บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของหัวมันฝรั่ง

จากการตรวจสอบคุณสมบัติด้านสีของผิวมันฝรั่งสด 2 สายพันธุ์คือ แอตแลนติค และสปุนต้า พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของมันฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 49.97-49.72 (ตารางที่ 4.1) สำหรับค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) พบว่า มีปริมาณใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.57-7.49 และ 28.0-30.25 ตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นของมันฝรั่ง 2 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติคมีความหนาแน่นมากกว่าสายพันธุ์สปุนต้า (5.944±0.79 และ1.98±0.04 ตามลำดับ) ขนาดของหัวมันฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์ มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าในช่วง 4.55-6.47 เซนติเมตร และ7.47-7.52 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักเฉลี่ยของหัวมันฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติคมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงถึง 173.44±3.72 กรัม ส่วนสายพันธุ์สปุนต้าเท่ากับ 84.94±4.23 กรัม จากคุณสมบัติทางกายภาพนี้ จะเห็นได้ว่า มันฝรั่งสายพันธุ์ แอตแลนติค มีความหนาแน่น และน้ำหนักของหัวที่สูงกว่า ซึ่งความหนาแน่นของหัวมันฝรั่งนี้มีผลต่อการขนส่ง โดยมันฝรั่งที่มีความหนาแน่นมากกว่ามีผลให้สามารถขนส่งในปริมาตรที่เท่ากับได้จำนวนที่มากกว่า

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของหัวมันฝรั่งสดทั้ง 2 สายพันธ์ พบว่ามันฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต อะไมโลส และน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีความชื้นอยู่ในช่วง 78.71-78.88 เปอร์เซ็นต์ ไขมันอยู่ใช่วง 0.17 -0.27 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนอยู่ในช่วง 0.21-0.24 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต อยู่ในช่วง 19.66 -19.67 เปอร์เซ็นต์ อะไมโลสอยู่ในช่วง 9.01-12.25 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 0.89-1.33 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณเถ้า และปริมาณแป้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยสายพันธุ์แอตแลนติคมีปริมาณแป้งมากกว่าสายพันธุ์สปุนต้า (17.69 และ 12.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่มีปริมาณเถ้าน้อยกว่าสายพันธุ์สปุนต้า (1.06 และ1.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Woolfe (1987) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เคมีของมันฝรั่งสด พบว่ามีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 78.0 1.0 0.1 2.1 และ 18.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ บัณฑูรณ์ (2546) กล่าวว่าในหัวมันฝรั่งมีแป้งอยู่ประมาณ 10-25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด

ตาราง 4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของหัวมันฝรั่ง 2 สายพันธุ์

ลักษณะคุณภาพ	พันธุ์แอตแลนติค	พันธุ์สปุนต้า
คุณภาพทางเคมี		
ความชื้น (%)^{ns}	78.71±0.85	78.88±0.80
เถ้า (%)	1.06^{a}±0.01	1.09^{b}±0.56
ไขมัน (%)^{ns}	00.17±0.08	0.22±0.12
โปรตีน (%)^{ns}	00.24±0.08	0.21±0.04
คาร์โบไฮเดรต (%)^{ns}	19.66±0.85	19.67±0.83
อะไมโลส (%)^{ns}	13.25±0.25	9.01±0.20
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)^{ns}	0.89±0.15	1.33±0.07
ปริมาณแป้ง (%)	17.69^{b}±0.07	12.35^{a}±0.58
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสีผิว		
L*^{ns}	49.97±3.66	49.72±12.54
a*^{ns}	7.49±0.27	1.57±1.70
b*^{ns}	28.05±0.03	30.25±0.46
ความหนาแน่น(kg/L) เส้น	5.94^{b}±0.79	1.98^{a}±0.04
ผ่าศูนย์กลาง (cm)^{ns}	6.47±0.25	4.55±0.40
ความยาว (cm)^{ns}	7.47±1.82	7.52±0.67
น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว (g)	173.44^{b}±3.72	84.94^{a}±4.23

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การใช้ลูกแป้งสุราในการย่อยแป้งและหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

หลังจากนึ่งมันฝรั่งที่ทำให้มีขนาดใหญ่ (1×1 นิ้ว) ขนาดกลาง (สับหยาบ) ขนาดเล็ก (บดละเอียด) แล้วนำมาคลุกด้วยลูกแป้งสุราที่จัดหามาจาก 3 แหล่ง แล้วเติมน้ำหลังการหมัก 4 วันแล้วทำการหมักต่อจนสิ้นสุดกระบวนการหมัก

4.2.1 ผลของขนาดมันฝรั่ง

ในระหว่างการหมักหลังการเติมน้ำ พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแอลกอฮอล์ มีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่4.1) แตกต่างกันในช่วงเริ่มต้นหลังการเติมน้ำ โดยมันฝรั่งขนาดกลางมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นในปริมาณสูงกว่าชิ้นมันฝรั่งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์จากการหมักชิ้นมันฝรั่งขนาดกลางมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 4.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากชิ้นมันฝรั่งขนาดใหญ่เมื่อทำการคลุกผสมกับลูกแป้ง จุลินทรีย์ในลูกแป้งโดยเฉพาะเชื้อราสามารถย่อยแป้งได้เฉพาะผิวหน้าของมันฝรั่งนึ่งเท่านั้น โดยไม่สามารถย่อยได้ถึงภายในชิ้นของมันฝรั่ง เช่นเดียวกับชิ้นมันฝรั่งขนาดเล็กที่ผ่านการบดละเอียด ถึงแม้จะทำการคลุกลูกแป้งอย่างทั่วถึง แต่เชื้อราในลูกแป้งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญ ดังนั้นจะมีเชื้อราบริเวณผิวหน้าเท่านั้น ที่สามารถเจริญและย่อยแป้งได้ จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สูงกว่าชิ้นมันฝรั่งขนาดใหญ่ และชิ้นมันฝรั่งขนาดเล็ก ซึ่งส่งผลให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ของชิ้นมันฝรั่งขนาดกลางสูงด้วยเช่นกัน เจริญ (2542) ได้กล่าวว่า ราในลูกแป้งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการอากาศในการหายใน และจะผลิตน้ำย่อยออกมาย่อยแป้งในวัตถุดิบให้กลายเป็นน้ำตาลเพื่อให้ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นการบรรจุวัตถุดิบ ต้องบรรจุให้พอเหมาะเพื่อทำให้เชื้อราในลูกแป้งได้รับออกซิเจนจากอากาศอย่างทั่วถึง

ด้านแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรด (รูปที่ 4.1) ของชิ้นมันฝรั่ง 3 ขนาด มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงเริ่มต้นของการหมักหลังการเติมน้ำ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มค่อยๆ ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการหมักค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณกรดของมันฝรั่งขนาดเล็กมีปริมาณเกิดขึ้นสูงที่สุด แต่ปริมาณกรดของชิ้นมันฝรั่งขนาดกลางเกิดขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 1.26 เปอร์เซ็นต์ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าชิ้นมันฝรั่งขนาดกลางมีความเหมาะสมในการเตรียมมันฝรั่งเพื่อใช้ในการหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ผลของแหล่งลูกแป้งสุรา

ในระหว่างการหมักหลังการเติมน้ำ พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ ของลูกแป้ง 3 แหล่งมีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างกันในวันแรกของการหมักหลังการเติมน้ำ โดยลูกแป้งจากอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ หมักและทำการย่อยแป้งทำให้เกิด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยแป้งโดยเฉพาะเชื้อราที่มีในลูกแป้งจากอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ มีความสามารถที่ดีในการย่อยแป้งจากมันฝรั่งนึ่งให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่อยๆ ลดลง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ค่อยๆเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำหมักที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น โดยลูกแป้งจาก 3 แหล่งมีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกัน ในวันแรกของการหมักหลังการเติมน้ำซึ่งลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายหมักทำให้เกิดแอลกอฮอล์สูงที่สุด แต่เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 3.56-3.66 เปอร์เซ็นต์

ด้านแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้าน ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรด (รูปที่ 4.2) พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าความเป็นกรด-ด่างค่อยๆ ลดลง สัมพันธ์กับปริมาณกรดที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยเมื่อสิ้นสุดการหมัก ลูกแป้งทั้ง 3 แหล่ง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อยู่ในช่วง 3.92-4.00 และ1.56-2.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อรอนงค์ (2541) กล่าวว่าลักษณะของลูกแป้งที่ดีจากการหมัก คือ หมักให้ได้น้ำตาลมากและเร็ว หมักแล้วได้กลิ่นหอม หมักให้ได้แอลกอฮอล์สูง และสภาวะการหมักไม่เกิดการปนเปื้อนง่าย ซึ่งจากคุณภาพทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าลูกแป้งจาก อำเภอเมือง จังหวัดแพร่มีความเหมาะสมที่จะนำไปทำการหมักกับมันฝรั่งเพื่อทำการผลิตวอดก้าเนื่องจากสามารถย่อยแป้งมันฝรั่งนึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้ปริมาณสูงที่สุด ซึ่งคุณภาพด้านอื่นๆ มีปริมาณใกล้เคียงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างขนาดชิ้นมันฝรั่ง และแหล่งของลูกแป้งต่อคุณภาพของน้ำหมัก

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักทำการวัดคุณภาพด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ตารางที่ 4.2) ทุกหน่วยการทดลอง พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 5.00-6.33 2.63-4.73 และ 3.85-4.09 รวมถึงปริมาณกรด และปริมาณน้ำตาล

รีดิวซ์อยู่ในช่วง 1.07-3.34 และ 0.23-0.30 ดังนั้นหากพิจารณาปริมาณแอลกอฮอล์จะพบว่ากระบวนการหมักโดยใช้ลูกแป้ง เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการหมัก เนื่องมาจากได้แอลกอฮอล์ในปริมาณที่ต่ำ ไม่เพียงพอและไม่คุ้มทุนต่อการนำไปกลั่นเพื่อผลิตเป็นวอดก้า มนตรี (2521) ได้กล่าวว่า การใช้ลูกแป้งสุราในการหมักนั้นถึงแม้จะทำได้ง่ายแต่มักจะมีปัญหาเกิดขึ้น โดยเฉพาะปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลผลิตที่ได้ เช่น มีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ไม่แน่นอน บางครั้งต่ำไป บางครั้งสูงไป หรืออาจจะมีกลิ่นรสไม่ดี และปัญหาเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลูกแป้งสุราโดยตรง เพราะในลูกแป้งสุรามีจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่จำเป็น และไม่จำเป็นต่อการหมัก พวกที่จำเป็นต่อการหมักอาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนพวกที่ไม่จำเป็นนอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบโดยเปล่าประโยชน์แล้ว บางชนิดยังทำให้คุณภาพน้ำหมักเสื่อมลงอีกด้วย

4.3 การย่อยแป้งด้วยเชื้อราแล้วหมักต่อให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์บริสุทธิ์

มันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค นำมาทำการย่อยแป้งโดย เชื้อรา 2 สายพันธุ์ เป็นเวลา 4 วัน หลังจากนั้นทำการเติมน้ำและยีสต์ แล้วทำการหมักต่อจนสิ้นสุดกระบวนการหมัก

4.3.1 ผลของสายพันธุ์เชื้อรา

ในระหว่างการหมักหลังการเติมน้ำและยีสต์ พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ของเชื้อรา 2 สาย พันธุ์แตกต่างกัน โดยเชื้อราสายพันธุ์ *A. niger* มีความสามารถในการย่อยแป้งมันฝรั่งนึ่ง ทำให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าเชื้อราสายพันธุ์ *A. oryzea* ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์นั้น พบว่าวันแรกหลังการเติมน้ำและยีสต์ เชื้อราสายพันธุ์ *A. oryzea* มีค่าสูงกว่าโดยมี แต่เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นราสายพันธุ์ *A. niger* มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสิ้นสุดการหมักมีค่าเท่ากับ 3.08 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า เชื้อรา *A. niger* มีคุณสมบัติที่ดีเชื้อรา *A. oryzea* ในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งตรงกับรายงานของ รัฐพงศ์ (2545) ทำการทดลองหาสายพันธุ์เชื้อราที่เหมาะสมต่อกระบวนการสร้างน้ำตาลระหว่างเชื้อราสายพันธุ์ *A. niger* , *A. oryzea* และ *A. niger* ร่วมกับ *A. oryzea* พบว่าการใช้เชื้อราสายพันธุ์ *A. niger* สามารถสร้างน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงที่สุด และเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ของเชื้อรา 2 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาในการหมัก ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำมากอยู่ในช่วง 0.10-0.97 เปอร์เซ็นต์

ด้านแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรด ของเชื้อรา 2 สายพันธุ์ (รูปที่ 4.3) หลังการเติมน้ำและยีสต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยค่าความเป็นกรด-ด่างค่อยๆลดลง และปริมาณกรดค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สิ้นสุดการหมักเชื้อราสายพันธุ์ *A. niger* มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงและปริมาณกรดที่ต่ำกว่าเชื้อราสายพันธุ์ *A. oryzea* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นเชื้อราสายพันธุ์ *A. niger* จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปย่อยแป้งจากมันฝรั่งนึ่งมากกว่าเชื้อราสายพันธุ์ *A. oryzea* เนื่องจากสามารถย่อยแป้งให้เป็น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงกว่า และก่อให้เกิดปริมาณกรดที่น้อยกว่า

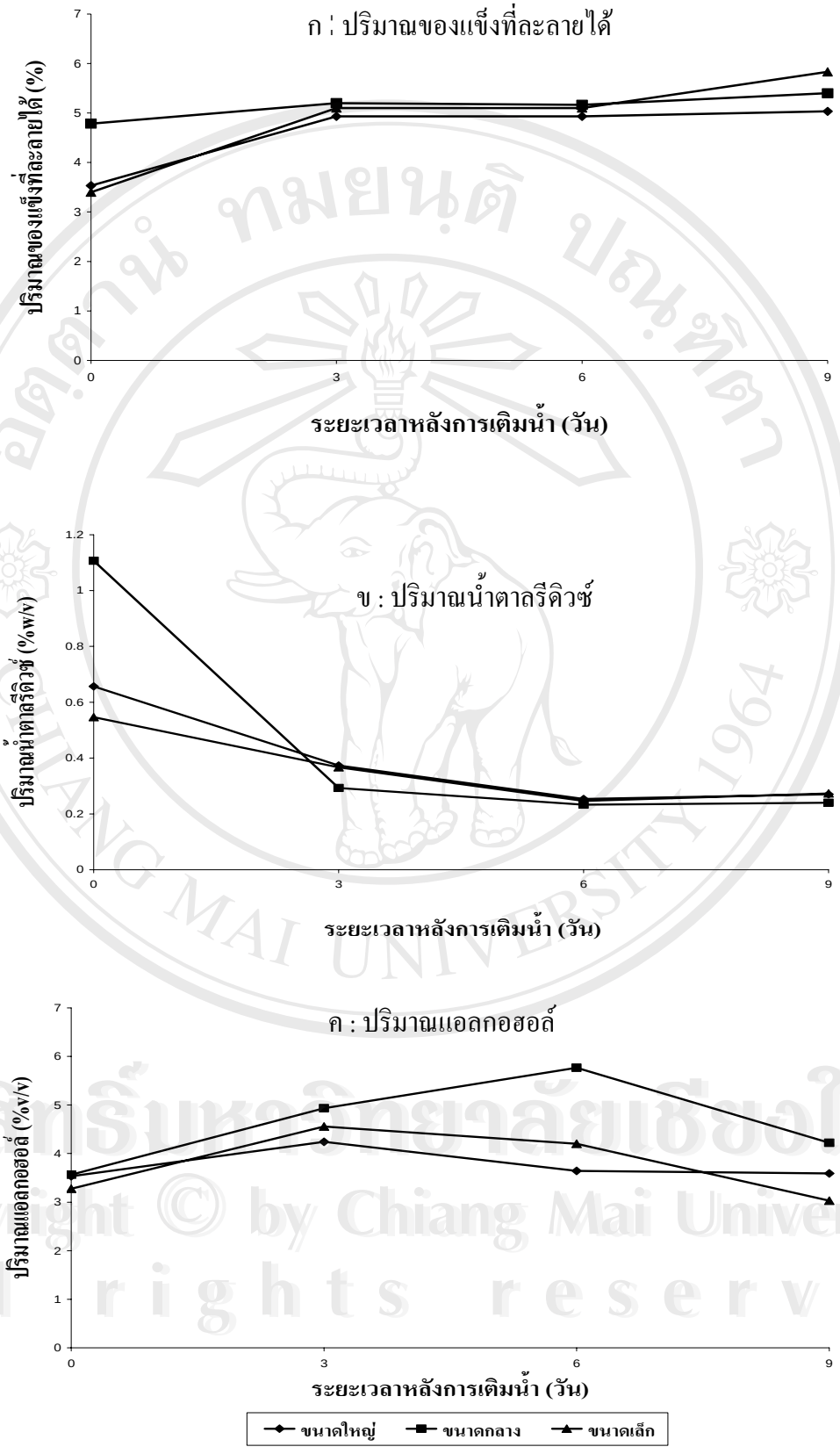
4.3.2 ผลของสายพันธุ์ยีสต์

ในระหว่างการหมักหลังการเติมน้ำและยีสต์ พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของยีสต์ 3 สายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาในการหมักโดยมีแนวโน้มลดลงในเวลา 3 วันหลังการเติมน้ำและยีสต์ หลังจากนั้นค่อยๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนคงที่ตลอดระยะเวลาในการหมัก ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ค่อยๆ เพิ่มขึ้นและมีปริมาณแตกต่างกันในวันที่ 3 หลังการเติมน้ำและยีสต์โดยยีสต์สายพันธุ์ V1116 หมักทำให้เกิดแอลกอฮอล์สูงที่สุดเท่ากับ 1.80 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำมาก แต่หลังจากนั้นปริมาณแอลกอฮอล์ค่อยๆ ลดลงแล้วค่อยๆ คงที่จนสิ้นสุดกระบวนการหมัก และพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทุกสายพันธุ์

ในกระบวนการหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้นในปริมาณต่ำ เนื่องมาจาก เชื้อราทำการย่อยแป้งได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ปริมาณน้อย ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์เป็นสารอาหารที่สำคัญของยีสต์ ดังนั้นน้ำตาลจึงไม่เพียงพอสำหรับยีสต์ในการสังเคราะห์แอลกอฮอล์ (Pigget, 1999) จึงได้ปริมาณแอลกอฮอล์ในปริมาณที่ต่ำเช่นกัน

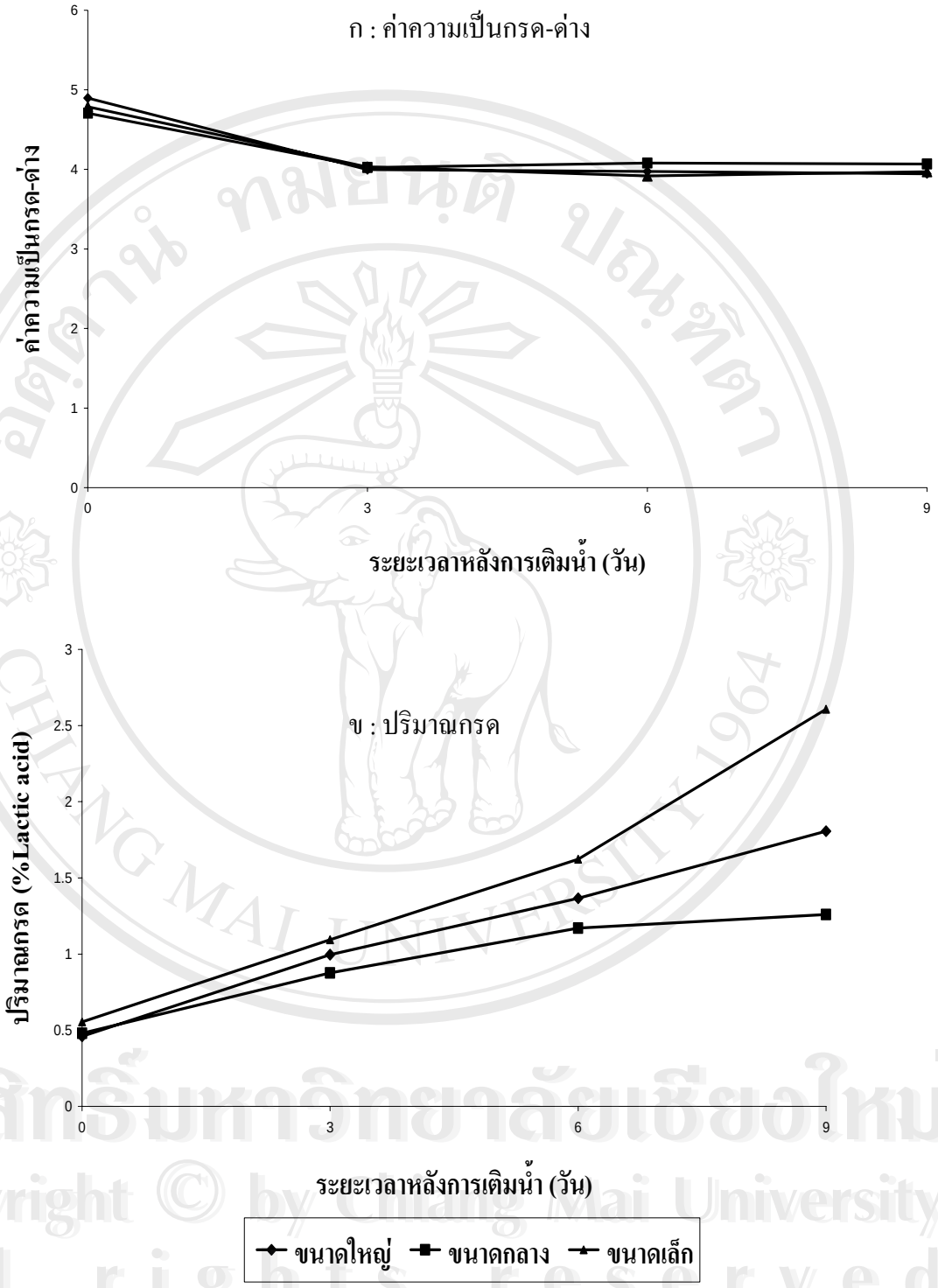
ด้านแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรด พบว่าในระหว่างการหมักหลังการเติมน้ำและยีสต์ 3 สายพันธุ์ มีค่าใกล้เคียงกันจนสิ้นสุดการหมัก ซึ่งเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างค่อยๆ ลดลง และปริมาณกรดมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.91-4.50 และ 1.53-2.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักร่วมกับการย่อยแป้งจากเชื้อรา คือยีสต์สายพันธุ์ V1116 เนื่องจากสามารถหมักทำให้เกิดปริมาณแอลกอฮอล์ได้สูงที่สุดในวันที่ 3 หลังการเติมน้ำและยีสต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



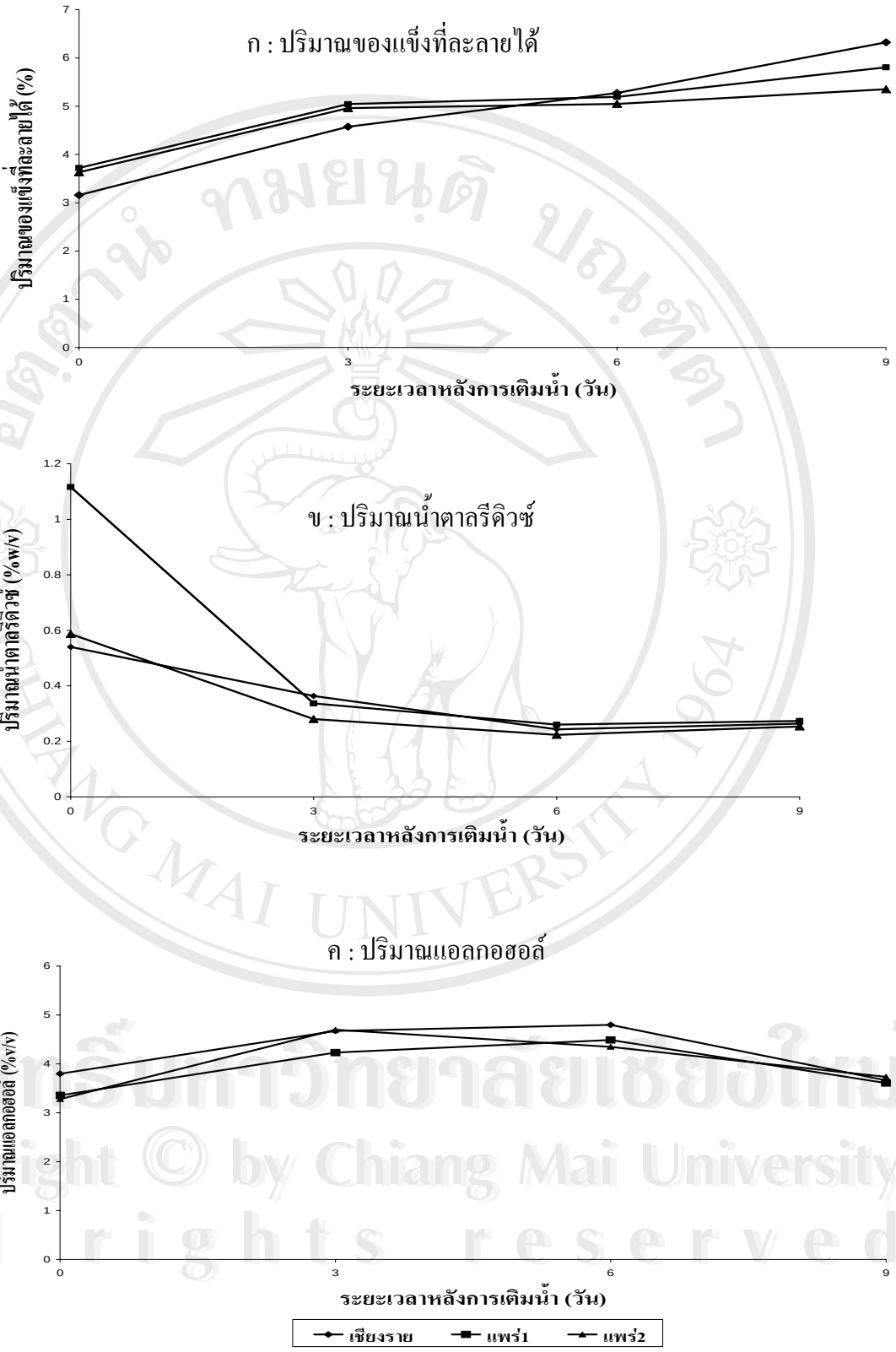
รูปที่ 4.1 ผลของขนาดชิ้นมันฝรั่งนึ่งสุกต่อคุณภาพของน้ำหมักจากมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



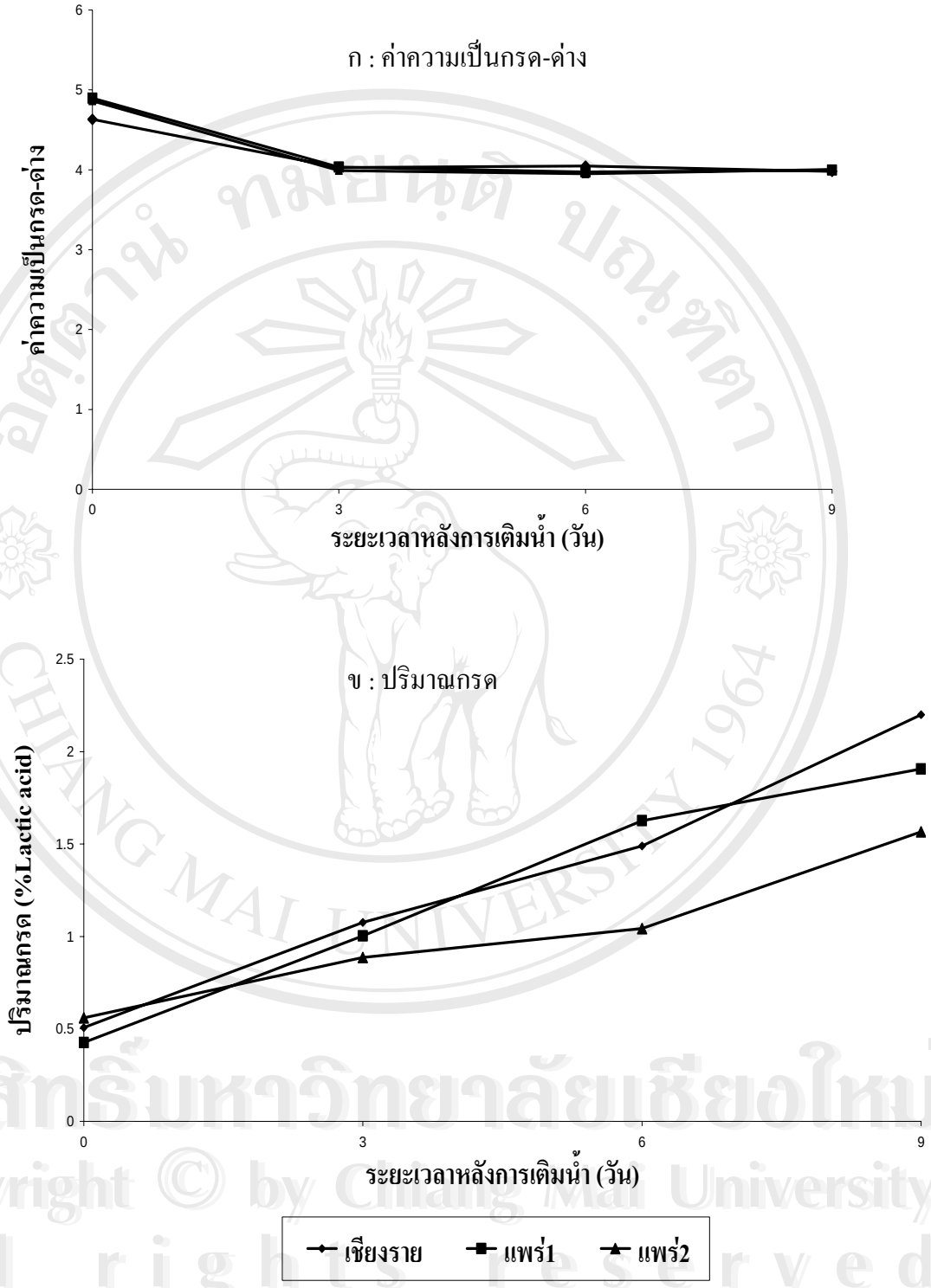
รูปที่ 4.1 (ต่อ) ผลของขนาดชิ้นมันฝรั่งนึ่งสุกต่อคุณภาพของน้ำหมักจากมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 ผลของแหล่งลูกแป้งสุราต่อคุณภาพของน้ำหมักมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 (ต่อ) ผลของแหล่งลูกแป้งสุราต่อคุณภาพของน้ำหมักมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลการย่อยแป้งและหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยลูกแป้งสุรา 3 แหล่งกับชิ้นมันฝรั่ง 3 ขนาด

ขนาดชิ้นมันฝรั่ง	แหล่งลูกแป้ง	คุณภาพ				
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (% v/v)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรด (%Lactic acid)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)^{ns}
ใหญ่	เชียงราย	4.90 ^{a}±0.16	3.63^{abc}±0.21	3.86^{a}±0.05	2.4^{bc}±0.37	0.27± 0.08
	แพร่ 1	5.20 ^{ab}±0.29	3.37^{ab}±0.51	4.03^{cd}±0.04	1.29^{a} ±0.61	0.30±0.09
	แพร่ 2	5.00 ^{a}±0.20	3.77^{abc}±0.38	3.94^{abc}±0.10	1.65^{ab}±0.96	0.24±0.05
กลาง	เชียงราย	5.40 ^{ab}±0.53	4.73^{c}±1.08	4.04^{cd}±0.14	1.09a±0.07	0.27±0.02
	แพร่ 1	5.50 ^{ab}±0.64	4.23^{bc}±0.80	4.10^{d}±0.03	1.08^{a}±0.18	0.23±0.05
	แพร่ 2	0.53 ^{ab}±0.64	3.70^{abc}±1.00	4.06^{cd}±0.12	1.61^{ab}±0.77	0.24±0.08
เล็ก	เชียงราย	6.00 ^{bc}±0.00	2.63^{a}±0.29	3.87^{ab}±0.03	30.3^{c}±0.02	0.25±0.01
	แพร่ 1	6.20 ^{c}±0.28	3.23^{ab}±0.35	3.86^{a}±0.05	3.35^{c}±0.47	0.29±0.05
	แพร่ 2	5.30 ^{ab}±0.64	3.23^{ab}±0.35	4.01^{bcd}±0.07	1.44^{a}±0.58	0.28±0.09

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรด (ตารางที่ 4.3) โดยพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 8.30-12.80 เปอร์เซ็นต์ 0.10-0.97 เปอร์เซ็นต์ และ 3.91-4.50 ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 1.53-2.56 เปอร์เซ็นต์ และ 1.07-3.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากพิจารณาปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่ากระบวนการหมักโดยใช้เชื้อราในการย่อยแป้ง และใช้ยีสต์ในการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ มีปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้นในปริมาณต่ำ ไม่เพียงพอที่จะนำไปกลั่นได้ซึ่งไม่คุ้มทุนในการผลิต การควบคุมสภาวะเป็นไปได้ยาก รวมถึงมีขั้นตอนในการเตรียมและกระบวนการผลิตที่ยุ่งยาก

4.4 การย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แล้วหมักต่อให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์บริสุทธิ์

มันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค นำมาทำให้สุก แล้วทำการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ แอลฟ่าอะ-ไมเลส และเอนไซม์กลูโคอะไมเลส ซึ่งก่อนการย่อยแป้งของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือในช่วง 5.40-5.70 จึงไม่ต้องทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

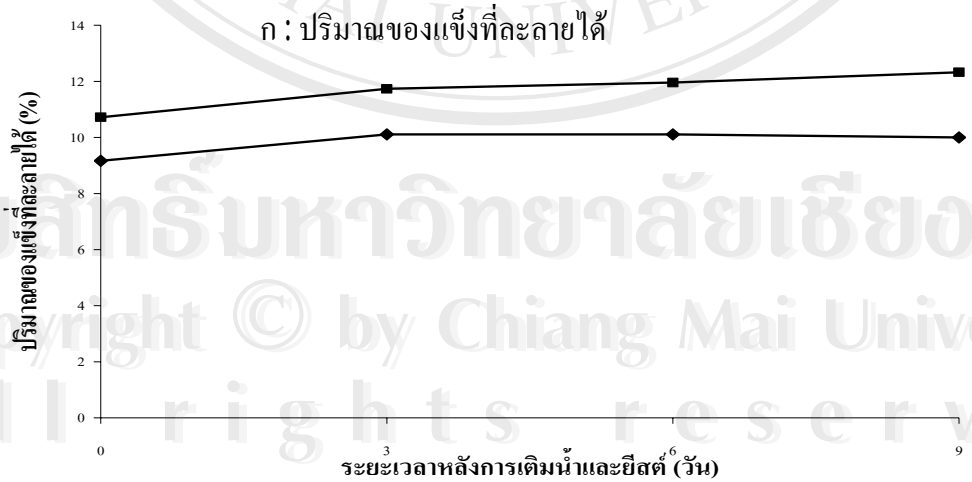
หลังจากนั้นนำมาหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ทางการค้า 3 สายพันธุ์พบว่าในระหว่างการหมักหลังการเติมยีสต์ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของยีสต์ 3 สายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วใน 3 วันแรกหลังการเติมยีสต์ หลังจากนั้นคงที่จนสิ้นสุดการหมัก ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 3 วันแรกของการหมักและลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้นค่อยๆ คงที่จนสิ้นสุดการหมัก ซึ่งปริมาณแอลกอฮอล์ของยีสต์ 3 สายพันธุ์แตกต่างกันในวันที่ 3 ของการหมัก ซึ่งยีสต์สายพันธุ์ V1116 หมักทำให้เกิดแอลกอฮอล์สูงที่สุดเท่ากับ 11.30 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วง 12.34-12.52 เปอร์เซ็นต์ ตามทฤษฎีการหมักจะได้แอลกอฮอล์ 51.1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น แต่ในการทดลอง พบว่าหมักได้แอลกอฮอล์ เท่ากับ11.30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสภาวะของน้ำหมักหลังการเติมยีสต์ ยังมีความเหมาะสมต่อการย่อยแป้งของเอนไซม์ จึงทำให้มีน้ำตาลรีดิวซ์สำหรับยีสต์ในการผลิตแอลกอฮอล์ได้

ด้านแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดของยีสต์ 3 สายพันธุ์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 4.90-5.25 โดยมีแนวโน้มค่อยๆ ลดลงเพียงเล็กน้อยจนคงที่ตลอดระยะเวลาการหมัก แต่ปริมาณกรดพบว่ามีค่าแตกต่างกัน โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ V1116 หมักทำให้เกิดปริมาณกรดสูงที่สุดเท่ากับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ในระหว่างการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (Yair, 1996) แต่เป็นปริมาณที่ไม่สูงมากนัก โดยลักษณะของยีสต์ที่เหมาะสมต่อการหมักแอลกอฮอล์ คือ สามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

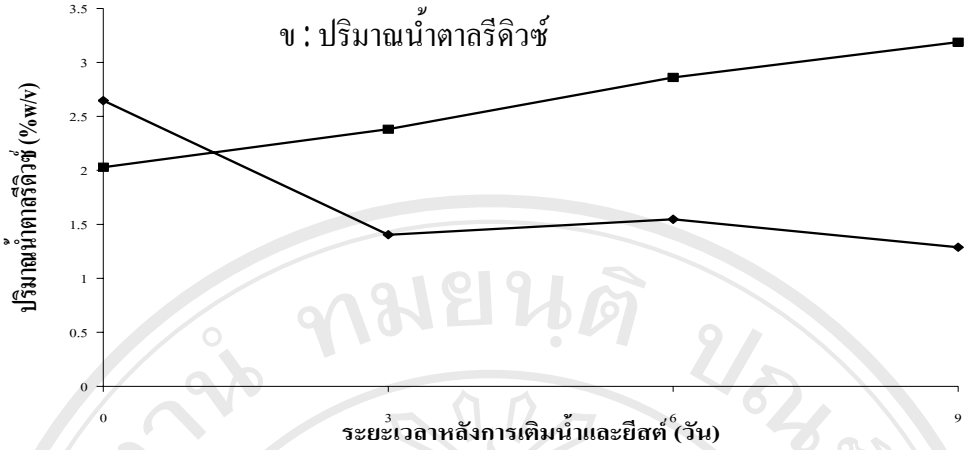
หมักน้ำตาลความเข้มข้นสูงได้ หมักได้เร็ว ให้แอลกอฮอล์มาก ทนอุณหภูมิสูง หลังจากหมักยีสต์ควรจับเป็นกลุ่มสะดวกต่อการกรองก่อนการกลั่น และไม่สร้าง offensive odors (นัยทัศน์, 2529; Yair, 1996) ซึ่งยีสต์สายพันธุ์ V1116 เป็นยีสต์ที่เริ่มการหมักได้เร็วและสามารถหมักได้ในสภาวะอุณหภูมิสูง (เจริญ, 2542) ดังนั้นยีสต์สายพันธุ์ V1116 จึงมีความเหมาะสมต่อกระบวนการหมัก

หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรด (ตารางที่ 4.4) โดยพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.83-7.16 เปอร์เซ็นต์ 8.17-8.33 เปอร์เซ็นต์ และ 4.90-5.25 ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 0.56-0.75 เปอร์เซ็นต์ และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าวิธีการหมักโดยใช้เอนไซม์ แอลฟ่าอะไมเลส และเอนไซม์กลูโคอะไมเลสในการย่อยแป้ง และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ V1116 มีความเหมาะสมในการหมักเพื่อผลิตวอดก้าที่สุด เนื่องมาจากเอนไซม์ แอลฟ่าอะไมเลส และ เอนไซม์กลูโคอะไมเลส สามารถย่อยแป้งให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด ซึ่งมีผลให้การหมักได้ปริมาณแอลกอฮอล์ในปริมาณสูงเช่นกัน ซึ่งมีความสามารถนำไปกลั่นได้ รวมถึงวิธีการเตรียมและกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ใช้ระยะเวลาในการหมักน้อย เพราะเอนไซม์มีความสามารถในการย่อยแป้งได้เร็วและสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของเอนไซม์ที่ใช้เพียงเล็กน้อย (Whiteherst *et al*., 2002)

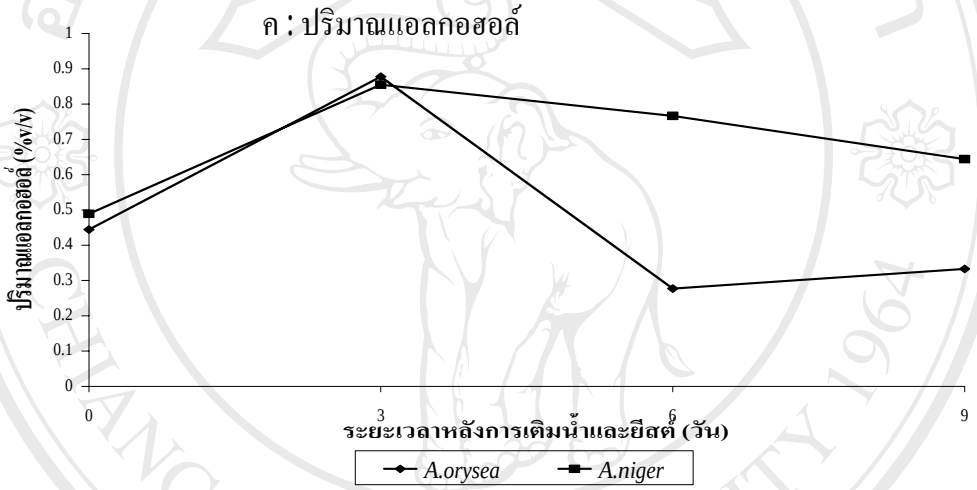


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

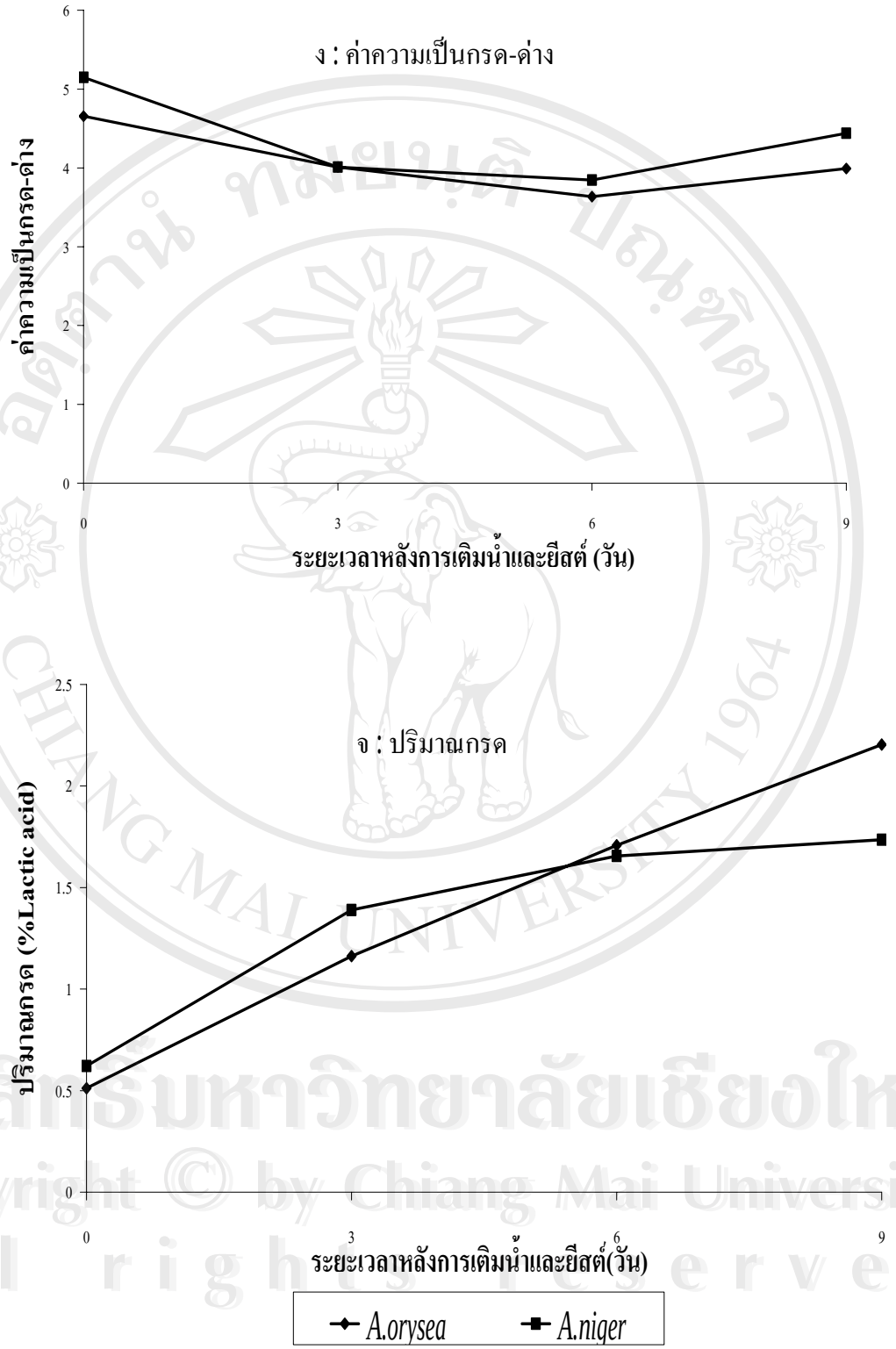
ข : ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์



ค : ปริมาณแอลกอฮอล์

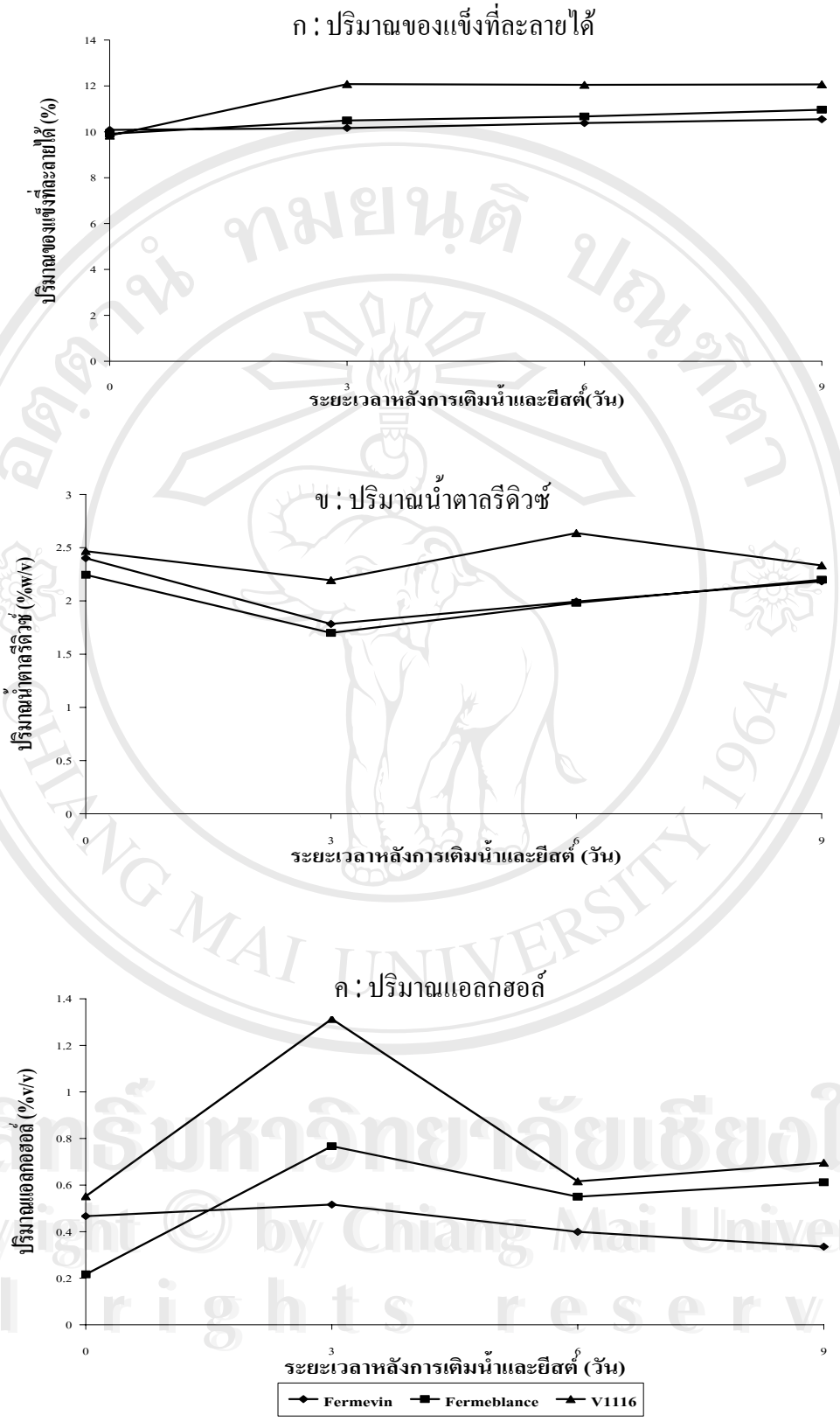


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



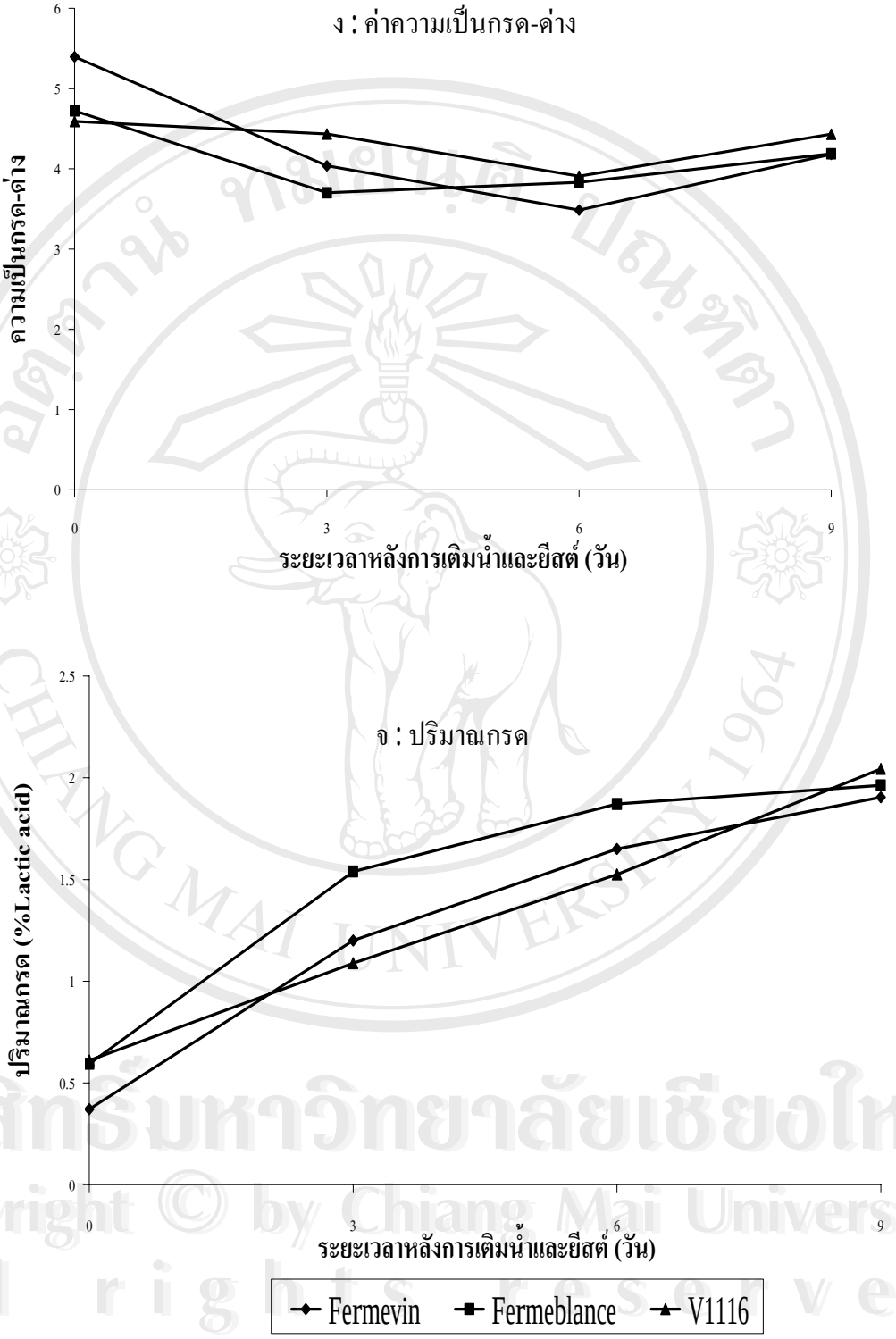
รูปที่ 4.3 (ต่อ) ผลของเชื้อราต่อคุณภาพของน้ำหมักมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 ผลของสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพน้ำหมักมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 (ต่อ) ผลของสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพน้ำหมักมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

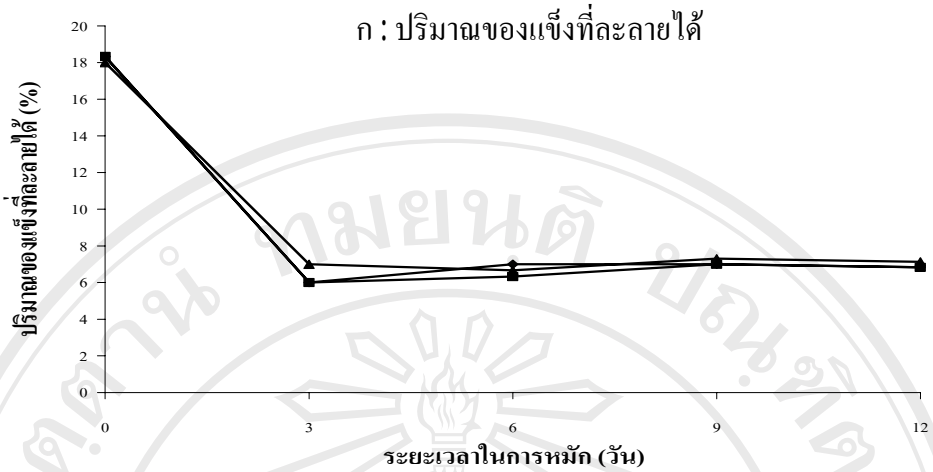
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 ผลการย่อยแป้งด้วยเชื้อรา 2 สายพันธุ์ และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์ทางการค้า 3 สายพันธุ์

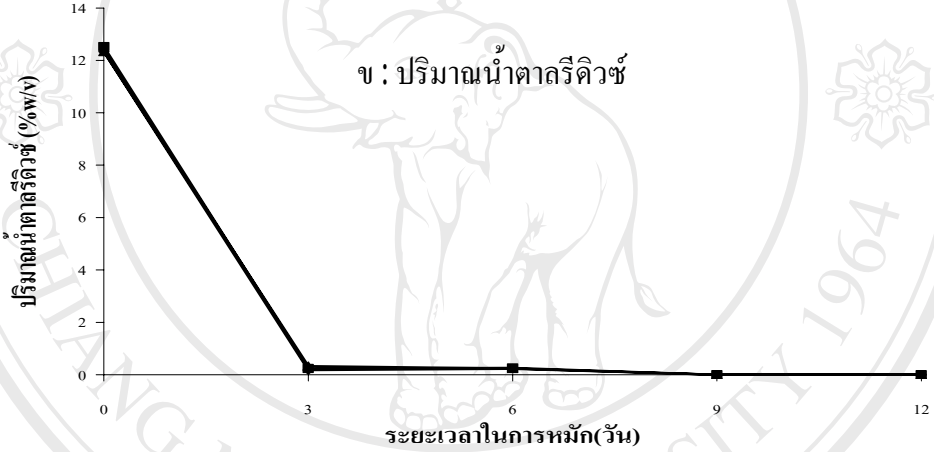
สายพันธุ์เชื้อรา	สายพันธุ์ยีสต์	คุณภาพ				
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาแอลกอฮอล์ (%v/v)^{ns}	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรด (%Lactic acid)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)
A. orysea	Fermevin	$8.33^{a}\pm0.58$	0.37 ± 0.47	$3.91^{a}\pm0.73$	$1.96^{bc}\pm0.14$	$1.07^{a}\pm0.24$
	Fermeblance	$10.33^{ab}\pm1.53$	0.10 ± 0.20	$4.01^{a}\pm0.96$	$2.09^{bc}\pm0.54$	$1.31^{a}\pm0.060$
	V1116	$11.33^{bc}\pm1.53$	0.53 ± 0.31	$4.06^{a}\pm0.50$	$2.56^{c}\pm0.24$	$1.48^{a}\pm0.94$
A. niger	Fermevin	$12.77^{c}\pm0.25$	0.27 ± 0.40	$4.45^{b}\pm0.62$	$1.85^{bc}\pm0.15$	$3.29^{b}\pm0.10$
	Fermeblance	$11.60^{bc}\pm1.00$	0.97 ± 0.90	$4.37^{b}\pm0.17$	$1.84^{bc}\pm0.09$	$3.09^{b}\pm1.19$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

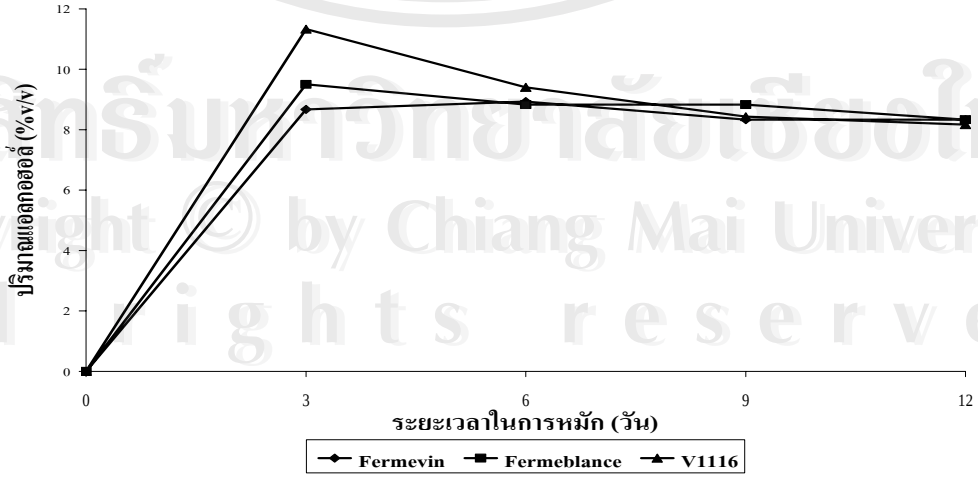
ก : ปริมาณของแข็งที่ละลายได้



ข : ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

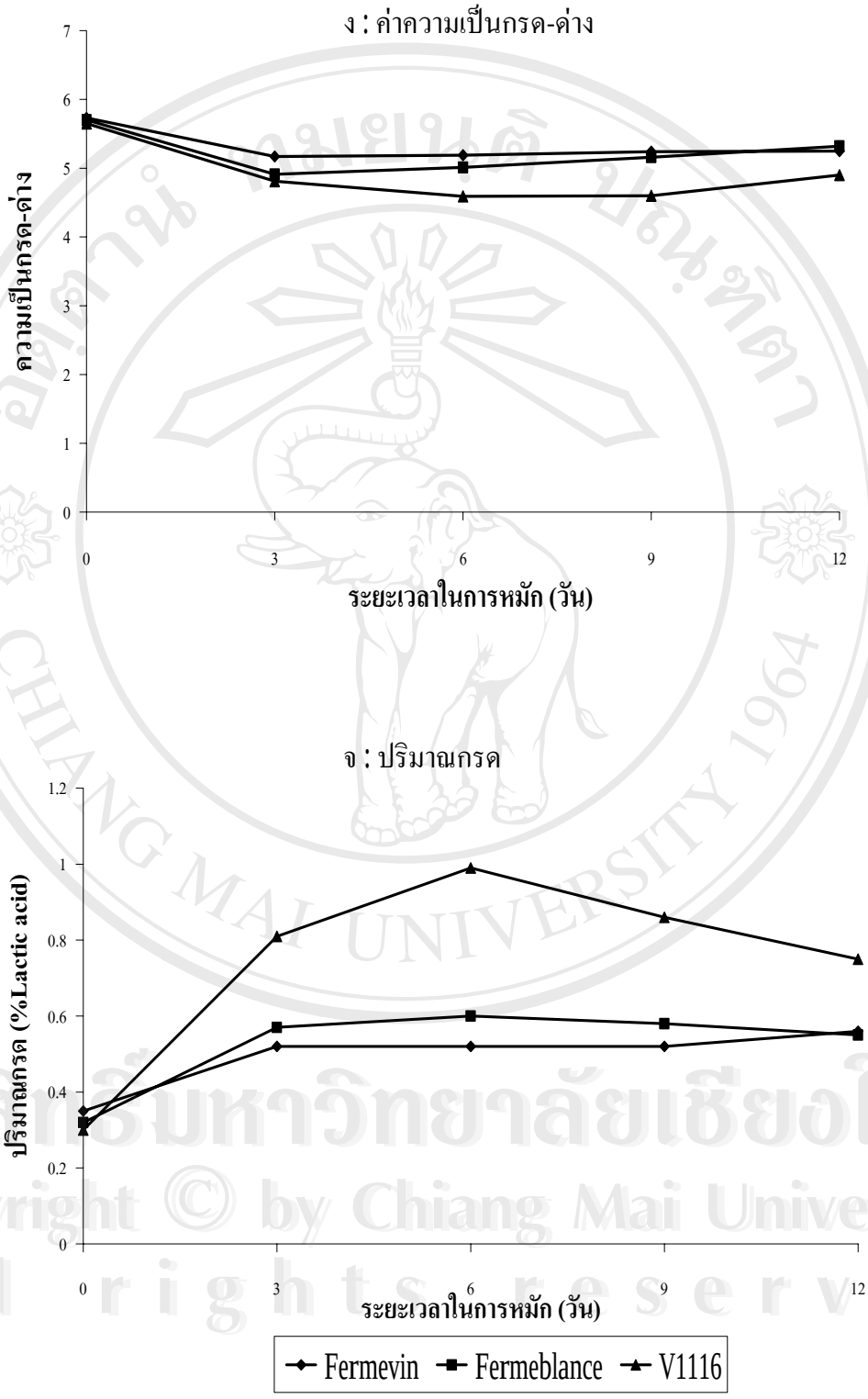


ค : ปริมาณแอลกอฮอล์



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.4 ผลของสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพของน้ำหมักมันฝรั่ง



รูปที่ 4.4 (ต่อ) ผลของสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพของน้ำหมักมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยใช้เชื้อยีสต์ทางการค้า 3 สายพันธุ์

คุณภาพ	ชื่อเชื้อยีสต์ทางการค้า		
	Fermevin	Fermeblance	V1116
TSS (%)^{ns}	6.83±0.29	6.83±0.29	7.16±0.76
Alcohol (% v/v)	8.33^{b}±0.29	8.33^{b}±0.29	8.17^{a}±0.29
pH ^{ns}	5.25±0.05	5.32±0.06	4.90±0.47
Acidity (%Lactic acid)^{ns}	0.56±0.04	0.56±0.04	0.75±0.23
Reducing sugar (%w/v)^{ns}	0.00±0.00	0.00 ±0.00	0.00±0.00

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากมันฝรั่งต่างสายพันธุ์

หลังจากได้วิธีการหมักที่เหมาะสม (ข้อ 4.2 4.3 และ 4.4) ทำการหมักมันฝรั่ง 2 สายพันธุ์ได้แก่ มันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค และสปุนต้า เมื่อการหมักสิ้นสุดแล้วทำการกลั่น จากการตรวจสอบปริมาณผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ และปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากน้ำหมัก (ตารางที่ 4.5) พบว่า มันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติคมีค่าสูงกว่า สายพันธุ์สปุนต้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 7.00 เปอร์เซ็นต์ และ 74.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จริงจากแป้ง และประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์ พบว่ามันฝรั่งสายพันธุ์สปุนต้ามีค่าสูงกว่าสายพันธุ์แอตแลนติคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 38.08 เปอร์เซ็นต์ และ64.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำสุรากลั่นจากมันฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์ ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเมทานอล (methanol) และ ฟูเซลออยล์ (fusel oil) จากสถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวท-มช.) พบว่าสุรากลั่นจากมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติคมีค่าสูงกว่าสายพันธุ์สปุนต้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 190.31 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 932.36 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ดังนั้นมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค จึงมีความเหมาะสมในการนำไปหมักและกลั่นเพื่อทำการผลิตวอดก้ามากที่สุด เนื่องจากกลั่นได้ปริมาณผลผลิตแอลกอฮอล์ และปริมาณแอลกอฮอล์จากน้ำหมักในปริมาณสูง ถึงแม้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จริงจากแป้ง และประสิทธิภาพที่ได้จากการกลั่นจะต่ำกว่ามันฝรั่งสายพันธุ์สปุนต้าก็ตาม ซึ่งอาจเนื่องมาจากกระบวนการหมักสามารถใช้แป้งที่มีอยู่ในมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติคได้ไม่สมบูรณ์ หรืออาจสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิต ด้านปริมาณเมทานอล (methanol) และ ฟูเซลออยล์ (fusel oil) ของมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรากลั่น ได้กำหนดให้ปริมาณเมทานอล (methanol) มีค่าไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟูเซลออยล์ (fusel oil) มีค่าไม่เกิน 2500 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2544) ดังนั้นจึงเลือกมันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติคเพื่อทำการทดลองต่อไป

4.6 การปรุงแต่งกลิ่นของวอดก้า

4.6.1 ผลการกำจัดกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์

จากสุรากลั่นที่ผ่านการคัดเลือกจาก ข้อ 4.5 คือสุรากลั่นที่ใช้มันฝรั่งสายพันธุ์ แอตแลนติค นำมาหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ และกลั่นให้ได้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำมาแช่ด้วยถ่านกัมมันต์ 3 แบบ เป็นเวลา 6 12 18 และ 24 ชั่งโมง แล้วกรองเอาถ่านออก จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณภาพด้านกลิ่น ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านกลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้ค่าการยอมรับด้านกลิ่นของวอดก้าที่ผ่านการดูดกลิ่นจากถ่านกัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มันต์ชนิดผง แช่นาน 6 ชั่วโมง ชนิดผง แช่นาน18 ชั่วโมง ชนิดผง แช่นาน24 ชั่วโมง และชนิดเม็ด 2 แช่นาน24 ชั่วโมง สูงที่สุด เท่ากับ 1.90 2.80 1.60 และ 1.70 ตามลำดับ ตรงข้ามกับวอดก้าที่ผ่านการดูดกลิ่นจากถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 1แช่นาน6 ชั่วโมง ชนิดเม็ด 1แช่นาน12 ชั่วโมง ชนิดเม็ด 1แช่นาน18 ชั่วโมง และชนิดเม็ด 1แช่นาน24 ชั่วโมง ที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.30 4.40 4.10 และ 4.30 (ตารางที่ 4.6) ตามลำดับ

ด้านค่า OD ที่ค่าการดูดกลืนแสง 420 นาโนเมตร พบว่าทุกหน่วยการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 1แช่นาน12 ชั่วโมง ชนิดเม็ด 2แช่นาน12 ชั่วโมง และชนิดเม็ด 2 แช่นาน24 ชั่วโมง มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.053 0.053 และ 0.051 ตามลำดับ ตรงข้ามกับถ่านกัมมันต์ชนิดผง แช่นาน24 ชั่วโมง ที่มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.653

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบสายพันธุ์มันฝรั่งต่อความสามารถในการกลั่น และคุณภาพของแอลกอฮอล์

คุณภาพต่างๆ	สายพันธุ์มันฝรั่ง	
	แอตแลนติค	สปุนต้า
ผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ (%V/W)	$7.00^{b} \pm 0.38$	$4.70^{a} \pm 0.51$
ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากน้ำหมัก (%V/V)	$74.62^{b} \pm 6.38$	$70.60^{a} \pm 3.85$
ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จริงจากแป้ง (%V/W)	$35.86^{a} \pm 5.66$	$38.08^{b} \pm 4.12$
ประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์ (%)	$61.00^{a} \pm 10.00$	$64.00^{b} \pm 7.00$
ปริมาณเมทานอล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	$190.31^{b} \pm 12.09$	$67.08^{a} \pm 3.04$
ปริมาณฟูเซลออยล์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	$492.42^{b} \pm 3.94$	$932.36^{a} \pm 12.49$

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สังเกตได้ว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงมีประสิทธิภาพที่ดีในการดูดซับกลิ่น เพราะได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมสูงที่สุด แต่กลับพบว่าค่า OD มีค่าสูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความใสน้อยที่สุด ตรงกันข้ามกับถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 1 มีประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นไม่ดี แต่มีค่า OD ต่ำที่สุด เนื่องมาจาก ถ่านกัมมันต์ชนิดผง มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง สามารถดูดซับกลิ่นในสุรากลั่นได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้สามารถกำจัดกลิ่นในสุรากลั่นได้ดี แต่ในขณะเดียวกันอนุภาคขนาดเล็กนี้ ก็ทำให้ยากต่อการกรองออกได้หมด ทำให้มีอนุภาคตกค้าง เป็นผลให้มีความใสน้อย ส่วนถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 1 นั้นมีขนาดใหญ่จึงมีพื้นผิวในการสัมผัสกับสุรากลั่นน้อย ทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ไม่สามารถดูดซับกลิ่นได้หมด และไม่มีอนุภาคตกค้างอยู่สามารถกรองได้หมด จึงมีความใสสูง ดังนั้น ถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดกลิ่นในสุรากลั่นเพื่อทำการผลิตวอดก้า คือถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 2 แช่นาน24 ชั่วโมง เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับถ่านกัมมันต์ชนิดผงแช่นาน6 ชั่วโมง ชนิดผงแช่นาน18 ชั่วโมง และชนิดผงแช่นาน 24 ชั่วโมง รวมถึงมีค่า OD ในระดับน้อยที่สุดไม่แตกต่างกันกับถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 1 แช่นาน12 ชั่วโมง ชนิดเม็ด 2 แช่นาน12 ชั่วโมง จึงเลือกวอดก้าที่ผ่านการดูดซับกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด 2 แช่นาน 24 ชั่วโมง ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.6 ชนิดของถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาในการแช่ ที่มีผลต่อการกำจัดกลิ่นในสุรากลั่น

ชนิดถ่านกัมมันต์	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	การยอมรับด้านกลิ่น	ค่า OD ที่420 nm
ชนิดผง	6	$1.90^{a} \pm 0.57$	$0.089^{ef} \pm 0.006$
	12	$2.40^{b} \pm 3.03$	$0.097^{e} \pm 0.005$
	18	$1.80^{a} \pm 3.03$	$0.078^{cd} \pm 0.005$
	24	$1.60^{a} \pm 0.52$	$0.653^{f} \pm 0.025$
ชนิดเม็ด 1	6	$4.30^{d} \pm 3.02$	$0.064^{abc} \pm 0.001$
	12	$4.40^{d} \pm 3.03$	$0.053^{a} \pm 0.006$
	18	$4.10^{d} \pm 0.73$	$0.073^{bc} \pm 0.002$
	24	$4.30^{d} \pm 0.48$	$0.057^{ab} \pm 0.001$
ชนิดเม็ด 2	6	$3.10^{c} \pm 3.03$	$0.064^{abc} \pm 0.006$
	12	$2.50^{b} \pm 3.02$	$0.056^{a} \pm 0.007$
	18	$2.60^{b} \pm 0.52$	$0.061^{ab} \pm 0.006$
	24	$1.70^{a} \pm 0.52$	$0.051^{a} \pm 0.005$

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.2 ผลการแต่งกลิ่นวอดก้าด้วยผลไม้ประเภทส้ม

จากการทดสอบทางปราสาทสัมผัสของวอดก้ากลิ่นส้มที่ปริมาณความเข้มข้นของผิวส้มแตกต่างกัน โดยใช้ผิวส้มจำนวน 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มาทำการแช่กับวอดก้า หลังจากนั้นทำการกลั่นเพื่อแยกกลิ่นและแอลกอฮอล์ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คนทำการ

ทดสอบดม และให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น พบว่า วอดก้ากลิ่นส้มทุกความเข้มข้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณผิวส้มต่อปริมาตรของวอดก้าที่ 0 5 10 และ15 เปอร์เซ็นต์ มีลำดับการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 22.5-29.00 (ตารางที่ 4.7)

เมื่อพิจารณาชนิดของวัตถุดิบในการแต่งกลิ่นต่อการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม โดยการนำวอดก้ามาทำการแต่งกลิ่นกับผิวส้มสายพันธุ์โอเชี่ยน สายพันธุ์สายน้ำผึ้ง สายพันธุ์สีทอง และมะนาว รวมถึงวอดก้าที่ไม่มีการแต่งกลิ่นโดยเลือกใช้ผิวส้มจำนวน 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลำดับความชอบรวมด้านกลิ่นเป็นลำดับแรก (22.5±3.53) ในการผลิตโดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน พบว่าวอดก้าที่ผ่านการแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นส้มสายน้ำผึ้งมีลำดับการยอมรับรวมด้านกลิ่นน้อยที่สุด (40.50±3.53) ซึ่งมีค่าแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8) วอดก้าที่แต่งกลิ่นส้มสายพันธุ์โอเชี่ยน สายพันธุ์สีทอง มะนาว และวอดก้าที่ไม่ได้แต่งกลิ่น มีลำดับการยอมรับรวมใกล้เคียงกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 57.5-75.50 ดังนั้นวอดก้ากลิ่นส้มสายพันธุ์สายน้ำผึ้งจึงมีความเหมาะสมที่สุด และได้รับเลือกให้ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.7 ลำดับการยอมรับรวมของวอดก้าที่แช่ด้วยผิวส้มในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณผิวส้ม (%W/V)	ลำดับการยอมรับรวมด้านกลิ่น ^{ns}
0	29.00±2.82
5	25.00±0.00
10	23.50±0.71
15	22.5±3.53

หมายเหตุ ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ลำดับการยอมรับรวมของวอดก้าที่ผ่านการแช่ด้วยวัตถุดิบชนิดต่างๆ

การใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ	ลำดับการยอมรับรวมด้านกลิ่น

ไม่แต่งกลิ่น	$65.50^{b} \pm 2.12$
ผิวส้มสายพันธุ์โอเชี่ยน	$77.50^{b} \pm 4.94$
ผิวส้มสายพันธุ์สายน้ำผึ้ง	$40.50^{a} \pm 3.53$
ผิวส้มสายพันธุ์สีทอง	$59.00^{b} \pm 4.24$
ผิวมะนาว	$57.5^{b} \pm 3.54$

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.6.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวอดก้า

จากวอดก้าที่ผ่านการคัดเลือก ซึ่งประกอบด้วยวอดก้าที่ไม่มีการแต่งกลิ่น และวอดก้าที่ผ่านการแต่งกลิ่นด้วยผิวส้มสายพันธุ์สายน้ำผึ้ง เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผลิตภัณฑ์วอดก้าที่มีวางขายตามท้องตลาด 2 ยี่ห้อ ได้แก่ยี่ห้อ ABSOLUTE VODKA และ ยี่ห้อ LARIOS VODKA โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่าการยอมรับด้านความใส ของวอดก้าทุกชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.9) ส่วนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม ของวอดก้าทุกชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยวอดก้าที่ผ่านการแต่งกลิ่นด้วยผิวส้มสายน้ำผึ้ง และ ผลิตภัณฑ์วอดก้าที่มีวางขายตามท้องตลาด 2 ยี่ห้อ ได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่วอดก้าที่ไม่มีการแต่งกลิ่นในการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากสภาวะในการกำจัดกลิ่นยังไม่เหมาะสมจึงทำให้ยังมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์หลงเหลืออยู่ หากพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตของวอดก้ากลิ่นส้มสายน้ำผึ้ง เปรียบเทียบกับวอดก้าในท้องตลาด 2 ยี่ห้อ พบว่ามีค่าใช้จ่ายของมันฝรั่ง เอนไซม์ ถ่านกัมมันต์ ยีสต์ผง และค่าแรงงาน เท่ากับ 46.57 บาท ต่อ 750 มิลลิลิตร (ภาคผนวก ฉ) ซึ่งเป็นราคาที่ต่ำกว่าราคาวอดก้าในท้องตลาด (ยี่ห้อ ABSOLUTE VODKA ราคา 750 บาท และ ยี่ห้อ LARIOS VODKA ราคา 380 บาท)

เมื่อพิจารณากรรมวิธีการผลิต ได้แก่ อุปกรณ์ เครื่องมือ ความยากง่าย และความซับซ้อนของขั้นตอนการผลิต การยอมรับด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และต้นทุนการผลิต สรุปได้ว่าการผลิตวอดก้าโดยใช้มันฝรั่งสายพันธุ์แอตแลนติค ทำการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ 2 ชนิด และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ V1116 หลังกลั่นแต่งกลิ่นด้วยวัตถุดิบธรรมชาติ คือผิวส้มสายพันธุ์สายน้ำผึ้ง ได้วอดก้าคุณภาพดี มีความเป็นไปได้ในการผลิตทางการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved