การหมักผักและผลิตโยเกิร์ตโดยเชื้อแล็กโตบาซิลัส สายพันธุ์ที่ผลิตกรดแอล แล็กติก

นางสาว สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ ภาควิชาอาหารเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-034-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VEGETABLES FERMENTATION AND YOGHURT PRODUCTION BY L(+) LACTIC ACID PRODUCING *LACTOBACILLUS* STRAINS

Miss Suchada Jongrungruangchok

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Pharmaceutical Science

Department of Food Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-332-034-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหมักผักและผลิตโยเกิร์ตโดยเชื้อแล็กโตบาซิลัส สายพันธุ์ที่ผลิตกรดแอล แล็กติก
โดย	นางสาว สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค
ภาควิชา	อาหารเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สุหร่าย สายศร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ธนาศุภวัฒน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ กังสดาลอำไพ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สุหร่าย สายศร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ธนาศุภวัฒน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐดา วิโรจน์แสงอรุณ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค : การหมักผักและผลิตโยเกิร์ต โดยเชื้อแล็กโตบาซิลลัสสายพันธุ์ที่ผลิตกรดแอล แล็กติก (VEGETABLES FERMENTATION AND YOGHURT PRODUCTION BY L(+) LACTIC ACID PRODUCTING *LACTOBACILLUS* STRAINS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.สุหร่าย สายศร และ รศ.ดร.สมบูรณ์ ธนาสุภวัฒน์ 133 หน้า ISBN 974-332-034-2

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถผลิตกรดแล็กติกชนิดแอล ไอโซเมอร์และไดอะเซตทิลของ *Lactobacillus* species จำนวน 22 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับ *Lactobacillus plantarum* P7-1 เพื่อนำไปใช้ในการหมักผักและโยเกิร์ต ผลการศึกษาพบว่าเชื้อ 21 สายพันธุ์ เป็นพวก homofermentative และ 1 สายพันธุ์เป็น heterofermentative เชื้อ 10 สายพันธุ์สามารถสร้างกรดแล็กติกชนิดแอล ไอโซเมอร์และ 15 สายพันธุ์สามารถสร้างไดอะเซตทิล เชื้อ *Lactobacillus* sp. L2-1 ที่คัดเลือกได้ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 และเชื้อ 73-1 ยับยั้ง *S. aureus* ATCC 25923 และ *Bacillus subtilis* ATCC 6633 ได้ใกล้เคียงกับสารไนซินที่ความเข้มข้น 1:50 เชื้อทั้งสองสายพันธุ์มีอัตราการเจริญแบบ exponential ในอาหารเหลว GYPB ที่เวลา 8-18 ชม. โดยบ่มที่ 30°ซ ความเข้มข้นของเชื้อ P7-1, L2-1 และ 73-1 ที่ใช้เป็นสตาร์ทเตอร์ในอาหารเหลวจากการสกัดมะเขือเทศ มันฝรั่ง ที่เติมกลูโคส (Tamato-Potato Glucose) เมื่อบ่มไว้ที่ 30°ซ เป็นเวลา 1 วัน เป็น $2.9x10^{16}$ - $8.5x10^{16}$ เซลล์/มล. เชื้อเหลวนี้สามารถเก็บได้นาน 60วัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ โดยยังมีการรอดชีวิตของเชื้อเป็น $5x10^{4}$- $5.5x10^{7}$ เซลล์/มล. เชื้อผงของ P7-1, L2-1 และ 73-1 จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง สามารถรอดชีวิต เมื่อเก็บไว้นาน 28 วัน ที่ 30°ซ โดยมีการรอดชีวิตเป็น $4x10^{18}$-$3.5x10^{19}$ เซลล์/กรัม และยังรอดชีวิตได้ดีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10°ซ และ-20°ซ

การหมักผักกาดเขียวปลีและผักรวมโดยใช้สตาร์ทเตอร์เหลวของเชื้อ P7-1 , L2-1 และ 73-1 เปรียบเทียบกับการหมักตามธรรมชาติ โดยแปรปริมาณเกลือเป็นร้อยละ 1 และ 2 ปริมาณน้ำตาลเป็นร้อยละ 2 และ 4 พบว่า การใช้สตาร์ทเตอร์เหลว หมักผักกาดเขียวปลีเป็นเวลา 3 วัน ค่าความเป็นกรดด่างลดลงเป็น 2.60-2.75 ปริมาณกรดแล็กติกเป็น 2.30-3.09 มก./มล. ขณะที่การหมักตามธรรมชาติ ค่าความเป็นกรดด่างลดลงเป็น 2.82-3.22 ปริมาณกรดแล็กติกเป็น 1.63-2.36 มก./มล. สำหรับการหมักผักรวม 3 วัน ค่าความเป็นกรดด่างลดลงเป็น 2.80-2.93 ปริมาณกรดแล็กติกเป็น 2.02 - 2.32 มก./มล. ขณะที่การหมักตามธรรมชาติ ความเป็นกรดด่างเป็น 2.96 - 3.25 ปริมาณกรดแล็กติกเป็น 1.69 - 2.27 มก./มล. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผักกาดเขียวปลีและผักรวม พบว่าปริมาณเกลือ น้ำตาล และชนิดของเชื้อมีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแล็กติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผักดองที่หมักโดยสตาร์ทเตอร์เหลวมีคะแนนความชอบมากกว่าการหมักตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผักดองที่หมักโดยสตาร์ทเตอร์เหลวจะมีอายุการเก็บได้นานกว่าการหมักตามธรรมชาติ การผลิตโยเกิร์ตโดยใช้เชื้อเหลว L2-1 และ 73-1 แปรปริมาณน้ำตาลเป็นร้อยละ 6, 8 และ 10 บ่มที่ 37°ซ นาน 24 และ 48 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับการหมักด้วยโยเกิร์ตสตาร์ทเตอร์ ผงของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งบ่มที่ 45°ซ พบว่าเชื้อ L2-1 สามารถผลิตโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีกว่าเชื้อ 73-1 ที่ความเข้มข้นน้ำตาลร้อยละ 10 บ่มที่ 37°ซ นาน 24 ชั่วโมง และใกล้เคียงกับโยเกิร์ตสตาร์ทเตอร์ ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดด่าง 3.62, 3.75 และ 3.70 ตามลำดับ ปริมาณกรดแล็กติกเป็นร้อยละ 0.82, 0.60 และ 0.92 และมีความหนืด 1203.11, 675.07 และ 1344.51 มิลลิพาสคาลตามลำดับ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณน้ำตาล และชนิดของเชื้อมีผลต่อค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นำโยเกิร์ตที่ได้ผลิตเป็นนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม โดยส่วนหนึ่งเติมเพคตินร้อยละ 0.05 อีกส่วนหนึ่งไม่เติมเพคติน การทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ขายในท้องตลาด พบว่านมเปรี้ยวที่ผลิตโดยเชื้อ L2-1 ไม่เติมเพคตินมีรสชาติใกล้เคียงกับนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ขายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาควิชา อาหารเคมี ลายมือชื่อนิสิต สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค

สาขาวิชา อาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

: MAJOR FOOD CHEMISTRY
KEY WORD: LACTIC ACID / LACTOBACILLUS / VEGETABLES / YOGHURT

SUCHADA JONGRUNGRUANGCHOK : VEGETABLES FERMENTATION AND YOGHURT PRODUCTION BY L(+)LACTIC ACID PRODUCING *LACTOBACILLUS* STRAINS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SURAI SAISORN AND ASSOC. PROF. SOMBOON TANASUPAWAT, Ph.D. 133 pp. ISBN 974-332-034-2

This work was studied on the ability to produce L-lactic acid and diacetyl of 22 strains of *Lactobacillus* species compared with a strain of *Lactobacillus plantarum* P7-1 for their applications in vegetables and yoghurt fermentation. The results revealed that 21 strains were homofermentative and only one was heterofermentative. Ten strains could produced L-lactic acid and fifteen strains produced diacetyl. The selected *Lactobacillus* sp. L2-1 inhibited *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and also the strain 73-1 inhibited *S. aureus* ATCC 25923 and *Bacillus subtilis* ATCC 6633 comparing with that of nisin (1:50). They showed exponential growth in GYPB broth incubated at 30 °C for 8-18 hours. The cell density of P7-1, L2-1 and 73-1 as starter cultures in Tomato-Potato Glucose broth was between $2.9x10^{16}$-$8.5x10^{16}$ cells/ml incubated at 30°C for a day. The number of cells survival were $5x10^{4}$-$5.5x10^{7}$ cells/ml when the cultures were kept at 10°C for 60 days. In powder starter cultures, the number of survivals was $4x10^{18}$-$3.5x10^{19}$ cells/g at 30°C for 28 days. They also showed good survival rate at both 10 and -20°C.

Green mustard and mixed vegetables were fermented using liquid cultures of P7-1, L2-1 and 73-1 in comparison to natural fermentation. The salt and sugar concentration were varied to 1-2%, and 2-4%, respectively. The results indicated that fermenting green mustard for three days brought the pH down to 2.60-2.75, and contained lactic acid 2.30-3.09 mg/ml while the natural fermentation had pH 2.82-3.22, and contained 1.63-2.36 mg/ml lactic acid. As for mixed vegetables, the three days fermentation had pH 2.80-2.93, and contained 2.02-2.32 mg/ml lactic acid while natural fermentation had pH 2.96-3.25 and contained 1.69-2.27 mg/ml lactic acid. Statistical analysis of green mustard and mixed vegetables showed that the contents of salt, sugar and starter cultures had a significantly effect on the pH and the amount of lactic acid ($p \leq 0.05$). Pickles fermented by liquid starters scored markedly higher than its natural counterpart in the organoleptic test ($p \leq 0.05$). They can also be kept for a longer period comparing to those fermented naturally. The production of yoghurt by L2-1 and 73-1 using sugar concentration 6, 8 and 10%, incubated at 37°C for 24 and 48 hours were compared to powder yoghurt starter (*Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*) incubated at 45°C. With 10% sugar concentration at 37°C , 24 hours, the quality of yoghurt produced by L2-1 was better than that of 73-1 and was the same as using yoghurt starter. The pH of products were 3.62, 3.75 and 3.70 and lactic acid was 0.82, 0.60 and 0.92 mg/ml, and viscosities were 1203.11, 675.07 and 1344.51 mpas, respectively. Statistical analysis indicated that the pH, lactic acid concentration and the viscosity were effected by the content of sugar and the type of starter cultures ($p \leq 0.05$). The yoghurt produced by the previous procedure was made into drinking yoghurt which were then divided into two samples. Pectin (0.05%) was added to the first sample only. Sensory evaluation of these formulations concluded that drinking yoghurt produced by L2-1 without pectin provided statistically the same taste as currently available commercial products.

ภาควิชา อาหารเคมี	**ลายมือชื่อนิสิต** สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค
สาขาวิชา อาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**
ปีการศึกษา 2541	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยรับความกรุณาจาก รศ.สุหร่าย สายศร อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมบูรณ์ ธนาศุภวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ณัฐดา วิโรจน์แสงอรุณ กรรมการการสอบ และ อาจารย์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ ประธานกรรมการที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนทุนการวิจัย

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาอาหารเคมี และภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในสิ่งของ และสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณบุคคลต่างๆดังนี้ คือ คุณไพพรรณ บุตกะ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้เชื้อมาทำการทดลอง รวมทั้งพี่ เพื่อน และน้องทุกคน ซึ่งมิได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีต่อข้าพเจ้าโดยตลอด

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องทุกคนในครอบครัว ที่สนับสนุนการศึกษาแก่ข้าพเจ้า และเป็นผู้ให้กำลังใจอันสำคัญยิ่งต่อข้าพเจ้า ทำให้ข้าพเจ้าสามารถฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆมาได้โดยตลอด

สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ซ
สารบัญรูป		ฌ
คำย่อ		ฐ
บทที่		
1	บทนำ	1
2	วารสารปริทัศน์	8
3	อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	37
4	ผลการทดลอง	52
5	วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	91
รายการอ้างอิง		98
ภาคผนวก ก		105
ภาคผนวก ข		108
ภาคผนวก ค		110
ภาคผนวก ง		116
ภาคผนวก จ		131
ประวัติผู้เขียน		133

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผักดองตั้งแต่ พ.ศ.2537-41	2
2	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกโยเกิร์ตตั้งแต่ พ.ศ.2537-41	3
3	ปริมาณของเชื้อ *L. plantarum* ในผักสด (เซลล์/กรัม)	21
4	ชนิดของแล็กติกแอสิดแบคทีเรียที่พบในผักดอง	21
5	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในผักก่อนการหมัก	26
6	ปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆในส่วนของใบและต้นกะหล่ำปลี	28
7	ปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลชนิดต่างๆ กรดและเอทานอล ในผักก่อนและหลังการหมัก	28
8	แหล่งของเชื้อ *Lactobacillus* species	52
9	ปริมาณกรดแล็กติกที่สร้างโดยเชื้อ *Lactobacillus* species และ *L.plantarum*	53
10	ค่าปริมาณกลูโคสที่ใช้ไป และเปอร์เซ็นต์กรดแล็กติกที่เชื้อสร้างขึ้น	54
11	การสร้างสารไดอะเซตทิล และองค์ประกอบ DAP (*meso*-diaminopimelic acid) ของ *Lactobacillus* species	55
12	ชนิดของกรดแล็กติกที่เชื้อสร้างขึ้นโดยการทดสอบด้วยเอนไซม์	56
13	ผลของเชื้อ *Lactobacillus* species ในการยับยั้งเชื้อทดสอบ	57
14	การสร้างสารยับยั้งเชื้อทดสอบของ *Lactobacillus* species L2-1 และ 73-1 เปรียบเทียบกับไนซินที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ	58
15	ลักษณะทั่วไปของเชื้อ *Lactobacillus* species L2-1, 73-1 และ P7-1	60
16	การสร้างกรดจากการใช้คาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆของ *Lactobacillus* species L2-1, 73-1 และ P7-1	61
17	อัตราการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus* species L2-1, 73-1 และ P7-1 ที่เวลาต่างๆกันภายใน 26 ชั่วโมง	62
18	การรอดชีวิตของสตาร์ตเตอร์เหลวของเชื้อ L2-1, 73-1 และ P7-1	65
19	การรอดชีวิตของสตาร์ตเตอร์ผงเชื้อ L2-1, 73-1 และ P7-1 และ โยเกิร์ตสตาร์ตเตอร์	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20.	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และจำนวนเชื้อแล็กติกแอสิดแบคทีเรียในผักกาดเขียวปลีดองที่หมัก 3 วัน	70
21	ผลการประเมินคุณภาพด้านรสชาติของผักกาดเขียวปลีดองหมัก 3 วัน	73
22	การศึกษาอายุการเก็บผักกาดเขียวปลีดองที่หมักโดยความเข้มข้นเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2	77
23	ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติกและจำนวนเชื้อแล็กติกแอสิดแบคทีเรียในผักรวมดองที่หมัก 3 วัน	78
24	ผลการประเมินคุณภาพด้านรสชาติของผักรวมดองหมัก 3 วัน	81
25	การศึกษาอายุการเก็บผักรวมดองที่หมักโดยความเข้มข้นเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2	84
26	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก ความหนืด และปริมาณเชื้อในโยเกิร์ตที่บ่ม 24 ชั่วโมง	85
27	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก ความหนืด และปริมาณเชื้อในโยเกิร์ตที่บ่ม 48 ชั่วโมง	85
28	ผลการประเมินคุณภาพด้านรสชาติของนมเปรี้ยว	89
29	ผลการวิเคราะห์ความหนืดของนมเปรี้ยวสูตรต่างๆกัน	89
30	ค่ามาตรฐานของกราฟเพื่อหาปริมาณกลูโคสที่ใช้	113
31	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และจำนวนเชื้อของผักกาดเขียวปลีดองที่ความเข้มข้นเกลือ น้ำตาลและเชื้อทดสอบต่างๆกัน หลังจากการหมัก 3, 7 และ 14 วัน	116
32	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติกและปริมาณเชื้อในผักกาดเขียวปลีดองที่หมัก 3 วัน	118
33	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความชอบ และรสชาติเปรี้ยวของผักกาดเขียวปลีดองที่หมัก 3 วัน	119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
34	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติกและจำนวนเชื้อของผักกาดเขียวปลีดอง ที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 5 และ 7 วัน	120
35	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และจำนวนเชื้อของผักกาดเขียวปลีดองที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2	121
36	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก จำนวนเชื้อของผักรวมดองที่ความเข้มข้นของเกลือ น้ำตาล และเชื้อทดสอบต่างๆกัน หลังจากการหมัก 3, 7 และ 14 วัน	122
37	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และจำนวนเชื้อของผักรวมดองที่หมัก 3 วัน	124
38	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความชอบ และรสชาติเปรี้ยวของผักรวมดอง	125
39	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และจำนวนเชื้อของผักรวมที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 5 และ 7 วัน	126
40	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก จำนวนเชื้อของผักรวมดองที่ความเข้มข้นเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2	127
41	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก ความหนืด และปริมาณเชื้อในโยเกิร์ตที่บ่ม 24 ชั่วโมง	128
42	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรดด่างปริมาณกรดแล็กติก ความหนืด และปริมาณเชื้อในโยเกิร์ตที่บ่ม 48 ชั่วโมง	129
43	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับความชอบ และความเปรี้ยวของนมเปรี้ยวที่ผลิตจาก L2-1 และโยเกิร์ตสตาร์ตเตอร์ ที่เติมเพคตินร้อยละ 0.05 และไม่เติมเพคติน โดยทำการเปรียบเทียบนมเปรี้ยวพร้อมดื่มยี่ห้อโยโมสต์	130

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักแบบ homofermentative และ heterofermentative	13
2	สูตรโครงสร้างของ L(+) และ D(-)-lactic acid	14
3	ปฏิกิริยาการออกซิไดซ์แล็กเทต	16
4	กระบวนการเมแทบอลิซึมของซิเทรตโดยแล็กติกแอสิดแบคทีเรีย	18
5	อัตราการเจริญของเชื้อ P7-1, L2-1 และ 73-1 โดยวัดความขุ่น	63
6	อัตราการเจริญของเชื้อ P7-1, L2-1 และ 73-1 โดยวัดความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดแล็กติกที่เชื้อสร้างขึ้น	64
7	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของผักกาดเขียวปลีดองที่หมักโดยใช้เกลือ น้ำตาล และเชื้อชนิดต่างๆกัน 4 ชนิด	71
8	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดแล็กติกของผักกาดเขียวปลีดองที่หมักโดยใช้เกลือ น้ำตาล และเชื้อชนิดต่างๆกัน	72
9	ผักดองที่หมักที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 โดยการหมักตามวิธีธรรมชาติ และการหมักโดยใช้สตาร์ทเตอร์เหลวของ P7-1, L2-1 และ 73-1	74
10	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของผักกาดเขียวปลีดองที่หมักเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 โดยเชื้อชนิดต่างๆกัน 4 ชนิดจากการหมัก 1,2,3,5 และ 7 วัน	75
11	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดแล็กติกของผักกาดเขียวปลีดองที่หมักเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 โดยเชื้อชนิดต่างๆกัน 4 ชนิดจากการหมัก 1,2,3,5 และ 7 วัน	76
12	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของผักรวมที่หมักโดยใช้เกลือ น้ำตาลและเชื้อชนิดต่างๆกัน 4 ชนิด จากการหมัก 3, 7 และ 14 วัน	79
13	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดแล็กติกของผักรวมที่หมักโดยใช้เกลือ น้ำตาลและเชื้อชนิดต่างๆกัน 4 ชนิด จากการหมัก 3, 7 และ 14 วัน	80
14	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของผักรวมที่หมักเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 เชื้อชนิดต่างๆ 4 ชนิด จากการหมัก 1, 2, 3, 5 และ 7 วัน	82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
15	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดแล็กติกของผักรวมดองที่หมักเกลือร้อยละ 1 น้ำตาลร้อยละ 2 และเชื้อชนิดต่างๆ 4 ชนิด จากการหมัก 1,2,3,5 และ 7 วัน	83
16	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดแล็กติกของโยเกิร์ตที่หมักโดยใช้น้ำตาลและเชื้อชนิดต่างๆ 3 ชนิด จากการบ่ม 24 และ 48 ชั่วโมง	86
17	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่หมักโดยใช้น้ำตาลและเชื้อชนิดต่างๆ 3 ชนิด	87
18	ค่าเฉลี่ยความหนืดของโยเกิร์ตที่หมักโดยใช้น้ำตาลและเชื้อชนิดต่างๆ 3 ชนิด	88
19	ก.โยเกิร์ตที่ผลิตโดย L2-1, 73-1 และโยเกิร์ตสตาร์ทเตอร์ที่ความเข้มข้นน้ำตาลร้อยละ 10 บ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ข.นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตโดย L2-1, 73-1 และโยเกิร์ตสตาร์ทเตอร์	90
20	กราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณกลูโคสที่เชื้อใช้ไป	113

คำย่อ

กก.	=	กิโลกรัม
ชม.	=	ชั่วโมง
ซม.	=	เซ็นติเมตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
°ซ	=	องศาเซลเซียส
°ฟ	=	องศาฟาเรนไฮต์
%	=	เปอร์เซ็นต์
mpas	=	millipascal
O.D.	=	Optical density
ATCC	=	American Type Culture Collection, Maryland, USA.

ชื่อเชื้อ

Bacillus subtilis	=	*B. subtilis*
Clostridium botulinum	=	*C. botulinum*
Clostridium perfringens	=	*C. perfringens*
Escherichia coli	=	*E. coli*
Lactobacillus acidophilus	=	*L. acidophilus*
Lactobacillus brevis	=	*L. brevis*
Lactobacillus bulgaricus	=	*L. bulgaricus*
Lactobacillus carvatus	=	*L. carvatus*
Lactobacillus casei	=	*L. casei*
Lactobacillus cellobiosus	=	*L. cellobiosus*
Lactobacillus delbrueckii	=	*L. delbrueckii*
Lactobacillus farciminis	=	*L. farciminis*
Lactobacillus fermentum	=	*L. fermentum*

ชื่อเชื้อ (ต่อ)

Lactobacillus helveticus	=	*L. helveticus*
Lactobacillus lactis	=	*L. lactis*
Lactobacillus leichmanii	=	*L. leichmanii*
Lactobacillus plantarum	=	*L. plantarum*
Lactobacillus pentosaceus	=	*L. pentosaceus*
Lactobacillus reuteri	=	*L. reuteri*
Lactobacillus sake	=	*L. sake*
Lactobacillus sanfrancisco	=	*L. sanfrancisco*
Leuconostoc cremoris	=	*Lc. cremoris*
Leuconostoc dextranicum	=	*Lc. dextranicum*
Leuconostoc mesenteroides	=	*Lc. mesenteroides*
Listeria monocytogenes	=	*Ls. monocytogenes*
Pediococcus acidilactici	=	*P. acidilactici*
"*Pediococcus cerevisiae*"	=	"*P. cerevisiae*"
Pediococcus pentosaceus	=	*P. pentosaceus*
Pseudomonas fluorescens	=	*Ps. fluorescens*
Pseudomonas putrefaciens	=	*Ps. putrefaciens*
Salmonella typhimurium	=	*Sn. typhimurium*
Staphylococcus aureus	=	*S. aureus*
Staphylococcus carnosus	=	*S. carnosus*
Staphylococcus piscifermentans	=	*S. piscifermentans*
Streptococcus faecalis	=	*St. faecalis*
Streptococcus lactis	=	*St. lactis*
Streptococcus thermophilus	=	*St. thermophilus*
Tetragenococcus halophilus	=	*T. halophilus*