sugars (as invert sugar) และสมบัติทางจุลินทรีย์เบื้องต้น คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เจริญใน plate count agar และจำนวนแบคทีเรียกลุ่มแลคติกที่เจริญใน MRS agar

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของผักกาดเขียวปลีสด

สมบัติทางเคมี	ค่าเฉลี่ย *
ความชื้น(%)	94.90 $\pm$ 0.37
pH	5.86 $\pm$ 0.03
%total sugars(as invert sugar)	0.031 $\pm$ 0.001
%total acidity(as citric acid)	0.27 $\pm$ 0.01

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีเบื้องต้นของผักกาดเขียวปลีสด แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในงานวิจัยมีค่าความชื้นที่สูงถึง 94.9% มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงของความเป็นกรด คือ 5.86 และมีค่าความเป็นกรดที่ไตเตรทได้ในรูปของกรดซิตริก 0.27% นอกจากนี้ยังมีปริมาณ น้ำตาลทั้งหมดในรูปของน้ำตาลอินเวิร์ท 0.031% โดยปริมาณน้ำตาลที่พบในผักกาดเขียวปลีมีค่อนข้างน้อย ทำให้ในการหมักจำเป็นต้องมีการเติมน้ำตาลทรายลงไป เพื่อเป็นแหล่งของคาร์บอนให้แก่เชื้อจุลินทรีย์

I19921694X

ตารางที่ 4.2 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในผักกาดเขียวปลีสด

เชื้อจุลินทรีย์	จำนวน (โคโลนีต่อกรัม) *
Total plate count	$5.03x10^6$
Lactic acid bacteria	$1.86x10^6$

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เมื่อศึกษาสมบัติทางจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีสดที่ใช้ในงานวิจัย (ตารางที่ 4.2) พบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพาะเลี้ยงใน plate count agar $5.03x10^6$ โคโลนีต่อกรัม และมีปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงใน MRS agar $1.86x10^6$ โคโลนีต่อกรัม

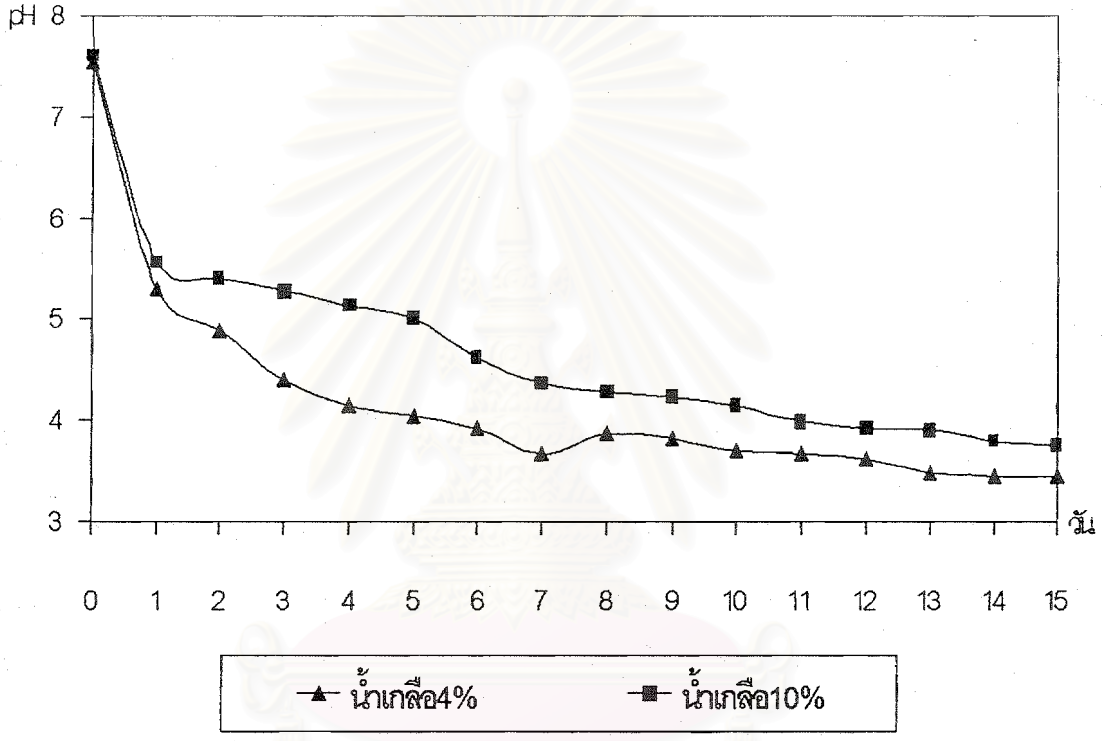
2. ศึกษาการหมักผักกาดเขียวปลีโดยใช้เชื้อธรรมชาติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมัก

ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักผักกาดเขียวปลี ได้แก่ ปริมาณเกลือ 2 ระดับ คือ ร้อยละ 4 และ 10 ปริมาณน้ำตาลทรายที่เติมลงไปเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อจุลินทรีย์ 2 ระดับ คือ ร้อยละ 1 และ 4 และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก 2 ระดับ คือ 20 และ 30 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ symmetric factorial experimental design ขนาด 2x2x2 ทดลอง 3 ซ้ำ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในขณะหมัก คือ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ค่า pH %total acidity(as lactic acid) %salt และ %total sugars(as invert sugar) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เจริญใน plate count agar และจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เจริญใน MRS agar ซึ่งจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ ทุกวัน เป็นเวลา 14 วัน และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการหมักแต่ละวันโดยใช้ Duncan 's new multiple range test วิเคราะห์ความแปรปรวนและความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MSTAT version 4.00 (แสดงตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของการหมักแต่ละวัน ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1-ข.16)

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

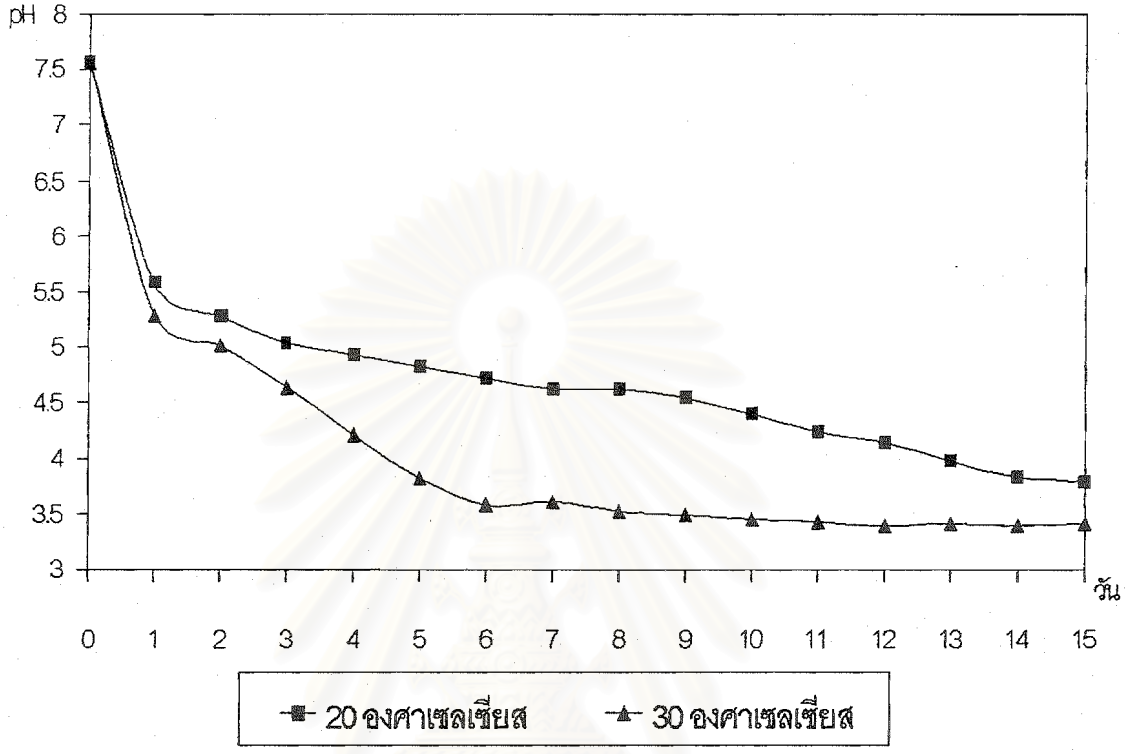
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0 - 15 วัน พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในการหมักผักกาดเขียวปลี (วัดค่า pH ในน้ำดอง) คือ ปริมาณน้ำเกลือ และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก



รูปที่ 4.1 อิทธิพลของเกลือต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

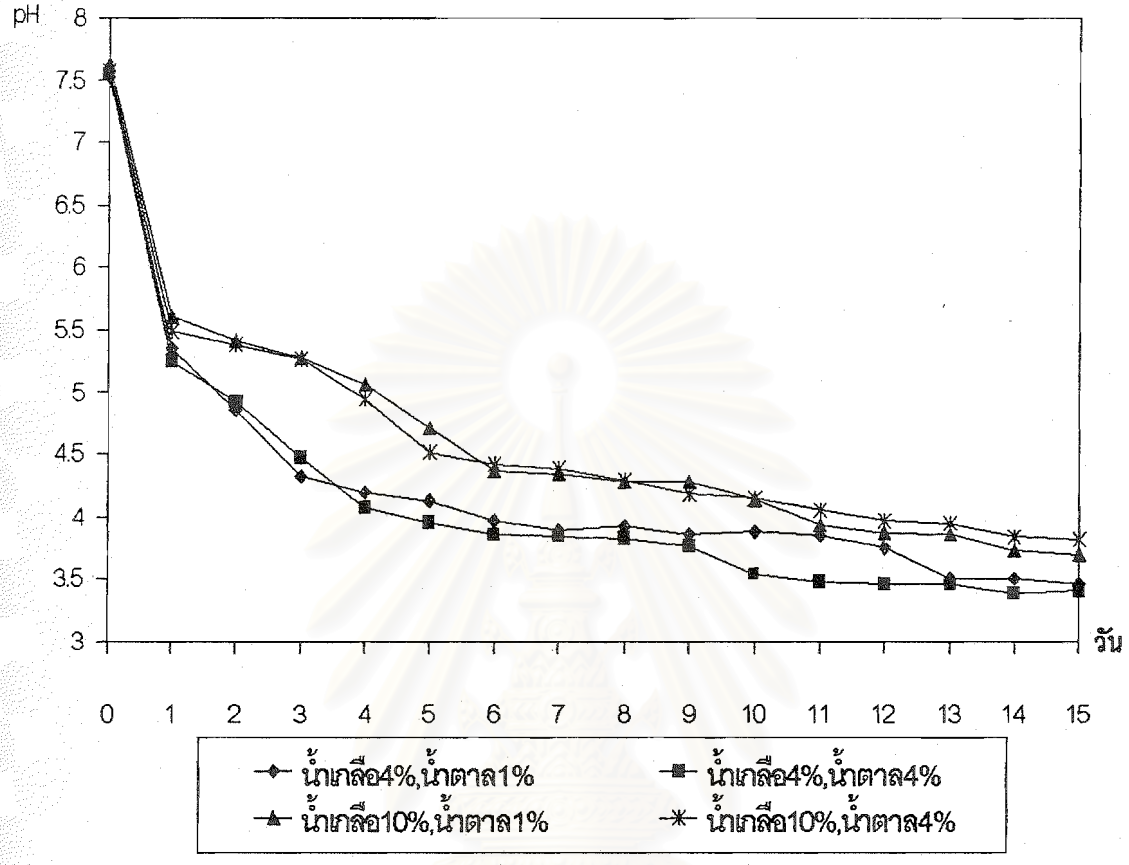
จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.1) พบว่าค่า pH ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ น้ำเกลือ 4 และ 10% จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า pH ของการหมักด้วยน้ำเกลือ 4% ในการหมักวันที่ 1-15 จะมีค่าลดลงมากกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือ 10 % ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

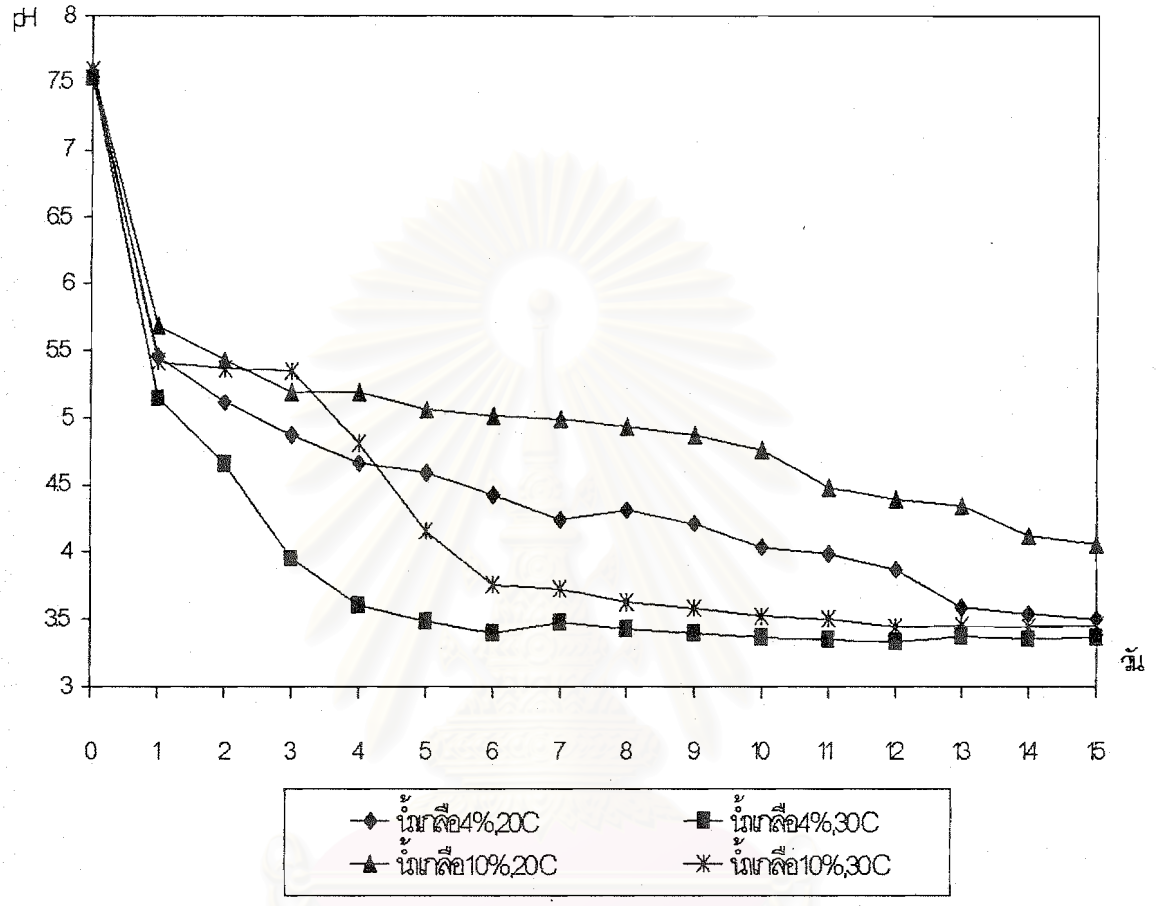
จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.2 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.2) พบว่าค่า pH ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิ 20 และ 30°C จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า pH ของการหมักที่อุณหภูมิ 30°C ในการหมักวันที่ 1-15 จะมีค่าลดลงมากกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 20°C ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับน้ำตาล และ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผักกาดดองในช่วงระยะเวลาการหมัก 0 - 15 วัน



รูปที่ 4.3 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า pH ของผักกาดดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.3 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.3) พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับน้ำตาล มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำดองของผักกาดดอง โดยค่า pH จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในช่วงระยะวันที่ 10-12 ค่า pH ของการหมักด้วยปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 4% จะมีค่าลดลงมากกว่าการหมักที่ใช้ภาวะร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับน้ำตาลแบบอื่นๆ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 4% ยังทำให้ค่า pH ของการหมักลดลงต่ำที่สุด

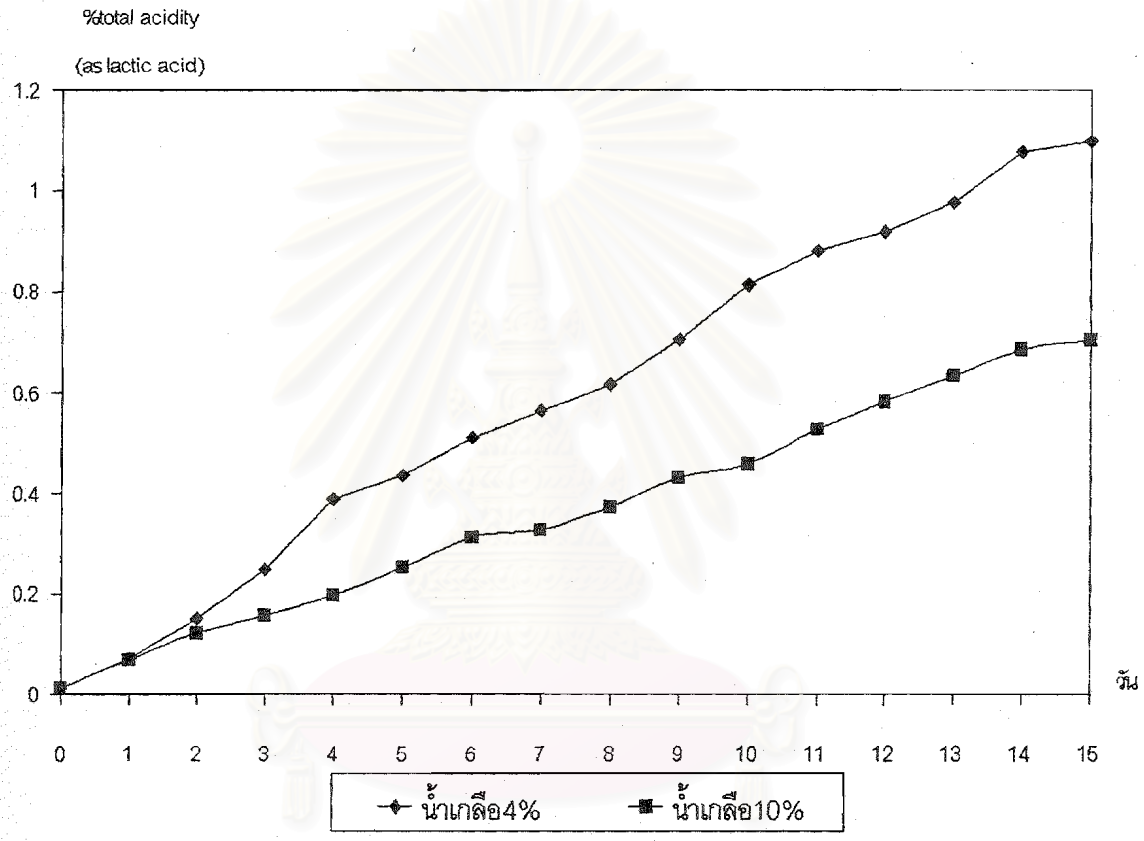


รูปที่ 4.4 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.4 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.4) พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับอุณหภูมิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำดองของผักกาดดอง โดยค่า pH จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในช่วงระยะวันที่ 8-15 ค่า pH ของการหมักด้วยปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีค่าลดลงมากกว่าการหมักที่ภาวะร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับอุณหภูมิแบบอื่นๆ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ยังทำให้ค่า pH ของการหมักลดลงต่ำที่สุด

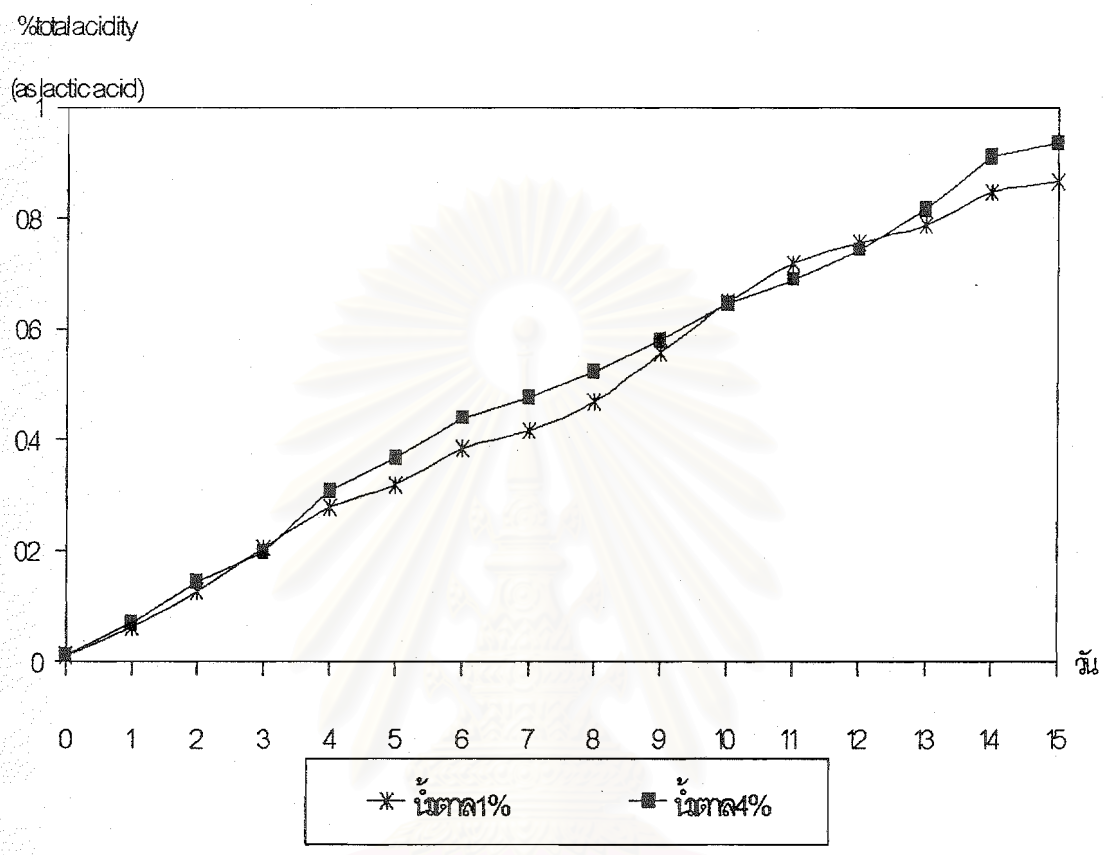
2.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่า %total acidity(as lactic acid) ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0 - 15 วัน พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ในการหมักผักกาดเขียวปลี (วัด %total acidity ในน้ำดอง) คือ ปริมาณน้ำเกลือ น้ำตาล และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก



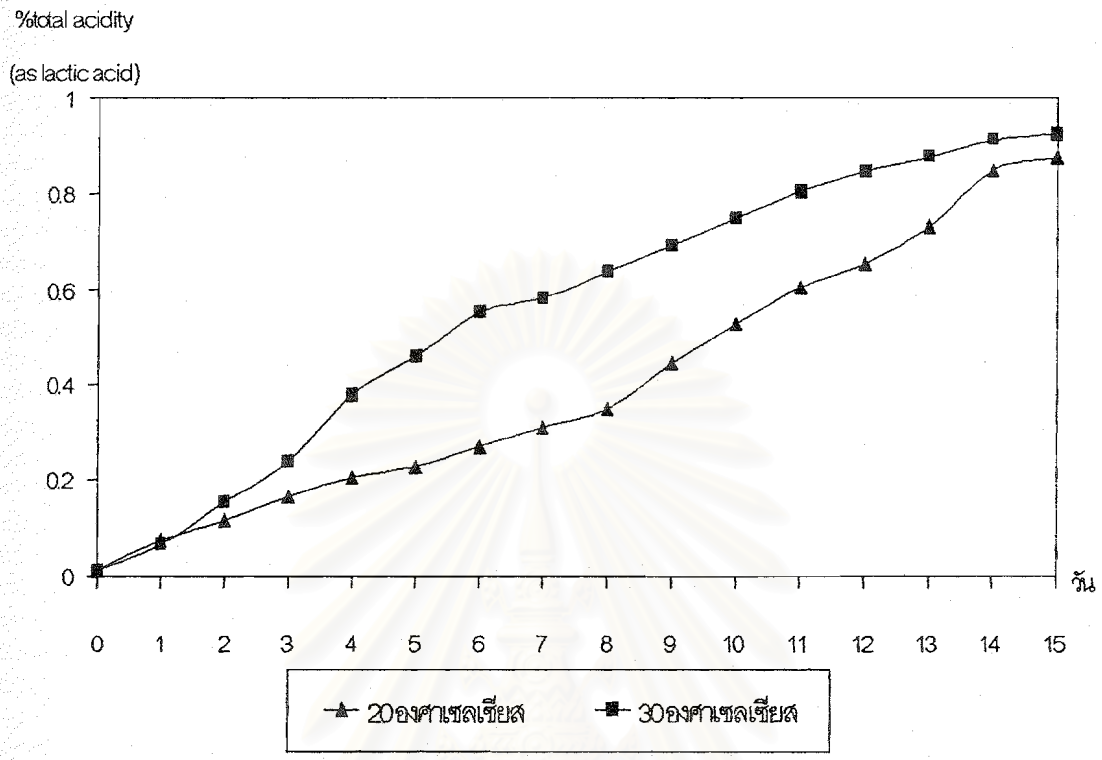
รูปที่ 4.5 อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.5 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.5) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ น้ำเกลือ 4 และ 10% จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity (as lactic acid) ของการหมักด้วยน้ำเกลือ 4% ในการหมักวันที่ 3-15 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือ 10 % ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.6 อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

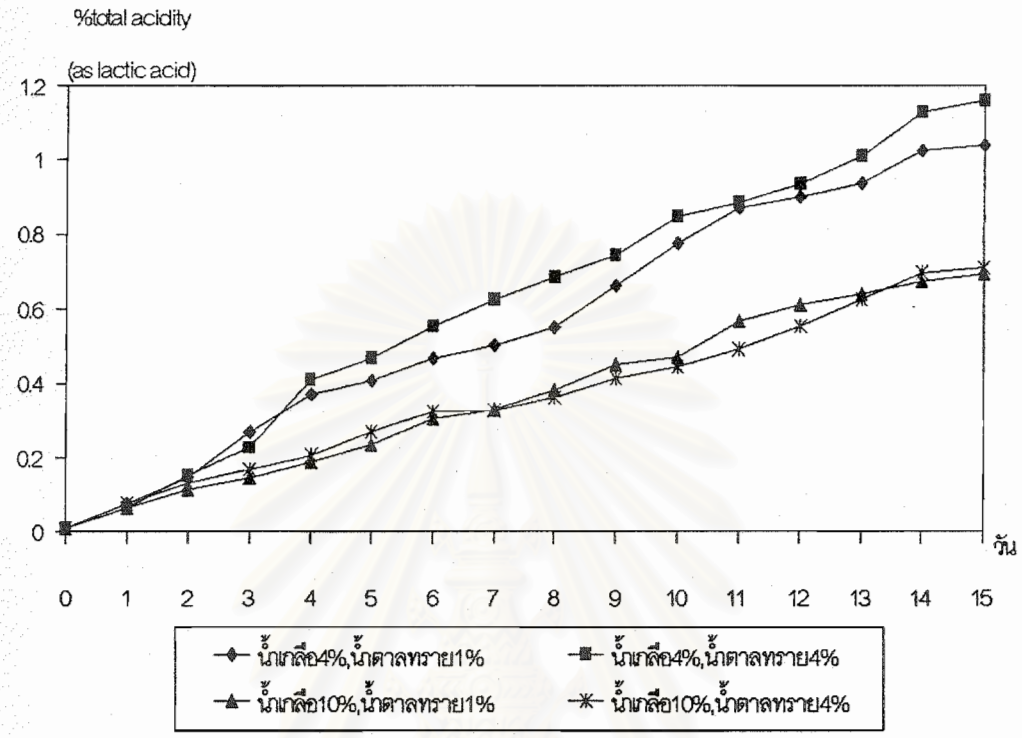
จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.6 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.6) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ น้ำตาลทราย 1 และ 4% จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักด้วยน้ำตาลทราย 4% ในการหมักวันที่ 5-7 และ วันที่ 15 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยน้ำตาลทราย 1% ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.7 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

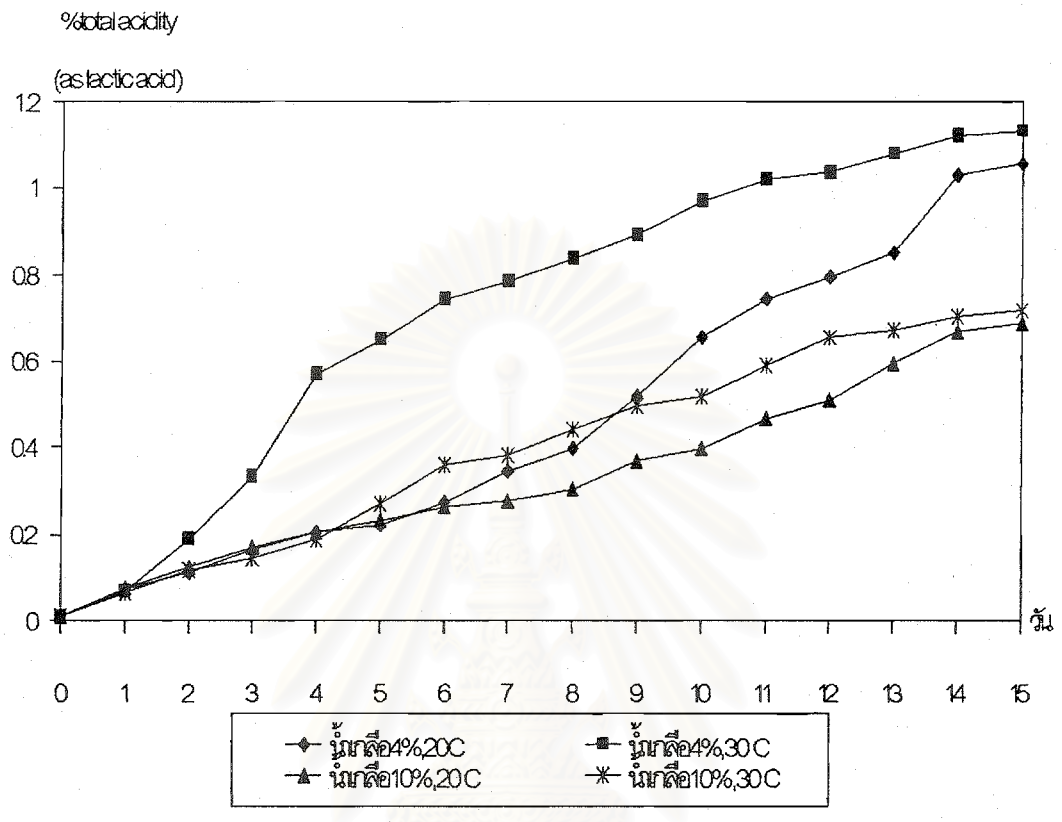
จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.7 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.7) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิ 20 และ 30°C จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity (as lactic acid) ของการหมักด้วยอุณหภูมิ 30 °C ในการหมักวันที่ 2-13 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยอุณหภูมิ 20 °C ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับน้ำตาล ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับอุณหภูมิ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับน้ำตาล และปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดดองในช่วงระยะเวลาการหมัก 0 - 15 วัน



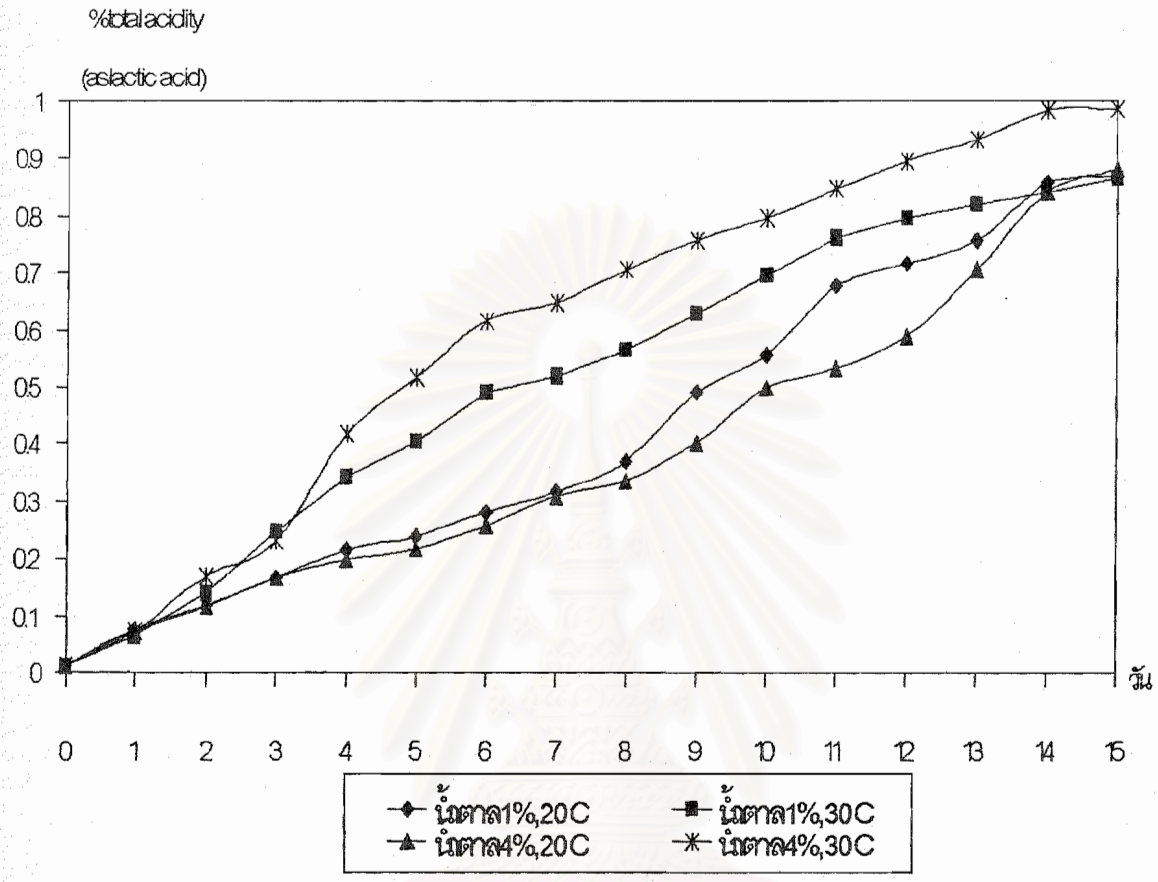
รูปที่ 4.8 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า%total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.8 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.8) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณน้ำเกลือและน้ำตาลทราย จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity (as lactic acid) ของการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างน้ำเกลือ 4% และน้ำตาลทราย 4% ในการหมักวันที่ 7-9 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณน้ำเกลือและน้ำตาลทรายแบบอื่นๆ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับเติมน้ำตาลทราย 4 ยังทำให้ค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักสูงมากที่สุด



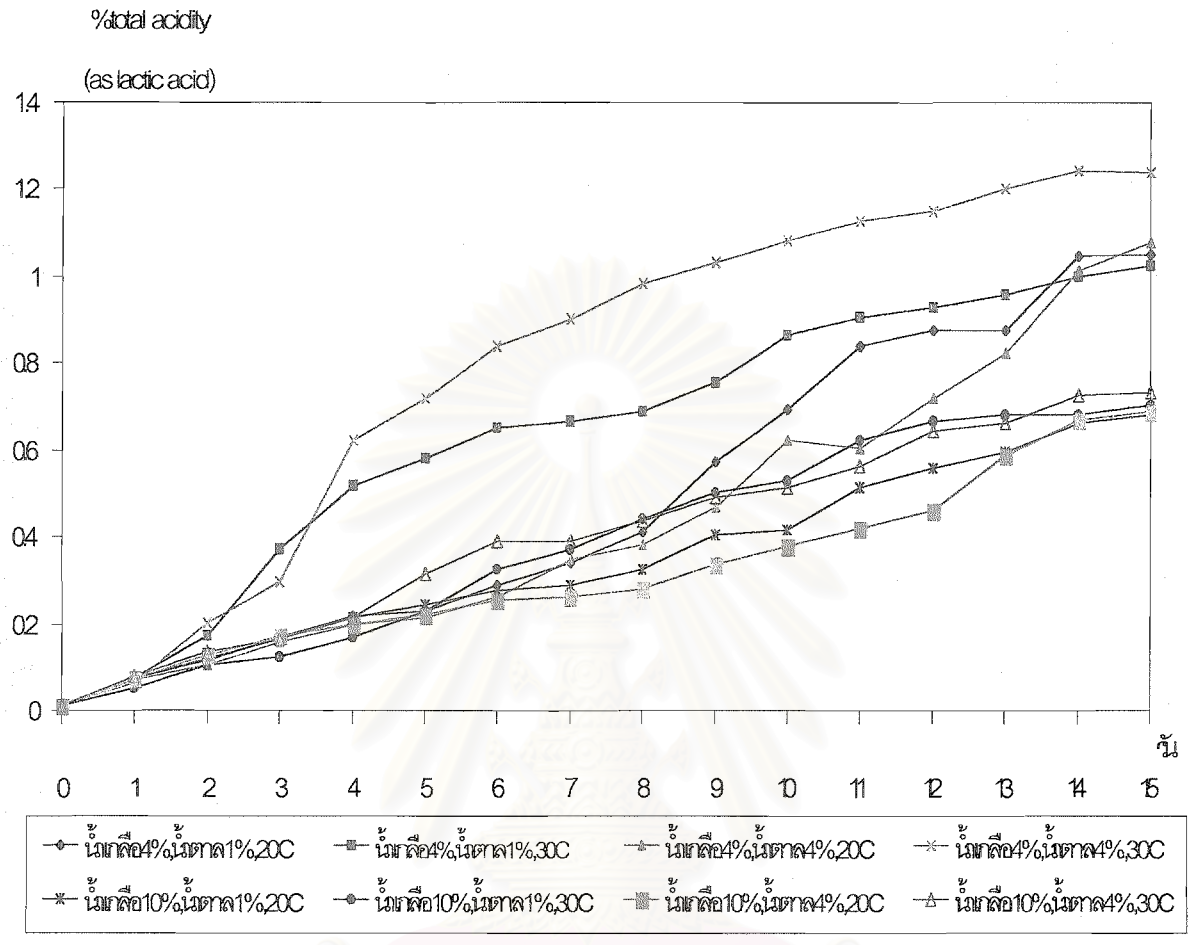
รูปที่ 4.9 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.9 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.9) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณน้ำเกลือและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างน้ำเกลือ 4% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C ในการหมักวันที่ 2-11 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณน้ำเกลือและอุณหภูมิแบบอื่นๆ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับการหมักที่อุณหภูมิ 30°C ยังทำให้ค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักสูงมากที่สุด



รูปที่ 4.10 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.10 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.10) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณน้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างน้ำตาลทราย 4% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C ในการหมักวันที่ 4-14 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณน้ำตาลทรายและอุณหภูมิแบบอื่นๆ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยปริมาณน้ำตาลทราย 4% ร่วมกับการหมักที่อุณหภูมิ 30°C ยังทำให้ค่า %total acidity (as lactic acid) ของการหมักสูงมากที่สุด

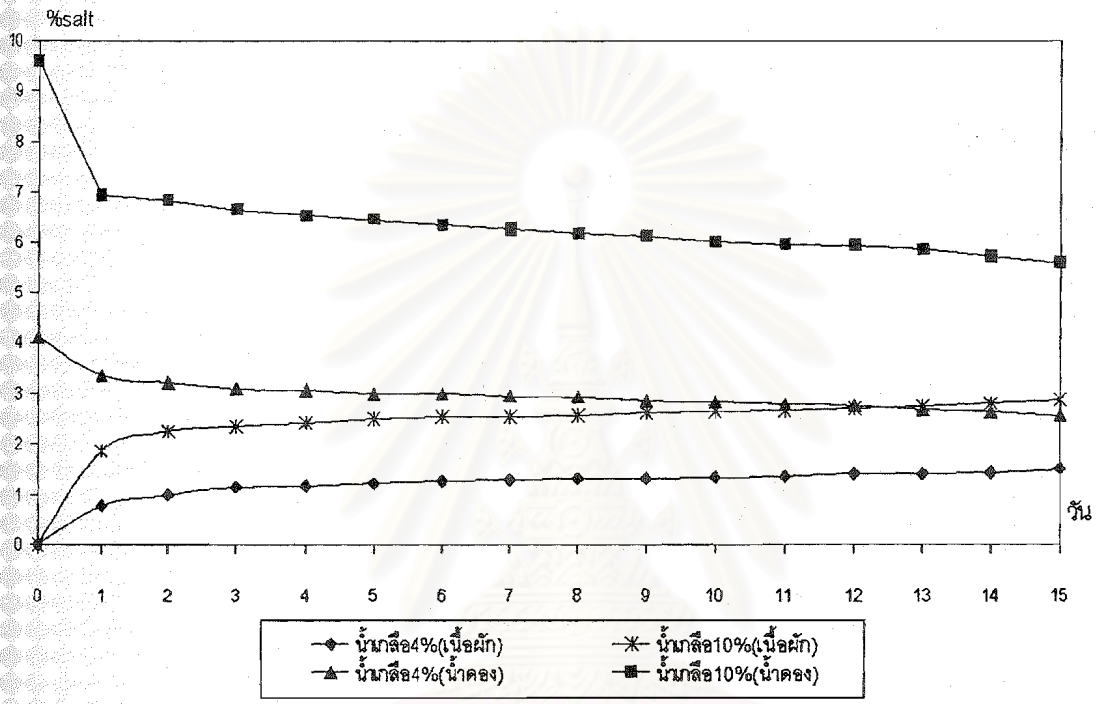


รูปที่ 4.11 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.11 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.11) พบว่าค่า %total acidity(as lactic acid) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างการเติมน้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 4% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C ในการหมักวันที่ 7-13 จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิแบบอื่นๆ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักด้วยการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทราย 4% ร่วมกับการหมักที่อุณหภูมิ 30°C ยังทำให้ค่า %total acidity(as lactic acid) ของการหมักสูงมากที่สุด

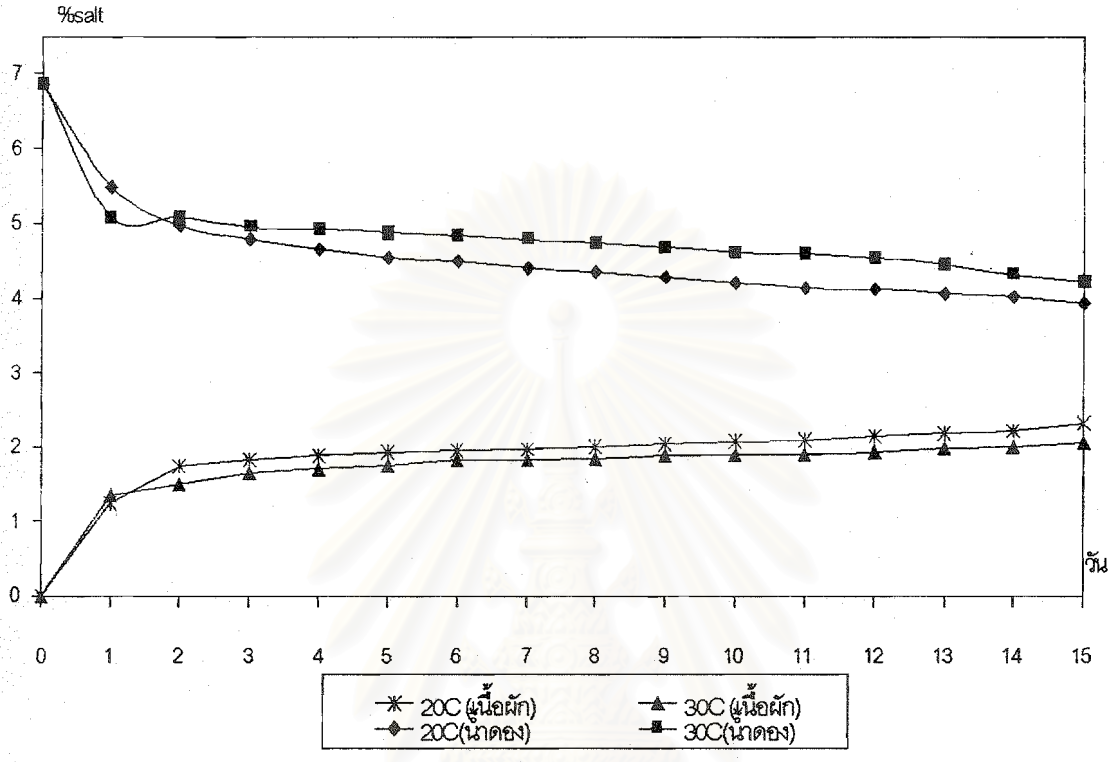
2.1.3 การเปลี่ยนแปลงค่า %salt ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0 - 15 วัน พบว่าค่า %salt ในการหมักผักกาดเขียวปลีในน้ำดองมีค่าลดลง และในส่วนของเนื้อผักเนื้อผักมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น



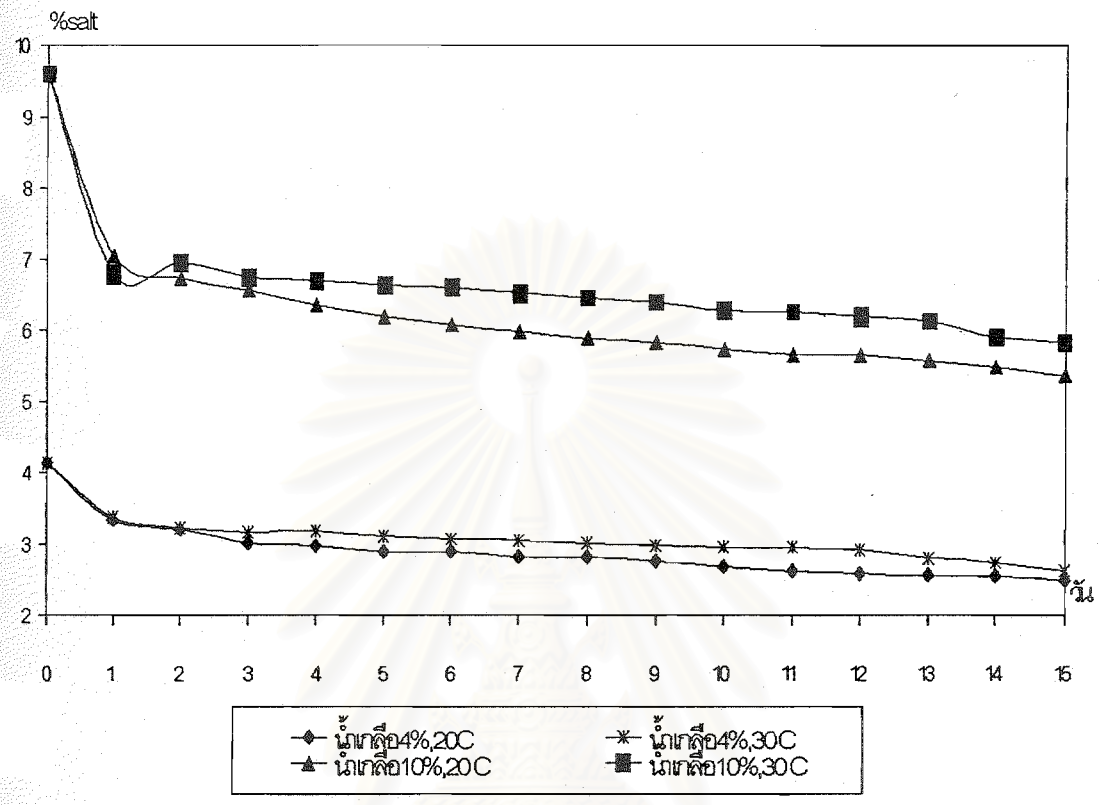
รูปที่ 4.12 อิทธิพลของเกลือต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.12 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.12) พบว่าค่า %salt ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ การเติมน้ำเกลือ 4 และ 10% จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %salt ในน้ำดองของการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 4% จะมีค่าน้อยกว่าในการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 10% ตลอดระยะเวลาการหมักวันที่ 0-15 ($p \leq 0.05$) สำหรับในส่วนของค่า %salt ในเนื้อผักจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 10% จะทำให้ค่า %salt ในเนื้อผักมีค่ามากกว่าการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 4% ตลอดระยะเวลาการหมักวันที่ 0-15 ($p \leq 0.05$)



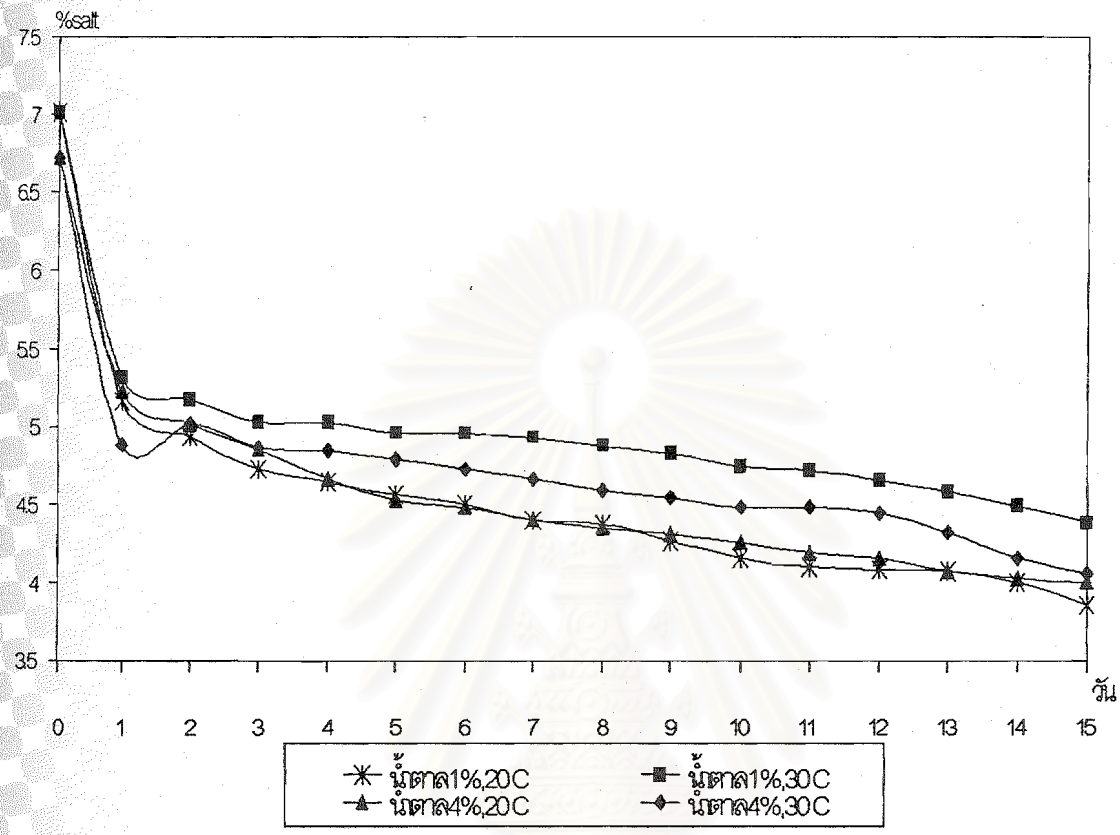
รูปที่ 4.13 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.13 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.13) พบว่าค่า %salt ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ หมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %salt ในน้ำดองของการหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะมีค่ามากกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 20°C ในช่วงการหมักวันที่ 4-15 ($p \leq 0.05$) สำหรับในส่วนของค่า %salt ในเนื้อผักจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในการหมักที่อุณหภูมิ 20°C จะทำให้ค่า %salt ในเนื้อผักมีค่ามากกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 30°C ในช่วงระยะเวลาการหมักวันที่ 1-15 ($p \leq 0.05$)



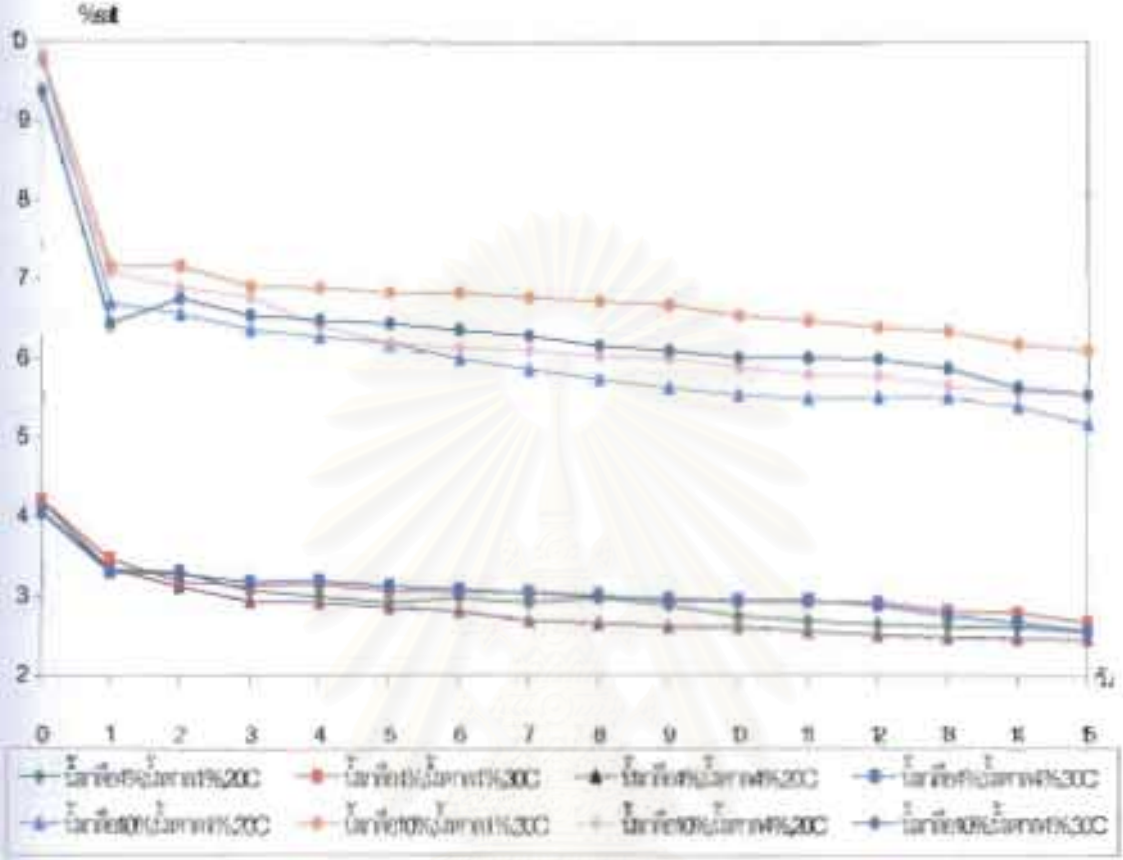
รูปที่ 4.14 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.14 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.14) พบว่าค่า %salt ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือกับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %salt ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 10% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะมีค่ามากกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือกับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 7-9 และวันที่ 15 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 10% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะทำให้น้ำดองมีค่า %salt สูงมากที่สุด



รูปที่ 4.15 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.15 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.15) พบว่าค่า %salt ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทรายกับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %salt ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทราย 1% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะมีค่ามากกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทรายกับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 1 , 9-10 และ 14-15 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทราย 1% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะทำให้น้ำดองมีค่า %salt สูงมากที่สุด

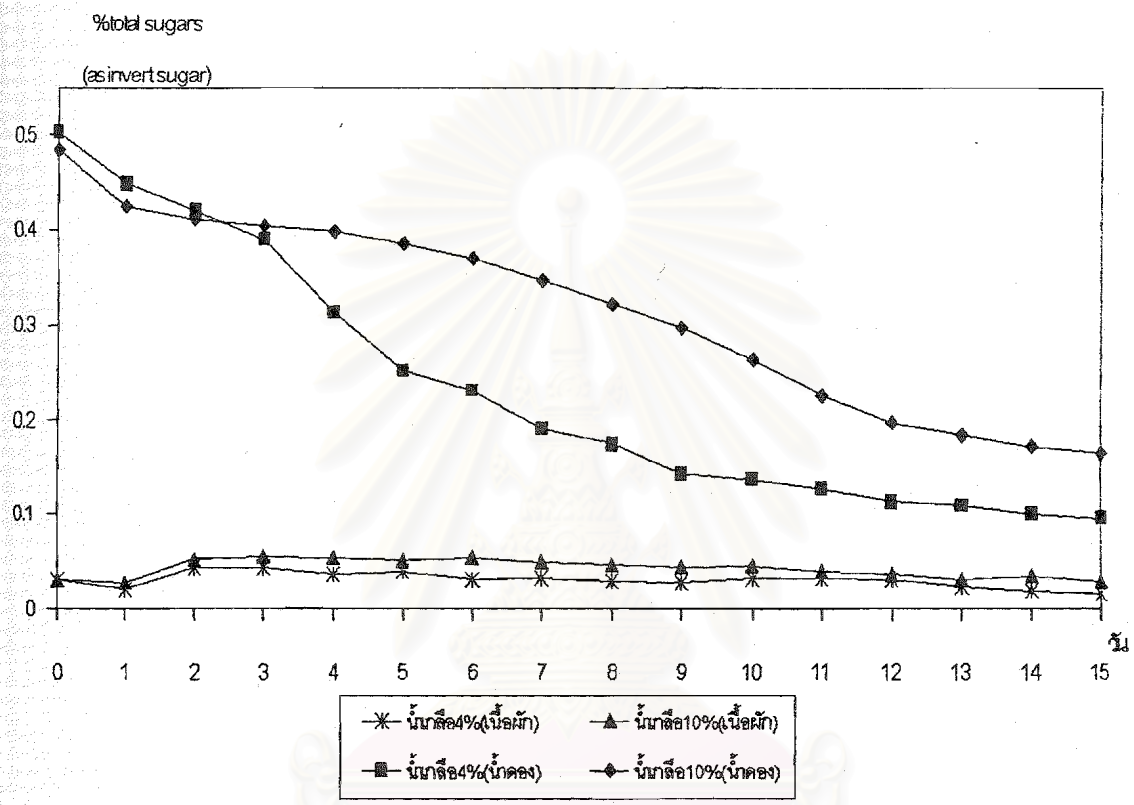


รูปที่ 4.16 อิทธิพลร่วมของน้ำเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในระณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.16 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.16) พบว่าค่า %salt ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %salt ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 1% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะมีค่ามากกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 2-3 และ 6-15 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 1% และหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะทำให้น้ำดองมีค่า %salt สูงมากที่สุด

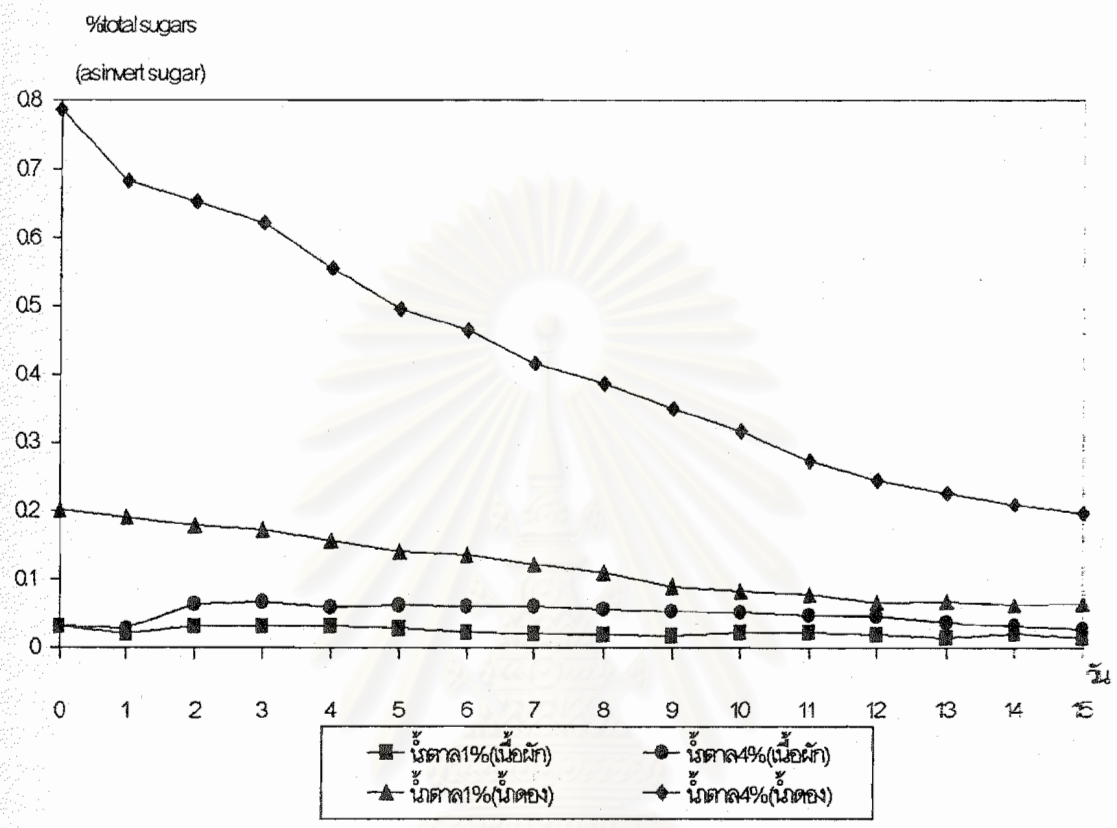
2.1.4 การเปลี่ยนแปลงค่า %total sugars(as invert sugar) ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0 - 15 วัน พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ในการหมักผักกาดเขียวปลี (วัด %total sugars ในน้ำดองและในเนื้อผัก) คือ ปริมาณน้ำเกลือ น้ำตาล และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก



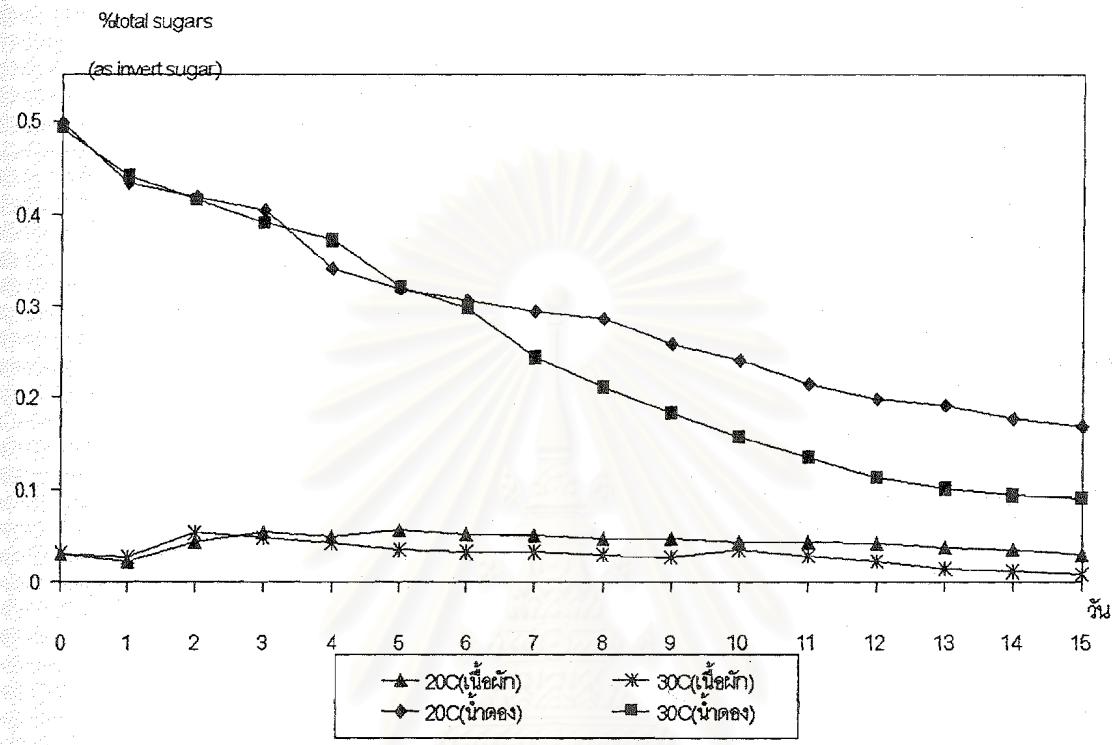
รูปที่ 4.17 อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total sugars(as invert sugar)ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.17 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.17) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ การเติมน้ำเกลือ 4 และ 10% จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 4% จะมีค่าน้อยกว่าในการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 10% ตลอดระยะเวลาการหมักวันที่ 4-15 ($p \leq 0.05$) สำหรับในส่วนของค่า %total sugars(as invert sugar) ในเนื้อผักจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 2-5 และจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 10% จะทำให้ค่า %total sugars(as invert sugar) ในเนื้อผักมีค่ามากกว่าการหมักที่มีการเติมน้ำเกลือ 4% ตลอดระยะเวลาการหมักวันที่ 1-15 ($p \leq 0.05$)



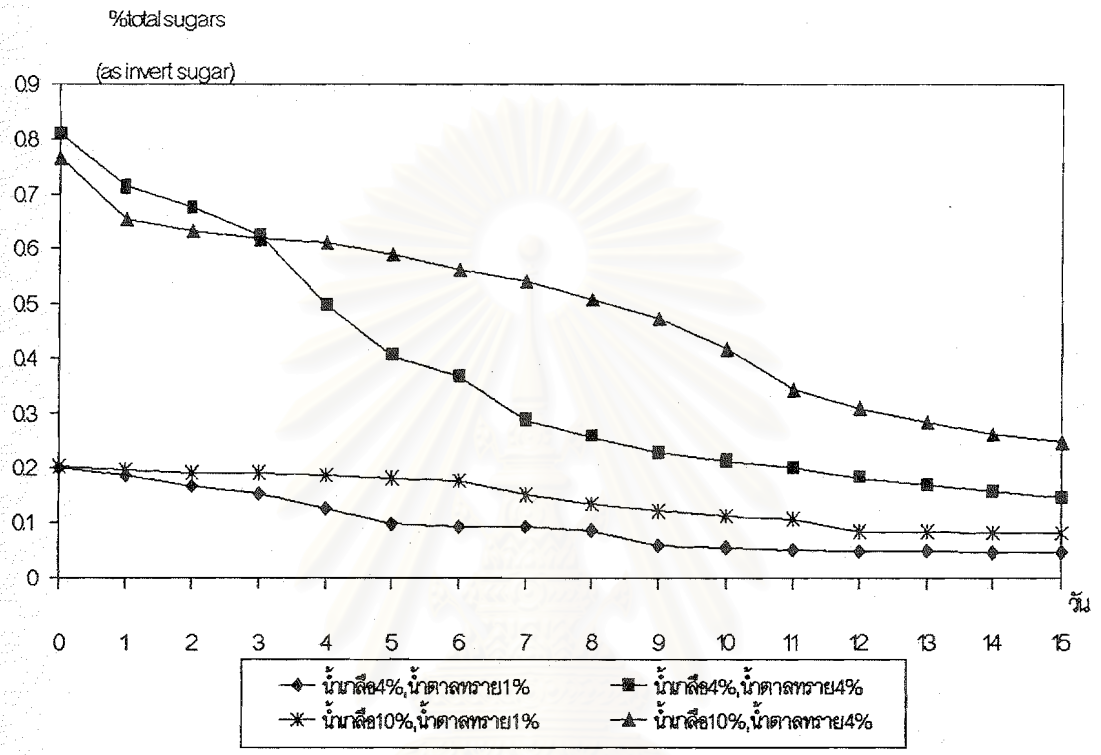
รูปที่ 4.18 อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.18 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.18) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ การเติมน้ำตาลทราย 1 และ 4% จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 1% จะมีค่าน้อยกว่าในการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 4% ตลอดระยะเวลาการหมัก($p \leq 0.05$) สำหรับในส่วนของค่า %total sugars(as invert sugar) ในเนื้อผักจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อหมักเป็นเวลา 2-4 วัน และภายหลังจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 4% จะทำให้ค่า %total sugars(as invert sugar) ในเนื้อผักมีค่ามากกว่าการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 1% ตลอดระยะเวลาการหมักวันที่ 1-15 ($p \leq 0.05$)



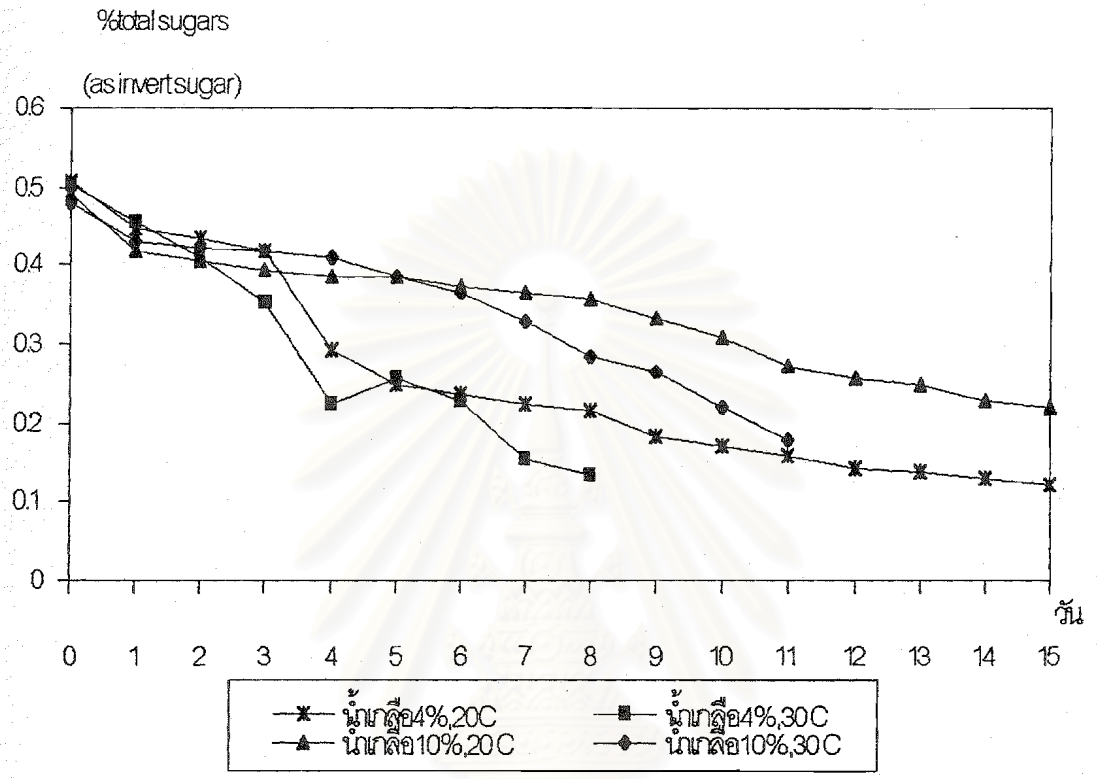
รูปที่ 4.19 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.19 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.19) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิ 20 และ 30°C จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะมีค่าน้อยกว่าในการหมักที่อุณหภูมิ 20°C ในการหมักวันที่ 4-15 ($p \leq 0.05$) สำหรับในส่วนของค่า %total sugars(as invert sugar) ในเนื้อผักจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อหมักเป็นเวลา 4-6 วัน และภายหลังจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยในการหมักที่อุณหภูมิ 30°C จะทำให้ค่า %total sugars(as invert sugar) ในเนื้อผักมีค่าน้อยกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 20°C ในการหมักวันที่ 1-2 และ 4-15 ($p \leq 0.05$)



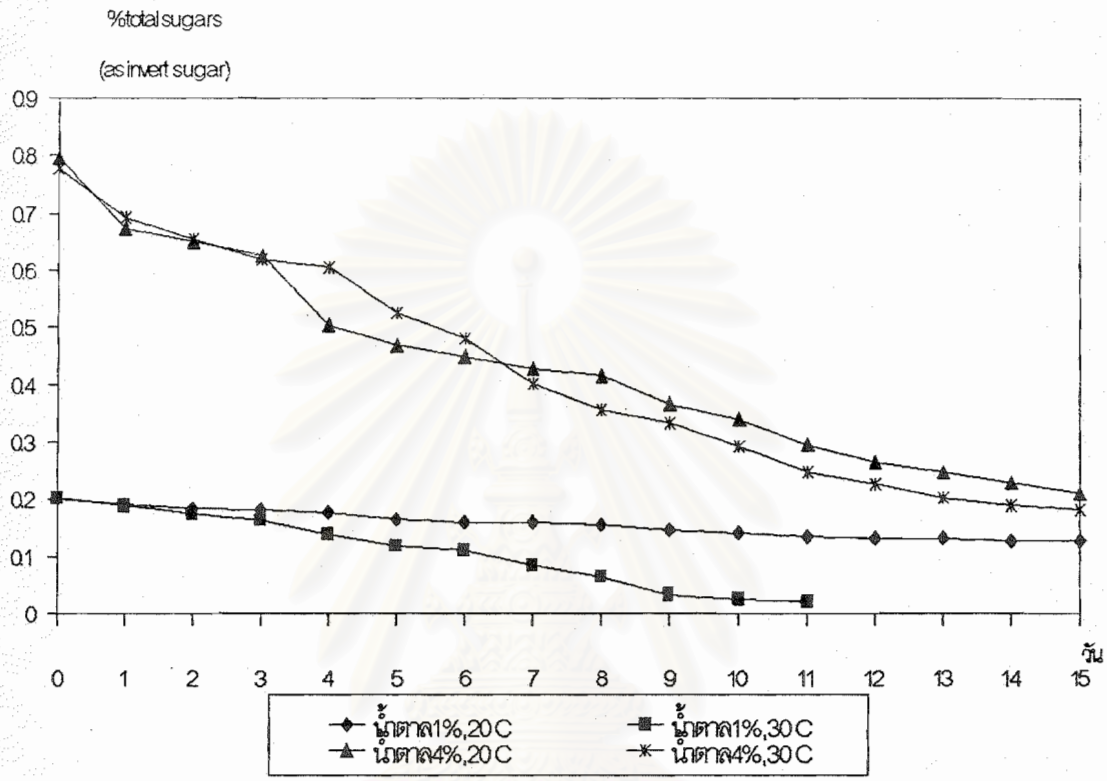
รูปที่ 4.20 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.20 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.20) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือและน้ำตาลลงในการหมัก จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% และ น้ำตาลทราย 1% จะมีค่ามากกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือและน้ำตาลในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 1-15 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% และ การเติมน้ำตาลทราย 1% จะทำให้น้ำดองมีค่า %total sugars(as invert sugar) น้อยที่สุด



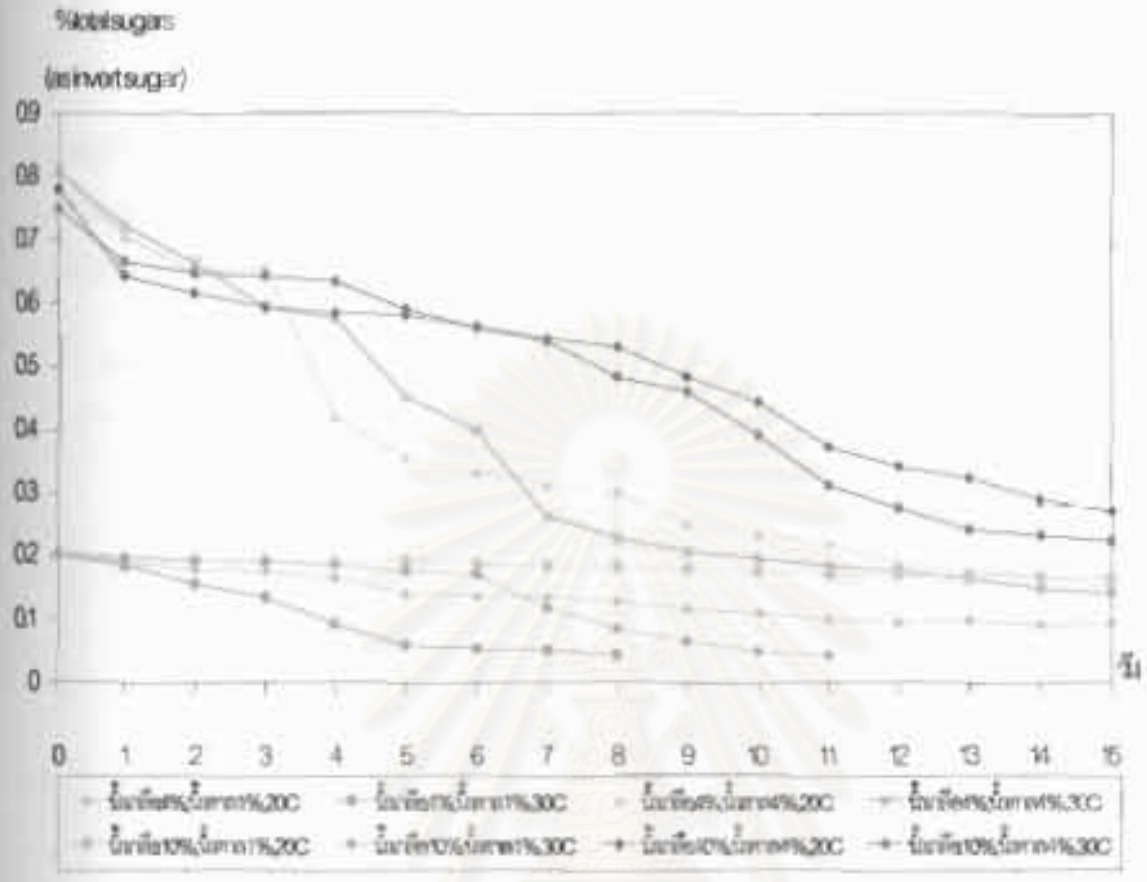
รูปที่ 4.21 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.21 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.21) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% และหมักที่ 30°C จะมีค่าน้อยกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือและใช้อุณหภูมิในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 3-4 และ 7-8 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% และหมักที่ 30°C จะทำให้น้ำดองมีค่า %total sugars (as invert sugar) น้อยที่สุด



รูปที่ 4.22 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.22 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.22) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทราย 1% และหมักที่ 30°C จะมีค่าน้อยกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทรายและใช้อุณหภูมิในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 4-7 และ 9-15 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทราย 1% และหมักที่ 30°C จะทำให้น้ำดองมีค่า %total sugars(as invert sugar) น้อยที่สุด



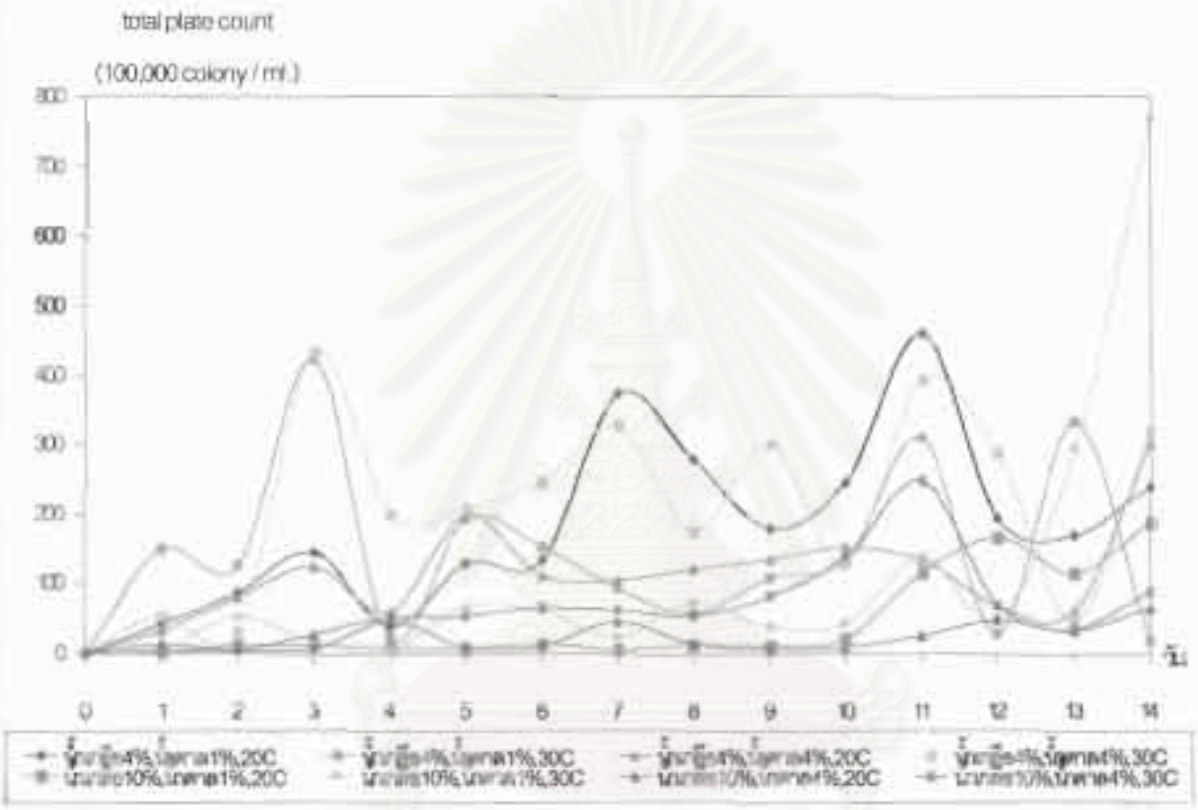
รูปที่ 4.23 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.23 (แสดงค่าในตารางภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.23) พบว่าค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของผักกาดดองที่หมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่า %total sugars(as invert sugar) ในน้ำดองของการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 4% และหมักที่ 30°C จะมีค่าน้อยกว่าการหมักด้วยอิทธิพลร่วมของการเติมน้ำตาลทรายและใช้อุณหภูมิในการหมักแบบอื่นๆ ในช่วงการหมักวันที่ 3-6 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การหมักโดยใช้อิทธิพลร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 4% และหมักที่ 30°C จะทำให้น้ำดองมีค่า %total sugars(as invert sugar) น้อยที่สุด

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

2.2.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

ในการหมักผักกาดเขียวปลีด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก ในช่วงระยะเวลา 0 - 14 วัน พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่สามารถเจริญได้ใน plate count agar ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.24 (แสดงค่าเฉลี่ยในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.30)

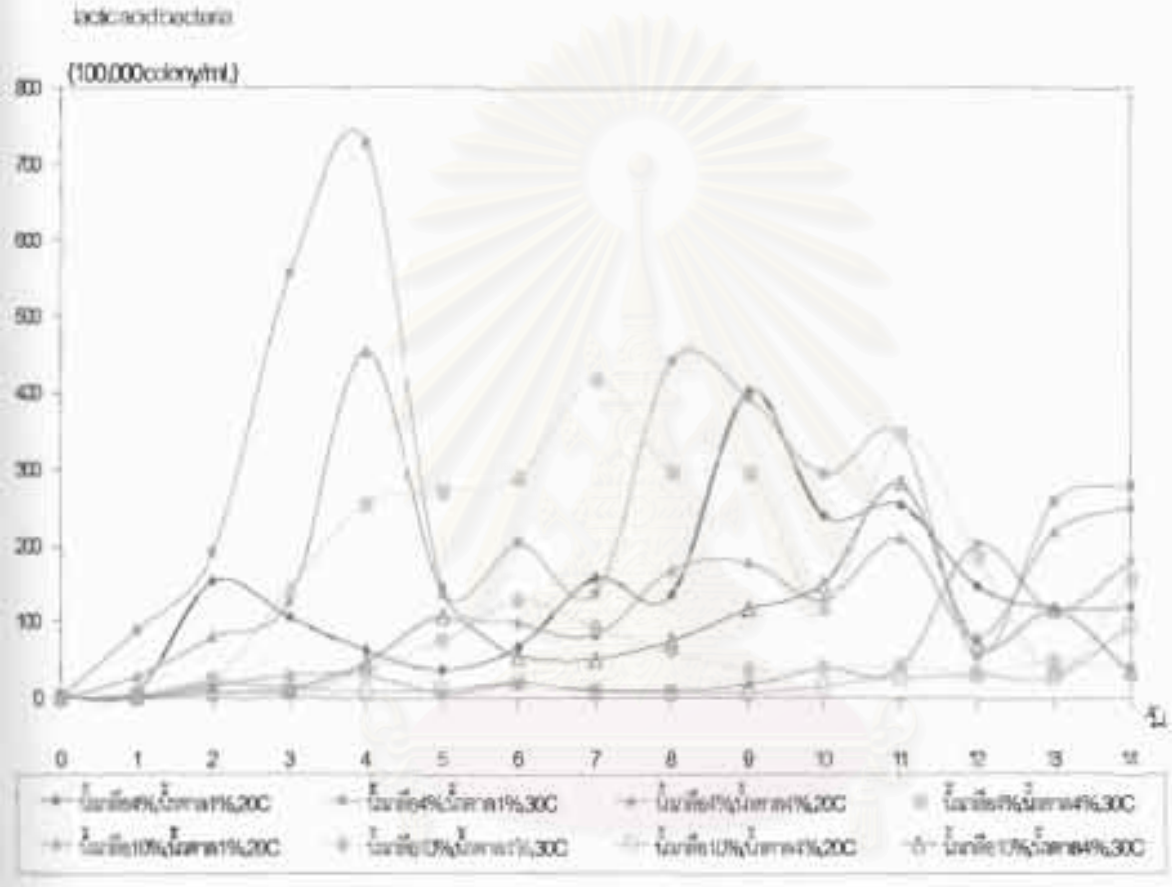


รูปที่ 2.24 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดเขียวปลีดองในระหว่างหมัก

จากรูปที่ 2.24 พบว่าการหมักที่ใช้ปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทราย และอุณหภูมิ จะมีเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดใน plate count agar เป็นช่วงๆ โดยจะเห็นว่าเมื่อหมักผักกาดเขียวปลีด้วยการเติมน้ำเกลือ 4% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 2 ระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการหมักด้วยการเติมน้ำเกลือ 10% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 2 ระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C ($p \leq 0.05$)

2.2.2 จำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria)

ในการหมักผักกาดเขียวปลีด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทรายและอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก ในช่วงระยะเวลา 0 - 15 วัน พบการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรียทั้งหมดที่สามารถเจริญได้ใน MRS agar ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.25 (แสดงค่าเฉลี่ยใน ภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.31)



รูปที่ 2.25 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

จากรูปที่ 2.25 พบว่าการหมักที่ใช้ปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทราย และอุณหภูมิ จะมีการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรียใน MRS agar เป็นช่วงๆ โดยจะเห็นว่าเมื่อหมักผักกาดเขียวปลีด้วยการเติมน้ำเกลือ 4% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 2 ระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C มีการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรียได้ดีกว่าการหมักด้วยการเติมน้ำเกลือ 10% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 2 ระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C ($p \leq 0.05$)

3. **ศึกษาชนิดของแบคทีเรียกลุ่มแลคติกที่เจริญในช่วงการหมักผักกาดเขียวปลี**

นำเชื้อแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงใน MRS agar (จากข้อ 2.2.2) โดยคัดเลือกโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่มีลักษณะการเจริญบนอาหารแข็งที่แตกต่างกันจากสังเกตด้วยตาเปล่ามาทดสอบ ศึกษาลักษณะการเจริญ ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางชีวเคมีบางประการเพื่อเป็นแนวทางในการจัดจำแนกกลุ่มของแลกติคแอซิดแบคทีเรียอย่างคร่าวๆ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 แลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เจริญในช่วงการหมักที่อุณหภูมิ 20 °C

วันที่หมัก	20 °C			
	เกลือ4% , น้ำตาล1%	เกลือ4% , น้ำตาล4%	เกลือ10% , น้ำตาล1%	เกลือ10% , น้ำตาล4%
1	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*
2	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*
3	*L. mesenteroides*	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. mesenteroides*
4	*L. mesenteroides*	*Pediococcus spp.*	*L. brevis*	*L. mesenteroides*
5	*L. plantarum*	*Pediococcus spp.*	*L. brevis*	*L. mesenteroides*
6	*L. plantarum* / *Pediococcus spp.*	*Pediococcus spp.*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
7	*L. plantarum* / *Pediococcus spp.*	*Pediococcus spp.*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
8	*L. plantarum* / *Pediococcus spp.*	*Pediococcus spp.*	*L. brevis*	*L. plantarum*
9	*L. plantarum*	*Pediococcus spp./L. brevis*	*L. brevis*	*L. mesenteroides*
10	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
11	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
12	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
13	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. plantarum*	*L. brevis*
14	*L. plantarum* / *Pediococcus spp.*	*L. brevis*	*L. plantarum*	*L. brevis*

ตารางที่ 4.4 แลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เจริญในช่วงการหมักที่อุณหภูมิ 30 °C

วันที่หมัก	30 °C			
	เกลือ4% , น้ำตาล1%	เกลือ4% , น้ำตาล4%	เกลือ10% , น้ำตาล1%	เกลือ10% , น้ำตาล4%
1	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
2	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
3	*L. plantarum*	*L. plantarum* / *Pediococcus spp.*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
4	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
5	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*	*L. plantarum*
6	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. plantarum*	*L. mesenteroides*
7	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. plantarum*	*L. mesenteroides* / *Pediococcus spp.*
8	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. plantarum*	*L. mesenteroides* / *Pediococcus spp.*
9	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
10	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
11	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
12	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis* / *L. mesenteroides*
13	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*
14	*L. plantarum*	*L. brevis*	*L. brevis*	*L. brevis*

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าการหมักด้วยเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่ 20 °C ในช่วงแรก (วันที่ 1-2) ของการหมักจะพบ *L. plantarum* ต่อมาวันที่ 3-4 *L. mesenteroides* จะเจริญและมีบทบาทในการหมัก ส่วนในช่วงสุดท้าย (วันที่ 5-14) เป็นการเจริญของ *L. plantarum* และ *Pediococcus spp.* ส่วนการหมักที่ 30 °C พบว่าตลอดระยะเวลาการหมักทั้ง 14 วัน มีเฉพาะเชื้อ *L. plantarum* เจริญและทำให้เกิดการหมัก

การหมักด้วยเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่ 20°C ในช่วงแรกของการหมัก (วันที่ 1-3) จะเป็นการเจริญของ *L. plantarum* ต่อมาวันที่ 4-9 *Pediococcus spp.* จะเจริญและมีบทบาทในการหมัก และในช่วงสุดท้าย (วันที่ 10-14) *L. brevis* จะเจริญและมีบทบาทต่อการหมัก ส่วนการหมักที่ 30 °C ช่วงวันที่ 1-5 *L. plantarum* จะเจริญและมีบทบาทในการหมัก และในช่วงสุดท้าย (วันที่ 6-14) พบ *L. brevis* เจริญอยู่ในช่วงการหมัก

การหมักด้วยเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 20 °C พบว่า วันที่1-5 เชื้อแลกติคแอซิดแบคทีเรียที่มีบทบาท คือ *L. brevis* ต่อมาในวันที่ 6-7 *L. plantarum* เจริญและมีบทบาทต่อการหมัก ต่อมา *L. brevis* จะเจริญ (วันที่ 8-12) และในช่วงสุดท้าย *L. plantarum* จะเจริญและทำให้เกิดการหมัก ส่วนที่ 30 °C พบ *L. plantarum* เจริญและมีบทบาทในการหมักในช่วงวันที่ 1-8 และในช่วงสุดท้าย *L. brevis* จะเจริญและมีบทบาท

การหมักด้วยเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่ 20 °C พบ *L. brevis* ในช่วงแรกของการหมัก (วันที่ 1-2) ต่อมา *L. mesenteroides* จะเจริญในช่วงวันที่ 3-5 และในช่วงสุดท้าย (วันที่ 10-14) พบ *L. brevis* ส่วนการหมักที่ 30 °C พบว่าช่วงแรกของการหมัก (วันที่ 1-6) จะเป็นการเจริญของ *L. plantarum* ช่วงวันที่ 6-8 จะเป็นการเจริญของ *L. mesenteroides* และ *Pediococcus spp.* ส่วนในช่วงสุดท้าย *L. brevis* จะเจริญและมีบทบาทต่อการหมัก

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงว่าการหมักผักกาดเขียวปลีในงานวิจัยนี้ พบเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย คือ *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Pediococcus spp.* และ *Leuconostoc mesenteroides* โดยมี *Lactobacillus plantarum* เป็นเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียหลักที่พบในการหมัก

4. การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผักกาดเขียวปลีดอง

นำผักกาดดองทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ที่ผ่านการหมักแล้ว 14 วัน มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ จำนวน 15 คน ทดสอบคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ quantitative descriptive analysis (QDA) วางแผนการทดลองแบบ symmetric factorial experimental design ขนาด 2x2x2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MSTAT version 4.00 (แสดงตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.17)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการหมักด้วยปัจจัยหลัก คือ เกลือที่ความเข้มข้น 10% จะมีผลต่อค่าสี รสเค็ม และเนื้อสัมผัสโดยจะทำให้คะแนนของค่าต่างๆ ที่กล่าวมามีค่าสูงกว่าที่ระดับของเกลือ 4% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการหมักที่ระดับน้ำเกลือ 10% ทำให้ผักกาดดองมีสีค่อนข้างไปทางสีเขียว รสชาติค่อนข้างเค็มมาก และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกรอบมากกว่า แต่

คะแนนทางด้านกลิ่นผิดปกติ (มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย) และรสเปรี้ยว (มีรสเปรี้ยวพอดี) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และในการหมักด้วยเกลือ 4% จะทำให้คะแนนของกลิ่นผักดองมีค่าสูงกว่า (มีกลิ่นหอมมากกว่า) การหมักด้วยเกลือ 10%

เมื่อศึกษาถึงผลของน้ำตาลทรายทั้งสองระดับคือที่ 1 และ 4% พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในทุกๆคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ส่วนผลของอุณหภูมิที่มีต่อกลิ่นผักดอง รสเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าต่างๆเหล่านั้นคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยผักกาดดองที่หมักทั้ง 2 อุณหภูมิมีรสเค็มปานกลาง และเมื่อพิจารณาค่าสีและกลิ่นผิดปกติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) ซึ่งจากทุกตัวอย่างทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 4% น้ำตาลร้อยละ 4 ที่อุณหภูมิ 30°C มีคะแนนด้านกลิ่น, เนื้อสัมผัส และรสชาติดีที่สุด

ตารางที่ 4.5 ผลของปัจจัยต่างๆในการหมักที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกาดเขียวปลีดองที่หมักเป็นเวลา 14 วัน

ปัจจัย	สี	กลิ่นผักดอง	กลิ่นผิดปกติ	รสเปรี้ยว	รสเค็ม	เนื้อสัมผัส
เกลือ						
4%	4.31±0.31b	6.27±0.53a	3.24±0.31ns	4.81±0.23ns	4.00±0.27b	7.53±0.61b
10%	5.21+0.28a	5.42+0.14b	3.70+0.62ns	4.20+0.75ns	7.31+0.28a	7.90+0.15a
น้ำตาล						
1%	4.99±0.51ns	5.83±0.18ns	3.46±0.53ns	4.42±0.80ns	5.70±0.83ns	7.68±0.45ns
4%	4.53±0.13ns	5.87±0.39ns	3.48±0.52ns	4.59±0.99ns	5.62±0.64ns	7.75±0.29ns
อุณหภูมิ						
20 °C	4.78±0.48ns	5.41±0.10b	3.50±0.55ns	3.13±0.50b	6.08±0.37a	7.47±0.30b
30 °C	4.74±0.18ns	6.28±0.17a	3.44±0.49ns	5.88±0.61a	5.23±0.32b	7.96±0.44a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งในปัจจัยหลักเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ns จากแถวตั้งในปัจจัยเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$)

โดย - สี คะแนน 0 หมายถึง ผักกาดดองตัวอย่างมีสีเหลือง และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีสีเขียว

- กลิ่นผักดอง คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีกลิ่นหอมของผักกาดดองน้อย และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีกลิ่นหอมของผักกาดดองมาก

- กลิ่นผิดปกติ คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างไม่มีกลิ่นผิดปกติ และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีกลิ่นผิดปกติมาก

- รสเปรี้ยว คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างไม่มีรสเปรี้ยว และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีรสเปรี้ยวมาก

- รสเค็ม คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างไม่มีรสเค็ม และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีรสเค็มมาก

-เนื้อสัมผัส คะแนน 0 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีความนิ่ม และคะแนน 10 หมายถึงผักกาดดองตัวอย่างมีความแข็ง กรอบ

5. การวิเคราะห์สารให้กลิ่น (flavor profile) ในผักกาดเขียวปลีดอง

วิเคราะห์สารประกอบในผักกาดดองที่หมักด้วยสภาวะต่างๆ คือ น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่ 20 °C; น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่ 20 °C; น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 20 °C และน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่ 20 °C สามารถแยกสารประกอบต่างๆ โดยใช้ Gas chromatography/mass spectrometry ได้ 27, 27, 35, 26, 27,22, 23 และ 40 ชนิดตามลำดับ ในการหมักทั้ง 8 ตัวอย่าง พบสารประกอบหลักคือ dimethyl disulfide, allyl isothiocyanate, benzaldehyde และ dimethyl trisulfide ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.13

ตารางที่ 4.6 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 4% และน้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 30 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	acetaldehyde	214867	0.0051
2	ethanol	32503556	0.7662
3	ethylacetate (acetic acid ester)	23240300	0.5478
4	3-butenenitrile (allyl nitrile)	38831574	0.9153
5	pentanal	6680445	0.1575
6	thiocyanic acid,methyl ester	441244	0.0104
7	dimethyldisulfide	5291174	0.1247
8	ethyl butyrate	1753089	0.0413
9	propionic acid, 2-hydroxy,ethyl ester	172501	0.0041
10	propane,1isothiocyanate	133786	0.0032
11	2-butenoic acid,ethyl ester	121664	0.0029
12	(z)-3-hexene-1-ol	414553	0.0098
13	allyl isothiocyanate	76219534	1.7966
14	butane,1-isothiocyanate	6931031	0.1634
15	isobutyl isothiocyanate	203582	0.0048
16	heptenal	245458	0.0058
17	benzaldehyde	459667	0.0108
18	dimethyl trisulfide	1834479	0.0432
19	1-butene,4-isothiocyanate	11092420	0.2615
20	2,4 heptadienal	356260	0.0084
21	2-hexenoic acid,ethyl ester	99615	0.0023
22	N-ethyl-N-(1-methyl)-2-propanamine	2349909	0.0554
23	2-ethyl-4-methyl-thiazole	164364	0.0039
24	2-methoxy-3-isopropyl pyrazine	170768	0.0040
25	N-pentyl isothiocyanate	173515	0.0041
26	2-methoxy-3-(1-methylpropyl) pyrazine	123449	0.0029
27	azulene (cyclopentacycloheptene)	385431	0.0091

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 42423496)

ตารางที่ 4.7 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 4% และน้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 30 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	ethanol	39615571	1.0466
2	ethylacetate (acetic acid ester)	47418787	1.2527
3	3-butenenitrile (allyl nitrile)	45802240	1.2100
4	pentanal	7076534	0.1869
5	dimethyldisulfide	10709247	0.2829
6	butanoic acid,ethyl ester	3851710	0.1018
7	propionic acid,2-hydroxy,ethyl ester	163993	0.0043
8	ethyl 2-hydropropanoate(lactate)	212878	0.0056
9	propane,1-isothiocyanate	460240	0.0122
10	ethylisovalerate	112868	0.0030
11	(Z)-3-hexene-1-ol	160511	0.0042
12	allyl isothiocyanate	107670963	2.8444
13	3H-1,2,4-triazole-3-thione,2,4-dihydro	15239996	0.4026
14	isobutyl isothiocyanate	350584	0.0093
15	(E)-2-heptenal	570109	0.0151
16	benzaldehyde	337983	0.0089
17	dimethyl trisulfide	2714206	0.0717
18	4-isothiocyanato-1-butene	15116311	0.3993
19	1-methylthio-2,3-dimethylbuta-1,3-diene	563557	0.0149
20	2,5-dimethyl-2,4-hexadiene	837727	0.0221
21	trans,trans-2,4,heptadienal	336017	0.0089
22	ethyl-(E)-2-hexenoate	126173	0.0033
23	5,5-dimethyl-2-pyrrolidinethione	3044134	0.0804
24	2-ethyl-4-methyl thiazole	228914	0.0060
25	2-methoxy-3-(1-methylethyl) pyrazine	244539	0.0065
26	di-N-propylamine	315748	0.0083
27	ethyl-3-(2H)-thiophenone	202350	0.0053

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 37853026)

ตารางที่ 4.8 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 10% และน้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 30 °C

Peak no.	compound	peak area	relative area*
1	3-ethoxy propanal	54211226	1.6637
2	ethylacetate (acetic acid ester)	37396683	1.1477
3	3-butenenitrile (allyl nitrile)	34825017	1.0687
4	1-penten-3-one (ethyl vinyl keto)	65182162	2.0004
5	dimetehyldisulfide	8026570	0.2463
6	2-ethylacrolein (2-ethacrolein)	4580509	0.1406
7	hexanal (hexaldehyde)	13267182	0.4072
8	propane,1-isothyocyanate	518303	0.0159
9	2-butenoic acid , ethyl ester	303503	0.0093
10	(E)-2-hexenal	1569443	0.0482
11	cis-3-hexenol (leaf alcohol)	1244217	0.0382
12	allyl isothiocyanate	90196315	2.7680
13	1-butanol,3-methyl nitrate	283744	0.0087
14	butane,1-isothiocyanate	21449376	0.6583
15	(E)-2-heptenal	1224455	0.0376
16	benzaldehyde	449980	0.0138
17	dimethyl trisulfide	1111443	0.0341
18	1 octen 3 ol	953539	0.0293
19	1-butene,4-isothiocyanate	2795909	0.0858
20	2,4 heptadienal	1492846	0.0458
21	trans,trans-2,4-heptadienal	2360606	0.0724
22	1-methyl-3-(1-methylethyl) benzene	100151	0.0031
23	3-ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	442672	0.0136
24	citronelly butenoate	98467	0.0030
25	5,5-dimethyl-2-pyrrolidinethione	4715127	0.1447
26	decylaldehyde	289967	0.0089
27	2,4-dimethyl cyclohexanol	118912	0.0036
28	2-propene-1-amine,N-2-propenyl	133021	0.0041
29	2-methoxy-3-isopropyl pyrazine	386034	0.0118
30	nonanal (n-nonanal)	186360	0.0057
31	1-isopropenyl-1,2-epoxycycloheptane	474485	0.0146
32	methyl-2-methyl-1-deuterio-2-propenyl	111359	0.0034
33	2-hexylfuran	117789	0.0036
34	pyrazine,2-methoxy-3-(1-methyl propenyl)	505957	0.0155
35	azulene	459509	0.0141

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 32585334)

ตารางที่ 4.9 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 10% และน้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 30 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	oxirane	191706	0.0052
2	ethanol	44234239	1.1955
3	ethylacetate(acetic acid ester)	30035657	0.8117
4	3-butenenitrile (allyl nitrile)	27725476	0.7493
5	3,4-dihydropyran	3477338	0.0940
6	dimethyldisulfide	12406821	0.3353
7	hexanal	5733180	0.1549
8	hexamethyl-cyclotrisiloxane	112832	0.0030
9	trans-2-hexenal	831014	0.0225
10	propane,1-isothiocyanate	787007	0.0213
11	3-hexene-1-ol	685058	0.0185
12	allyl isothiocyanate	103234508	2.7900
13	o-methyl-N-tert-butylforminidate	29197440	0.7891
14	isobutyl isothiosyanate	195357	0.0053
15	(E)-2-heptenal	503473	0.0136
16	benzaldehyde	393772	0.0106
17	dimethyl trisulfide	2829988	0.0765
18	1-butene,4-isothiocyanate	9211745	0.2490
19	2,4-dimethyl thiazole	120085	0.0032
20	2-propyl furan	782244	0.0211
21	trans,trans-2,4-heptadienal	1145081	0.0309
22	5,5-dimethyl-2-pyrrolidineethione	2679228	0.0724
23	2-methoxy-3-(1-methylethyl) pyrazine	268089	0.0072
24	nonylaldehyde	304141	0.0082
25	2,4-decadienal	103947	0.0028
26	methyl-2-methyl-1-deuterio-2-propenyl	179479	0.0049

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 37001856)

ตารางที่ 4.10 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 4% และน้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	2-methyl-1-pyrroline	211265	0.0191
2	ethanol	1098078	0.0994
3	formic acid,ethyl ester	37112517	3.3590
4	ethylacetate(acetic acid ester)	51383577	4.6506
5	3-butenenitrile (allyl nitrile)	43133743	3.9040
6	cyclopentanol	12658765	1.1457
7	thiocyanic acid,methyl ester	380642	0.0345
8	dimethyl disulfide	18672945	1.6901
9	8-methyliothiazole	229659	0.0208
10	1,3,4-thiazol-2-amine	315982	0.0286
11	2-butanoic acid,ethyl ester	423544	0.0383
12	butanoic acid,2-methyl,ethyl ester	430106	0.0389
13	(Z)-3-hexen-1-ol	769225	0.0696
14	allyl isothiocyanate	139913861	12.6633
15	butane,1-isothiocyanate	9028634	0.8172
16	isobutyl isothyocyanate	57803	0.0052
17	benzaldehyde	296856	0.0269
18	trisulfide,dimethyl	574930	0.0520
19	4-isothiocyanato-1-butene	16885572	1.5283
20	hexanoic acid,ethyl ester	450999	0.0408
21	(Z)-3-(1'-methylpropylidene) cyclohexen	1014454	0.0918
22	2,4 heptadienal	267191	0.0242
23	2-hexanoic acid,ethyl ester	253021	0.0229
24	(E)-N,N-dimethyl-2-butenethioamide	3701912	0.3351
25	2-ethyl-4-methyl thiazole	157104	0.0142
26	2-methoxy-3-(1-methylethyl) pyrazine	393672	0.0356
27	di-n-propylamine	473336	0.0428

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 11048728)

ตารางที่ 4.11 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 4% และน้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 20 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	2-methyl-1-pyrroline	171044	0.0060
2	ethanol	52822850	1.8420
3	ethylacetate(acetic acid ester)	57530699	2.0062
4	3-butenenitrile (allyl nitrile)	38516209	1.3431
5	cyclopentanol	15603896	0.5441
6	thiocyanic acid,methyl ester	443675	0.0155
7	dimethyldisulfide	12904842	0.4500
8	ethylbutyrate	4558572	0.1590
9	propane,1-isothiocyanate	1055427	0.0368
10	allyl isothiocyanate	170304371	5.9389
11	butane,1-isothiocyanate	35928828	1.2529
12	isobutyl isothyocyanate	1414648	0.0493
13	benzaldehyde	323886	0.0113
14	dimethyl trisulfide	3222655	0.1124
15	1-butene,4-isothiocyanate	32604172	1.1370
16	2,4 heptadienal	664283	0.0232
17	ethyl-(E)-2-hexenoate	332548	0.0116
18	3-ethyl-2,2-dimethyl oxazolidine	7997090	0.2789
19	2-ethyl-4-methyl thiazole	614147	0.0214
20	2-methoxy-3-(1-methylethyl) pyrazine	457764	0.0160
21	N-neptyl isothiocyanate	1050728	0.0366
22	2,3-dihydro-5-hydroxy-6-methyl-4H pyran	287421	0.0100

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 28676201)

ตารางที่ 4.12 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 10% และน้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	ethanol	163616680	5.2737
2	thiourea	21855965	0.7045
3	3-butenenitrile (allyl nitrile)	27196085	0.8766
4	3,4-dihydropyran	46770534	1.5075
5	dimethyldisulfide	9641314	0.3108
6	hexanal	14105382	0.4546
7	1,4-cyclohexanedione	467271	0.0151
8	trans-2-hexenal	343575	0.0111
9	allyl isothiocyanate	197907841	6.3790
10	butane,1-isothiocyanate	26330767	0.8487
11	isobutyl isothiocyanate	602069	0.0194
12	(E)-2-heptenal	609987	0.0197
13	benzaldehyde	565182	0.0182
14	dimethyltrisulfide	1872411	0.0604
15	4-isothiocyanato1-butene	22079551	0.7117
16	2,4-dimethyl thiazole	380269	0.0123
17	1-diethylamino-1-fluoro methylene	1747167	0.0563
18	trans,trans-2,4-heptadienal	2055140	0.0662
19	5,5-dimethyl-2-pyrrolidinethione	5092509	0.1641
20	2-ethyl-4-methyl thiazole	281400	0.0091
21	2-methoxy-3-(1-methylethyl) pyrazine	306944	0.0099
22	N-neptyl isothiocyanate	305501	0.0098
23	cyclooctane	317319	0.0102

*** relative area = peak area of compound / peak area of internal standard**

Internal standard : toluene (peak area = 31025126)

ตารางที่ 4.13 volatile compound ที่พบในผักกาดเขียวปลีดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 10% และน้ำตาล 4% ที่อุณหภูมิ 20 °C

peak no.	compound	peak area	relative area*
1	2-methyl-1-pyrroline	168613	0.0045
2	ethanol	1340078	0.0361
3	ethylacetate (acetic acid ester)	48275763	1.3012
4	3-butenenitrile (allyl nitrile)	41351621	1.1146
5	ethyl vinyl ketone (1-penten-3-one)	49511321	1.3345
6	thiocyanic acid,methyl ester	2375458	0.0640
7	dimethyldisulfide	6290817	0.1696
8	2-ethylacrolein	3477144	0.0937
9	hexanal	24649913	0.6644
10	hexane	142220	0.0038
11	2-butenoic acid,ethyl ester	1184821	0.0319
12	(E)-2-hexanal	2658703	0.0717
13	cis-3-hexenol (leaf alcohol)	1098090	0.0296
14	allyl isothiocyanate	36296313	0.9783
15	n-heptanal	1571441	0.0424
16	1,1-dimethyl cyclopentane	365600	0.0099
17	2,5-dimethyl-1,5-hexadiene	384092	0.0104
18	dinitrate 1,5-pentanediol	736596	0.0199
19	o-methyl-N-tert-butylforminidate	2147115	0.0579
20	ethyl tiglate	212386	0.0057
21	heptane	229225	0.0062
22	2-methyl-2-heptene	104964	0.0028
23	(E)-2-heptenal	975134	0.0263
24	benzaldehyde	610116	0.0164
25	dimethyltrisulfide	964544	0.0260
26	1-hepten-3-ol	431641	0.0116
27	6-methyl-5-hepten-2-one	472376	0.0127
28	2-pentyl furan (2-amylfuran)	341516	0.0092
29	2,4 heptadienal	1748544	0.0471
30	trans,trans-2,4-heptadienal	2272335	0.0612
31	p-cymene	96258	0.0026
32	2-methyl-3-octyne	499146	0.0135
33	2-hexenoic acid,ethyl ester	129261	0.0035
34	nitrohexane	379294	0.0102
35	5,5-dimethyl-2-pyrrolidinethione	3640862	0.0981
36	3,5-octadiene-2-one	105871	0.0029
37	2-methoxy-3-pyrazine	351184	0.0095
38	nonanal	198133	0.0053
39	1-furanyl-3-pentanone	152352	0.0041
40	azulene cyclopentacycloheptane	78322	0.0021

* relative area = peak area of compound / peak area of internal standard

Internal standard : toluene (peak area = 37101560)

เมื่อเปรียบเทียบ relative peak area ของ volatile compounds บางตัวที่พบในการทดลอง พบว่า benzaldehyde, dimethyl disulfide และ dimethyl trisulfide มีค่าใกล้เคียงกันในการหมักทั้ง 8 ตัวอย่าง ส่วน allyl isothiocyanate พบว่าในการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีค่า relative peak area สูงมากที่สุด (12.6633) รองลงมาคือการหมักด้วยน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 20 องศาเซลเซียส (6.3790) นอกจากนี้ในงานวิจัยยังพบสารประกอบที่ให้กลิ่นผลไม้ (fruity) คือ ethylbutyrate, ethylacetate, 2-hydroxy-propionate, ethyl-(E)-2-hexenoate, citronelly butenoate, trans-2-hexenal, formic acid ethyl ester และ ethylisovalerate ในการหมักแบบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบ relative peak area ของ volatile compounds บางตัวที่พบในการหมัก

compounds	relative peak area *							
	4-1-30	4-4-30	10-1-30	10-4-30	4-1-20	4-4-20	10-1-20	10-4-20
1. 3-butenenitrile(allyl nitrile)	0.9153	1.2100	1.0687	0.7493	3.9040	1.3431	0.8766	1.1146
2. dimethyl disulfide	0.1247	0.2829	0.2463	0.3353	1.6901	0.4500	0.3108	0.1696
3. allyl isothiocyanate	0.3338	2.8444	2.7680	2.7900	12.6633	5.9389	6.3790	0.9783
4. benzaldehyde	0.0108	0.0089	0.0138	0.0106	0.0269	0.0113	0.0182	0.0164
5. dimethyl trisulfide	0.0432	0.0717	0.0341	0.0765	0.0520	0.1124	0.0604	0.0260
6. ethylacetate	0.5478	1.2527	1.1477	0.8117	4.6506	2.0062	ND	1.3012
7. ethylbutyrate	0.0413	ND	ND	ND	ND	0.1590	ND	ND
8. 2-hydroxy propionate	0.0041	0.0043	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9. ethyl-(E)-2-hexenoate	ND	0.0033	ND	ND	ND	0.0116	ND	ND
10. citronelly butenoate	ND	ND	0.0030	ND	ND	ND	ND	ND
11. trans-2-hexenal	ND	ND	ND	0.0225	ND	ND	0.0111	ND
12. formic acid ethyl ester	ND	ND	ND	ND	3.3590	ND	ND	ND
13. ethylisovalerate	ND	0.0030	ND	ND	ND	ND	ND	ND

* peak area of compound / peak area of internal standard ND = not detect

4-1-30 = น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่ 30C 4-1-20 = น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่ 20C

4-4-30 = น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่ 30C 4-4-20 = น้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่ 20C

10-1-30 = น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 30C 10-1-20 = น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 20C

10-4-30 = น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่ 30C 10-4-20 = น้ำเกลือ 10% น้ำตาล 4% ที่ 20C

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลี

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองพบว่า ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณความชื้น 94.90±0.37%, pH 5.86±0.03, %total sugars (as invert sugar) 0.031±0.001 และ %total acidity (as citric acid) 0.27±0.01 และมีสมบัติทางจุลินทรีย์ คือ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เจริญใน plate count agar 5.03×10^6 โคโลนีต่อกรัม และจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เจริญใน MRS agar 1.86×10^6 โคโลนีต่อกรัม จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นว่า ผักกาดเขียวปลีเป็นผักที่มีความชื้นสูง มีค่า pH ค่อนข้างเป็นกรด และมีปริมาณน้ำตาลน้อยเมื่อเทียบกับกะหล่ำปลี ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 2.9-6.4% โดยน้ำตาลที่พบในกะหล่ำปลีจะเป็น glucose กับ fructose ประมาณ 85% และ sucrose 15% (Frazier และ Westhoff, 1988) นอกจากกะหล่ำปลีจะมีแหล่งของคาร์บอนสูงกว่าแล้ว กะหล่ำปลีที่เตรียมสำหรับการทำ sauerkraut ยังถูกหั่นเป็นชิ้นๆ ในขณะที่ผักกาดเขียวปลีจะนำมาหมักทั้งต้นโดยไม่มีการหั่น จึงทำให้การดึงน้ำตาลในผักกะหล่ำปลีออกมาใช้ได้ดีกว่า (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538) ดังนั้นจึงต้องมีการเติมน้ำตาลทรายลงในการหมัก เพื่อเพิ่มแหล่งคาร์บอนของเชื้อจุลินทรีย์ และเนื่องจากผักกาดเขียวปลีมีความชื้นสูงจึงต้องมีการนำไปผึ่งแดดหรือลม เพื่อให้ผักสูญเสียความชื้นออกไปบางส่วน และทำให้ผักนิ่ม สามารถนำไปบรรจุในภาชนะที่จะใช้ในการหมักได้ง่ายขึ้น และไม่ทำให้ผักเกิดการแตกหักเสียหาย (อรพิน ภูมิภมร, 2526)

2. ศึกษาการหมักผักกาดเขียวปลีโดยใช้เชื้อธรรมชาติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมัก

ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักผักกาดเขียวปลีโดยใช้เชื้อธรรมชาติ ซึ่งปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัยคือ ปริมาณน้ำเกลือที่ใช้ในการหมัก ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อจุลินทรีย์ และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก วางแผนการทดลองแบบ symmetric factorial experimental design ขนาด 2x2x2 ทดลอง 3 ซ้ำ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาการหมัก 0-14 วัน

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

2.1.1 การเปลี่ยนค่า pH ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0-15 วันพบว่า ค่า pH (วัดค่า pH ในน้ำดอง) จะมีค่าลดต่ำลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการหมักจะเห็นว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการหมักคือ ปริมาณเกลือ และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก โดยปริมาณเกลือที่ใช้ในการหมักระดับ 4% จะทำให้ค่า pH ของน้ำดองมีค่าลดลงต่ำกว่าการหมักด้วยเกลือ 10% ($p \leq 0.05$) ซึ่งความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้ในการหมักจะมีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ถ้าใช้ปริมาณเกลือน้อยเกินไปเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ จะสามารถปรับตัวและทนเกลือได้ ทำให้ผักดองเสียไป แต่ถ้าใช้เกลือในการหมักมากเกินไปก็จะยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมทั้งแลคติกแอซิดแบคทีเรีย จึงทำให้ไม่เกิดการหมัก หรือมีการหมักที่ช้าลง (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538; Nout และ Rombouts, 1992) Pederson และ Albury (1954) ได้ทดลองศึกษาผลของเกลือต่อการหมักกะหล่ำปลีดอง(sauerkraut) พบว่าการหมักกะหล่ำปลีกับเกลือ 1% โดยน้ำหนัก จะมีค่า pH ลดลงต่ำกว่าการหมักด้วยเกลือระดับ 2.25 และ 3.5% เมื่อหมักกะหล่ำปลีเป็นเวลา 21 วัน ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ส่วนปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการหมักอีกปัจจัยคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก พบว่าการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจะทำให้ค่า pH ของน้ำดองมีค่าลดลงต่ำกว่าการหมักที่ 20 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) Pederson (1979) ได้กล่าวไว้ว่าการหมัก sauerkraut ที่อุณหภูมิต่ำ (7.5 องศาเซลเซียส) จะทำให้เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียเจริญได้น้อย ทำให้ค่าความเป็นกรดต่ำ (มีค่า pH สูง) ทั้งยังใช้เวลาในการหมักที่นานกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 23 และ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย นอกจากนี้ Pederson และ Albury (1953) ได้ศึกษาการหมักแตงกวาดองด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 7.8% หมักที่อุณหภูมิ 18 และ 32 องศาเซลเซียส พบว่าการหมักที่ 32 องศาเซลเซียสจะทำให้ค่า pH ลดลงต่ำกว่าการหมักที่ 18 องศาเซลเซียส Trail และคณะ (1996) พบว่าการหมัก sauerkraut ที่ 18-20 องศาเซลเซียสจะทำให้ค่า pH ลดลงถึง 3.5 หรือต่ำกว่าภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ แสดงว่าการหมักที่อุณหภูมิสูงกว่าจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า pH มีแนวโน้มที่จะลดลงต่ำกว่าการหมักที่อุณหภูมิต่ำ

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับน้ำตาล และปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือกับอุณหภูมิ จะมีอิทธิพลต่อค่า pH ในน้ำดองในช่วงระยะเวลาการหมัก 0-15 วัน โดยการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือ 4% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทราย 4% และการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่าง

ปริมาณเกลือ 4% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่า pH ในน้ำดองมีค่าลดต่ำลงมากที่สุด ($p \leq 0.05$)

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่า %total acidity (as lactic acid) ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0-15 วัน พบว่าค่า %total acidity (as lactic acid) ในการหมักผักกาดเขียวปลี (วัดค่า %total acidity ในน้ำดอง) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น พบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการหมัก คือ ปริมาณเกลือน้ำตาล และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก พิจารณาปัจจัยของเกลือที่ใช้ในการหมัก พบว่าการหมักด้วยน้ำเกลือระดับ 4% จะมีผลทำให้ค่า %total acidity มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือ 10% ($p \leq 0.05$) โดยมีค่า %total acidity ของการหมักด้วยน้ำเกลือ 4 และ 10% ในการหมักวันที่ 15 คือ 1.10 และ 0.70 ตามลำดับ แสดงว่าการหมักด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นสูงจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดของการหมักมีค่าน้อยกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นที่ต่ำกว่า โดย Pederson และ Albury (1954) ซึ่งได้ทดลองผลของเกลือต่อการหมัก sauerkraut ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน คือเมื่อหมักกะหล่ำปลีด้วยเกลือ 1 , 2.25 และ 3.5% เป็นระยะเวลา 13 วัน พบว่าค่า %total acidity ของกะหล่ำปลีดองจะมีค่า 1.95 , 1.65 และ 1.51 ตามลำดับ จะเห็นว่าการหมักกะหล่ำปลีโดยมีการเติมเกลือในระดับต่ำคือ 1% จะให้ค่า %total acidity ที่สูงกว่าการหมักด้วยเกลือระดับสูง ซึ่งลัดดาวัลย์ รัศมิทัต (2536) ก็ได้กล่าวไว้ว่าการเติมเกลือที่มากเกินไปจะมีผลทำให้การหมักเกิดขึ้นช้าลงและค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ นอกจากนี้ Etchells และคณะ (1964) ศึกษาการสร้างกรดในการหมักแตงกวาด้วยเชื้อบริสุทธิ์ *Lactobacillus plantarum*, FBB-67 ด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 4.2 , 7.2 , 8.3 และ 10.3% เป็นเวลา 25 วัน พบว่าแตงกวาดองจะมีค่า %total acidity 0.72 , 0.56 , 0.30 และ 0.05 ตามลำดับ จากการทดลองหมักแตงกวาดองด้วยความเข้มข้นของน้ำเกลือระดับต่างๆ จะเห็นว่าการหมักด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นสูงจะทำให้ค่า %total acidity มีค่าน้อยกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นต่ำ

ส่วนอิทธิพลของปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปในการหมักพบว่า เมื่อเติมน้ำตาลทราย 1 และ 4% ลงในการหมักจะให้ค่า %total acidity ของผักกาดดองในวันที่ 15 มีค่า 0.86 และ 0.93 ตามลำดับ โดยการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 4% จะให้ค่า %total acidity ที่สูงกว่าการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 1% ($p \leq 0.05$) แสดงว่าถ้าในการหมักมีการเติมน้ำตาลทรายซึ่งเป็นแหล่งของคาร์บอนสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่สูงกว่า จะมีส่วนช่วยสนับสนุนให้ขบวนการหมักเกิดขึ้นได้ดีกว่า ซึ่ง Nout และ Rombouts (1992) ได้กล่าวไว้ว่าผักผลไม้แต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันออกไป ถ้าผักหรือผลไม้ที่ใช้

หมักมีปริมาณน้ำตาลที่สูงเพียงพอ ก็จะมีส่วนช่วยสนับสนุนให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งในผักสดจะมี fructose, glucose และ saccharose รวมถึง pectic substance และ organic acid เป็นแหล่งของคาร์บอนที่สำคัญสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ ในการผลิต sauerkraut ถ้านำกะหล่ำปลีที่มีปริมาณน้ำตาลสูงมาหมักก็จะทำให้ได้ปริมาณกรดที่สูงเช่นกัน (Frazier และ Westhoff, 1988) สำหรับการผลิตผักกาดดอง ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์ (2524) ได้แนะนำว่าควรจะมีการผสมน้ำข้าว น้ำแป้ง น้ำตาลหรือน้ำมะพร้าว เพื่อเพิ่มแหล่งคาร์บอนให้แก่เชื้อแบคทีเรีย ทำให้เกิดการผลิตกรดมากขึ้นและใช้เวลาในการหมักสั้นลง ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นในการหมักเป็นผลมาจากการที่เชื้อแลคติดแอซิดแบคทีเรียที่เจริญในช่วงการหมักสามารถหมักน้ำตาลหรือนำแหล่งคาร์บอนที่มีอยู่มาใช้ในการเจริญและผลิตกรดออกมาทำให้ความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น (Pederson, 1979)

ส่วนอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก พบว่าเมื่อหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าความเป็นกรดของผักกาดดองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแลคติกแอซิดแบคทีเรียแต่ละชนิดเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ถ้าหมักที่อุณหภูมิต่ำเกินไป เชื้อจะเจริญและสร้างกรดช้า ทำให้ใช้เวลาในการดองผักนาน หรือเชื้อจะไม่สามารถเจริญได้เลย สำหรับอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้การหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ผักดองจะเปรี้ยวจัดและรสชาติไม่ดี (ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์, 2524; Pederson, 1979) ในการหมัก sauerkraut Pederson และ Albury (1969) พบว่าการหมักที่อุณหภูมิ 7.5 องศาเซลเซียส จะทำให้ %total acidity มีค่า 0.8-0.9% จะต้องใช้เวลาในการหมักนานถึง 1 เดือน แต่ถ้าหมักที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่า %total acidity 1.6-2.3% เมื่อหมักเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (Trial และคณะ, 1996) ในการหมักแตงกวาที่อุณหภูมิต่ำ (18 องศาเซลเซียส) จะต้องใช้เวลาในการหมักนานถึง 20 วัน จึงจะได้ค่า %total acidity 0.65% แต่ถ้าหมักที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสจะใช้ระยะเวลาในการหมักเพียง 11 วันก็จะได้ค่า %total acidity ถึง 0.77% (Pederson และ Albury, 1953)

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วม พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเกลือ น้ำตาล และอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า %total acidity ของผักกาดดองในช่วงการหมัก 0-15 วัน พบว่าการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างการเติมน้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 4% หมักที่ 30 องศาเซลเซียส จะได้ค่า %total acidity มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงมากที่สุด ($p \leq 0.05$)

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงค่า %salt ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีเป็นเวลา 0-15 วัน พบว่าค่า %salt ในการหมักผักกาดเขียวปลีในน้ำดองมีค่าลดลง และในส่วนของเนื้อผักมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า %salt คือ ปริมาณเกลือที่เติมลงไป และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก การเติมน้ำเกลือในการหมัก 10% จะทำให้ค่า %salt ที่คงอยู่ในน้ำดองและซึมผ่านเข้าไปในเนื้อผักมีค่าที่สูงกว่าการหมักโดยเติมน้ำเกลือ 4% ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในการดองผักนี้จะนำผักกาดเขียวปลีลดอัดให้แน่นในภาชนะสำหรับดอง แล้วจึงเติมน้ำดองลงไปจนท่วมและทำให้การหมักอยู่ในสภาวะปราศจากออกซิเจน หมักจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ผักดอง ซึ่งการแช่ผักลงในน้ำดองนี้จะทำให้แรงดันออสโมติกระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์เสียไป ทำให้น้ำในเซลล์ผักซึมผ่านออกมาภายนอกเพื่อรักษาสมดุลของความเข้มข้นของของเหลวภายนอกและภายในเซลล์ให้เท่ากัน (Desrosier, 1970) จึงทำให้ค่า %salt ในน้ำดองมีค่าลดต่ำลงและในเนื้อผักมีค่าเพิ่มขึ้น

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงค่า %total sugar (as invert sugar) ในขณะหมัก

ในการหมักผักกาดเขียวปลีในช่วงระยะเวลา 0-15 วัน พบว่าค่า %total sugar ในน้ำดองและเนื้อผัก จะมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า %total sugar คือ ปริมาณเกลือ น้ำตาล และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก การใช้น้ำเกลือในการหมักที่ระดับ 4% จะทำให้ค่า %total sugar ทั้งในส่วนของน้ำดองและเนื้อผักมีค่าลดลงต่ำกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือ 10% แสดงว่าการหมักด้วยน้ำเกลือที่ระดับ 4% เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีกว่า ทำให้มีการนำน้ำตาลหรือแหล่งคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำดองและเนื้อผักออกมาใช้ จึงทำให้มีค่า %total sugar ลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Lee, Fan และ Lee (1990) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในผักกาดเขียวปลีที่ดองด้วยเกลือความเข้มข้นต่างๆ พบว่าผักดองจะมีค่าความเป็นกรดสูง ค่า pH ต่ำ และมีปริมาณน้ำตาลที่ใช้ไม่หมดเหลือน้อยถ้าใช้เกลือความเข้มข้นต่ำในการหมัก แต่ถ้าใช้เกลือความเข้มข้นสูงปริมาณน้ำตาลจะมีเหลืออยู่มากกว่า ส่วนอิทธิพลของน้ำตาลที่มีต่อค่า %total sugar พบว่าการหมักที่มีการเติมน้ำตาล 4% จะมีค่า %total sugar ที่คงอยู่ในน้ำดอง และเนื้อผักในปริมาณที่มากกว่าการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 1% อาจเป็นได้ว่าการหมักที่มีการเติมน้ำตาลมากกว่า (4%) จึงทำให้ยังคงมีปริมาณน้ำตาลที่ใช้ไม่หมดหลงเหลืออยู่มากกว่าการหมักที่มีการเติมน้ำตาลทราย 1% ส่วนอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักพบว่า การหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจะทำให้ค่า %total sugar ในน้ำดองและเนื้อผักมีค่าลดลงต่ำกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลมาจากการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แลคติก

แอซิดแบคทีเรียสามารถเจริญและเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำดองไปเป็นกรดได้ดีกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จึงทำให้ค่า %total sugar ลดต่ำลงมากกว่า (Pederson, 1979)

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

2.2.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

การหมักผักกาดเขียวปลีด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทราย และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก ในช่วงระยะเวลา 0-14 วัน ตรวจพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่สามารถเจริญได้ใน plate count agar โดยการหมักด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% รวมกับการเติมน้ำตาล 2 ระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการหมักด้วยการเติมน้ำเกลือ10% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทรายทั้งสองระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการดองด้วยน้ำเกลือที่ความเข้มข้นสูง จะมีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเจริญได้น้อย แม้จะใช้ร่วมกับปัจจัยการเติมน้ำตาล และอุณหภูมิทั้งสองระดับดังที่กล่าวข้างต้น ซึ่งมิ่งขวัญ มิ่งเมือง (2517) ได้เปรียบเทียบการดองผักกาดเขียวปลีแบบดั้งเดิม 3 วิธี โดยทุกวิธีที่ใช้จะนำผักที่ผึ่งจนแห้งแล้ว 1 กิโลกรัม แล้วนำไปหมักตามวิธีต่างๆ โดยวิธีที่ 1 จะนำผักคลุกกับน้ำเกลือ 5% หมักทิ้งไว้ 1 คืน เทน้ำเกลือทิ้งแล้วเติมน้ำดองใหม่ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลปี๊บ 60 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร วิธีที่ 2 คลุกผักในน้ำเกลือ 5% ที่มีการเติมข้าวสุก 60 กรัม และวิธีที่ 3 คลุกผักในน้ำเกลือ 10% พบว่าการดองผักด้วยวิธีที่ 3 มีการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่น้อยกว่าวิธีที่ 1 และ 2 นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดยังเพิ่มขึ้นช้าอีกด้วย ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการดองผักในภาวะที่มีเกลือความเข้มข้นสูง

2.2.2 จำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria)

การหมักผักกาดเขียวปลีด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ น้ำตาลทราย และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักในช่วงระยะเวลา 0-14 วัน ตรวจพบการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ใน MRS agar โดยการหมักด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% รวมกับการเติมน้ำตาล 2 ระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส มีการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียได้ดีกว่าการหมักด้วยการเติมน้ำเกลือ 10% ร่วมกับการเติมน้ำตาลทรายทั้งสองระดับ (1 และ 4%) และหมักที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการดองด้วยน้ำเกลือที่ความเข้มข้นสูง จะมีผลต่อการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียทำให้เกิดการเจริญได้น้อย แม้จะใช้ร่วมกับปัจจัยการเติมน้ำตาล และอุณหภูมิทั้งสองระดับดังที่กล่าวข้างต้น ซึ่ง Chen และ Lee (1985) ได้สังเกตการหมักผักกาด

เขียวปลี โดยใช้เกลือเม็ดความเข้มข้น 6, 9, 12, 15 และ 18% (w/w) หลังจากดอง 3 วันจะเติมน้ำเกลือความเข้มข้น 6, 9, 12, 15 และ 18 ปริมาณ 3.2 ลิตร พบว่าเมื่อใช้เกลือความเข้มข้นสูงจะพบเชื้อจุลินทรีย์จำนวนน้อยและมีความเป็นกรดต่ำ ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจะแตกต่างกันตามช่วงเวลาและความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ ซึ่งผักที่ดองด้วยเกลือความเข้มข้น 15 และ 18% จะไม่พบแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

3. **ศึกษาชนิดของแบคทีเรียกลุ่มแลคติกที่เจริญในช่วงการหมักผักกาดเขียวปลี**

จากการทดลองนำเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงใน MRS sugar มาศึกษาลักษณะการเจริญทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางชีวเคมีบางประการ เพื่อจัดจำแนกกลุ่มของแลคติกแอซิดแบคทีเรียอย่างคร่าวๆ พบว่าการหมักด้วยปัจจัยร่วมของการเติมน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกจะพบ *L. plantarum* ระยะต่อมาจะพบ *L. mesenteroides* และในช่วงสุดท้ายจะพบ *L. plantarum* และ *Pediococcus spp.* ส่วนการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส จะพบ *L. plantarum* เจริญตลอดระยะเวลาในการหมัก 14 วัน นอกจากนี้การหมักด้วยน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% ที่ 20 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกของการหมักจะพบ *L. plantarum* ระยะต่อมาจะพบ *Pediococcus spp.* และในช่วงสุดท้ายจะพบ *L. brevis* ในการหมัก ส่วนการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส ช่วงแรกจะพบ *L. plantarum* และช่วงสุดท้ายจะพบ *L. brevis* ซึ่งในการหมักกะหล่ำปลีดองด้วยเกลือเม็ด 2.25% ที่อุณหภูมิ 23 และ 32 องศาเซลเซียส Pederson และ Albury (1969) พบว่าเมื่อหมักกะหล่ำปลีที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส จะพบ *L. mesenteroides* ในช่วงแรกของการหมัก ต่อจากนั้นจะพบ *L. plantarum* , *P. cerevisiae* และ *L. brevis* ส่วนการหมักที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกจะพบ *L. mesenteroides* ต่อมาจะพบ *L. plantarum* และ *L. brevis* เจริญและมีอิทธิพลต่อการหมัก โดยการทดลองของ Pederson และ Albury (1969) จะพบการเจริญของเชื้อแลคติกแบคทีเรียที่คล้ายคลึงกันกับในงานวิจัยนี้

การหมักผักกาดเขียวปลีด้วยน้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 1% ที่ 20 องศาเซลเซียส พบเชื้อแลคติกแบคทีเรียในช่วงแรกของการหมักคือ *L. brevis* ระยะต่อมาพบ *L. plantarum* และระยะสุดท้ายพบ *L. brevis* และ *L. plantarum* ส่วนการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส จะพบ *L. plantarum* ในระยะแรก และในช่วงสุดท้ายของการหมักจะพบ *L. brevis* นอกจากนี้การหมักด้วยน้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 4% ที่ 20 องศาเซลเซียสพบ *L. brevis* ในช่วงแรกของการหมัก ต่อมาพบ *L. mesenteroides* และในช่วงสุดท้ายพบ *L. brevis* ส่วนการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกของการหมักพบ *L. plantarum* ต่อมาพบ *L. mesenteroides* และ *Pediococcus spp.*

ส่วนในช่วงสุดท้ายพบ *L. brevis* เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักมะกอกซึ่งใช้ความเข้มข้นเกลือ 7-10% จะพบ *L. mesenteroides* เจริญในช่วงแรกของการหมัก ต่อมาระยะที่สอง (2-3 อาทิตย์) พบ *L. brevis* และ *L. plantarum* และช่วงสุดท้ายจะพบ *L. plantarum* มีบทบาทต่อการหมักมากที่สุด (Frazier และ Westhoff, 1988) ส่วนการหมักแตงกวาด้วยน้ำเกลือ 8% จะพบ *P. cerevisiae*, *L. brevis* และ *L. plantarum* ในช่วงระยะเวลาการหมัก และในช่วงสุดท้ายจะพบ *L. brevis* และ *L. plantarum* เจริญและมีบทบาทในการหมัก (Harris, 1998; Pederson, 1979)

4. การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผักกาดเขียวปลีดอง

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ จำนวน 15 คน พบว่าปัจจัยหลักคือ ปริมาณเกลือที่ใช้ในการหมัก จะมีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการหมักด้วยน้ำเกลือความเข้มข้น 10% จะทำให้ค่าสี รสเค็ม และเนื้อสัมผัสมีคะแนนที่สูงกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือ 4% นั่นคือการหมักด้วยน้ำเกลือ 10% จะให้ผักกาดดองที่มีสีค่อนข้างไปทางสีเขียว รสชาติค่อนข้างเค็มมาก และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกรอบมากกว่า แต่มีคะแนนด้านกลิ่นผิดปกติ และรสเปรี้ยวที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การที่ผักกาดดองที่หมักด้วยน้ำเกลือ 10% มีสีของผักที่ค่อนข้างไปทางสีเขียว เนื่องจากว่าการหมักที่เกิดขึ้นอาจจะยังเกิดไม่สมบูรณ์ หรือเรียกว่ายังหมักไม่ได้ที่ จึงทำให้ผักยังคงเป็นสีเขียวอยู่มาก ซึ่งลักษณะของผักกาดเขียวที่ผ่านการหมักแล้วจะมีสีค่อนข้างไปทางเหลืองๆ เนื่องจากความร้อนและกรดที่เกิดขึ้นจากการหมักจะทำลายคลอโรฟิลล์ จึงทำให้ผักเปลี่ยนสีจากสีเขียวสดตามธรรมชาติ เป็นสีที่ออกเหลืองๆ ใสๆ ซึ่งเป็นสีที่ยอมรับในการทำผักกาดดอง (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2525) นอกจากนี้ Fleming (1982) ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของผักกาดเขียวปลีในระหว่างการดองเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา enzymatic browning นอกจากนี้การหมักด้วยน้ำเกลือ 4% ผู้ทดสอบยังให้คะแนนในด้านกลิ่นหอมของผักดองในระดับที่มีกลิ่นหอมมากกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือ 10% และยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเพิ่มมากขึ้น จะทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผักกาดดองในด้าน รสเปรี้ยว กลิ่นของผักดอง และเนื้อสัมผัสมีคะแนนเพิ่มมากขึ้น ($p\leq0.05$)

5. การวิเคราะห์สารให้กลิ่น (flavor profile) ในผักกาดเขียวปลีดอง

วิเคราะห์สารประกอบในผักกาดดองที่หมักด้วยสภาวะต่างๆ คือ น้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 1% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 4% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 1% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 4% ที่ 30 °C; น้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 1% ที่ 20°C; น้ำเกลือ 4% น้ำตาลทราย 4% ที่ 20 °C; น้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 1% ที่ 20 °C และ

น้ำเกลือ 10% น้ำตาลทราย 4% ที่ 20 °C สามารถแยกสารประกอบต่างๆ โดยใช้ gas chromatography / mass spectrometry ได้ 27, 27, 35, 26, 27,22, 23 และ 40 ชนิดตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบ volatile compounds ที่ตรวจพบในตัวอย่างทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่ามี dimethyl disulfide, allyl isothiocyanate , benzaldehyde และ dimethyl trisulfide ในทุกๆตัวอย่าง ดังนั้น volatile compounds ดังกล่าวอาจเป็น volatile compounds หลักๆ ที่พบในผักกาดเขียวปลีดอง เมื่อเปรียบเทียบ relative peak area ของ volatile compounds บางตัวที่พบในการทดลอง พบว่า benzaldehyde, dimethyl disulfide และ dimethyl trisulfide มีค่าใกล้เคียงกันในการหมักทั้ง 8 ตัวอย่าง ส่วน allyl isothiocyanate พบว่าในการหมักด้วยปัจจัยร่วมระหว่างน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 1% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีค่า relative peak area สูงมากที่สุด (12.6633) รองลงมาคือการหมักด้วยน้ำเกลือ 10% น้ำตาล 1% ที่ 20 องศาเซลเซียส (6.3790) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการหมักที่เกิดขึ้นในสภาวะทั้งสองอาจยังไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ยังคงมี allyl isothiocyanate ค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะพบว่าการหมักโดยใช้น้ำเกลือ 10% จะได้ผักกาดดองที่มีสีค่อนข้างไปทางสีเขียว ซึ่งเป็นลักษณะของผักกาดดองที่ยังเกิดการหมักได้ไม่สมบูรณ์ โดยผักเกิดการหมักจนได้ที่แล้วกรดที่เกิดขึ้นจากการหมักจะทำให้สีเขียวของผักตามธรรมชาติเปลี่ยนไปเป็นสีที่ออกเหลืองๆ และผักค่อนข้างใส (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2525) นอกจากนี้ Vaughn และ Boydston (1997) ได้รายงานว่าในผักตระกูลกะหล่ำรวมถึงพวกผักกาดเขียว (Brassica juncae L.) จะพบสารประกอบที่สำคัญ คือ allyl isothiocyanate, 3-butenyl isothiocyanate, benzyl isothiocyanate, cis-3-hexene-1-ol และ trans-2-hexanol โดย volatile compounds ต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาจากเซลล์ของผักเมื่อมีการตัดหรือหั่นผัก

เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Lee และคณะ (1974) พบ allyl isothiocyanate, cis-hex-3-ene-1-ol และ acetaldehyde ในการหมัก sauerkraut เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Cha, Kim และ Cadwallader (1998) ได้ให้ความเห็นจากการทดลองแยก volatile compounds ในการหมักกิมจิว่า สารประกอบซัลเฟอร์ เช่น diallyl disulfide isomers , methylallyl disulfide, dimethyl trisulfide และ dimethyl disulfide มีบทบาทสำคัญต่อการสร้าง flavor ในกิมจิมากกว่า volatile compounds อื่นๆ ที่พบในการหมักกิมจิ Young-Hee, Jung-Soo และ Young-Sook (2000) ได้กล่าวไว้ว่าการหมักกิมจิที่เกิดขึ้นจะทำให้ปริมาณของสารประกอบ isothiocyanate ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นฉุน (pungency) ในผักกาดเขียวจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการหมักเกิดขึ้น

นอกจากนี้ในงานวิจัยยังพบสารประกอบที่ให้กลิ่นผลไม้ (fruity) คือ ethylbutyrate, ethylacetate, 2-hydroxy-propionate, ethyl-(E)-2-hexenoate, critonelly butenoate, trans-2-hexenal, formic acid ethyl ester และ ethylisovalerate ที่พบในการหมักแบบต่างๆ อาจจะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้เกิดกลิ่นที่ดีในผักกาดดอง ซึ่ง Lee และคณะ (1974) ได้กล่าวว่าสารประกอบที่ให้กลิ่น fresh and fruity เช่น ethylbutyrate, isoamyl acetate, mesityl oxide และ n-hexyl acetate ที่พบใน sauerkraut จะค่อนข้างมีความสำคัญต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในงานวิจัยมีปริมาณความชื้น 94.90±0.37%, pH 5.86±0.03%, %total sugars (as invert sugar) 0.031±0.001, % total acidity 0.27±0.01, total plate count $5.03x10^6$ โคโลนีต่อกรัม และ lactic acid bacteria $1.86x10^5$ โคโลนีต่อกรัม

2. การหมักด้วยน้ำเกลือร้อยละ4 จะทำให้ค่า pH , %total sugars(invert) ลดต่ำลงกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังทำให้ค่า %total acidity , total plate count และ lactic acid bacteria ที่สูงกว่าการหมักด้วยน้ำเกลือร้อยละ 10 ($p \leq 0.05$)

3.น้ำตาลทรายที่เติมลงไป เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ทั้ง 2 ระดับ คือ ร้อยละ 1 และ 4 ไม่ทำให้ค่า pH , %total acidity ,%total sugars(invert) , total plate count และ lactic acid bacteria มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

4. ที่อุณหภูมิ 30 °C จะเกิดการหมักได้ดีกว่าที่ 20 °C จึงทำให้ค่า pH , %total sugars (invert) ลดต่ำลงกว่า และมีค่า %total acidity , total plate count และ lactic acid bacteria ที่สูงกว่า ($p \leq 0.05$)

5. ผลของเกลือและน้ำตาลต่อค่า pH พบว่าเมื่อเพิ่มระดับเกลือและน้ำตาลจะทำให้ ค่า pH ลดต่ำลงในทุกตัวอย่างการทดลอง แต่ในทางตรงกันข้าม %total acidity มีค่าเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่างการทดลอง นอกจากนี้ %salt ในทุกตัวอย่างของน้ำดองลดลง แต่ในเนื้อผักเพิ่มขึ้น ส่วนค่า %total sugars ลดลงในทุกตัวอย่างการทดลอง เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและแลคติกแอซิดแบคทีเรียจะมีการเจริญเป็นช่วง

6. เกลือและอุณหภูมิมีผลต่อค่า pH คือเมื่อเพิ่มเกลือและอุณหภูมิจะทำให้ค่า pH ลดต่ำลง โดยใช้น้ำเกลือเข้มข้น 4% และอุณหภูมิ 30 °C มีค่า pH ลดลงมากที่สุดเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ซึ่งค่า total acidity ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่ค่า %salt และ %total sugars มีเปอร์เซ็นต์ลดลงทั้งน้ำดองและเนื้อผักในทุกระดับของเกลือและอุณหภูมิ ส่วน total plate count และ lactic acid bacteria จะมีการเจริญเป็นช่วงๆเช่นกัน

7. ผลของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า pH, %salt ในน้ำดอง และค่า total sugars ในน้ำดองผักมีค่าลดลง เมื่อระดับของน้ำตาลและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยระดับน้ำตาลที่ความเข้มข้น 4% อุณหภูมิ 30 °C จะทำให้ทุกค่าที่กล่าวมามีค่าลดลงมากที่สุด แต่ค่า %total acidity และ %salt

ในเนื้อผักจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า total plate count และ lactic acid bacteria จะมีการเจริญเป็นช่วงๆ

8. ผลของเกลือ น้ำตาล และอุณหภูมิต่อการหมักผักกาดเขียวปลีพบว่าปัจจัยทั้ง 3 ทำให้ค่า pH, total sugars ในน้ำดอง และเนื้อผักดอง ตลอดจน %salt ในน้ำดองมีค่าลดต่ำลง เมื่อทุกปัจจัยคือ เกลือ น้ำตาล และอุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ total acidity และ %salt ในน้ำดองผักมีค่าสูงขึ้น

9.ในการหมักพบเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย คือ *Lactobacillus plantarum ,Lactobacillus brevis , Pediococcus spp.* และ *Leuconostoc mesenteroides* โดยมี *Lactobacillus plantarum* เป็น เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียหลักที่พบในการหมัก

10. เมื่อทำการทดลองทางประสาทสัมผัสพบว่าเกลือไม่มีผลต่อรสเปรี้ยว ($p>0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 4% จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนด้านกลิ่นสูงกว่าที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 10% ($p\leq0.05$) น้ำตาลไม่มีผลต่อกลิ่นและรสเปรี้ยวของผักดอง ($p>0.05$) ในขณะที่อุณหภูมิ 30°C จะทำให้คะแนนด้านรสเปรี้ยวและกลิ่นมากกว่าอุณหภูมิที่ 20°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

11. ผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นผักดองโดยใช้ gas chromatography / mass spectrometry พบสารประกอบหลักๆ คือ dimethyl disulfide, allyl isothiocyanate, benzaldehyde และ dimethyl trisulfide

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาชนิดของแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เจริญในช่วงของการหมักในงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาอย่างคร่าวๆ โดยสุ่มเลือกเชื้อที่เจริญบน MRS agar มาทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางชีวเคมีบางประการเท่านั้น ทำให้ผลการทดลองที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อน

2. ควรจะมีการหา flavor profile ของผักกาดเขียวปลีสด และ ผักกาดดองที่มีอยู่ในท้องตลาดด้วย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้

3. ควรศึกษา flavor profile ที่เกิดขึ้นในการหมักผักกาดเขียวปลีด้วยเชื้อบริสุทธิ์สายพันธุ์ต่างๆ เพื่อหา volatile compounds ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์สายพันธุ์นั้นๆ

4. ควรศึกษา flavor profile ที่เกิดขึ้นในช่วงของการหมัก ได้แก่ 0, 7,14 วัน เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ volatile compounds ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของวันที่หมัก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองเศรษฐกิจการตลาด. กรมการค้าภายใน. 2527. รายงานผลการศึกษาผักและผลไม้สด. กรมการค้าภายใน.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2535. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

มิ่งขวัญ มิ่งเมือง. 2517. การศึกษาจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในขณะหมักดองผักกาดเขียว (*Brassica juncae* , (L.) Czem et cross). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เมืองทอง ทวนทวี. 2525. สวนผัก. กรุงเทพฯ : กลุ่มหนังสือเกษตร.

ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์. 2524. อุตสาหกรรมหมักดอง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต. 2536. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม : จุลินทรีย์กับอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยบูรพา.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2534. อาหารจากแลคติกแอซิดแบคทีเรียในประเทศไทย. ใน โปรซีดดิงส์แลคติกแอซิดแบคทีเรียในอุตสาหกรรมอาหารไทยครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 2. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายชล เกตุษา, พีรเดช ทองอำไพ และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2527. ผลของ dominozide ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการห่อปลีของผักกาดเขียวปลีที่ปลูกนอกฤดู. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2527. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อรพิน ภูมิภมร. 2526. จุลินทรีย์ในเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์และอาหารหมักพื้นเมือง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

AOAC. 1995. Official method of analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Virginia, USA.

Adams, M.R., and Moss, M.O. 1995. Food microbiology. USA : The Royal Society of Chemistry.

Aurand, L.W., Singleton, J.A., Bell, T.A., and Etchells, J.L. 1965. Identification of volatile constituents from pure culture fermentation of brined cucumbers. J. Food Sci. 30 : 288-295.

Bouner, K., Garbe, D., and Surburg, H. 1990. Common fragrance and flavor materials preparation, properties and uses. 2 rev. ed. New York : Wienheim.

Cha, Y.J., Kim, H., and Cadwallader,K.R. 1998. Aroma-active compounds in kimchi during fermentation J. Agric Food Chem. 46 : 1944-1953.

Cha, Y.J., Jang, S.M., Kim, H., and Kim, S.J. 1999. Comparison of aroma-active compounds in kimchi during fermentation. [On-line]. The IFT Annual Meeting. Abtract from : 50A-14

Chen, Y.C. and Lee , H.C. 1985. Preparation of pickled mustards by a modified dry salting method. I The traditional fermentation. J. Chinese Agric. Chem. Soc. 23 : 251-262.

Costilow, R.N., and Fabian, F.W. 1953. Microbiological studies of cucumber fermentations. Appl. Microbiol. 1 : 314-319.

Datta, S.C. 1970. A handbook of systamic botany. Bombay : Asia Publishing House.

Desrosier, N.W. 1970. The technology of food preservation, 3rd ed. USA : AVI Publishing.

Etchells, J.L., Borg, A.F., and Bell, T.A. 1968. Bloater formation by gas-forming lactic acid bacteria in cucumber fermentations. Appl. Microbiol. 16(7) : 1029-1035.

Etchells, J.L., Costilow, R.N., Anderson, T.E., and Bell, T.A. 1964. Pure culture fermentation of brined cucumbers. Appl. Microbiol. 6 : 523-535.

Fleming, H.P. 1982. Fermented vegetables. In : Economic Microbiology. New York : Academic Press.

Fleming, H.P., Etchells, J.L., and Bell, T.A. 1969. Vapor analysis of fermented olives by gas chromatography. J. Food Sci. 34 : 419-422.

Fleming, H.P., Kyung, K.H., and Breidt, F. 1995. Vegetable fermentations. In Biotechnology. Vol.9 2nd ed. New York : VCH.

Frazier, W.C., and Westhoff, D.C. 1988. Food microbiology. 4th ed. USA : McGraw-Hill.

Gary, R. 1994. Flavors formed via fermentation. In Source book of flavors. 2nd ed. USA : Chapman & Hall.

Harris, L.J. 1998. The microbiology of vegetable fermentation. In Microbiology of fermented food vol.1 U.K. : Blackie Academic and Profession.

ICMSF. 1978. Microorganism in foods 1 (Their significance and method of enumeration). 2nd ed. Canada : University of Toronto Press.

Lee, C.Y. 1996. Fundamentals of food biotechnology. USA : VCH Publisher.

Lee , C.S., Fan , J.J. and Lee , H.C. 1990. Nutritional changes of mustard during pickling period. J. Chinese Agric. Chem. Soc. 28 : 159-209.

Lee, C.Y., Acree, T.E., Butt, R.M., and Stamer, J.R. 1974. Flavor constituents of fermented cabbage. Proc. IV Int. Congress Sci and Technol. 1 : 175-178.

Macleod, A.J., and Macleod, G. 1970. Flavor volatiles of some cooked vegetable. J. Food Sci. 36 : 734-740.

Marsili, R.T., and Miller, N. (2000). Determination of major aroma impact compounds in fermented cucumbers by solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry detection. J. Chromatographic Sci. 38(2000) : 307-314. FSTA Abstracts 32 : Abstract No. Jq2209

Montano, A., Sanchez, A.H., and Rejano, L. 1990. Rapid quantitative analysis of headspace components of green olive brine. J. Chromatography. 521 : 153-157.

Morris, B.J., and Maurice, J.G. 1960. Handbook of microbiology. USA : Van Nostrand.

Nout, M.J.R., and Rombouts, F.M. 1992. Fermentative preservation of plant foods. J. Appl. Bacteriol.Symp.Supp. 73 : 136s-147s.

Pederson, C.S. 1979. Microbiology of food fermentation. 2nd ed. Westport, Connecticut: AVI Publishing.

Pederson, C.S., and Albury, M.N. 1969. The sauerkraut fermentation. N.Y. State Agr. Expt. Sta. Bull. 824. Geneva.

Pederson, C.S., and Albury, M.N. 1954. The influence of salt and temperature on microflora of sauerkraut fermentation. Food Technol. 8:1-5.

Pelczar, M.J., Chan, E.S.C, and Krieng, N.R. 1993. Microbiology : concepts and applications. USA : McGraw-Hill.

Peter, H.A. 1986. Bergey's mannaul of systematic bacteriology. vol.2 Bultimore : Waverly press.

Phithakpol,B., Varanyanond,W., Reungmaneepaitoon,S., and Wood,H. 1995. The traditional fermented food of Thailand. Malaysia : ASEAN Food Handling Bureau.

Ranganna, S. 1977. Mannual of analysis of fruit and vegetable products. New Delhi : McGraw-Hill.

Schieberle, P., Ofner, S., and Grosch, W. 1990. Evaluation of potent odorants in cucumbers (*Cucumis saltirus*) and muskmelons (*Cucumis melo*) by aroma extract dilution analysis. J. Food Sci. 55 : 193-195.

Skerman, V.B.D. 1967. A guide to the identification genera of bacteria. 2nd ed. Bultimore : Waverly Press.

Soon-Sil, C., Ock-Ja, C., Young-Sook, C., Seok-Kyu, P., and Jeong-Ro, P. 1995. Changes in pungent components of dolsan leaf mustard kimchi during fermentation. J. the Korean Society of Food and Nutrition 24(1995) : 54-59. FSTA Abstracts 27 : Abstract No. Tc27.

Stamer, J.R., Stoyla, B.O., and Dunckel, B.A. 1971. Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with the sauerkraut fermentation. J. Milk Food Technol. 34 : 521-525.

Steinkraus, K.H. 1992. Lactic acid fermentation. Applications of biotechnology to traditional fermented food. Washington : National Academy Press.

Thomas, D.B., and Michael, T.M. 1991. Biology of microorganism. 6th ed. New Jersey : Prentice-Hall.

Trail, A.C., Fleming, H.P., Yong, C.T. and McFeeters, R.F. 1996. Chemical and sensory characterization of commercial sauerkraut. J. Food Quality. 19 : 15-30.

Vaughn, S.F., and Boydston, R.A. 1997. Volatile allelochemicals released by crucifer green manures. J. Chemical Ecology 23(9) : 2107-2116.

Vorberk, M.L., Mattick, L.R., Lee, F.A., and Pederson, C.S. 1961. Volatile flavor of sauerkraut, gas chromatographic identification of a volatile acid off-odor. J. Food Sci. 26 : 569-572.

Young-Hee, P., Jung-Soo, K., and Young-Sook, H. (2000). Volatiles compounds of mustard leaf (*Brassica Juncae*) kimchi and their changes during fermentation. 32(2000) : 338. FSTA Abstracts 32 : Abstract No. Tc505.

Zhou, A., and McFeeters, R.F. 1998. Volatile component in cucumber fermented in low salt condition. J. Agric.Food Chem. 46 : 2117-2122.

Zhou, A., McFeeters, R.F., and Fleming, H.P. (2000). Development of oxidized odor and volatile aldehydes in fermented cucumber tissue exposed to oxygen. J. Agric.Food Chem 48(2000) : 193-197. FSTA Abstracts 32 : Abstract No.Jq1158.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1.1 ความชื้น (AOAC, 1995)

- อบถ้วยอลูมิเนียมจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน desiccator บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยอลูมิเนียม
- ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง
- อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน desiccator บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบแห้ง} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังการอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบแห้ง}} \times 100$$

1.2 pH (AOAC,1995)

- ตรวจค่า pH โดย pH meter เทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (standard buffer) ที่มีค่า 4 และ 7

1.3 %total acidity (AOAC,1995)

- ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 5 กรัม หรือตัวอย่างน้ำดอง 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่
- เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล โดยมีฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ไตเตรทจนได้จุดยุติสีชมพู

$$\%\text{total acidity(as citric acid)} = \frac{N \times V \times 0.07 \times 100}{\text{sample (g. or ml.)}}$$

$$\%\text{total acidity(as lactic acid)} = \frac{N \times V \times 0.09 \times 100}{\text{sample (g. or ml.)}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 %total sugars (as invert sugar) (Ranganna,1997)

- ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง เตรียมโดยบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างประมาณ 50-100 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ทำเครื่องหมายระดับน้ำในบีกเกอร์ไว้ด้วย ทำให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล ต้มให้เดือดเบาๆ นาน 1 ชั่วโมง โดยมีการกวนเป็นครั้งคราว เติมน้ำกลั่นต้มเดือดลงในบีกเกอร์จนเท่าระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ ทำให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no. 4 นำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติม 45% neutral lead acetate solution 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติม 22% potassium oxalate solution กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman no.41H และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น $\Rightarrow$ สารละลายตัวอย่าง

- ปิเปตสารละลายตัวอย่าง ใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดซิตริก 5 กรัม น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดนาน 10 นาที และทำให้เย็น ปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล นำสารละลายที่ปรับให้เป็นกลางแล้วใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น $\Rightarrow$ sugar solution

- ปิเปต mixed Fehling's solution (Fehling A & B) 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

- บรรจุบิวเรตด้วย sugar solution และปล่อยลงใน mixed Fehling's solution จนเกือบจะ reduce Fehling's solution ทั้งหมด ผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนบน hot plate จนเดือดนาน 15 วินาที ถ้ายังเป็นสีฟ้า เติม sugar solution 2-3 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 2-3 วินาที จนไม่มีสีฟ้า หยด 1% methylene blue indicator 3 หยด และไตเตรทต่อจนได้จุดยุติสีแดง (ไม่มีสีฟ้าเหลืออยู่) บันทึกปริมาตร sugar solution ที่ใช้

$$\% \text{ total sugars (as invert sugar)} = \frac{\text{mg. of invert sugar x dilution x 100}}{\text{titre x wt. or ml. of sample x 100}}$$

ตารางที่ ก.1 Factors for 10 ml. of Fehling's solution to be used with Lane and Eynon volumetric method

Titre(ml.)	Invert sugar(mg.)	Titre(ml.)	Invert sugar(mg.)
15	50.5	33	51.7
16	50.6	34	51.7
17	50.7	35	51.8
18	50.8	36	51.8
19	50.8	37	51.9
20	50.9	38	51.9
21	51.0	39	52.0
22	51.0	40	52.0
23	51.1	41	52.1
24	51.2	42	52.1
25	51.2	43	52.2
26	51.3	44	52.2
27	51.4	45	52.3
28	51.4	46	52.3
29	51.5	47	52.4
30	51.5	48	52.4
31	51.6	49	52.5
32	51.6	50	52.5

ที่มา : (Ranganna,1977)

1.5 % salt (AOAC,1995)

- ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
- เติม 5% $K_2Cr_2O_4$ 1 มิลลิลิตร
- ไตเตรทด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติสีน้ำตาลแดง

$$\%salt = \frac{\text{vol. of silver nitrate} \times 0.585}{\text{vol. of sample}}$$

2. **การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์** (ICMSF,1978)

2.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

- ตัวอย่างอาหารทำให้เจือจางด้วยเปปโตนที่ปราศจากเชื้อ เพื่อให้ปริมาณเชื้อในตัวอย่างอาหารลดลงเป็นลำดับ
- ดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (ด้วยปิเปตที่ปราศจากเชื้อ) ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเชื้อ
- เทอาหาร Plate count agar ที่หลอมเหลวและมีอุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส ลงไป โดยวิธีการ pour plate technique เขย่าตัวอย่างให้กระจายทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ
- บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 2 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนี

2.2 จำนวนแบคทีเรียกลุ่มแลคติค

- ตัวอย่างอาหารทำให้เจือจางด้วยเปปโตนที่ปราศจากเชื้อ เพื่อให้ปริมาณเชื้อในตัวอย่างอาหารลดลงเป็นลำดับ
- ดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (ด้วยปิเปตที่ปราศจากเชื้อ) ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเชื้อ
- เทอาหาร MRS agar ที่หลอมเหลวและมีอุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส ลงไป โดยวิธีการ pour plate technique เขย่าตัวอย่างให้กระจายทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ
- บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 2-3 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนี

2.3 การย้อมแกรม

- กระจายเชื้อบนแผ่นสไลด์ ทำให้แห้งในอากาศ แล้วผ่านเปลวไฟเพื่อ fix เซล
- ย้อมด้วยสีแกรมคริสตอลไวโอเลต 2 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ย้อมด้วยแกรมไอโอดีน 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ล้างสีออกโดยใช้ เอธานอล 95% 15-30 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ย้อมด้วยสีซาฟรานิน โอ 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง
- ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ หัว 100X

3. การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

NaoH 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มแล้ว ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

3.2 0.5% phenolpthalein indicator

phenolpthalein 0.5 กรัม ละลายในเอธานอล 60 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

3.3 45% neutral lead acetate solution

neutral lead acetate 225 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร

3.4 22% potassium oxalate solution

potassium oxalate 110 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร

3.5 1% methylene blue indicator

methylene blue 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

3.6 Fehling A

copper sulphate 69.28 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

3.7 Fehling B

potassium sodium tartrate 346 กรัม และ NaOH 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

3.8 5% $K_2Cr_2O_4$ indicator

potassium chromate 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

3.9 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 นอร์มอล

silver nitrate 4.23 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร

4. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

4.1 สารละลายเปปโตน

เปปโตน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

4.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS

Oxoid peptone	10	กรัม
Lab-Lemco	10	กรัม
Yeast extract	5	กรัม
Glucose	20	กรัม
Tween 80	1	มิลลิลิตร
K_2HPO_4	2	กรัม
$CH_3COONa.3H_2O$	5	กรัม
Triammonium citrate	2	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	200	มิลลิกรัม
$MnSO_4.4H_2O$	50	มิลลิกรัม
Agar	15	กรัม

อัตราส่วนอาหาร 66.2 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 1 ลิตร

ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 6.0-6.5

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

4.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA)

Tryptone	5	กรัม
Yeast extract	25	กรัม
Dextrose	1	กรัม
Agar	9	กรัม

ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 7.0

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

4.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA)

Bacto peptone	5	กรัม
Bacto beef extract	3	กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Bacto agar	15	กรัม

ความเป็นกรด-ด่าง 7.0

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

4.5 อาหารทดสอบการหมักคาร์โบไฮเดรต

Carbohydrate	0.5	กรัม
Yeast extract	0.4	กรัม
Peptone	0.5	กรัม
Salt solution	0.5	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 6.8

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

4.6 salt solution

$MgSO_4.7H_2O$	4	มิลลิกรัม
$MnSO_4.4H_2O$	0.2	มิลลิกรัม
NaCl	0.2	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

4.7 3% hydrogen peroxide solution

30%hydrogen peroxide 10 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร

4.8 mixed indicator

Bromthymol blue	0.2	กรัม
Phenol red	0.1	กรัม
95% ethanol	300	มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากันเก็บในขวดสีชา

4.9 Gram crystal violet

Crystal violet 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.10 Gram iodine

Iodine 1 กรัม และ Potassium iodide ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

4.11 Safranin O

Safranin O 8 กรัม ละลายในแอนไฮดรัสแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 0

ปัจจัย	df	MS			
		pH	% salt	% total sugars	Total plate count
เกลือ (A)	1	0.024	178.106*	0.002	0.00016*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.004	0.499*	2.055	0.00016*
อุณหภูมิ (C)	1	0.000	0.000	0.000	0.00023
AB	1	0.007	0.120	0.003	0.00016*
AC	1	0.000	0.000	0.000	0.00023
BC	1	0.000	0.000	0.001	0.00023
ABC	1	0.000	0.000	0.001	0.00032
Rep	2	0.012	0.267	0.001	0.00020
Error	14	0.038	1.724	0.002	0.000

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 1

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	0.375	0.003	76.184*	0.004*	23909.856*	5953.815*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.068	0.004	0.717	1.458*	3492.576*	1554.133
อุณหภูมิ (C)	1	0.487	0.014	0.052	0.000	5637.148*	1146.093
AB	1	0.000	0.001	0.084	0.007*	5042.521*	1558.965
AC	1	0.002	0.004	0.126	0.000	7003.483*	1049.536
BC	1	0.045	0.005	0.380*	0.001	3476.671*	3788.850*
ABC	1	0.062	0.002	0.160	0.000	2168.661*	3755.252*
Rep	2	0.266	0.094	0.100	0.000	69.947	833.055
Error	14	0.031	0.004	0.064	0.000	359.840	696.752

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 2

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.571*	0.007	78.88*	0.000	22469.580*	53366.256*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.002	0.000	0.007	1.345*	9015.188*	24734.976
อุณหภูมิ (C)	1	0.406*	0.010*	0.088	0.000	269.675	262.153
AB	1	0.016	0.001	0.000	0.007*	881.488	20017.306
AC	1	0.244	0.013*	0.067	0.002*	1038.193	64.945
BC	1	0.000	0.001	0.083	0.000	6381.451	5106.500
ABC	1	0.040	0.000	0.383*	0.000	794.075	2194.976
Rep	2	0.113	0.004	0.115	0.000	3277.104	19534.279
Error	14	0.061	0.001	0.038	0.000	1421.097	5571.993

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 3

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	4.568*	0.051*	76.312*	0.001	424509.401*	284790.949*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.027	0.001	0.002	1.213*	7.150	60981.985*
อุณหภูมิ (C)	1	0.940*	0.032*	0.142	0.001	121994.301*	72426.304*
AB	1	0.038	0.007*	0.007	0.013*	134.900	53221.118*
AC	1	1.821*	0.057*	0.000	0.009*	137244.250*	89990.956*
BC	1	0.015	0.000	0.126	0.000	32.434	65168.766*
ABC	1	0.001	0.003*	0.340*	0.002*	1041.484	77227.684*
Rep	2	0.149	0.006	0.121	0.000	29095.089	6154.414
Error	14	0.036	0.001	0.048	0.000	26134.522	4108.409

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 4

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	5.881*	0.209*	71.381*	0.043*	16790.460*	711392.667*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.000	0.007	0.036	0.944*	30745.042*	3051.015
อุณหภูมิ (C)	1	2.160*	0.191*	0.473*	0.006*	5667.227*	97537.500*
AB	1	0.082	0.002	0.019	0.004*	4907.760*	1792.282
AC	1	1.270	0.224*	0.026	0.000	5797.042*	67416.000
BC	1	0.096	0.011*	0.061	0.028*	9488.327*	259875.282*
ABC	1	0.019	0.001	0.172	0.011*	8550.375*	299400.682*
Rep	2	0.119	0.010	0.191	0.000	73.002	23823.882
Error	14	0.076	0.003	0.042	0.000	144.100	17773.793

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 5

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.967*	0.205*	69.905*	0.108*	129815.751*	57135.042*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.189	0.013*	0.058	0.756*	2007.510	25807.042*
อุณหภูมิ (C)	1	0.030*	0.327*	0.647*	0.000	12082.594	62322.042*
AB	1	0.000	0.001	0.058	0.015*	3227.120	13490.042
AC	1	0.065	0.228*	0.079	0.000	354.970	2109.375
BC	1	0.059	0.027*	0.027	0.016*	1856.800	1134.375
ABC	1	0.085	0.001	0.112	0.008*	591.034	1.042
Rep	2	0.104	0.011	0.177	0.000	47209.008	3520.500
Error	14	0.093	0.003	0.035	0.000	11287.057	3163.119

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 6

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.359*	0.236*	67.328*	0.118*	90589.594*	70981.127*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.004	0.016*	0.082	0.645*	2103.754	854.427
อุณหภูมิ (C)	1	7.855*	0.476*	0.729*	0.000	24839.100*	83709.282
AB	1	0.035	0.006	0.016	0.019*	1589.254	13575.527
AC	1	0.081	0.213*	0.187	0.000	1012.700	12723.615
BC	1	0.012	0.034*	0.064	0.010*	5944.054	137.282
ABC	1	0.008	0.006	0.244*	0.007*	4221.454	6124.815
Rep	2	0.277	0.000	0.134	0.001	2523.765	7815.570
Error	14	0.031	0.003	0.043	0.001	6489.146	15326.884

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 7

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.495*	0.336*	66.267*	0.146*	219516.754*	151225.250*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.000	0.022*	0.099	0.515*	753.760	9853.654
อุณหภูมิ (C)	1	6.171*	0.443*	0.928*	0.016*	158.620	71996.260*
AB	1	0.017	0.024*	0.000	0.058*	4628.704	23356.320
AC	1	0.373*	0.170*	0.141*	0.002	3162.510	13944.260
BC	1	0.027	0.028*	0.104	0.004*	95419.871*	37707.154
ABC	1	0.065	0.012*	0.331*	0.000	94941.260*	59371.654*
Rep	2	0.097	0.000	0.124	0.001	1196.153	20209.353
Error	14	0.028	0.005	0.030	0.001	8987.615	8742.679

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 8

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.005*	0.355*	63.310*	0.127*	86148.184*	296815.042*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.010	0.017	0.144	0.459*	1283.344	3805.202
อุณหภูมิ (C)	1	7.227*	0.490*	0.844*	0.034*	1641.760	117544.007
AB	1	0.021	0.035*	0.001	0.057*	183.154	5388.007
AC	1	0.267*	0.137*	0.205*	0.000	27182.470*	37969.215
BC	1	0.000	0.048*	0.099	0.001	23946.484	9464.482
ABC	1	0.017	0.027*	0.487*	0.001	33458.134*	14288.640
Rep	2	0.221	0.000	0.132	0.003	6113.334	46540.201
Error	14	0.033	0.006	0.034	0.001	5805.451	29051.986

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 9

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.050*	0.451*	63.343*	0.142*	129839.286*	444965.433*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.056	0.004	0.078	0.405*	13116.180	23769.920
อุณหภูมิ (C)	1	6.678*	0.378*	0.940*	0.033*	14883.228	21834.634
AB	1	0.000	0.023*	0.001	0.048*	4453.740	57496.670
AC	1	0.327*	0.095*	0.200*	0.000	27.435	121.050
BC	1	0.050	0.072*	0.162*	0.010*	31114.081	18023.720
ABC	1	0.001	0.039*	0.567*	0.000	13436.041	488.704
Rep	2	0.306	0.002	0.189	0.007	1739.232	93456.096
Error	14	0.069	0.009	0.033	0.003	7808.130	43585.425

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 10

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.135*	0.763*	60.865*	0.102*	76862.802*	108528.050*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.173	0.003	0.038	0.325*	80.667	15025.010
อุณหภูมิ (C)	1	5.491*	0.290*	0.992*	0.040*	64.682	11726.260
AB	1	0.194*	0.015	0.001	0.031*	12150.000	52108.120
AC	1	0.482*	0.056*	0.132	0.000	30773.682	2844.904
BC	1	0.150	0.038*	0.202*	0.007*	14661.927	1752.750
ABC	1	0.006	0.027*	0.380*	0.000	199.527	14128.054
Rep	2	0.151	0.012	0.139	0.005	137.964	7923.303
Error	14	0.052	0.009	0.032	0.002	8818.608	17645.750

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 11

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	0.644*	0.735*	60.103*	0.059*	222530.042	220167.571*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.088	0.007	0.031	0.226*	18315.375	12774.320
อุณหภูมิ (C)	1	3.929*	0.240*	1.251*	0.039*	47722.002	89609.260
AB	1	0.334*	0.011	0.000	0.011*	25676.042	26900.510
AC	1	0.179*	0.035*	0.115	0.001	7011.002	296.104
BC	1	0.044	0.077*	0.157	0.006*	140178.735	34405.654
ABC	1	0.022	0.056*	0.317*	0.000	16737.602	16166.850
Rep	2	0.118	0.017	0.087	0.002	9580.562	213535.916
Error	14	0.051	0.007	0.046	0.001	56233.411	46070.451

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 12

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	0.052*	0.680*	60.611*	0.041*	22204.167*	6415.740*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.061	0.001	0.028	0.192*	450.667	1879.740*
อุณหภูมิ (C)	1	3.323*	0.228*	1.118*	0.043*	640.667	4976.640*
AB	1	0.222*	0.013	0.001	0.012*	20650.667*	14523.840*
AC	1	0.267*	0.014	0.007	0.006*	8066.667*	7476.540*
BC	1	0.006	0.079*	0.118	0.013*	102704.167*	62057.340*
ABC	1	0.067	0.037*	0.220*	0.000	22940.167*	61.440*
Rep	2	0.111	0.006	0.070	0.001	400.167	0.004
Error	14	0.652	0.007	0.040	0.001	400.167	0.004

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 13

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	1.038*	0.663*	60.509*	0.033*	6953.010	38360.010
น้ำตาลทราย (B)	1	0.004	0.009	0.100	0.151*	201758.344	7822.010
อุณหภูมิ (C)	1	1.854*	0.146*	0.879*	0.049*	41708.344	114.844
AB	1	0.022	0.018	0.008	0.009*	1033.594*	3991.260
AC	1	0.670*	0.033*	0.133	0.007*	341.260	1483.654
BC	1	0.053	0.030*	0.106	0.011*	46596.094	10816.260
ABC	1	0.003	0.035*	0.185*	0.000	2.344	86076.304*
Rep	2	0.082	0.004	0.033	0.000	10901.844	11277.646
Error	14	0.013	0.004	0.040	0.000	29116.891	8780.401

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 14

ปัจจัย	df	MS					
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars	TPC	LAB
เกลือ (A)	1	0.670*	0.917*	56.243*	0.029*	20305.984*	78318.375*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.001	0.025	0.147*	0.127*	73693.084*	2223.375
อุณหภูมิ (C)	1	1.148*	0.025	0.564*	0.041*	60994.084*	6834.375
AB	1	0.072	0.009	0.005	0.006*	512197.384*	3825.375
AC	1	0.363*	0.004	0.082	0.005*	245248.384*	25938.375*
BC	1	0.029	0.038*	0.191*	0.012*	37280.284*	10965.375
ABC	1	0.004	0.022	0.220*	0.001	240420.184*	41583.375*
Rep	2	0.032	0.051	0.015	0.000	2967.451	3076.125
Error	14	0.035	0.008	0.019	0.000	268.251	5543.839

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของผักกาดเขียวปลีดอง วันที่ 15

ปัจจัย	df	MS			
		pH	% total acidity	% salt	% total sugars
เกลือ (A)	1	0.614	0.944*	53.322*	0.028*
น้ำตาลทราย (B)	1	0.005	0.028*	0.056	0.105*
อุณหภูมิ (C)	1	0.821*	0.015	0.510*	0.037*
AB	1	0.043	0.015	0.000	0.006*
AC	1	0.341*	0.002	0.181*	0.004*
BC	1	0.054	0.017	0.336*	0.015*
ABC	1	0.000	0.010	0.313*	0.000
Rep	2	0.034	0.039	0.044	0.000
Error	14	0.038	0.004	0.033	0.000

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

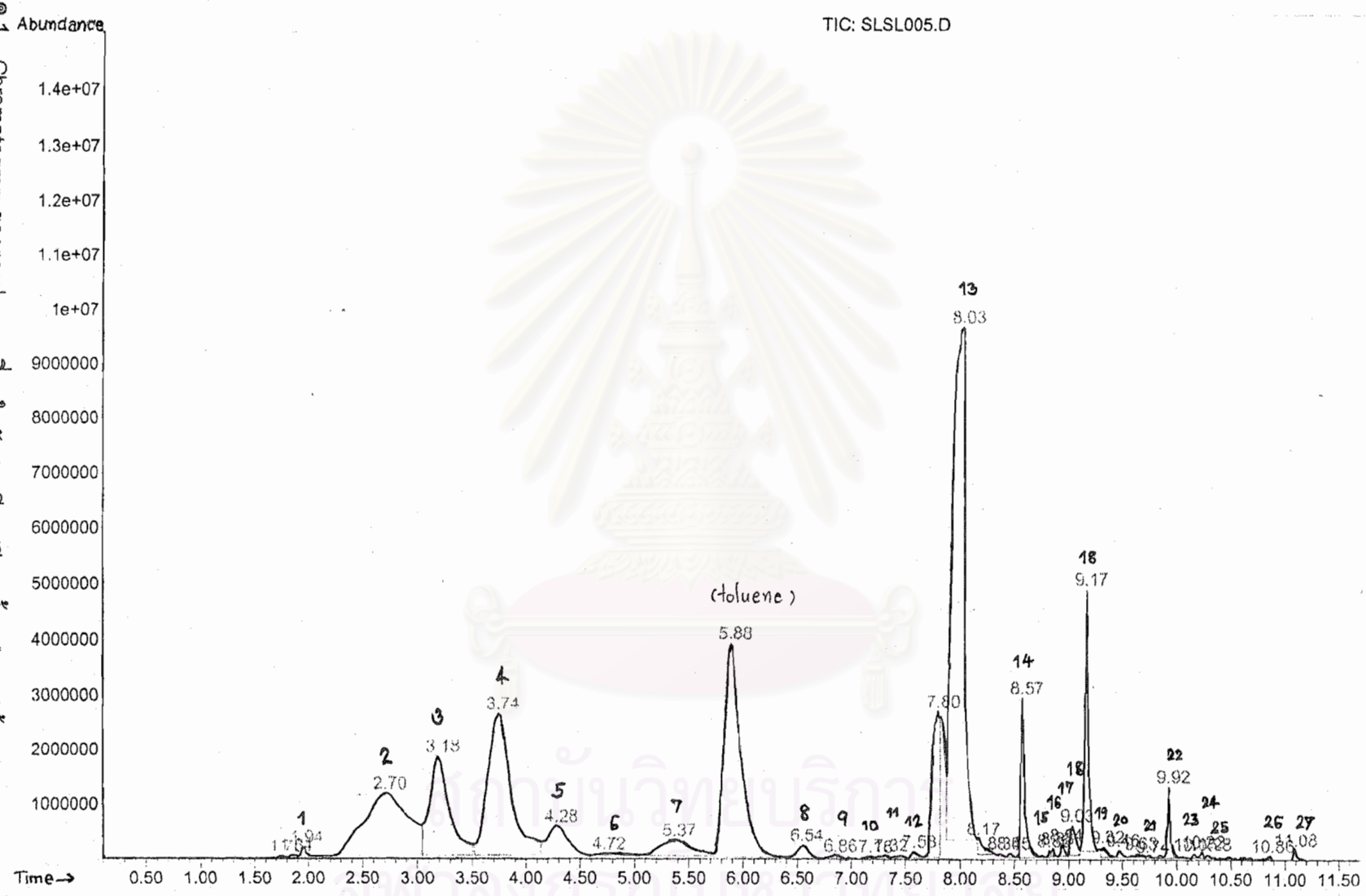
ตารางที่ ข.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสผักกาดเขียวปลีดองที่หมักเป็นเวลา 14 วัน

ปัจจัย	df	MS					
		สี	กลิ่นหมักดอง	กลิ่นผิดปกติ	รสเปรี้ยว	รสเค็ม	เนื้อสัมผัส
เกลือ (A)	1	22.590*	20.486*	5.943	10.627	306.903*	3.752*
น้ำตาลทราย (B)	1	5.989	0.047	0.006	0.772	0.189	0.150
อุณหภูมิ (C)	1	0.056	21.27*	0.103	212.576	20.400	6.752
AB	1	1.181	7.982	0.080	1.307	0.143	2.090
AC	1	20.145*	0.615	41.773*	19.472*	45.263*	2.257
BC	1	0.354	2.925	5.943	0.015	0.070	0.997
ABC	1	5.015	0.450	2.641	7.354	8.803	0.026
Block	14	13.580*	19.521*	34.159*	27.720*	11.932*	8.443*
Error	98	4.161	2.161	2.339	3.638	3.305	0.946

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

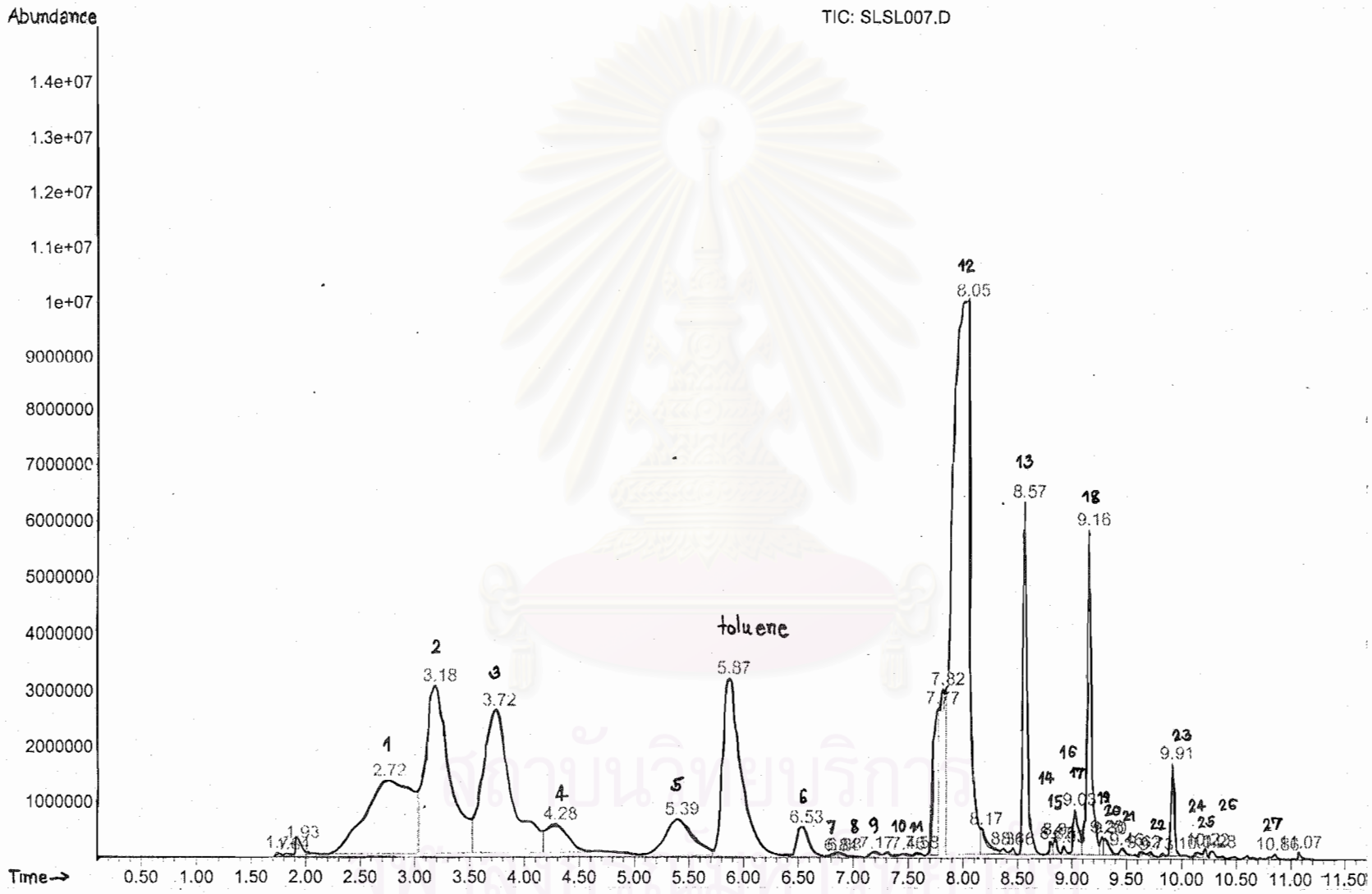
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.1 Chromatogram ของสารประกอบที่ระเหยได้ในน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม 4% ในตัวทำละลาย 1% 30 °C

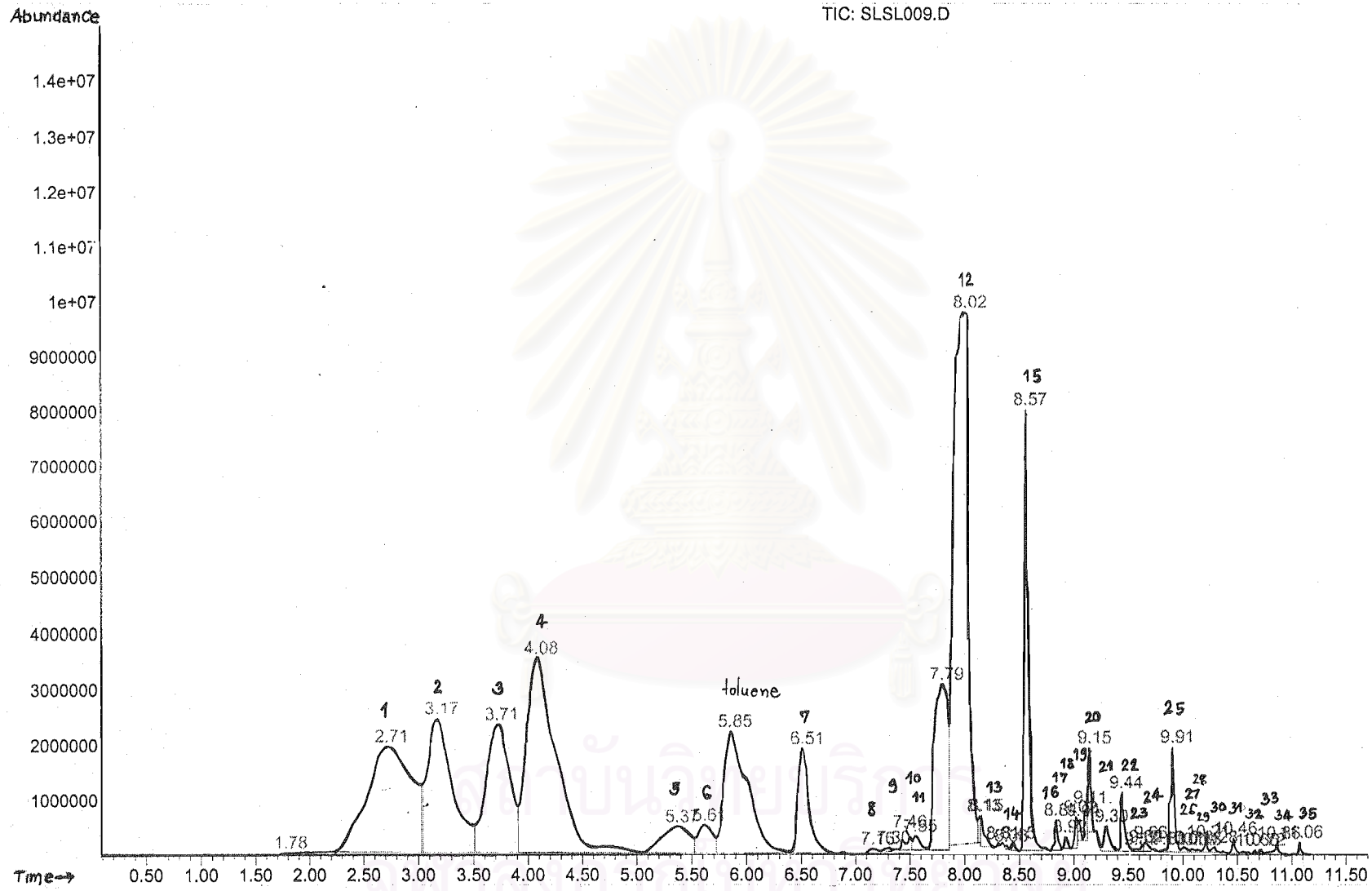


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

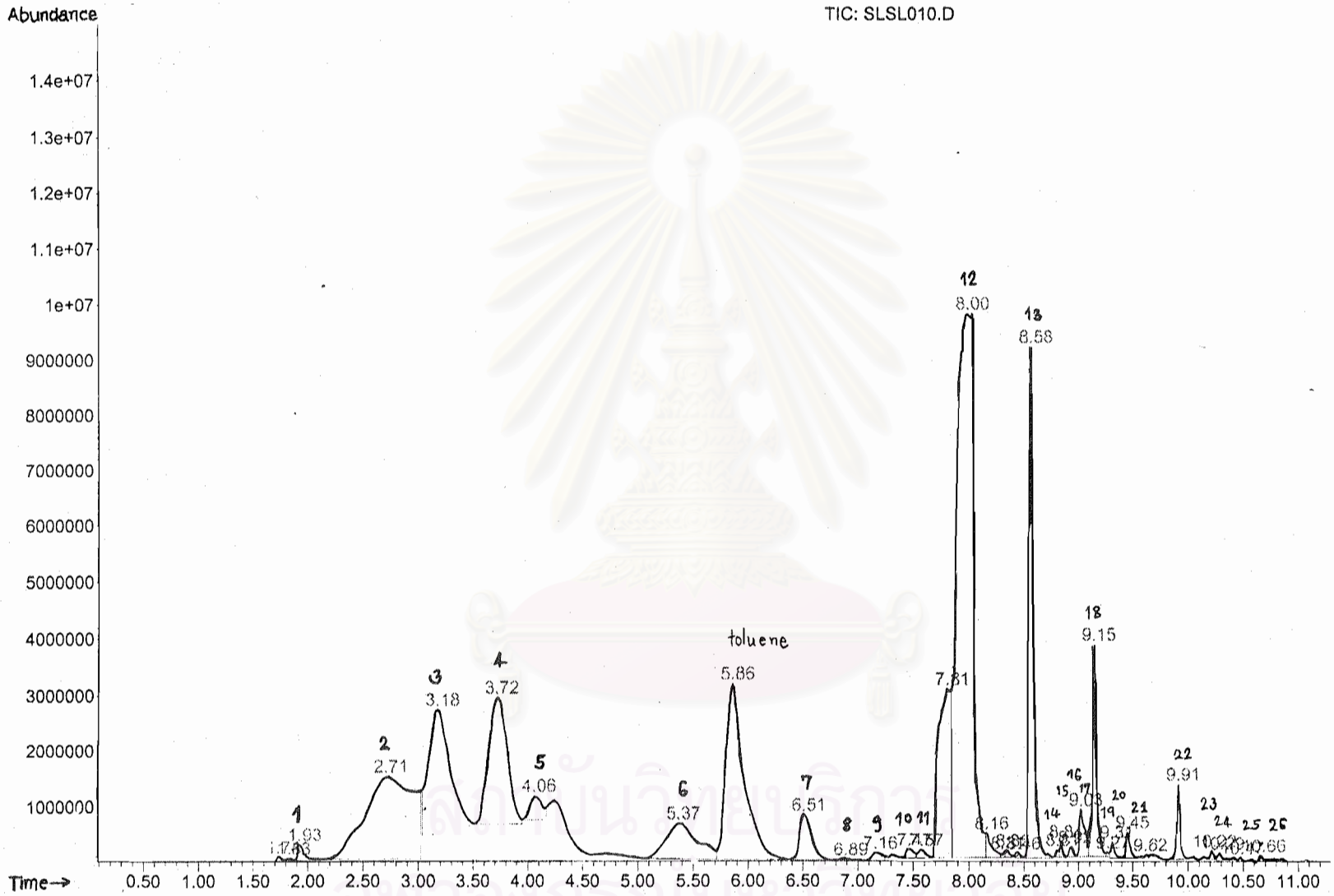
รูปที่ ค.2 Chromatogram ของสารประกอบที่พบในผักกาดเขียวปลีต้มน้ำเกลือ 4% น้ำตาล 4% 30 °C



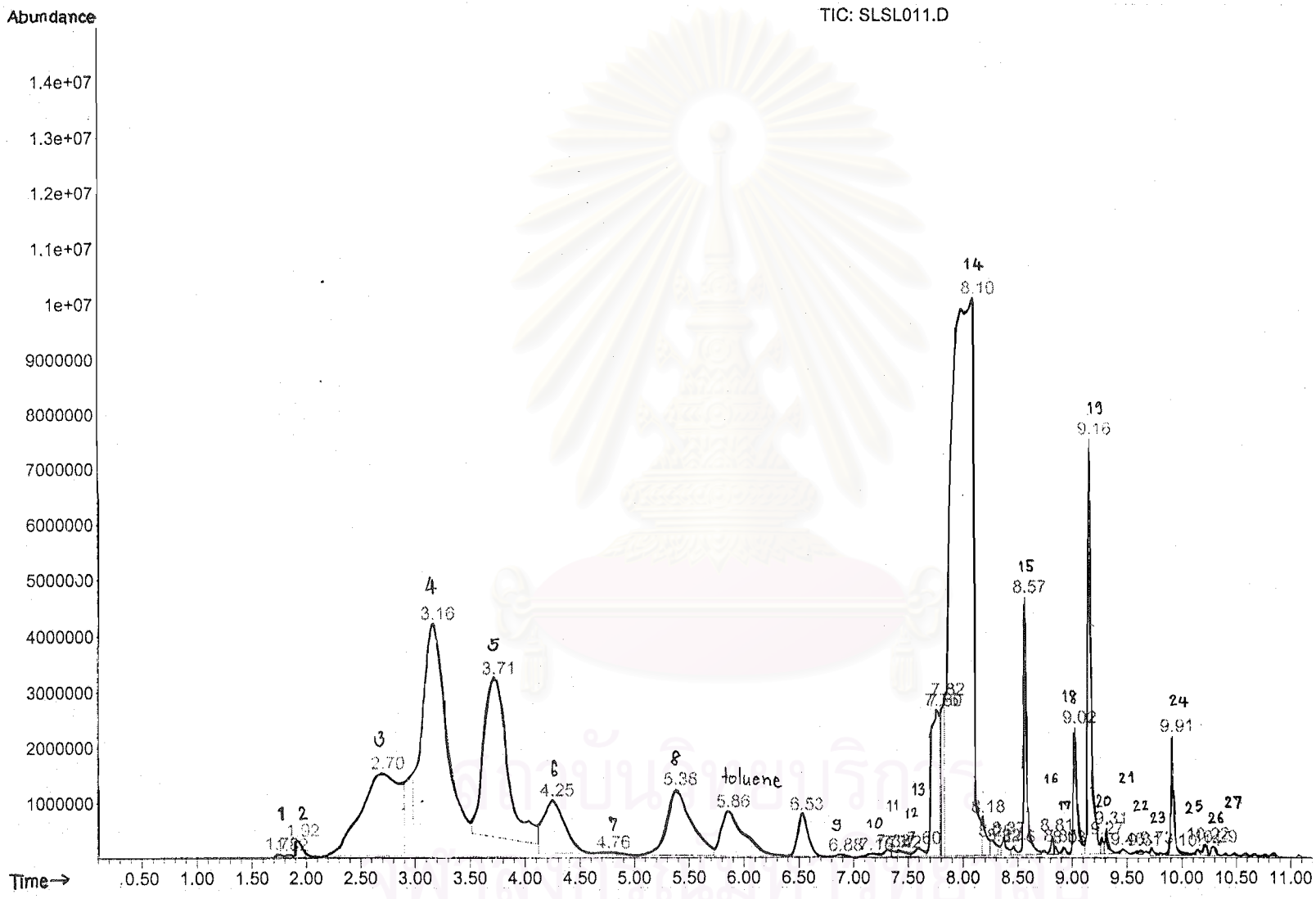
รูปที่ 9.3 Chromatogram ของสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากใบกระวานที่สกัดด้วยเฮกเซน 10% น้ำหนักต่อปริมาตร 19% 30 °C



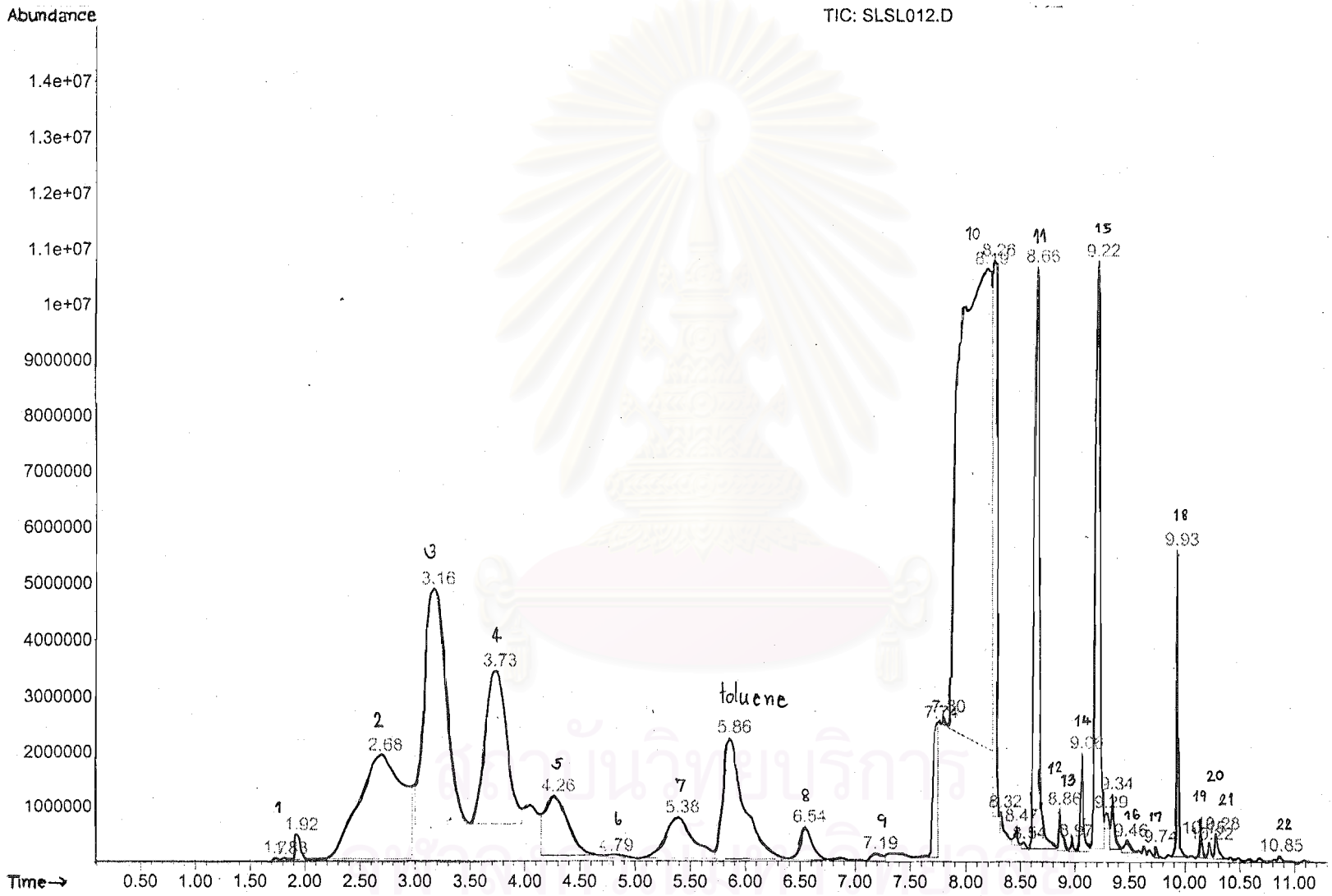
รูปที่ ค.4 Chromatogram ของสารประกอบกลุ่มไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ง่ายในน้ำมันดิบ ชนิดเบา ที่ 10% ที่อุณหภูมิ 30 °C 4%



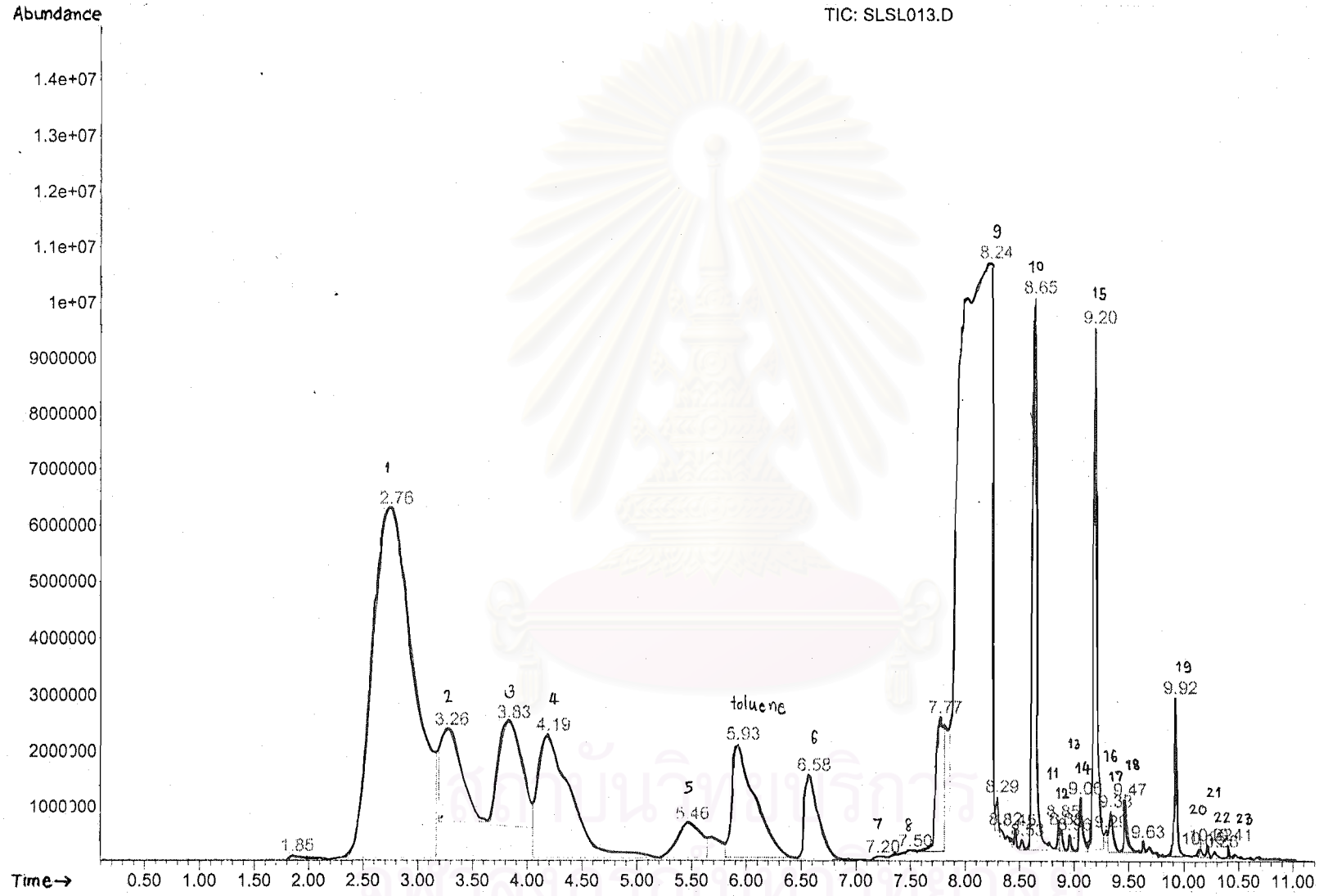
รูปที่ ข.5 Chromatogram ของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบกระวานที่สกัดด้วยน้ำร้อน 4% น้ำหนักต่อปริมาตร 1% 20 °C



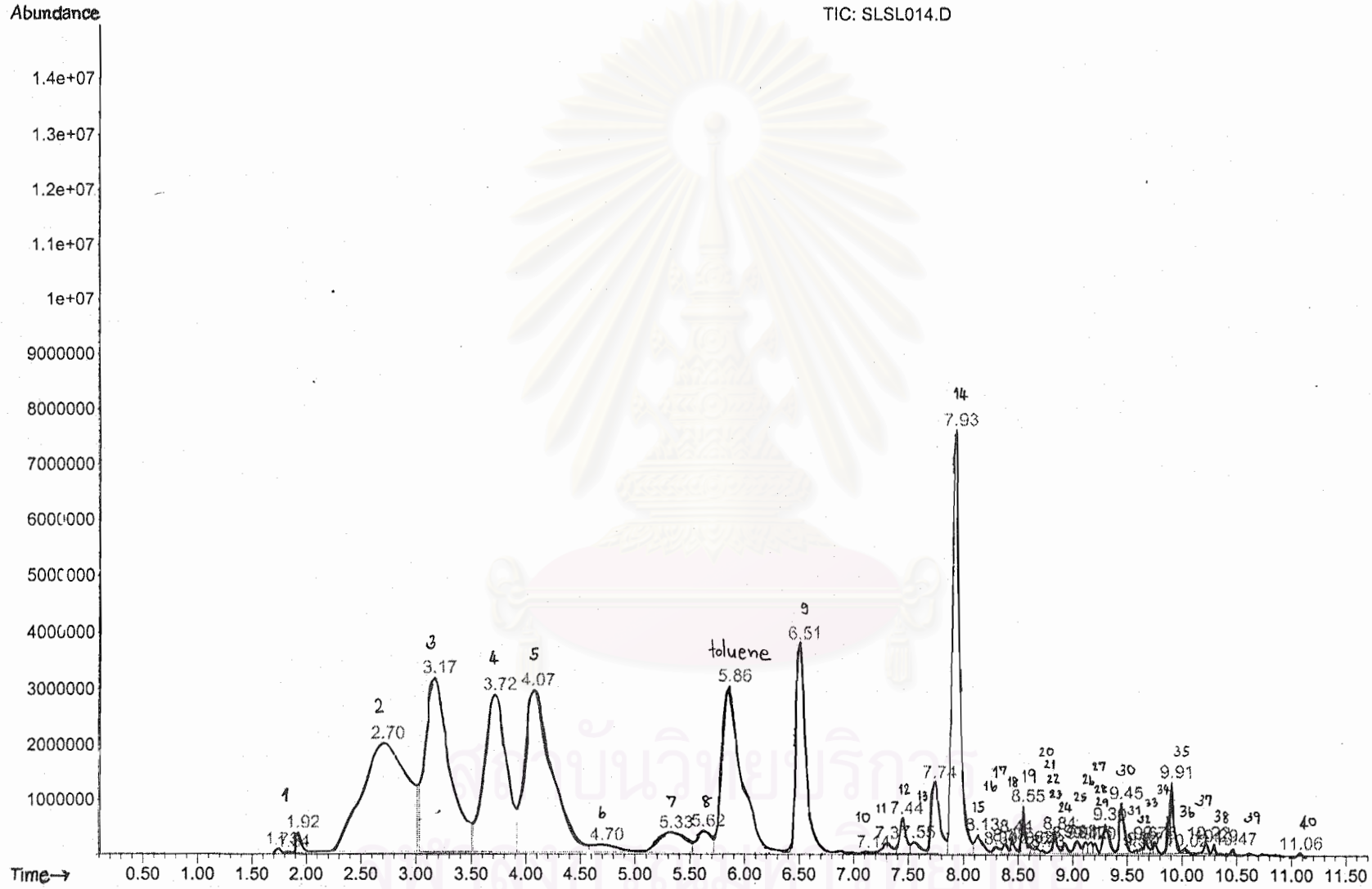
รูปที่ ค.6 Chromatogram ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล 4% น้ำมันเบนซิน 4% 20 °C



รูปที่ ง.7 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ความเข้มข้น 10% ในตัวทำละลาย 1% 20 °C

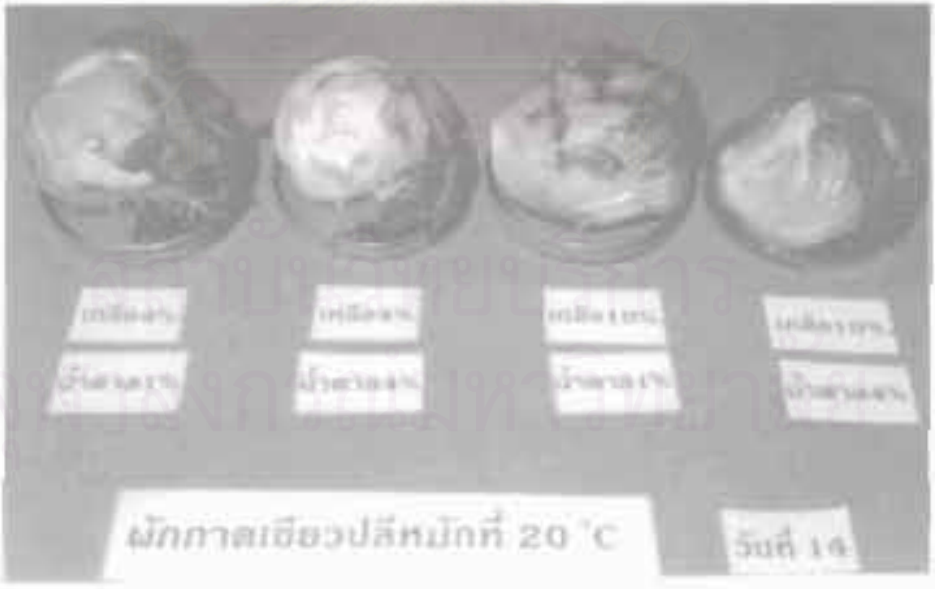


รูปที่ 9.8 Chromatogram ของสารประกอบฟีนอลิกในน้ำมันไพโรไลซิสจากยางรถยนต์ใช้แล้วที่ผ่านการกลั่นแยกส่วนด้วยน้ำกลั่น 10% น้ำตาล 4% 20 °C

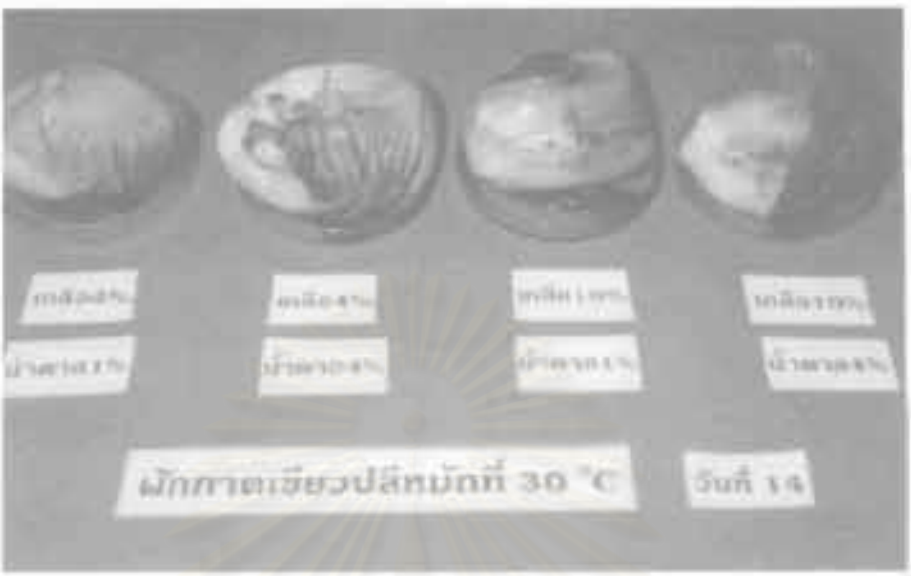


ภาคผนวก ง

รูปที่ ง.1 ผักกาดเขียวปลี



รูปที่ ง.2 ผักกาดเขียวปลีหมักที่อุณหภูมิ 20 °C



รูปที่ ง.3 ผักกาดเขียวปลีลงที่ 30 °C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสผักกาดดอง

ชื่อผู้ทดสอบ..... อายุ..... วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ผักกาดดองเปรี้ยว โดยลากเส้นตั้งฉากบนเส้นสเกล เพื่อแสดงการประเมินที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน และเขียนเลขรหัสตัวอย่างกำกับที่เส้นตั้งฉากด้วย

1. กลิ่น

กลิ่นหอมของผักกาดดอง

กลิ่นผิดปกติ (กลิ่นเน่า , กลิ่นแอลกอฮอล์ เป็นต้น)

2. สี

3. รสชาติ

ความเปรี้ยว

ความเค็ม

4. เนื้อสัมผัสความกรอบของผักกาดดอง

ข้อเสนอแนะ.....ขอบคุณค่ะ ☺

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ.1 อิทธิพลของเกลือต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	pH	
	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%
0	7.53±0.03ns	7.59±0.14ns
1	5.30±0.24b	5.55±0.28a
2	4.88±0.32b	5.39±0.21a
3	4.39±0.53b	5.27±0.15a
4	4.13±0.58b	5.12±0.29a
5	4.03±0.60b	5.00±0.51a
6	3.91±0.57b	4.61±0.64a
7	3.66±0.42b	4.36±0.65a
8	3.87±0.49b	4.28±0.67a
9	3.80±0.47b	4.22±0.71a
10	3.70±0.43b	4.14±0.63a
11	3.66±0.41b	3.99±0.50a
12	3.60±0.34b	3.91±0.49a
13	3.48±0.16b	3.98±0.46a
14	3.44±0.17b	3.78±0.38a
15	3.43±0.13b	3.75±0.37a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	pH	
	20 °C	30°C
0	7.56±0.10ns	7.56±0.10ns
1	5.50±0.28a	5.28±0.22b
2	5.27±0.32a	5.01±0.37b
3	5.03±0.29a	4.63±0.72b
4	4.92±0.37a	4.20±0.63b
5	4.82±0.35a	3.82±0.40b
6	4.72±0.38a	3.57±0.24b
7	4.61±0.43a	3.60±0.16b
8	4.62±0.40a	3.52±0.14b
9	4.54±0.43a	3.45±0.15b
10	4.40±0.46a	3.44±0.15b
11	4.23±0.36a	3.42±0.15b
12	4.13±0.34a	3.39±0.14b
13	3.96±0.39a	3.44±0.16b
14	3.83±0.35a	3.39±0.12b
15	3.78±0.35a	3.41±0.12b

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.3 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	pH			
	น้ำเกลือ4%,น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%,น้ำตาล4%	น้ำเกลือ10%,น้ำตาล1%	น้ำเกลือ10%,น้ำตาล4%
0	7.53±0ns	7.53±0.05ns	7.62±0.13ns	7.56±0.14ns
1	5.35±0.25ns	5.25±0.22ns	5.48±0.30ns	5.49±0.26ns
2	4.85±0.25ns	4.92±0.37ns	5.41±0.22ns	5.38±0.19ns
3	4.32±0.53ns	4.47±0.51ns	5.27±0.14ns	5.26±0.15ns
4	4.19±0.61ns	4.07±0.54ns	5.06±0.29ns	4.94±0.27ns
5	3.96±0.52ns	3.95±0.57ns	4.70±0.42ns	4.51±0.58ns
6	3.89±0.35ns	3.86±0.60ns	4.36±0.64ns	4.41±0.64ns
7	3.92±0.48ns	3.83±0.48ns	4.33±0.67ns	4.38±0.62ns
8	3.92±0.48ns	3.82±0.49ns	4.27±0.71ns	4.29±0.64ns
9	3.86±0.45ns	3.75±0.48ns	4.18±0.71ns	4.17±0.72ns
10	3.87±0.50b	3.53±0.24c	4.13±0.70a	4.14±0.56a
11	3.84±0.45a	3.48±0.25b	3.93±0.51a	4.05±0.49a
12	3.75±0.39b	3.45±0.20c	3.87±0.45ab	3.96±0.53a
13	3.50±0.14ns	3.53±0.17ns	3.85±0.42ns	3.94±0.50ns
14	3.50±0.18ns	3.38±0.14ns	3.73±0.31ns	3.83±0.44ns
15	3.46±0.12ns	3.40±0.13ns	3.69±0.30ns	3.81±0.42ns

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.4 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า pH ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	pH			
	น้ำเกลือ4%,20°C	น้ำเกลือ4%,30°C	น้ำเกลือ10%,20°C	น้ำเกลือ10%,30°C
0	7.53±0.03ns	7.53±0.03ns	7.59±0.14ns	7.59±0.14ns
1	5.45±0.21ns	5.15±0.15ns	5.55±0.33ns	5.41±0.20ns
2	5.11±0.26ns	4.65±0.17ns	5.42±0.29ns	5.36±0.05ns
3	4.87±0.30b	3.92±0.14c	5.19±0.17a	5.34±0.15a
4	4.66±0.33b	3.60±0.08c	5.19±0.18a	4.81±0.25b
5	4.59±0.31ns	3.48±0.10ns	5.06±0.21ns	4.16±0.25ns
6	4.42±0.28ns	3.39±0.21ns	5.01±0.19ns	3.75±0.09ns
7	4.24±0.22ns	3.47±0.13ns	4.99±0.21ns	3.72±0.05ns
8	4.31±0.27b	3.42±0.12c	4.93±0.24a	3.62±0.08c
9	4.21±0.30b	3.40±0.13c	4.86±0.26a	3.50±0.16c
10	4.04±0.36b	3.37±0.13c	4.76±0.17a	3.52±0.12c
11	3.98±0.33b	3.34±0.14c	4.48±0.14a	3.50±0.11c
12	3.87±0.27b	3.33±0.14c	4.39±0.14a	3.44±0.12c
13	3.59±0.06b	3.43±0.18c	4.34±0.15a	3.45±0.13bc
14	3.54±0.15b	3.35±0.13b	4.12±0.23a	3.44±0.10b
15	3.50±0.09b	3.37±0.12b	4.06±0.28a	3.45±0.10b

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.5 อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)	
	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%
0	0.01±0ns	0.01±0ns
1	0.07±0.02ns	0.07±0.02ns
2	0.14±0.05ns	0.12±0.02ns
3	0.24±0.09a	0.15±0.03b
4	0.38±0.19a	0.19±0.03b
5	0.43±0.22a	0.25±0.05b
6	0.51±0.24a	0.31±0.06b
7	0.56±0.24a	0.32±0.05b
8	0.61±0.25a	0.37±0.07b
9	0.70±0.21a	0.43±0.07b
10	0.81±0.18a	0.45±0.07b
11	0.88±0.18a	0.52±0.07b
12	0.92±0.16a	0.58±0.08b
13	0.98±0.15a	0.63±0.05b
14	1.08±0.13a	0.68±0.05b
15	1.10±0.11a	0.70±0.04b

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.6 อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)	
	น้ำตาลทราย1%	น้ำตาลทราย4%
0	0.01±0.00ns	0.01±0.00ns
1	0.06±0.02ns	0.07±0.02ns
2	0.13±0.04ns	0.14±0.04ns
3	0.20±0.10ns	0.19±0.06ns
4	0.27±0.04ns	0.30±0.08ns
5	0.31±0.05b	0.37±0.02a
6	0.38±0.05b	0.43±0.14a
7	0.41±0.04b	0.47±0.15a
8	0.46±0.03ns	0.52±0.27ns
9	0.55±0.13ns	0.58±0.17ns
10	0.62±0.07ns	0.64±0.27ns
11	0.72±0.16ns	0.68±0.27ns
12	0.75±0.15ns	0.74±0.28ns
13	0.79±0.15ns	0.82±0.25ns
14	0.84±0.13ns	0.91±0.25ns
15	0.86±0.11b	0.93±0.24a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.7 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)	
	20°C	30°C
0	0.01±0ns	0.01±0ns
1	0.07±0.01ns	0.07±0.03ns
2	0.11±0.03b	0.15±0.05a
3	0.16±0.12b	0.23±0.05a
4	0.20±0.02b	0.38±0.08a
5	0.22±0.03b	0.46±0.12a
6	0.27±0.03b	0.55±0.11a
7	0.31±0.04b	0.58±0.12a
8	0.35±0.05b	0.63±0.13a
9	0.44±0.08b	0.69±0.12a
10	0.52±0.13b	0.74±0.14a
11	0.60±0.16b	0.80±0.13a
12	0.65±0.16b	0.84±0.11a
13	0.73±0.16b	0.87±0.13a
14	0.84±0.11ns	0.91±0.13ns
15	0.88±0.10ns	0.93±0.12ns

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.8 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า%total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)			
	น้ำเกลือ4%,น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%,น้ำตาล4%	น้ำเกลือ10%,น้ำตาล1%	น้ำเกลือ10%,น้ำตาล4%
0	0.01±ns	0.01±0ns	0.01±ns	0.01±0ns
1	0.07±0.01ns	0.08±0.02ns	0.06±0.02ns	0.07±0.02ns
2	0.15±0.05ns	0.15±0.05ns	0.11±0.03ns	0.13±0.02ns
3	0.26±0.05a	0.22±0.07b	0.14±0.03c	0.16±0.02c
4	0.36±0.05ns	0.41±0.01ns	0.19±0.03ns	0.20±0.03ns
5	0.40±0.07ns	0.46±0.02ns	0.23±0.04ns	0.27±0.05ns
6	0.46±0.08ns	0.55±0.02ns	0.30±0.04ns	0.32±0.07ns
7	0.50±0.06b	0.62±0.02a	0.33±0.04c	0.33±0.06c
8	0.55±0.04b	0.68±0.03a	0.38±0.06c	0.35±0.08c
9	0.66±0.09b	0.74±0.02a	0.45±0.05c	0.41±0.07c
10	0.77±0.09ns	0.85±0.02ns	0.47±0.06ns	0.44±0.07ns
11	0.87±0.05ns	0.88±0.02ns	0.56±0.06ns	0.49±0.07ns
12	0.90±0.03ns	0.93±0.02ns	0.61±0.05ns	0.55±0.09ns
13	0.94±0.02ns	1.01±0.21ns	0.64±0.05ns	0.62±0.06ns
14	1.02±0.07ns	1.12±0.16ns	0.65±0.05ns	0.69±0.04ns
15	1.04±0.07ns	1.16±0.11ns	0.69±0.05ns	0.71±0.03ns

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.9 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)			
	น้ำเกลือ4%,20°C	น้ำเกลือ4%,30°C	น้ำเกลือ10%,20°C	น้ำเกลือ10%,30°C
0	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns
1	0.07±0.01ns	0.08±0.02ns	0.07±0.01ns	0.06±0.03ns
2	0.11±0.02b	0.20±0.03a	0.12±0.03b	0.11±0.02b
3	0.16±0.02b	0.33±0.05a	0.16±0.02b	0.14±0.03b
4	0.20±0.03b	0.57±0.07a	0.20±0.02b	0.19±0.04b
5	0.22±0.03b	0.64±0.10a	0.23±0.02b	0.27±0.06b
6	0.27±0.02b	0.74±0.11a	0.26±0.03c	0.35±0.04b
7	0.34±0.02b	0.78±0.13a	0.27±0.03c	0.38±0.02b
8	0.39±0.03b	0.83±0.17a	0.30±0.03c	0.43±0.03b
9	0.52±0.05b	0.89±0.14a	0.37±0.03c	0.49±0.03b
10	0.65±0.04b	0.97±0.13a	0.39±0.03d	0.52±0.03c
11	0.74±0.10b	1.01±0.14a	0.46±0.05d	0.59±0.03c
12	0.79±0.08ns	1.03±0.13ns	0.50±0.05ns	0.65±0.02ns
13	0.87±0.06b	1.08±0.14a	0.59±0.05d	0.67±0.02c
14	1.02±0.11ns	1.12±0.14ns	0.65±0.06ns	0.70±0.02ns
15	1.06±0.10ns	1.13±0.11ns	0.68±0.04ns	0.71±0.03ns

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.10 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)			
	น้ำตาล1%,20°C	น้ำตาล1%,30°C	น้ำตาล4%,20°C	น้ำตาล4%,30°C
0	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns
1	0.07±0.02ns	0.06±0.02ns	0.07±0.01ns	0.08±0.03ns
2	0.11±0.03ns	0.15±0.05ns	0.11±0.03ns	0.16±0.04ns
3	0.16±0.02ns	0.24±0.08ns	0.16±0.02ns	0.23±0.07ns
4	0.21±0.02c	0.34±0.08b	0.19±0.02c	0.41±0.02a
5	0.23±0.03c	0.39±0.07b	0.21±0.02c	0.52±0.07a
6	0.28±0.03c	0.48±0.06b	0.25±0.03c	0.61±0.02a
7	0.31±0.03c	0.51±0.05b	0.30±0.05c	0.64±0.03a
8	0.36±0.05c	0.56±0.02b	0.33±0.05c	0.71±0.07a
9	0.48±0.08c	0.62±0.03b	0.40±0.06d	0.75±0.02a
10	0.55±0.04c	0.69±0.03b	0.49±0.03c	0.79±0.02a
11	0.67±0.10c	0.76±0.04b	0.53±0.01d	0.84±0.05a
12	0.71±0.08c	0.79±0.03b	0.58±0.03d	0.89±0.05a
13	0.75±0.06bc	0.82±0.03b	0.70±0.04c	0.93±0.03a
14	0.84±0.02b	0.84±0.05b	0.83±0.04b	0.98±0.09a
15	0.86±0.02ns	0.86±0.05ns	0.88±0.07ns	0.98±0.08ns

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.11 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total acidity(as lactic acid) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total acidity(as lactic acid)							
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 30°C
0	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns	0.01±0ns
1	0.07±0.02ns	0.07±0.01ns	0.07±0.01ns	0.09±0.01ns	0.07±0.01ns	0.05±0.02ns	0.07±0.01ns	0.08±0.03ns
2	0.12±0.03ns	0.20±0.03ns	0.10±0.02ns	0.20±0.02ns	0.12±0.03ns	0.10±0.01ns	0.13±0.02ns	0.13±0.02ns
3	0.17±0.03c	0.37±0.03a	0.16±0.01c	0.30±0.03a	0.16±0.02c	0.12±0.03c	0.17±0.02c	0.16±0.02c
4	0.20±0.03ns	0.52±0.06ns	0.20±0.02ns	0.62±0.05ns	0.21±0.01ns	0.17±0.03ns	0.20±0.02ns	0.21±0.03ns
5	0.23±0.04ns	0.52±0.05ns	0.21±0.02ns	0.72±0.08ns	0.24±0.02ns	0.23±0.05ns	0.22±0.01ns	0.33±0.03ns
6	0.29±0.03ns	0.65±0.01ns	0.26±0.01ns	0.84±0.08ns	0.28±0.03ns	0.33±0.03ns	0.25±0.03ns	0.39±0.01ns
7	0.34±0.02cde	0.67±0.02b	0.35±0.02cd	0.09±0.08a	0.29±0.02de	0.37±0.02cd	0.26±0.03e	0.39±0.01c
8	0.41±0.04c	0.69±0.02b	0.38±0.02cd	0.98±0.03a	0.33±0.01cd	0.44±0.03c	0.28±0.03d	0.44±0.02c
9	0.57±0.02c	0.76±0.01b	0.47±0.04de	1.03±0.06a	0.40±0.01ef	0.50±0.03cd	0.34±0.01f	0.49±0.02d
10	0.69±0.04c	0.86±0.04b	0.62±0.10cd	1.08±0.09a	0.42±0.03f	0.53±0.02de	0.38±0.02f	0.51±0.03e
11	0.84±0.02b	0.91±0.05b	0.64±0.10c	1.13±0.10a	0.51±0.04de	0.62±0.02c	0.42±0.01e	0.56±0.02cd
12	0.87±0.01b	0.93±0.02b	0.72±0.08c	1.15±0.10a	0.56±0.02d	0.67±0.01c	0.46±0e	0.64±0.03cd
13	0.92±0.02bc	0.99±0.05b	0.82±0.06c	1.21±0.10a	0.60±0.04d	0.68±0.01d	0.59±0.06d	0.66±0.03d
14	1.05±0.01ns	1.00±0.02ns	1.01±0.18ns	1.24±0.10ns	0.63±0.06ns	0.68±0.01ns	0.67±0.05ns	0.73±0.01ns
15	1.05±0.01ns	1.03±0.03ns	1.08±0.14ns	1.24±0.07ns	0.68±0.05ns	0.07±0.04ns	0.69±0.03ns	0.73±0.01ns

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.12 อิทธิพลของเกลือที่เติมต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%salt			
	น้ำดอง		เนื้อผัก	
	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%
0	4.14±0.19b	9.58±0.40a	0±0b	0±0.a
1	3.36±0.13b	6.92±0.39a	0.76±0.21b	1.85±0.43a
2	3.21±0.13b	6.84±0.31a	0.99±0.18b	2.24±0.25a
3	3.08±0.13b	6.65±0.33a	1.13±0.04b	2.35±0.18a
4	3.06±0.14b	6.51±0.35a	1.16±0.13b	2.41±0.17a
5	3.00±0.14b	6.41±0.36a	1.21±0.16b	2.48±0.14a
6	3.98±0.12b	6.33±0.41a	1.25±0.14b	2.53±0.11a
7	2.93±0.15b	6.25±0.40a	1.27±0.14b	2.54±0.11a
8	2.91±0.17b	6.16±0.42a	1.29±0.05b	2.56±0.12a
9	2.85±0.18b	6.10±0.44a	1.31±0.06b	2.60±0.11a
10	2.81±0.18b	6.00±0.41a	1.34±0.07b	2.62±0.12a
11	2.78±0.21b	5.95±0.42a	1.36±0.16b	2.64±0.13a
12	2.74±0.21b	5.92±0.38a	1.39±0.06b	2.69±0.16a
13	2.67±0.15b	5.84±0.38a	1.40±0.16b	2.75±0.16a
14	2.63±0.14b	5.69±0.33a	1.42±0.06b	2.80±0.17a
15	2.55±0.10b	5.58±0.38a	1.50±0.11b	2.88±0.21a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.13 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%salt			
	น้ำดอง		เนื้อผัก	
	20°C	30°C	20°C	30°C
0	6.86±2.74ns	6.86±2.74ns	0ns	0ns
1	5.18±0.86ns	5.09±0.74ns	1.25±0.17b	1.36±0.10a
2	4.97±0.77ns	5.09±0.87ns	1.74±0.12a	1.49±0.14b
3	4.78±0.79ns	4.94±0.80ns	1.82±0.18a	1.65±0.15b
4	4.65±0.70b	4.93±0.77a	1.87±0.18a	1.70±0.15b
5	4.54±0.65b	4.87±0.78a	1.93±0.18ns	1.76±0.18ns
6	4.48±0.59b	4.83±0.78a	1.95±0.18a	1.82±0.19b
7	4.40±0.59b	4.79±0.76a	1.97±0.18a	1.84±0.19b
8	4.35±0.54b	4.72±0.74a	2.00±0.17a	1.85±0.19b
9	4.28±0.54b	4.68±0.74a	2.04±0.17a	1.87±0.11b
10	4.20±0.52b	4.61±0.69a	2.07±0.17a	1.89±0.12b
11	4.14±0.52b	4.59±0.67a	2.10±0.15a	1.90±0.10b
12	4.11±0.53b	4.55±0.66a	2.15±0.10a	1.94±0.19b
13	4.06±0.51b	4.45±0.68a	2.17±0.12a	1.98±0.12b
14	4.01±0.47b	4.31±0.60a	2.22±0.15a	2.01±0.13b
15	3.93±0.45b	4.22±0.62a	2.32±0.16a	2.06±0.12b

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.14 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%salt							
	น้ำดอง				เนื้อผัก			
	น้ำเกลือ4%, 20°C	น้ำเกลือ4% ,30°C	น้ำเกลือ10%, 20°C	น้ำเกลือ10%, 30°C	น้ำเกลือ4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, 20°C	น้ำเกลือ10%, 30°C
0	4.13±0.19ns	4.13±0.19ns	9.58±0.40ns	9.58±0.40ns	0±0ns	0±0ns	0±0ns	0±0ns
1	3.33±0.10ns	3.38±0.15ns	7.04±0.26ns	6.80±0.46ns	0.74±0.23ns	0.79±0.19ns	1.78±0.54ns	1.92±0.24ns
2	3.21±0.14ns	3.22±0.13ns	6.73±0.28ns	6.95±0.29ns	1.02±0.05ns	0.97±0.10ns	2.46±0.06ns	2.02±0.18ns
3	3.01±0.08ns	3.15±0.12ns	6.56±0.30ns	6.73±0.34ns	1.15±0.04ns	1.11±0.03ns	2.50±0.09ns	2.20±0.11ns
4	2.96±0.07ns	3.17±0.10ns	6.34±0.26ns	6.69±0.34ns	1.19±0.04ns	1.14±0.02ns	2.56±0.07ns	2.26±0.08ns
5	2.89±0.10ns	3.10±0.10ns	6.19±0.12ns	6.63±0.38ns	1.25±0.05ns	1.17±0.03ns	2.62±0.05ns	2.35±0.03ns
6	2.90±0.10ns	3.07±0.06ns	6.07±0.18ns	6.60±0.40ns	1.27±0.06ns	1.23±0.01ns	2.63±0.06ns	2.42±0.02ns
7	2.81±0.11d	3.05±0.08c	5.98±0.16b	6.53±0.38a	1.29±0.05ns	1.24±0.02ns	2.65±0.05ns	2.43±0.02ns
8	2.82±0.17c	3.00±0.12c	5.88±0.17b	6.44±0.41a	1.33±0.03ns	1.25±0.02ns	2.67±0.05ns	2.44±0.02ns
9	2.75±0.17c	2.96±0.11c	5.81±0.23b	6.39±0.42a	1.36±0.04ns	1.25±0.02ns	2.71±0.03ns	2.49±0.03ns
10	2.68±0.10ns	2.94±0.15ns	5.72±0.19ns	6.27±0.38ns	1.40±0.03ns	1.27±0.02ns	2.74±0.03ns	2.51±0.04ns
11	2.62±0.12ns	2.94±0.15ns	5.65±0.21ns	6.24±0.36ns	1.42±0.04ns	1.30±0ns	2.78±0.03ns	2.51±0.03ns
12	2.58±0.11ns	2.90±0.15ns	5.65±0.14ns	6.19±0.34ns	1.44±0.03ns	1.34±0.03ns	2.85±0.04ns	2.53±0.04ns
13	2.55±0.10ns	2.78±0.08ns	5.58±0.09ns	6.11±0.38ns	1.46±0.03ns	1.35±0.03ns	2.89±0.07ns	2.60±0.08ns
14	2.54±0.11ns	2.73±0.11ns	5.48±0.15ns	5.90±0.30ns	1.47±0.03ns	1.38±0.04ns	2.97±0.05ns	2.64±0.08ns
15	2.49±0.10c	2.61±0.06c	5.35±0.31b	5.82±0.31a	1.55±0.06ns	1.44±0.09ns	3.07±0.08ns	2.68±0.08ns

a,b,.... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.15 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%salt							
	น้ำดอง				เนื้อผัก			
	น้ำตาล1%, 20°C	น้ำตาล1%, 30°C	น้ำตาล4%, 20°C	น้ำตาล4%, 30°C	น้ำตาล1%, 20°C	น้ำตาล1%, 30°C	น้ำตาล4%, 20°C	น้ำตาล4%, 30°C
0	7.00±0.80ns	7.00±0.80ns	6.71±0.67ns	6.71±0.67ns	0±0nns	0±0ns	0±0ns	0±0ns
1	5.15±0.84ab	5.31±0.85a	5.22±0.88a	4.87±0.59a	1.10±0.13ns	1.14±0.53ns	1.41±0.49ns	1.57±0.59ns
2	4.93±0.63ns	5.16±0.99ns	5.01±0.90ns	5.01±0.75ns	1.76±0.76ns	1.36±0.48ns	1.72±0.67ns	1.63±0.57ns
3	4.72±0.64ns	5.02±0.89ns	4.85±0.92ns	4.86±0.70ns	1.87±0.71ns	1.61±0.48ns	1.77±0.63ns	1.70±0.61ns
4	4.64±0.63ns	5.02±0.87ns	4.66±0.76ns	4.84±0.66ns	1.90±0.73ns	1.66±0.52ns	1.84±0.63ns	1.74±0.58ns
5	4.56±0.63ns	4.95±0.88ns	4.52±0.66ns	4.79±0.67ns	1.97±0.68ns	1.73±0.57ns	1.89±0.68ns	1.78±0.60ns
6	4.49±0.52ns	4.94±0.89ns	4.48±0.66ns	4.72±0.66ns	1.99±0.68ns	1.82±0.61ns	1.91±0.67ns	1.82±0.58ns
7	4.39±0.47ns	4.92±0.86ns	4.40±0.70ns	4.66±0.64ns	2.00±0.67ns	1.84±0.60ns	1.94±0.68ns	1.83±0.58ns
8	4.36±0.38ns	4.87±0.85ns	4.34±0.68ns	4.58±0.61ns	2.03±0.67ns	1.84±0.60ns	1.98±0.66ns	1.85±0.58ns
9	4.26±0.37c	4.82±0.86a	4.31±0.69c	4.54±0.59b	2.06±0.66ns	1.89±0.63ns	2.01±0.68ns	1.86±0.60ns
10	4.15±0.40c	4.74±0.80a	4.25±0.64c	4.48±0.56b	2.10±0.67ns	1.90±0.64ns	2.05±0.66ns	1.88±0.59ns
11	4.09±0.40ns	4.71±0.77ns	4.18±0.63ns	4.48±0:56ns	2.12±0.66ns	1.92±062ns	2.07±0.69ns	1.88±0.59ns
12	4.08±0.43ns	4.65±0.73ns	4.15±0.63ns	4.44±0.58ns	2.16±0.70ns	1.97±0.61ns	2.13±0.70ns	1.91±0.58ns
13	4.06±0.44ns	4.58±0.77ns	4.07±0.58ns	4.32±0.58ns	2.20±0.73ns	2.05±0.66ns	2.14±0.70ns	1.94±0.59ns
14	4.00±0.39b	4.48±0.70a	4.02±0.57b	4.15±0.48b	2.24±0.74ns	2.05±0.66ns	2.20±0.75ns	1.96±0.60ns
15	3.85±0.33b	4.38±0.71a	3.99±0.53b	4.05±0.49b	2.35±0.78ns	2.08±0.67ns	2.03±0.74ns	2.03±0.57ns

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.16 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %salt ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%salt ในน้ำดอง							
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 30°C
0	4.21±0.24ns	4.21±0.24ns	4.06±0.05ns	4.06±0.05ns	9.80±0.31ns	9.80±0.31ns	9.37±0.38ns	9.37±0.38ns
1	3.33±0.06ns	3.47±0.13ns	3.34±0.13ns	3.31±0.14ns	6.99±0.34ns	7.17±0.15ns	7.10±0.11ns	6.44±0.38ns
2	3.30±0.09c	3.18±0.11c	3.13±0.13c	3.28±0.12c	6.56±0.15b	7.16±0.04a	6.90±0.28ab	6.76±0.29b
3	3.08±0.05c	3.14±0.14c	2.94±0.01c	3.18±0.10c	6.37±0.08b	6.91±0.24a	6.77±0.30ab	6.55±0.33ab
4	3.01±0.07ns	3.15±0.10ns	2.92±0.03ns	3.20±0.09ns	6.28±0.10ns	6.89±0.18ns	6.41±0.35ns	6.49±0.35ns
5	2.93±0.13ns	3.07±0.08ns	2.86±0.01ns	3.14±0.10ns	6.19±0.15ns	6.84±0.22ns	6.20±0.08ns	6.44±0.40ns
6	2.98±0.04c	3.06±0.03c	2.82±0.07c	3.09±0.08c	6.01±0.22b	6.84±0.22a	6.14±0.09b	6.36±0.40b
7	2.93±0de	3.07±0.03d	2.70±0.03e	3.04±0.11d	5.87±0.15c	6.78±0.23a	6.10±0.07bc	6.28±0.35b
8	2.99±0.08d	3.02±0.07d	2.66±0.02e	2.99±0.15d	5.75±0.07c	6.72±0.18a	6.02±0.12bc	6.17±0.40b
9	2.89±0.14de	2.96±0.07d	2.62±0.05e	2.97±0.13d	5.63±0.07c	6.68±0.15a	6.00±0.18b	6.11±0.41b
10	2.75±0.08d	2.94±0.10d	2.62±0.06d	2.94±0.18d	5.55±0.01c	6.54±0.14a	5.89±0.13b	6.01±0.37b
11	2.69±0.08d	2.94±0.13d	2.56±0.11d	2.94±0.18d	5.50±0.04c	6.48±0.14a	5.81±0.19bc	6.01±0.37b
12	2.65±0.05de	2.89±0.12d	2.52±0.11e	2.89±0.18d	5.51±0.04c	6.39±0.10a	5.79±0bc	6.00±0.39b
13	2.62±0.03d	2.81±0.08d	2.49±0.11d	2.76±0.08d	5.51±0.03c	6.36±0.09a	5.65±0.07bc	5.88±0.40b
14	2.61±0.02cd	2.79±0.11c	2.47±0.12d	2.67±0.07cd	5.39±0.15b	6.19±0.07a	5.58±0.07b	5.63±0.17b
15	2.54±0.02d	2.67±0.04d	2.45±0.13d	2.56±0.02d	5.32±0.15c	6.10±0.11a	5.54±0.10b	5.54±0.06b

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.17 อิทธิพลของเกลือต่อค่า %total sugars(as invert sugar)ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar)			
	น้ำดอง		เนื้อผัก	
	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%
0	0.504±0.305ns	0.484±0.278ns	0.031±0ns	0.031±0ns
1	0.450±0.264a	0.425±0.235b	0.021±0.003b	0.028±0.006a
2	0.420±0.254ns	0.412±0.223ns	0.044±0.014b	0.052±0.019a
3	0.390±0.243ns	0.405±0.216ns	0.044±0.019b	0.056±0.018a
4	0.313±0.195b	0.398±0.217a	0.036±0.014b	0.054±0.017a
5	0.252±0.160b	0.386±0.205a	0.040±0.013b	0.051±0.019a
6	0.230±0.142b	0.370±0.194a	0.030±0.010b	0.053±0.014a
7	0.191±0.107b	0.347±0.191a	0.032±0.010b	0.049±0.011a
8	0.175±0.099b	0.321±0.183a	0.029±0.008b	0.046±0.012a
9	0.143±0.059b	0.297±0.167a	0.028±0.009b	0.043±0.014a
10	0.137±0.054b	0.264±0.147a	0.030±0.005b	0.044±0.012a
11	0.126±0.052b	0.225±0.119a	0.033±0.006b	0.039±0.008a
12	0.114±0.041b	0.196±0.090a	0.030±0.006b	0.037±0.014a
13	0.109±0.036b	0.183±0.079a	0.023±0.008b	0.030±0.013a
14	0.101±0.036b	0.171±0.071a	0.019±0.006b	0.035±0.009a
15	0.096±0.028b	0.164±0.067a	0.016±0.004b	0.029±0.007a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.18 อิทธิพลของน้ำตาลต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar)			
	น้ำดอง		เนื้อผัก	
	น้ำตาลทราย1%	น้ำตาลทราย4%	น้ำตาลทราย1%	น้ำตาลทราย4%
0	0.202±0.008b	0.787±0.043a	0.031±0ns	0.031±0ns
1	0.191±0.011b	0.684±0.037a	0.021±0.004b	0.028±0.006a
2	0.179±0.018b	0.653±0.029a	0.032±0.004b	0.064±0.009a
3	0.167±0.033b	0.622±0.031a	0.032±0.008b	0.067±0.009a
4	0.157±0.041b	0.554±0.081a	0.031±0.007b	0.059±0.013a
5	0.140±0.052b	0.496±0.099a	0.028±0.002b	0.062±0.013a
6	0.136±0.053b	0.464±0.104a	0.023±0.003b	0.061±0.014a
7	0.121±0.051b	0.415±0.102a	0.021±0.004b	0.060±0.011a
8	0.110±0.053b	0.386±0.060a	0.018±0.003b	0.057±0.014a
9	0.120±0.047b	0.350±0.029a	0.018±0.006b	0.054±0.015a
10	0.111±0.052b	0.316±0.107a	0.022±0.005b	0.052±0.012a
11	0.104±0.052b	0.272±0.082a	0.022±0.005b	0.048±0.008a
12	0.132±0.038b	0.245±0.073a	0.019±0.003b	0.045±0.014a
13	0.133±0.036b	0.227±0.064a	0.014±0.002b	0.037±0.013a
14	0.127±0.039b	0.210±0.056a	0.020±0.006b	0.031±0.009a
15	0.128±0.037b	0.198±0.054a	0.014±0.004b	0.027±0.007a

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.19 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar)			
	น้ำดอง		เนื้อผัก	
	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.498±0.099ns	0.491±0.089ns	0.031±0ns	0.031±0ns
1	0.433±0.043ns	0.442±0.053ns	0.022±0.006b	0.027±0.005a
2	0.418±0.034ns	0.415±0.042ns	0.043±0.005b	0.052±0.008a
3	0.404±0.023ns	0.385±0.036ns	0.053±0.009ns	0.047±0.009ns
4	0.340±0.075b	0.372±0.037a	0.049±0.005a	0.041±0.010b
5	0.316±0.073b	0.320±0.014a	0.055±0.008a	0.035±0.008b
6	0.305±0.067b	0.296±0.099a	0.052±0.003a	0.032±0.003b
7	0.294±0.058b	0.242±0.092a	0.050±0.004a	0.031±0.005b
8	0.286±0.057b	0.210±0.075a	0.046±0.007a	0.030±0.006b
9	0.257±0.043b	0.243±0.065a	0.046±0.006a	0.026±0.005b
10	0.240±0.028b	0.211±0.141a	0.043±0.006a	0.035±0.008b
11	0.216±0.040b	0.180±0.013a	0.043±0.008a	0.028±0.006b
12	0.198±0.031b	0.225±0.058a	0.042±0.007a	0.023±0.007b
13	0.191±0.026b	0.205±0.040a	0.037±0.004a	0.013±0.004b
14	0.177±0.039b	0.193±0.043a	0.035±0.006a	0.012±0.002b
15	0.169±0.030b	0.185±0.040a	0.029±0.005a	0.009±0b

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.20 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อค่า%total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar)							
	น้ำดอง				เนื้อผัก			
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%
0	0.200±0.005ns	0.809±0.040ns	0.203±0.010ns	0.765±0.034ns	0.030±0ns	0.031±0.001ns	0.031±0.001ns	0.031±0ns
1	0.186±0.003d	0.714±0.015a	0.196±0.014c	0.654±0.028b	0.019±0.003ns	0.022±0.002ns	0.022±0.002ns	0.033±0.002ns
2	0.167±0.012d	0.674±0.018a	0.192±0.014c	0.632±0.021b	0.030±0.003ns	0.058±0.003ns	0.034±0.003ns	0.070±0.009ns
3	0.144±0.031d	0.626±0.032a	0.191±0.011c	0.619±0.029b	0.027±0.006ns	0.061±0.009ns	0.038±0.009ns	0.073±0.001ns
4	0.128±0.040d	0.499±0.077b	0.187±0.011c	0.610±0.032a	0.025±0.012ns	0.047±0.004ns	0.037±0.004ns	0.072±0.002ns
5	0.099±0.043d	0.404±0.049b	0.182±0.014c	0.588±0.018a	0.022±0.017ns	0.058±0.012ns	0.034±0.012ns	0.067±0.002ns
6	0.094±0.043d	0.366±0.040b	0.178±0.016c	0.562±0.032a	0.015±0.009ns	0.045±0.016ns	0.030±0.016ns	0.076±0.008ns
7	0.091±0.046d	0.288±0.037b	0.151±0.036c	0.542±0.033a	0.014±0.010ns	0.050±0.019ns	0.029±0.019ns	0.070±0.004ns
8	0.086±0.043d	0.265±0.043b	0.134±0.050c	0.508±0.051a	0.012±0.010ns	0.046±0.013ns	0.025±0.013ns	0.067±0.004ns
9	-	0.228±0.032b	0.122±0.057c	0.471±0.050a	0.011±0.010ns	0.046±0.014ns	0.025±0.014ns	0.062±0.010ns
10	-	0.214±0.024b	0.112±0.063c	0.417±0.045a	-	0.039±0.014ns	0.024±0.014ns	0.065±0.004ns
11	-	0.202±0.025b	0.107±0.064c	0.343±0.053a	-	0.039±0.016ns	0.022±0.016ns	0.057±0.010ns
12	-	0.181±0.007b	-	0.308±0.050a	-	0.033±0.019ns	0.016±0.019ns	0.057±0.009ns
13	-	0.172±0.010b	-	0.282±0.046a	-	0.025±0.021ns	0.012±0.021ns	0.048±0.013ns
14	-	0.161±0.014b	-	0.260±0.034a	-	0.021±0.020ns	-	0.041±0.019ns
15	-	0.149±0.009b	-	0.246±0.033a	-	0.018±0.017ns	-	0.035±0.018ns

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.21 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar)							
	น้ำดอง				เนื้อผัก			
	น้ำเกลือ4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, 20°C	น้ำเกลือ10% , 30°c	น้ำเกลือ4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, 20°C	น้ำเกลือ10%, 30°C
0	0.505±0.030ns	0.504±0.030ns	0.490±0.029ns	0.478±0.027ns	0.031±0ns	0.030±0ns	0.031±0ns	0.031±0ns
1	0.447±0.025ns	0.453±0.026ns	0.419±0.022ns	0.431±0.023ns	0.018±0.002ns	0.023±0.001ns	0.025±0.006ns	0.028±0.005ns
2	0.432±0.025a	0.409±0.025c	0.404±0.021d	0.420±0.022b	0.042±0.015ns	0.045±0.014ns	0.044±0.016ns	0.051±0.020ns
3	0.416±0.024b	0.354±0.024d	0.393±0.020c	0.417±0.022a	0.051±0.018ns	0.036±0.016ns	0.054±0.020ns	0.052±0.015ns
4	0.293±0.013ns	0.224±0.024ns	0.387±0.019ns	0.410±0.021ns	0.044±0.007ns	0.028±0.015ns	0.054±0.019ns	0.049±0.015ns
5	0.248±0.010ns	0.255±0.019ns	0.384±0.019ns	0.386±0.019ns	0.052±0.014ns	0.027±0.024ns	0.058±0.020ns	0.038±0.012ns
6	0.235±0.010ns	0.226±0.017ns	0.374±0.018ns	0.366±0.021ns	0.042±0.019ns	0.017±0.012ns	0.060±0.023ns	0.037±0.023ns
7	0.224±0.009ns	0.154±0.011ns	0.364±0.018ns	0.329±0.020ns	0.046±0.023ns	0.017±0.013ns	0.053±0.020ns	0.038±0.021ns
8	0.215±0.008ns	0.135±0.009ns	0.357±0.017ns	0.285±0.020ns	0.041±0.019ns	0.017±0.015ns	0.050±0.020ns	0.034±0.022ns
9	0.183±0.007ns	-	0.331±0.015ns	0.263±0.017ns	0.040±0.020ns	0.016±0.015ns	0.050±0.020ns	0.029±0.016ns
10	0.171±0.016ns	-	0.310±0.013ns	0.220±0.013ns	0.036±0.017ns	-	0.049±0.019ns	0.032±0.022ns
11	0.160±0.014ns	-	0.272±0.010ns	0.178±0.013ns	0.038±0.017ns	-	0.047±0.018ns	0.026±0.016ns
12	0.141±0.013b	-	0.255±0.018a	-	0.038±0.014ns	-	0.046±0.019ns	0.019±0.022ns
13	0.137±0.014b	-	0.246±0.017a	-	0.032±0.014ns	-	0.042±0.019ns	0.012±0.017ns
14	0.128±0.013b	-	0.226±0.016a	-	0.028±0.012ns	-	0.041±0.018ns	-
15	0.122±0.013b	-	0.217±0.015a	-	0.023±0.012ns	-	0.035±0.017ns	-

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.22 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar)ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar)							
	น้ำดอง				เนื้อผัก			
	น้ำตาล1%, 20°C	น้ำตาล1%, 30°C	น้ำตาล4%, 20°C	น้ำตาล4% , 30°c	น้ำตาล1%, 20°C	น้ำตาล1%, 30°C	น้ำตาล4%, 20°C	น้ำตาล4%, 30°C
0	0.200±0.007ns	0.203±0.008ns	0.795±0.043ns	0.778±0.041ns	0.031±0ns	0.031±0ns	0.031±0ns	0.031±0ns
1	0.191±0.009ns	0.190±0.012ns	0.675±0.035ns	0.693±0.037ns	0.017±0.001ns	0.024±0.001ns	0.026±0.005ns	0.029±0.006ns
2	0.185±0.012ns	0.174±0.021ns	0.650±0.034ns	0.655±0.021ns	0.028±0.001ns	0.036±0.003ns	0.059±0.003ns	0.069±0.010ns
3	0.183±0.013ns	0.152±0.040ns	0.626±0.034ns	0.618±0.028ns	0.034±0.001ns	0.031±0.011ns	0.072±0.003ns	0.062±0.010ns
4	0.176±0.019c	0.139±0.049c	0.504±0.083b	0.605±0.035a	0.036±0.001ns	0.026±0.013ns	0.062±0.011ns	0.056±0.013ns
5	0.164±0.026c	0.117±0.061c	0.468±0.113b	0.524±0.073a	0.038±0.007ns	0.018±0.013ns	0.072±0.007ns	0.053±0.010ns
6	0.161±0.027b	0.112±0.061c	0.448±0.116a	0.480±0.089a	0.031±0.005ns	0.014±0.009ns	0.072±0.011ns	0.049±0.020ns
7	0.160±0.026b	0.082±0.039c	0.428±0.117a	0.402±0.144a	0.028±0.005ns	0.014±0.010ns	0.071±0.002ns	0.049±0.018ns
8	0.155±0.028ns	0.064±0.024ns	0.416±0.119ns	0.356±0.134ns	0.026±0.005ns	0.011±0.009ns	0.065±0.006ns	0.048±0.015ns
9	0.147±0.033b	-	0.367±0.125a	0.333±0.131a	0.025±0.005ns	0.010±0.009ns	0.066±0.006ns	0.042±0.010ns
10	0.141±0.035c	-	0.339±0.109a	0.292±0.100b	0.025±0.005ns	-	0.061±0.009ns	0.043±0.018ns
11	0.135±0.036c	-	0.296±0.084a	0.248±0.072b	0.025±0.005ns	-	0.061±0.006ns	0.034±0.012ns
12	0.132±0.038b	-	0.264±0.080a	0.225±0.058a	0.026±0.004ns	-	0.059±0.007ns	0.032±0.017ns
13	0.133±0.036c	-	0.249±0.075a	0.205±0.040b	0.021±0.002ns	-	0.054±0.007ns	0.019±0.015ns
14	0.127±0.039c	-	0.228±0.062a	0.193±0.043b	0.021±0.004ns	-	0.050±0.010ns	0.012±0.011ns
15	0.128±0.037c	-	0.211±0.063a	0.185±0.040b	0.014±0.003ns	-	0.044±0.009ns	0.010±0.007ns

a,b,.. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในน้ำดอง หรือ เนื้อผัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.23 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อค่า %total sugars(as invert sugar) ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	%total sugars(as invert sugar) ในน้ำดอง							
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 30°C
0	0.200±0.005ns	0.200±0.005ns	0.809±0.040ns	0.808±0.039ns	0.200±0.009ns	0.206±0.009ns	0.781±0.041ns	0.749±0.010ns
1	0.188±0.001ns	0.184±0.002ns	0.706±0.011ns	0.721±0.015ns	0.194±0.012ns	0.197±0.014ns	0.643±0.018ns	0.665±0.031ns
2	0.179±0.005ns	0.155±0.001ns	0.684±0.001ns	0.633±0.021ns	0.191±0.013ns	0.193±0.013ns	0.616±0.008ns	0.647±0.018ns
3	0.177±0.011g	0.114±0.006h	0.657±0.007a	0.594±0.003d	0.191±0.011e	0.190±0.012f	0.594±0.015c	0.643±0.018b
4	0.164±0.017g	0.092±0.017h	0.422±0.015d	0.575±0.003c	0.188±0.012e	0.185±0.010f	0.585±0.013b	0.634±0.036a
5	0.139±0.003g	0.058±0.019h	0.356±0.010d	0.452±0.005c	0.188±0.011e	0.176±0.014f	0.580±0.014b	0.595±0.018a
6	0.135±0.007d	0.053±0.014e	0.334±0.017c	0.398±0.029b	0.186±0.012d	0.171±0.015d	0.563±0.019a	0.561±0.040a
7	0.136±0.009ns	0.045±0.004ns	0.313±0.023ns	0.063±0.031ns	0.184±0.009ns	0.118±0.018ns	0.543±0.011ns	0.540±0.045ns
8	0.128±0.005ns	0.043±0.001ns	0.301±0.031ns	0.228±0.007ns	0.182±0.012ns	0.085±0.016ns	0.531±0.028ns	0.484±0.057ns
9	0.115±0.006ns	-	0.250±0.031ns	0.205±0.009ns	0.179±0.007ns	0.065±0.008ns	0.483±0.056ns	0.460±0.040ns
10	0.108±0.008ns	-	0.234±0.018ns	0.195±0.005ns	0.175±0.011ns	0.049±0.006ns	0.444±0.038ns	0.390±0.032ns
11	0.100±0.004ns	-	0.219±0.025ns	0.184±0.003ns	0.170±0.011ns	0.043±0ns	0.373±0.042ns	0.312±0.045ns
12	0.095±0.003ns	-	0.186±0.004ns	0.176±0.006ns	0.169±0.011ns	-	0.342±0.029ns	0.274±0.044ns
13	0.098±0.001ns	-	0.175±0.009ns	0.170±0.011ns	0.168±0.010ns	-	0.323±0.013ns	0.241±0.024ns
14	0.089±0.006ns	-	0.168±0.007ns	0.154±0.015ns	0.165±0.011ns	-	0.288±0.021ns	0.232±0.018ns
15	0.093±0.004ns	-	0.151±0.008ns	0.147±0.009ns	0.164±0.010ns	-	0.270±0.028ns	0.222±0.016ns

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.24 อิทธิพลของเกลือต่อจำนวน Total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลี ดองใน ขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count (colony/ml.)		Lactic acid bacteria (colony/ml.)	
	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%	น้ำเกลือ4%	น้ำเกลือ10%
0	$3x10^2$a	$1x10^2$b	0ns	0ns
1	$6.98x10^6$a	$6.69x10^5$b	$3.28x10^6$a	$1.25x10^5$b
2	$8.07x10^6$a	$1.95x10^6$b	$1.12x10^7$a	$1.72x10^6$b
3	$2.82x10^7$a	$1.56x10^6$b	$2.34x10^7$a	$1.63x10^6$b
4	$8.02x10^6$a	$2.73x10^6$b	$3.74x10^7$a	$2.99x10^6$b
5	$1.19x10^7$a	$3.43x10^6$b	$1.47x10^7$a	$4.96x10^6$b
6	$1.61x10^7$a	$3.80x10^6$b	$1.64x10^7$a	$5.52x10^6$b
7	$2.26x10^7$a	$3.44x10^6$b	$1.99x10^7$a	$3.99x10^6$b
8	$1.58x10^7$a	$3.83x10^6$b	$2.60x10^7$a	$3.80x10^6$b
9	$1.81x10^7$a	$3.72x10^6$b	$3.17x10^7$a	$4.46x10^6$b
10	$1.66x10^7$a	$5.25x10^6$b	$1.95x10^7$a	$6.06x10^6$b
11	$3.24x10^7$ns	$1.32x10^7$ns	$2.89x10^7$a	$9.70x10^6$b
12	$1.45x10^7$a	$8.40x10^6$b	$1.16x10^7$a	$8.31x10^6$b
13	$1.53x10^7$ns	1.1910^7ns	$1.56x10^7$ns	$7.62x10^6$ns
14	$2.19x10^7$b	$2.78x10^7$a	$2.01x10^7$a	$8.68x10^6$b

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.25 อิทธิพลของน้ำตาลต่อจำนวน Total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลี ดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count (colony/ml.)		Lactic acid bacteria (colony/ml.)	
	น้ำตาลทราย1%	น้ำตาลทราย4%	น้ำตาลทราย1%	น้ำตาลทราย4%
0	$3x10^2$a	$1x10^2$b	0ns	0ns
1	$5.03x10^6$a	$2.62x10^6$b	$2.51x10^5$ns	$8.95x10^5$ns
2	6.9510^6a	$3.07x10^6$b	$9.64x10^6$ns	$1.72x10^5$ns
3	$1.49x10^6$ns	$1.48x10^7$ns	$1.76x10^7$a	$7.49x10^6$ns
4	$1.80x10^6$b	$8.96x10^6$a	$2.13x10^7$ns	$1.91x10^7$ns
5	$9.87x10^6$ns	$1.17x10^7$ns	$6.56x10^6$b	$1.31x10^7$a
6	$9.00x10^6$ns	$1.09x10^7$ns	$1.04x10^7$ns	$1.16x10^7$ns
7	$1.24x10^7$ns	$1.36x10^7$ns	$9.90x10^5$ns	$1.40x10^7$ns
8	$1.06x10^7$ns	$9.09x10^6$ns	$1.62x10^7$ns	$1.37x10^7$ns
9	8.3910^6ns	$1.31x10^7$ns	$2.12x10^7$ns	$1.49x10^7$ns
10	$1.11x10^7$ns	$1.07x10^7$ns	$1.53x10^7$a	$1.03x10^7$b
11	$2.56x10^7$ns	$2.00x10^7$ns	$1.70x10^7$a	$2.16x10^7$b
12	$1.10x10^7$ns	$1.19x10^7$ns	$1.08x10^7$a	$9.06x10^6$b
13	$2.28x10^7$a	$4.44x10^6$b	$1.34x10^7$ns	$9.81x10^6$ns
14	$3.04x10^7$a	$1.93x10^7$b	$1.53x10^7$ns	$1.34x10^7$ns

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.26 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อจำนวน Total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count (colony/ml.)		Lactic acid bacteria (colony/ml.)	
	20°C	30°C	20°C	30°C
0	$2x10^2$ns	$2x10^2$ns	0ns	0ns
1	$2.29x10^6$b	$5.36x10^6$a	$1.01x10^6$ns	$2.39x10^6$ns
2	$4.68x10^6$ns	$5.35x10^6$ns	$6.76x10^6$ns	$6.10x10^6$ns
3	$7.73x10^6$b	$2.20x10^7$a	$7.03x10^6$b	$1.80x10^7$a
4	$3.84x10^6$b	$6.92x10^6$a	$1.38x10^7$b	$2.66x10^7$a
5	$8.54x10^6$ns	$1.30x10^7$ns	$4.74x10^6$b	$1.49x10^7$a
6	$6.72x10^6$ns	$1.31x10^7$ns	$5.05x10^6$b	$1.69x10^7$a
7	$1.33x10^7$ns	$1.28x10^7$ns	$6.45x10^6$b	$1.74x10^7$a
8	$1.06x10^7$ns	$8.99x10^6$ns	$7.92x10^6$ns	$2.19x10^7$ns
9	$8.24x10^6$ns	$1.32x10^7$ns	$1.51x10^7$ns	$2.11x10^7$ns
10	$1.07x10^7$ns	$1.11x10^7$ns	$1.06x10^7$ns	$1.50x10^7$ns
11	$1.88x10^7$ns	$2.73x10^7$ns	$1.32x10^7$ns	$2.53x10^7$ns
12	$1.20x10^7$ns	$1.09x10^7$ns	$1.14x10^7$a	$8.50x10^6$b
13	$9.44x10^6$ns	$1.78x10^7$ns	$1.18x10^7$ns	$1.14x10^7$ns
14	$1.98x10^7$b	$2.99x10^7$a	$1.61x10^7$ns	$1.27x10^7$ns

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.27 อิทธิพลร่วมของเกลือและน้ำตาลต่อจำนวน Total plate count และ lactic acid bacteria ของผัก กาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count (colony/ml.)				Lactic acid bacteria (colony/ml.)			
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%
0	$5x10^{2}$ns	$1x10^{2}$ns	$1x10^{2}$ns	$1x10^{2}$ns	0ns	0ns	0ns	0ns
1	$9.64x10^{6}$a	$5.56x10^{6}$b	$4.26x10^{6}$c	$9.13x10^{5}$c	$7.16x10^{6}$ns	$1.88x10^{6}$ns	$3.58x10^{5}$ns	$1.26x10^{5}$ns
2	$1.06x10^{7}$ns	$5.54x10^{6}$ns	$3.29x10^{6}$ns	$6.20x10^{5}$ns	$1.72x10^{7}$ns	$5.05x10^{6}$ns	$2.04x10^{6}$ns	$1.40x10^{6}$ns
3	$2.85x10^{7}$ns	$2.74x10^{7}$ns	$1.38x10^{6}$ns	$1.74x10^{6}$ns	$3.81x10^{7}$a	$1.37x10^{7}$b	$1.96x10^{6}$c	$1.30x10^{6}$c
4	$3.02x10^{6}$c	$9.90x10^{5}$a	$5.85x10^{5}$c	$4.88x10^{6}$b	$3.94x10^{7}$ns	$2.54x10^{7}$ns	$3.26x10^{6}$ns	$2.73x10^{6}$ns
5	$1.61x10^{7}$ns	$1.33x10^{7}$ns	$3.68x10^{6}$ns	$3.18x10^{6}$ns	$9.07x10^{6}$ns	$2.03x10^{7}$ns	$4.05x10^{6}$ns	$5.87x10^{6}$ns
6	$1.43x10^{7}$ns	$1.06x10^{7}$ns	$3.67x10^{6}$ns	$3.92x10^{6}$ns	$1.34x10^{7}$ns	$1.94x10^{7}$ns	$7.30x10^{6}$ns	$3.73x10^{6}$ns
7	$2.34x10^{7}$ns	$1.85x10^{7}$ns	$1.49x10^{6}$ns	$5.39x10^{6}$ns	$1.47x10^{7}$ns	$2.50x10^{7}$ns	$5.08x10^{6}$ns	$2.01x10^{7}$ns
8	$1.73x10^{7}$ns	$1.43x10^{7}$ns	$4.28x10^{6}$ns	$3.37x10^{6}$ns	$2.87x10^{7}$ns	$2.33x10^{7}$ns	$3.56x10^{6}$ns	$4.04x10^{6}$ns
9	$1.44x10^{7}$ns	$7.46x10^{6}$ns	$2.40x10^{6}$ns	$4.35x10^{6}$ns	$3.97x10^{7}$ns	$2.37x10^{7}$ns	$2.71x10^{6}$ns	$6.21x10^{6}$ns
10	$1.90x10^{7}$ns	$1.01x10^{7}$ns	$3.18x10^{6}$ns	$7.32x10^{6}$ns	$2.66x10^{7}$ns	$1.24x10^{7}$ns	$3.91x10^{6}$ns	$8.22x10^{6}$ns
11	$3.85x10^{7}$ns	$2.32x10^{7}$ns	$1.43x10^{7}$ns	$1.37x10^{7}$ns	$2.98x10^{7}$ns	$2.78x10^{7}$ns	$4.05x10^{6}$ns	$1.54x10^{7}$ns
12	$1.10x10^{7}$b	$9.06x10^{6}$a	$1.09x10^{7}$b	$5.17x10^{6}$c	$1.00x10^{7}$c	$1.31x10^{7}$a	$1.17x10^{7}$b	$4.96x10^{6}$d
13	$2.51x10^{7}$ns	$1.62x10^{7}$ns	$2.04x10^{7}$ns	$3.74x10^{6}$ns	$1.87x10^{7}$ns	$1.25x10^{7}$ns	$8.13x10^{6}$ns	$7.10x10^{6}$ns
14	$1.29x10^{7}$c	$1.12x10^{7}$b	$4.79x10^{7}$a	$7.60x10^{6}$d	$1.98x10^{7}$ns	$2.07x10^{7}$ns	$1.09x10^{7}$ns	$6.45x10^{6}$ns

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.28 อิทธิพลร่วมของเกลือและอุณหภูมิต่อจำนวน Total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count (colony/ml.)				Lactic acid bacteria (colony/ml.)			
	น้ำเกลือ4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, 20°C	น้ำเกลือ10%, 30°C	น้ำเกลือ4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, 20°C	น้ำเกลือ10%, 30°C
0	$3x10^{2}$ns	$3x10^{2}$ns	$1x10^{2}$ns	$1x10^{2}$ns	0ns	0ns	0ns	0ns
1	$3.74x10^{6}$b	$1.63x10^{6}$a	$8.45x10^{5}$c	$4.94x10^{5}$c	$2.13x10^{6}$ns	$6.91x10^{6}$ns	$3.29x10^{5}$ns	$1.55x10^{5}$ns
2	$8.40x10^{6}$ns	$7.75x10^{6}$ns	$9.60x10^{5}$ns	$2.95x10^{6}$ns	$1.16x10^{7}$b	$1.06x10^{7}$a	$1.88x10^{6}$c	$1.55x10^{6}$c
3	$1.34x10^{7}$b	$4.28x10^{7}$a	$1.99x10^{6}$b	$1.13x10^{6}$b	$1.67x10^{7}$ns	$3.50x10^{7}$ns	$2.26x10^{6}$ns	$1.00x10^{6}$ns
4	$4.93x10^{6}$b	$1.11x10^{7}$a	$2.75x10^{6}$c	$2.72x10^{6}$c	$2.57x10^{7}$ns	$4.91x10^{7}$ns	$1.92x10^{6}$ns	$4.07x10^{6}$ns
5	$1.62x10^{7}$ns	$2.50x10^{7}$ns	$8.05x10^{5}$ns	$6.06x10^{6}$ns	$8.68x10^{6}$ns	$2.07x10^{7}$ns	$8.00x10^{5}$ns	$9.12x10^{6}$ns
6	$1.22x10^{7}$ns	$1.99x10^{7}$nd	$1.22x10^{6}$ns	$6.36x10^{6}$ns	$8.18x10^{6}$ns	$2.46x10^{7}$ns	$1.91x10^{6}$ns	$9.12x10^{6}$ns
7	$2.39x10^{7}$ns	$2.11x10^{7}$ns	$2.55x10^{6}$ns	$4.34x10^{6}$ns	$1.20x10^{7}$ns	$2.77x10^{7}$ns	$9.20x10^{6}$ns	$2.42x10^{7}$ns
8	$2.00x10^{7}$a	$1.21x10^{7}$ab	$1.28x10^{6}$c	$6.36x10^{6}$c	$1.50x10^{7}$ns	$3.70x10^{7}$ns	$7.78x10^{5}$ns	$6.82x10^{6}$ns
9	$1.57x10^{7}$ns	$2.04x10^{7}$ns	$7.75x10^{5}$ns	$5.97x10^{6}$ns	$2.89x10^{7}$ns	$3.44x10^{7}$ns	$1.22x10^{6}$ns	$7.70x10^{6}$ns
10	$1.99x10^{7}$ns	$1.31x10^{7}$ns	$1.50x10^{6}$ns	$8.99x10^{6}$ns	$1.83x10^{7}$ns	$2.06x10^{7}$ns	$2.76x10^{6}$ns	$9.36x10^{6}$ns
11	$2.96x10^{7}$ns	$3.51x10^{7}$ns	$8.67x10^{6}$ns	$1.93x10^{7}$ns	$2.30x10^{7}$ns	$3.46x10^{7}$ns	$3.24x10^{6}$ns	$1.61x10^{7}$ns
12	$1.31x10^{7}$b	$1.50x10^{7}$a	$1.07x10^{7}$b	$5.30x10^{5}$c	$1.12x10^{7}$c	$1.19x10^{7}$a	$1.53x10^{6}$b	$5.10x10^{6}$d
13	$1.15x10^{7}$ns	$1.91x10^{7}$ns	$7.35x10^{5}$ns	$1.68x10^{7}$ns	$1.66x10^{7}$ns	$1.46x10^{7}$ns	$7.05x10^{6}$ns	$8.18x10^{6}$ns
14	$2.70x10^{7}$b	$1.68x10^{7}$c	$1.26x10^{7}$d	$4.29x10^{7}$a	$1.85x10^{7}$a	$2.17x10^{7}$a	$1.36x10^{6}$a	$3.70x10^{6}$b

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

ตารางที่ ฉ.29 อิทธิพลร่วมของน้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวน Total plate count และ lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count (colony/ml.)				Lactic acid bacteria (colony/ml.)			
	น้ำตาล1%, 20°C	น้ำตาล1%, 30°C	น้ำตาล4%, 20°C	น้ำตาล4%, 30°C	น้ำตาล1%, 20°C	น้ำตาล1%, 30°C	น้ำตาล4%, 20°C	น้ำตาล4%, 30°C
0	$3x10^2$ns	$3x10^2$ns	$1x10^2$ns	$1x10^2$ns	0ns	0ns	0ns	0ns
1	$2.30x10^6$b	$7.77x10^6$a	$2.29x10^6$b	$4.35x10^5$b	$7.91x10^5$b	$6.73x10^8$a	$1.67x10^5$ab	$3.30x10^5$b
2	$4.99x10^6$ns	$8.92x10^6$ns	$4.37x10^6$ns	$1.78x10^6$ns	$8.52x10^6$ns	$1.07x10^7$ns	$5.01x10^6$ns	$1.43x10^6$ns
3	$7.90x10^6$ns	$2.19x10^7$ns	$7.56x10^6$ns	$2.20x10^7$ns	$1.17x10^7$b	$2.82x10^7$a	$7.20x10^6$b	$7.76x10^6$b
4	$2.25x10^6$c	$1.35x10^6$c	$5.43x10^6$b	$1.24x10^7$a	$4.56x10^6$c	$3.81x10^7$a	$2.31x10^7$ab	$1.50x10^7$bc
5	$6.75x10^6$ns	$1.30x10^7$ns	$1.03x10^7$ns	$1.80x10^7$ns	$2.15x10^6$ns	$1.09x10^7$ns	$7.33x10^6$ns	$1.89x10^7$ns
6	$7.36x10^6$ns	$1.06x10^7$ns	$6.09x10^6$ns	$1.53x10^7$ns	$4.21x10^6$ns	$1.65x10^7$ns	$5.88x10^6$ns	$1.72x10^7$ns
7	$1.90x10^7$a	$5.89x10^6$b	$7.52x10^6$ab	$1.96x10^7$a	$8.38x10^6$ns	$1.14x10^7$ns	$4.51x10^6$ns	$4.06x10^7$ns
8	$1.45x10^7$ns	$7.06x10^6$ns	$6.75x10^6$ns	$1.14x10^7$ns	$7.19x10^6$ns	$2.51x10^7$ns	$8.64x10^6$ns	$1.86x10^7$ns
9	$9.50x10^6$ns	$7.28x10^6$ns	$6.98x10^6$ns	$1.91x10^7$ns	$2.09x10^7$ns	$2.14x10^7$ns	$9.17x10^6$ns	$2.06x10^7$ns
10	$1.34x10^7$ns	$8.78x10^6$ns	$8.09x10^6$ns	$1.33x10^7$ns	$1.39x10^7$ns	$1.66x10^7$ns	$7.22x10^6$ns	$1.33x10^7$ns
11	$3.04x10^7$ns	$2.24x10^7$ns	$7.94x10^6$ns	$3.21x10^7$ns	$1.46x10^7$ns	$1.92x10^7$ns	$1.16x10^7$ns	$3.14x10^7$ns
12	$1.81x10^7$a	$3.80x10^6$b	$5.85x10^6$b	$1.65x10^7$a	$1.73x10^7$a	$4.30x10^6$d	$5.41x10^6$c	$1.27x10^7$b
13	$1.42x10^7$ns	$3.13x10^7$ns	$4.67x10^6$ns	$4.55x10^6$ns	$1.15x10^7$ns	$1.53x10^7$ns	$1.21x10^7$ns	$7.46x10^6$ns
14	$2.14x10^7$b	$3.93x10^7$a	$1.82x10^7$c	$2.04x10^7$b	$1.49x10^7$ns	$1.58x10^7$ns	$1.72x10^7$ns	$9.60x10^6$ns

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ns จากแถวนอนของชุดข้อมูลเดียวกันในจำนวน TPC หรือ LAB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$)

ตารางที่ ฉ.30 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวน Total plate count ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Total plate count(colony/ml.)							
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 30°C
0	$5x10^2$ns	$5x10^2$ns	1x102ns	$1x10^2$ns	$1x10^2$ns	$1x10^2$ns	$1x10^2$ns	$1x10^2$ns
1	$4.24x10^6$bc	$1.50x10^7$a	$3.24x10^6$bcd	$8.23x10^6$b	$3.49x10^5$d	$5.04x10^5$d	$1.34x10^6$cd	$4.84x10^5$d
2	$8.73x10^6$ns	$1.25x10^7$ns	$8.06x10^6$ns	$3.00x10^6$ns	$1.23x10^6$ns	$5.33x10^6$ns	$6.83x10^5$ns	$5.58x10^5$ns
3	$1.45x10^7$ns	$4.23x10^7$ns	$1.24x10^7$ns	$4.33x10^7$ns	$1.26x10^6$ns	$1.49x10^6$ns	$2.72x10^6$ns	$7.66x10^5$ns
4	$3.80x10^6$bc	$2.23x10^7$cd	$6.07x10^6$b	$2.00x10^7$a	$7.03x10^5$d	$4.66x10^5$d	$4.80x10^6$b	$4.97x10^6$b
5	$1.28x10^7$ns	$1.93x10^7$ns	$1.97x10^7$ns	$3.07x10^7$ns	$6.66x10^5$ns	$6.69x10^6$ns	$9.43x10^5$ns	$5.43x10^6$ns
6	$1.33x10^7$ns	$1.53x10^7$ns	$1.10x10^7$ns	$2.46x10^7$ns	$1.35x10^6$ns	$5.99x10^6$ns	$1.10x10^6$ns	$6.73x10^6$ns
7	$3.74x10^7$a	$9.40x10^6$b	$1.05x10^7$b	$3.29x10^7$a	$6.20x10^5$b	$2.37x10^6$b	$4.48x10^6$b	$6.30x10^6$b
8	$2.79x10^7$a	$6.73x10^6$bc	$1.21x10^7$bc	$1.75x10^7$ab	$1.16x10^6$c	$7.39x10^6$bc	$1.41x10^6$c	$5.33x10^6$bc
9	$1.79x10^7$ns	$1.08x10^7$ns	$1.34x10^7$ns	$3.01x10^7$ns	$1.03x10^6$ns	$3.76x10^6$ns	$5.16x10^5$ns	$8.18x10^6$ns
10	$2.46x10^7$ns	$1.34x10^7$ns	$1.53x10^7$ns	$1.29x10^7$ns	$2.20x10^6$ns	$4.17x10^6$ns	$8.10x10^5$ns	$1.38x10^7$ns
11	$4.60x10^7$ns	$3.09x10^7$ns	$1.33x10^7$ns	$3.94x10^7$ns	$1.48x10^7$ns	$1.38x10^7$ns	$2.51x10^6$ns	$2.48x10^7$ns
12	$1.94x10^7$b	$2.53x10^6$d	$6.90x10^6$c	$2.74x10^7$a	$1.67x10^7$b	$5.07x10^6$cd	$4.08x10^6$cd	$5.53x10^6$c
13	$1.69x10^7$ns	$3.33x10^7$ns	$6.07x10^6$ns	$4.90x10^6$ns	$1.14x10^7$ns	$2.94x10^7$ns	$3.28x10^5$ns	$4.20x10^6$ns
14	$2.40x10^7$c	$1.73x10^5$f	$3.00x10^7$b	$3.20x10^7$b	$1.88x10^7$d	$7.70x10^7$a	$6.40x10^6$e	$8.80x10^6$e

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$)

ตารางที่ ฉ.31 อิทธิพลร่วมของเกลือ น้ำตาลและอุณหภูมิต่อจำนวน lactic acid bacteria ของผักกาดเขียวปลีดองในขณะหมัก

วันที่หมัก	Lactic acid bacteria(colony/ml.)							
	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ4%, น้ำตาล4%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล1%, 30°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 20°C	น้ำเกลือ10%, น้ำตาล4%, 30°C
0	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns	0ns
1	$1.03x10^{5}$b	$3.74x10^{5}$a	$3.25x10^{6}$b	$1.84x10^{5}$b	$5.56x10^{5}$b	$1.59x10^{5}$b	$1.02x10^{5}$b	$1.51x10^{5}$b
2	$1.53x10^{7}$ns	$5.31x10^{6}$ns	$7.96x10^{6}$ns	$1.15x10^{5}$ns	$1.70x10^{6}$ns	$2.37x10^{6}$ns	$2.06x10^{6}$ns	$7.26x10^{5}$ns
3	$2.05x10^{7}$bc	$7.93x10^{6}$a	$1.29x10^{7}$bc	$8.48x10^{6}$b	$3.05x10^{6}$bc	$8.70x10^{5}$c	$1.46x10^{6}$c	$1.13x10^{6}$c
4	$6.17x10^{5}$c	$4.71x10^{5}$a	$4.53x10^{7}$b	$4.57x10^{6}$bc	$2.94x10^{6}$c	$3.56x10^{6}$c	$8.90x10^{5}$c	$4.56x10^{6}$c
5	$3.70x10^{6}$ns	$3.28x10^{6}$ns	$1.36x10^{7}$ns	$1.55x10^{6}$ns	$6.00x10^{5}$ns	$7.50x10^{6}$ns	$1.00x10^{6}$ns	$1.07x10^{7}$ns
6	$6.57x10^{6}$ns	$1.63x10^{7}$ns	$9.80x10^{6}$ns	$1.32x10^{7}$ns	$1.86x10^{6}$ns	$1.27x10^{7}$ns	$1.96x10^{6}$ns	$5.50x10^{6}$ns
7	$1.57x10^{7}$b	$7.48x10^{6}$b	$8.18x10^{6}$b	$1.61x10^{7}$a	$1.00x10^{6}$b	$9.16x10^{5}$b	$8.36x10^{5}$b	$3.93x10^{7}$b
8	$1.33x10^{7}$ns	$3.29x10^{7}$ns	$1.67x10^{7}$ns	$1.72x10^{7}$ns	$9.93x10^{5}$ns	$6.13x10^{6}$ns	$5.63x10^{5}$ns	$7.51x10^{6}$ns
9	$4.01x10^{7}$ns	$2.94x10^{7}$ns	$1.76x10^{7}$ns	$1.36x10^{7}$ns	$1.76x10^{6}$ns	$3.66x10^{6}$ns	$6.76x10^{5}$ns	$1.17x10^{7}$ns
10	$2.39x10^{7}$ns	$1.88x10^{7}$ns	$1.28x10^{7}$ns	$3.23x10^{6}$ns	$3.88x10^{6}$ns	$3.92x10^{6}$ns	$1.64x10^{6}$ns	$1.48x10^{7}$ns
11	$2.53x10^{7}$ns	$3.56x10^{7}$ns	$2.08x10^{7}$ns	$3.76x10^{7}$ns	$3.96x10^{6}$ns	$4.12x10^{6}$ns	$2.51x10^{6}$ns	$2.82x10^{7}$ns
12	$1.46x10^{7}$c	$3.26x10^{5}$f	$7.90x10^{6}$d	$9.79x10^{5}$b	$2.01x10^{7}$a	$3.20x10^{6}$g	$2.92x10^{6}$h	$7.00x10^{6}$e
13	$1.16x10^{7}$abc	$1.72x10^{7}$a	$2.16x10^{7}$ab	$3.26x10^{5}$bc	$1.14x10^{7}$bc	$4.83x10^{6}$bc	$2.66x10^{6}$c	$1.15x10^{7}$abc
14	$1.19x10^{7}$bc	$1.64x10^{7}$a	$2.51x10^{7}$ab	$1.96x10^{6}$abc	$1.79x10^{7}$abc	$3.90x10^{6}$c	$9.40x10^{6}$c	$3.50x10^{6}$c

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns จากแถวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนันทนาถ กิติศรีวรพันธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2517 ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในปีการศึกษา 2538 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย