บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สัดส่วนของข้าวโพดหวานที่ผ่านกระบวนการผลิต

จากการนำข้าวโพดหวานทั้งฝักที่ผ่านการลวกแล้วเข้าสู่เครื่องปอกเปลือก เมื่อผ่านเครื่องปอกเปลือกแล้ว สามารถแบ่งข้าวโพดหวานที่ได้ออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ข้าวโพดปอกเปลือกฝักดี ซึ่งมีลักษณะฝักสมบูรณ์ มีเมล็ดอยู่มากกว่า 50% ของฝัก และเป็นส่วนที่มีอยู่มากที่สุด (61.30 ± 1.31%) (ภาพที่ 4.1) เปลือกกับไหม เป็นส่วนที่คัดทิ้งเพื่อส่งขายให้กับฟาร์มวัวนมในราคาถูก มีปริมาณรองลงมา (31.17 ± 1.39%) และข้าวโพดตกเกรดซึ่งคัดออกโดยพนักงาน ซึ่งยังมีเมล็ดดีติดอยู่บ้าง มีปริมาณอยู่น้อยที่สุด (7.53 ± 1.33%)

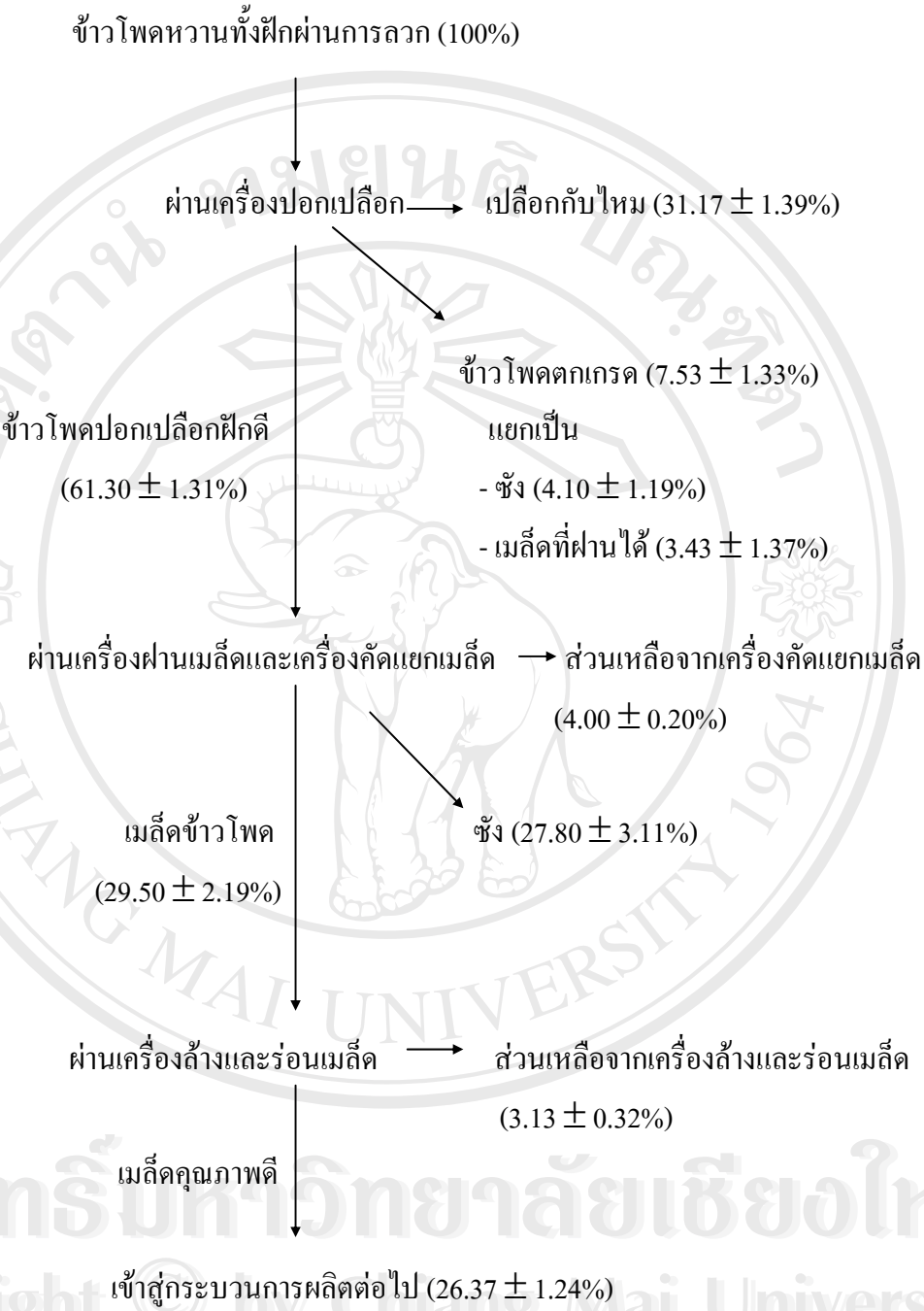
จากข้าวโพดตกเกรด เมื่อให้พนักงานฝานเอาเฉพาะเมล็ดออกด้วยมีด พบว่าได้ส่วนเมล็ดที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาได้ 3.43 ± 1.37% และเป็นซังข้าวโพด 4.10 ± 1.19% ของข้าวโพดหวานทั้งฝักที่ผ่านการลวก (ภาพที่ 4.1)

จากข้าวโพดปอกเปลือกฝักดีที่ได้ เมื่อผ่านเครื่องฝานเมล็ด (corn cutter) และเครื่องคัดแยกเมล็ด (flotation machine) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ซังข้าวโพด เป็นส่วนที่มีปริมาณมากที่สุด (ภาพที่ 4.1) (27.80 ± 3.11%) โรงงานนำไปขายรวมกับเปลือกกับไหม ส่วนที่สองเป็นเมล็ดข้าวโพดที่มีปริมาณรองลงมา แต่ยังคงมีมีเมล็ดอ่อน เมล็ดที่มีขนาดเล็ก และเมล็ดแตกปนไปบางส่วน (29.50 ± 2.19%) และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนเหลือที่มีลักษณะเมล็ดแตก เศษไหม เศษซังขนาดเล็ก เนื้อเมล็ดที่แตกออกมา (4.00 ± 0.20%) (ภาคผนวกที่ ก.4)

จากส่วนที่เป็นเมล็ดข้าวโพดเมื่อผ่านเครื่องล้างและร่อนเมล็ด สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ เมล็ดคุณภาพดี ซึ่งจะนำไปบรรจุลงกระป๋องต่อไป (ภาคผนวกที่ ก.3) และมีปริมาณมากที่สุด (26.37 ± 1.24%) (ภาพที่ 4.1) และส่วนเหลือที่มีลักษณะเป็นเมล็ดแตก เมล็ดอ่อน เมล็ดที่มีขนาดเล็ก และส่วนของเนื้อเมล็ดที่หลุดออก (ภาคผนวกที่ ก.4) โดยมีปริมาณเล็กน้อย (3.13 ± 0.32%)

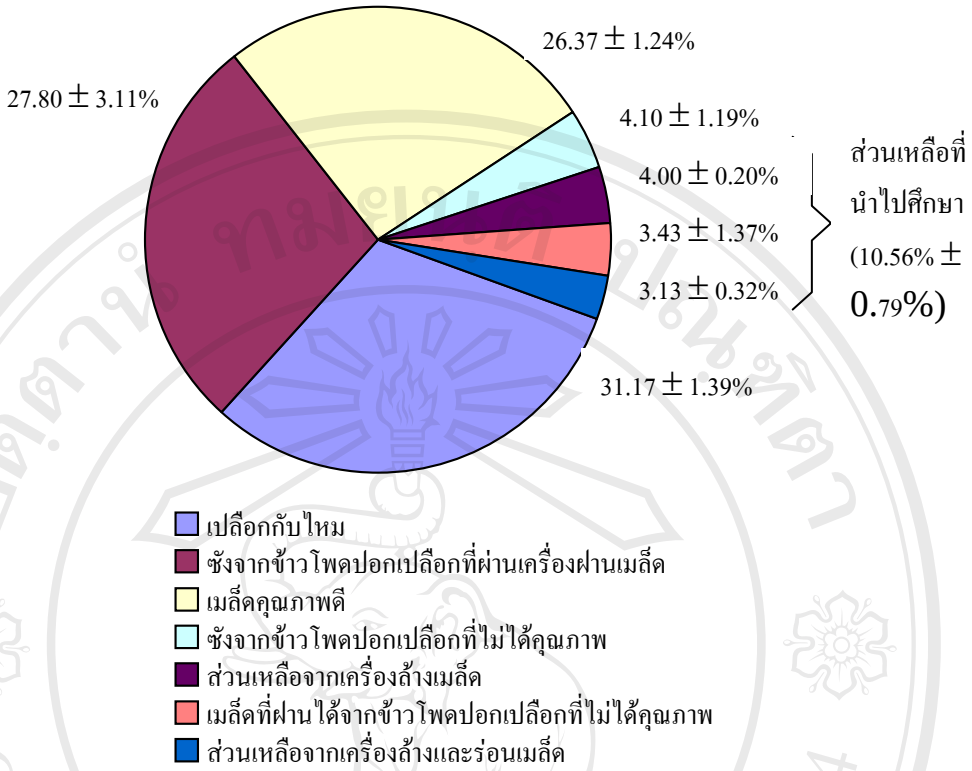
ดังนั้นข้าวโพดหวานทั้งฝัก เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมเมล็ดเพื่อบรรจุลงกระป๋อง มีส่วนเหลือที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษา 3 ส่วน คือ เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด (3.43 ± 1.37%) ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด (4.00 ± 0.20%) และส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด (3.13 ± 0.32%) เมื่อรวมกันแล้วคิดเป็น 10.56 ± 0.79% ของข้าวโพดหวานทั้งฝักที่ผ่านการลวกแล้ว (ภาพที่ 4.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.1 ปริมาณข้าวโพดที่ได้ในแต่ละขั้นตอนการเตรียมเมล็ดเพื่อการผลิตข้าวโพดหวานเมล็ดบรรจุกระป๋อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 สัดส่วนของข้าวโพดหวานในระหว่างการเตรียมเมล็ดเพื่อการบรรจุลงกระป๋อง

4.2 คุณภาพทางเคมีของส่วนเหลือข้าวโพดหวาน

จากส่วนเหลือข้าวโพดหวานในแต่ละจุด เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าเมล็ดที่ได้จากการฝานข้าวโพดตกเกรดมีปริมาณความชื้นต่ำสุด (78.31 ± 0.24%) (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากส่วนนี้ไม่ได้ผ่านเครื่องคัดแยกที่มีการใช้น้ำเป็นตัวล้าง ทำให้ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆมีค่าสูง ซึ่งได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าสูงกว่าในส่วนเหลืออีกสองส่วน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากส่วนเหลือที่ได้จากเครื่องล้างเมล็ดและส่วนเหลือที่ได้จากเครื่องล้างและร่อนเมล็ดผ่านการล้างน้ำทำให้ปริมาณความชื้นสูง ส่งผลให้ความเข้มข้นของปริมาณเคมีต่างๆลดลง โดยปริมาณที่ได้ของทั้ง 2 ส่วนมีปริมาณคล้ายกัน ในการวิจัยนี้ให้ความสนใจในการที่จะย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล เพื่อให้เป็นอาหารของเชื้อยีสต์ในการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ ดังนั้นส่วนเหลือที่ได้จากเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดปอกเปลือกตกเกรด น่าจะมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุราขาวต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของข้าวโพดหวานทั้ง 3 จุด [1]

คุณภาพทางเคมี [2]	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด
ความชื้น (%)	78.31 ^{a} ± 0.24	87.76 ^{b} ± 1.11	87.37 ^{b} ± 0.83
ไขมัน (%)	1.54 ^{b} ± 0.09	1.21 ^{a} ± 0.15	1.26 ^{a} ± 0.09
โปรตีน (%)	1.72 ^{c} ± 0.10	1.21 ^{a} ± 0.05	1.45 ^{b} ± 0.11
เถ้า (%)	0.56 ^{b} ± 0.10	0.29 ^{a} ± 0.07	0.34 ^{a} ± 0.04
คาร์โบไฮเดรต (%)	17.87 ^{b} ± 0.68	9.48 ^{a} ± 0.14	9.58 ^{a} ± 0.46
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	1.62 ^{c} ± 0.06	1.07 ^{a} ± 0.08	1.28 ^{b} ± 0.07

หมายเหตุ 1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นการคำนวณจากน้ำหนักฐานเปียก (wet basis)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3 การใช้ลูกแป้งสุราในการย่อยแป้ง และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

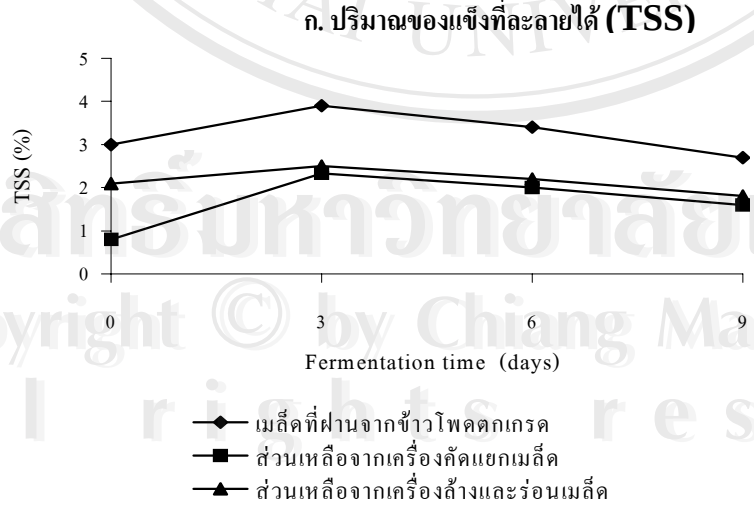
หลังจากนึ่งส่วนเหลือข้าวโพดหวานในแต่ละจุด และคลุกด้วยลูกแป้งสุรา 3 ชนิด วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 วัน แล้วเติมน้ำเพื่อให้ยีสต์ในลูกแป้งเริ่มทำการหมัก ในระหว่างการหมักพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำหมักที่ได้จากส่วนเหลือข้าวโพดของแต่ละส่วน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน โดยที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในช่วงแรกของการหมัก มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 1.80-3.00% เป็น 2.35-3.90% (ภาพที่ 4.3) อาจเกิดจากเอนไซม์ที่สร้างโดยเชื้อราในลูกแป้ง ยังคงทำการย่อยแป้งในข้าวโพดหวาน หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆจนสิ้นสุดการหมักในวันที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.58-3.00% สอดคล้องกับรายงานของสุพรรษา ยังสุขเกษม (2548) ว่าในระหว่างการหมักมันฝรั่งนึ่ง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ลดลง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ค่อยๆเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการหมักจากนั้นก็ลดลง เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นเช่นกัน สำหรับค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลาในการหมัก จากที่เริ่มต้น 3.84-4.02 และ 0.66-1.07% ตามลำดับ จนสิ้นสุดการหมักในวันที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.38-3.51 และ 0.11-0.13% ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดเมื่อได้ 6 วัน จากนั้นมีแนวโน้มลดลง เมื่อสิ้นสุดการหมักในวันที่ 6 มีค่าเท่ากับ 1.17-2.32% อาจเนื่องจากมีเชื้อสร้างกรดอะซิติคปะปนในลูกแป้ง ได้เปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติค ส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สอดคล้องกับการรายงานของ นภา โล่ห์ทอง (2535) ว่าได้ตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติค และแบคทีเรียที่สร้างกรดน้ำส้มในการหมักโดยใช้ลูกแป้ง ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพโดยมีกรดน้ำส้มเกิดขึ้น มนตรี เชาวน์สังเกตุ (2521) รายงานว่าการใช้ลูกแป้งสุราในการหมักมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลผลิตที่ได้ เช่น มีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ไม่แน่นอน หรืออาจมีกลิ่นรสไม่ดี และปัญหาเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลูกแป้งสุราโดยตรง เพราะในลูกแป้งสุรามีจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่จำเป็นและไม่จำเป็น ซึ่งจุลินทรีย์บางชนิดยังทำให้คุณภาพน้ำหมักเสื่อมลงอีกด้วย

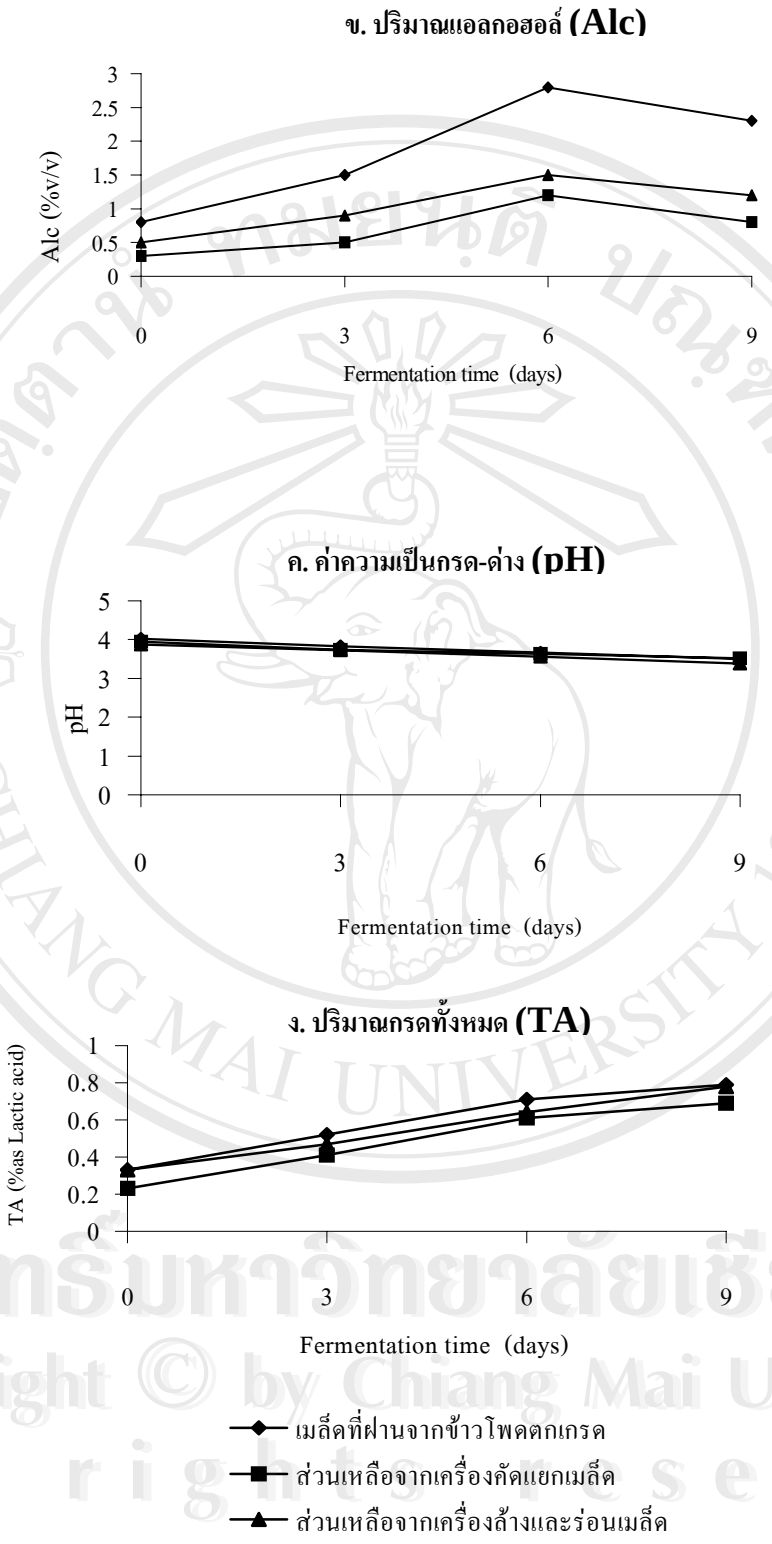
4.3.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวานที่ต่างกัน

หลังการหมักได้ 6 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เมื่อนำน้ำหมักที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ของน้ำหมักจากเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด มีค่ามากกว่าจากเครื่องคัดแยกเมล็ด และจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด (ภาพที่ 4.3) (ตารางที่ ช.1) เนื่องจากเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้แม้จะมากที่สุดถึง 2.82 $\pm$ 0.35% แต่ยังเป็นปริมาณที่ต่ำ ไม่คุ้มค่าที่นำไปกลั่นเป็นแอลกอฮอล์ Anolerson (2000) ได้กล่าวว่าน้ำส่าโดยทั่วไปที่นำมากลั่นเป็นสุราขาวมีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นอยู่ที่ 7 –12%



ภาพที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

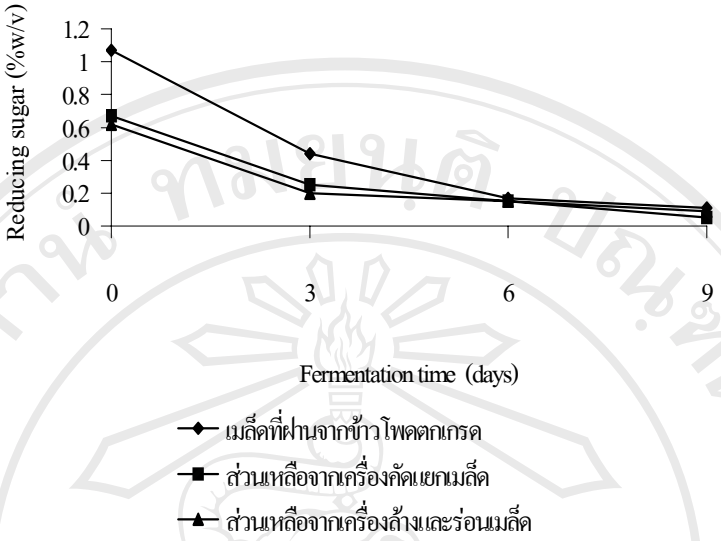
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.3 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จ. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing

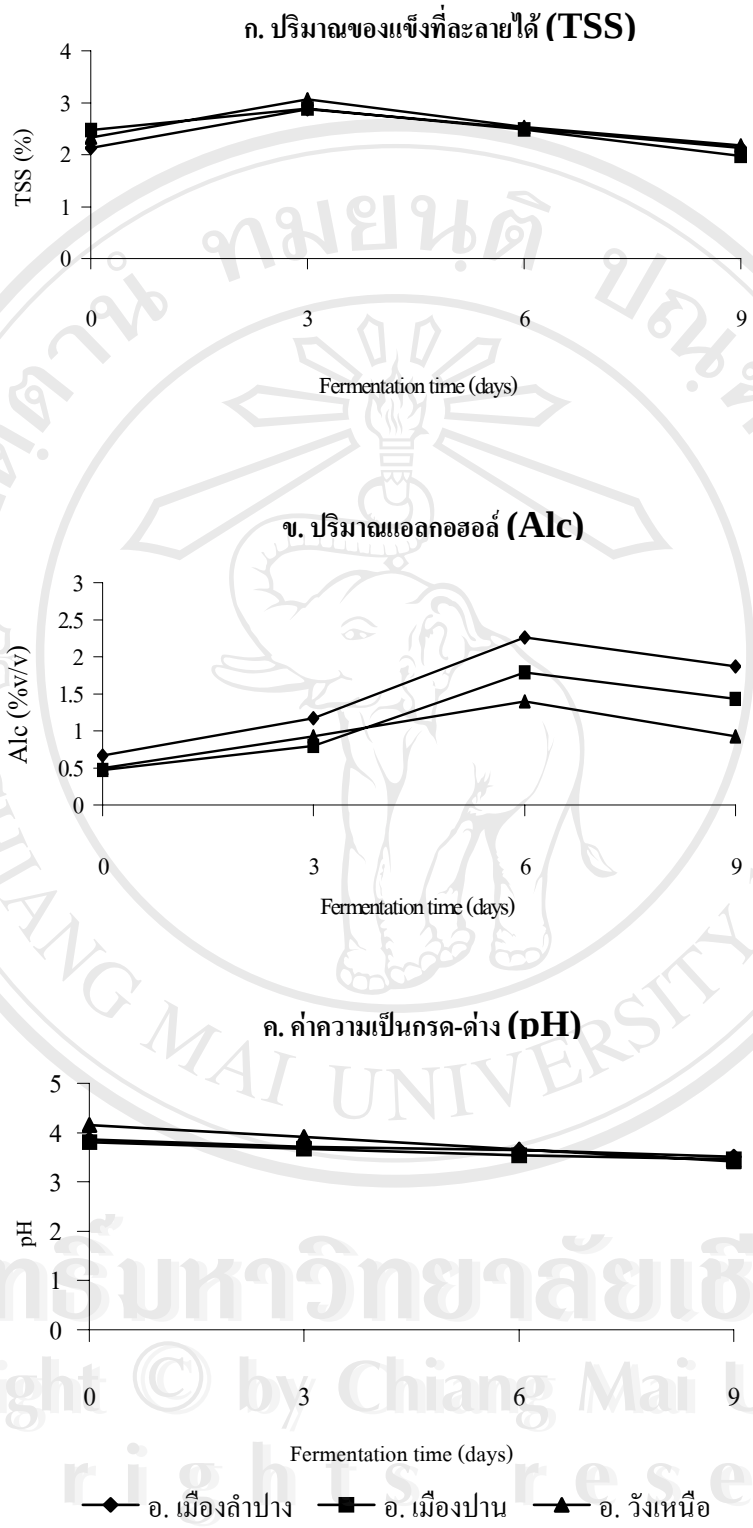


ภาพที่ 4.3 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

4.3.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากชนิดลูกแป้งสุราที่ต่างกัน

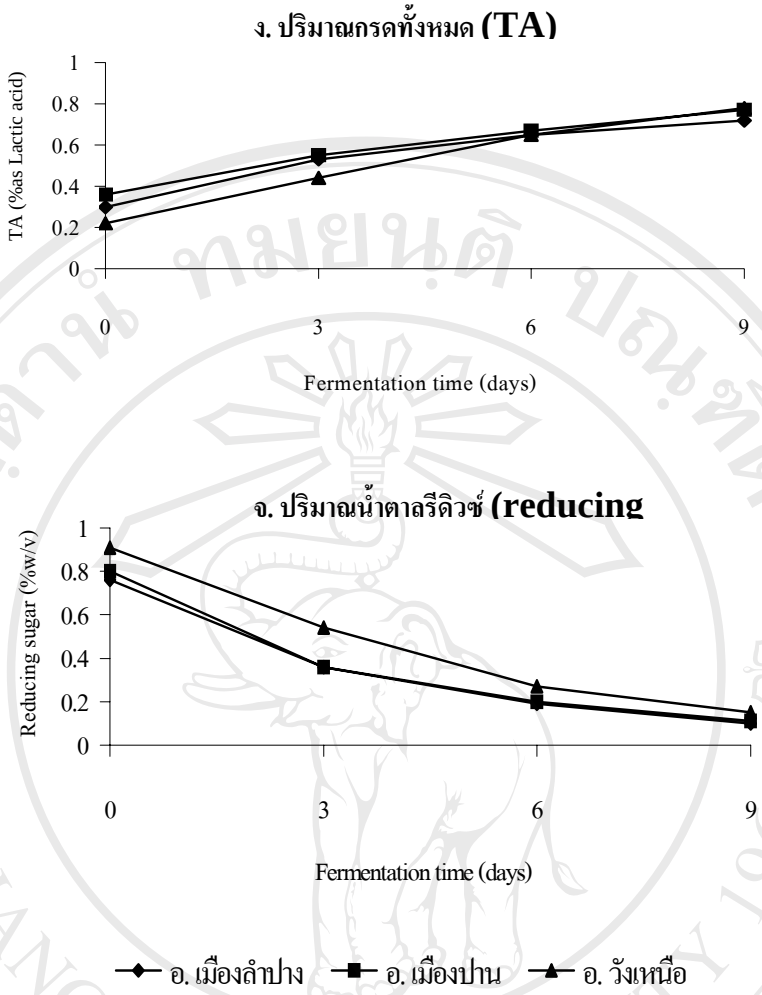
หลังการเติมน้ำหมักที่ได้จากการใช้ลูกแป้งจากอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าอีก 2 ชนิดเล็กน้อย เกือบจะไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า 0.91 $\pm$ 0.21% (ตารางที่ ช.2) จากนั้นปริมาณมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาการหมัก ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลาย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 2.13-2.47% เพิ่มเป็น 2.87-3.03% และค่อยๆลดลง เมื่อสิ้นสุดการหมักใน วันที่ 9 มีค่า 1.98-2.18% เช่นเดียวกับปรากฏการณ์ในข้อ 4.3.1 ซึ่งเกิดจากความเข้มข้นของน้ำหมักที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้น เมื่อหมักได้ 6 วัน พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักโดยลูกแป้งจากอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด (2.26 $\pm$ 0.96%) (ภาพที่ 4.4) (ตารางที่ ฉ.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ชนิดลูกแป้งเป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ชนิดลูกแป้งเป็นวัตถุดิบ

4.3.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน และชนิดของลูกแป้งสุราที่ต่างกัน

หลังการหมักได้ 6 วันซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าอยู่ในช่วง 1.87-3.60% 3.51-3.74 0.77-0.97% และ 0.15-0.27% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าการใช้ลูกแป้งย่อยส่วนเหลือข้าวโพดหวานให้ปริมาณที่ต่ำอยู่ในช่วง 1.00-3.27% โดยที่การใช้ลูกแป้งหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรดมีค่ามากกว่าการหมักข้าวโพดหวานที่ได้จากส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด และส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การที่ไปริมาณแอลกอฮอล์น้อย อาจเนื่องจาก ลูกแป้งไม่สามารถย่อยแป้งในเมล็ดข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ปริมาณน้ำตาลอยู่น้อย ส่งผลให้ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แอลกอฮอล์ได้น้อยเช่นกัน อีกทั้งเมื่อปริมาณแอลกอฮอล์มีน้อยเชื้อที่สร้างกรดอะซิติกซึ่งชอบที่จะเจริญในสภาพที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกได้ จึงส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำลงไปอีก ซึ่งสังเกตได้ในน้ำหมักมีกลิ่นของน้ำส้มสายชู

4.4 การย่อยแป้งด้วยเชื้อรา แล้วหมักต่อให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์บริสุทธิ์

4.4.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน ชนิดเชื้อรา และชนิดยีสต์

หลังจากนึ่งส่วนเหลือข้าวโพดหวานในแต่ละส่วน และคลุกด้วยเชื้อราบริสุทธิ์ วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 วัน แล้วเติมน้ำและเชื้อยีสต์บริสุทธิ์เพื่อให้ยีสต์เริ่มทำการหมัก ในระหว่างการหมัก พบว่า ผลวิเคราะห์ทางเคมีมีดังนี้

ผลวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้ส่วนเหลือข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ พบว่า ในระหว่างการหมักมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกับปรากฏการณ์ในข้อ 4.3.1 (ภาพที่ 4.5) (ตารางที่ ช.3) โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในทางกลับกัน ปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ที่แตกต่าง คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สูงสุดเมื่อทำการหมักได้ 3 วัน โดยมีค่าในช่วง 1.24-1.30% จากนั้นมีแนวโน้มลดลง จนสิ้นสุดการหมักในวันที่ 6 มีค่าในช่วง 0.63-0.70% เมื่อทำการหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดกว่าที่ได้จากส่วนเหลือทั้งสองจุด แสดงว่าส่วนเหลือข้าวโพดหวานในแต่ละจุดมีผลต่อการหมักให้เป็นแอลกอฮอล์

ผลวิเคราะห์ทางเคมีที่เชื้อราเป็นวัตถุดิบพบว่า ในระหว่างการหมักมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 4.6) (ตารางที่ ช.4) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ เชื้อราทั้งสองชนิดให้ปริมาณแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.27-1.39% จากนั้นมีแนวโน้มลดลง จนสิ้นสุดการหมักในวันที่ 6 มีค่าในช่วง 0.67-0.81% ซึ่งแสดงว่าชนิดเชื้อราไม่มีผลต่อการหมักให้เป็นแอลกอฮอล์

ผลวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ พบว่า ในระหว่างการหมักมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 4.7) (ตารางที่ ช.5) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์เชื้อยีสต์ทั้งสามชนิดให้ปริมาณแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.30-1.37% จากนั้นมีแนวโน้มลดลง จนสิ้นสุดการหมักในวันที่ 6 มีค่าในช่วง 0.70-0.74% แสดงว่าชนิดเชื้อยีสต์ไม่มีผลต่อการหมัก

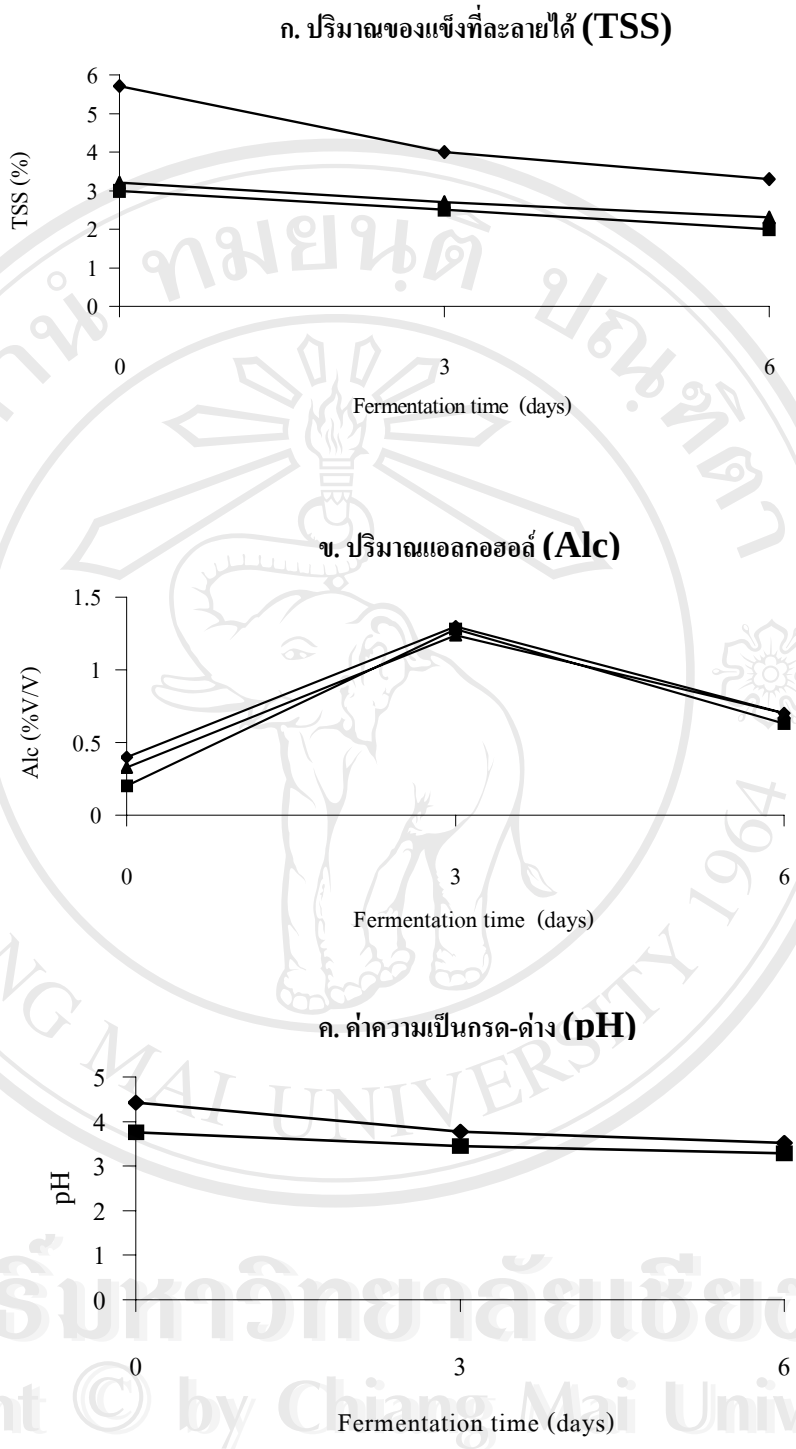
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของการย่อยแป้งโดยใช้ลูกแป้งสุรากับแหล่งของส่วนเหลือข้าวโพดหวานต่อคุณภาพของน้ำหมักหลังเติมน้ำได้ 6 วัน

แหล่งข้าวโพดหวาน	แหล่งลูกแป้ง	คุณภาพหลังสิ้นสุดการหมัก [1]				
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}	ปริมาณกรด (%as lactic acid)^{ns}	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)^{ns}
เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	อ.เมือง จ.ลำปาง	3.60 ^{b} ± 0.40	3.27 ^{b} ± 0.31	3.73 ± 0.03	0.80 ± 0.07	0.27 ± 0.04
	อ.เมืองปาน จ.ลำปาง	3.13 ^{b} ± 0.31	2.90 ^{b} ± 0.36	3.51 ± 0.18	0.97 ± 0.04	0.24 ± 0.05
	อ.วังเหนือ จ.ลำปาง	3.40 ^{b} ± 0.40	2.33 ^{b} ± 0.45	3.62 ± 0.08	0.99 ± 0.06	0.31 ± 0.07
ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	อ.เมือง จ.ลำปาง	1.87 ^{a} ± 0.61	1.37 ^{a} ± 0.15	3.69 ± 0.05	0.80 ± 0.09	0.15 ± 0.04
	อ.เมืองปาน จ.ลำปาง	2.00 ^{a} ± 0.04	1.20 ^{a} ± 0.53	3.59 ± 0.05	0.85 ± 0.17	0.18 ± 0.02
	อ.วังเหนือ จ.ลำปาง	2.07 ^{a} ± 0.50	0.87 ^{a} ± 0.15	3.74 ± 0.09	0.74 ± 0.07	0.27 ± 0.06
ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	อ.เมือง จ.ลำปาง	2.07 ^{a} ± 0.12	2.13 ^{a} ± 0.31	3.52 ± 0.04	0.91 ± 0.08	0.16 ± 0.05
	อ.เมืองปาน จ.ลำปาง	2.33 ^{a} ± 0.12	1.27 ^{a} ± 0.12	3.53 ± 0.06	0.79 ± 0.11	0.22 ± 0.02
	อ.วังเหนือ จ.ลำปาง	2.13 ^{a} ± 0.46	1.00 ^{a} ± 0.10	3.62 ± 0.13	0.77 ± 0.37	0.24 ± 0.05

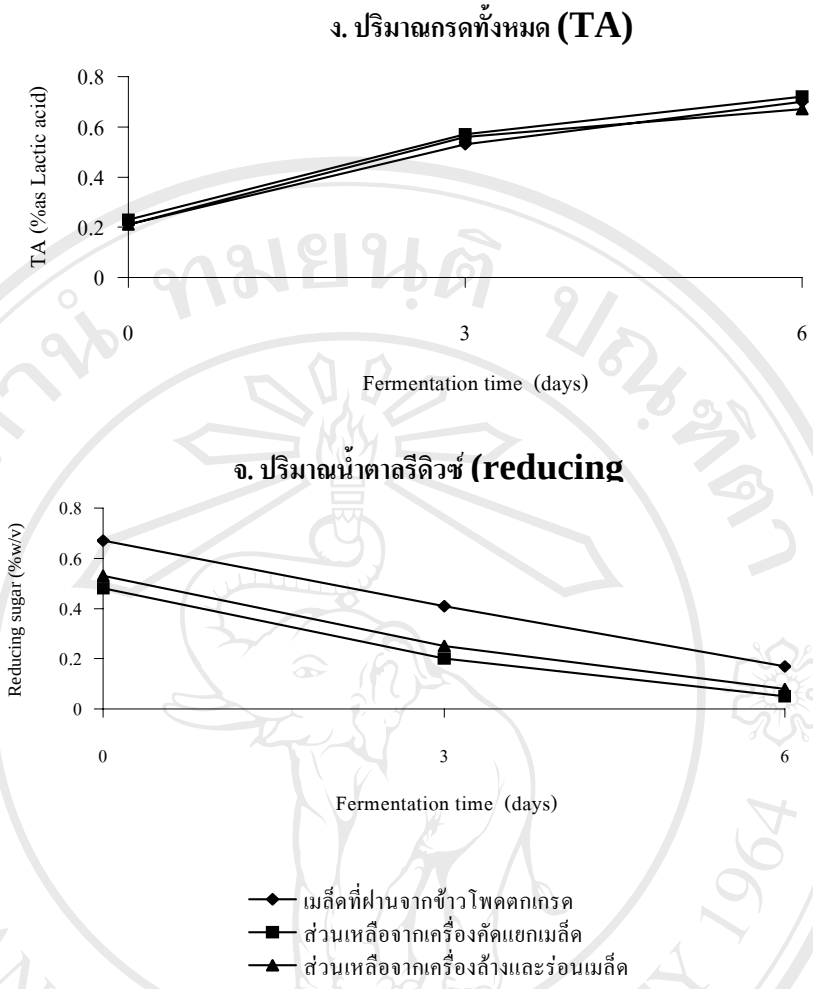
หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
และ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

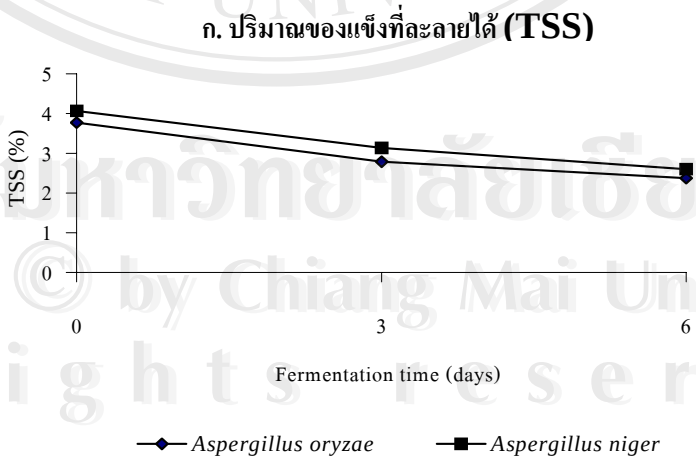


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

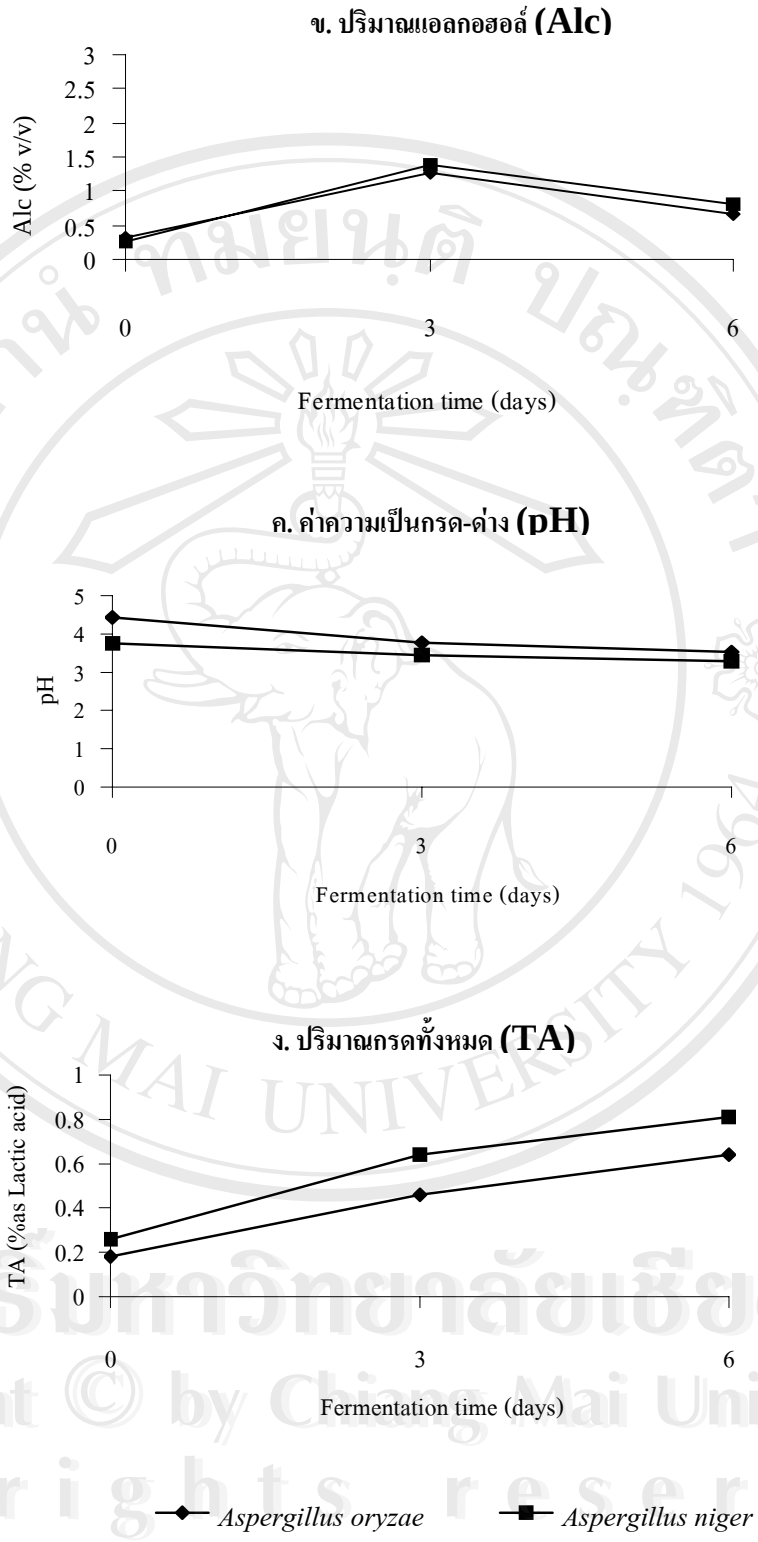


ภาพที่ 4.5 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

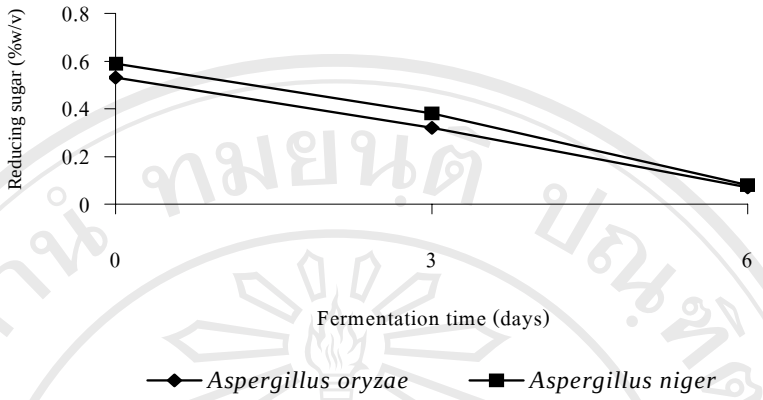
ภาพที่ 4.6 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อราเป็นวัตถุดิบ



ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อราเป็นวัตถุดิบ

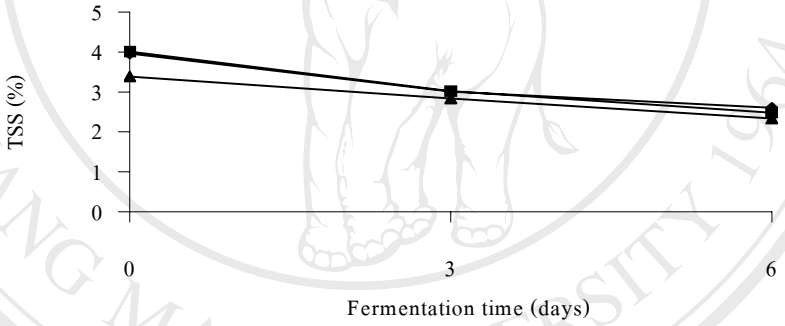
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จ. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing

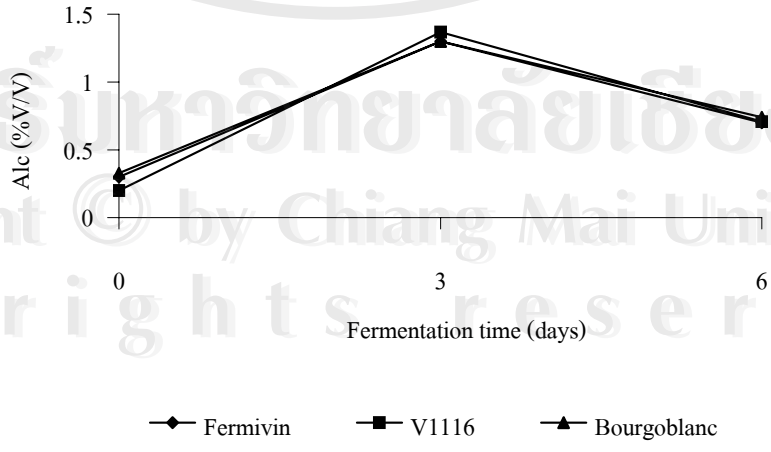


ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อราเป็นวัตถุดิบ

ก. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS)

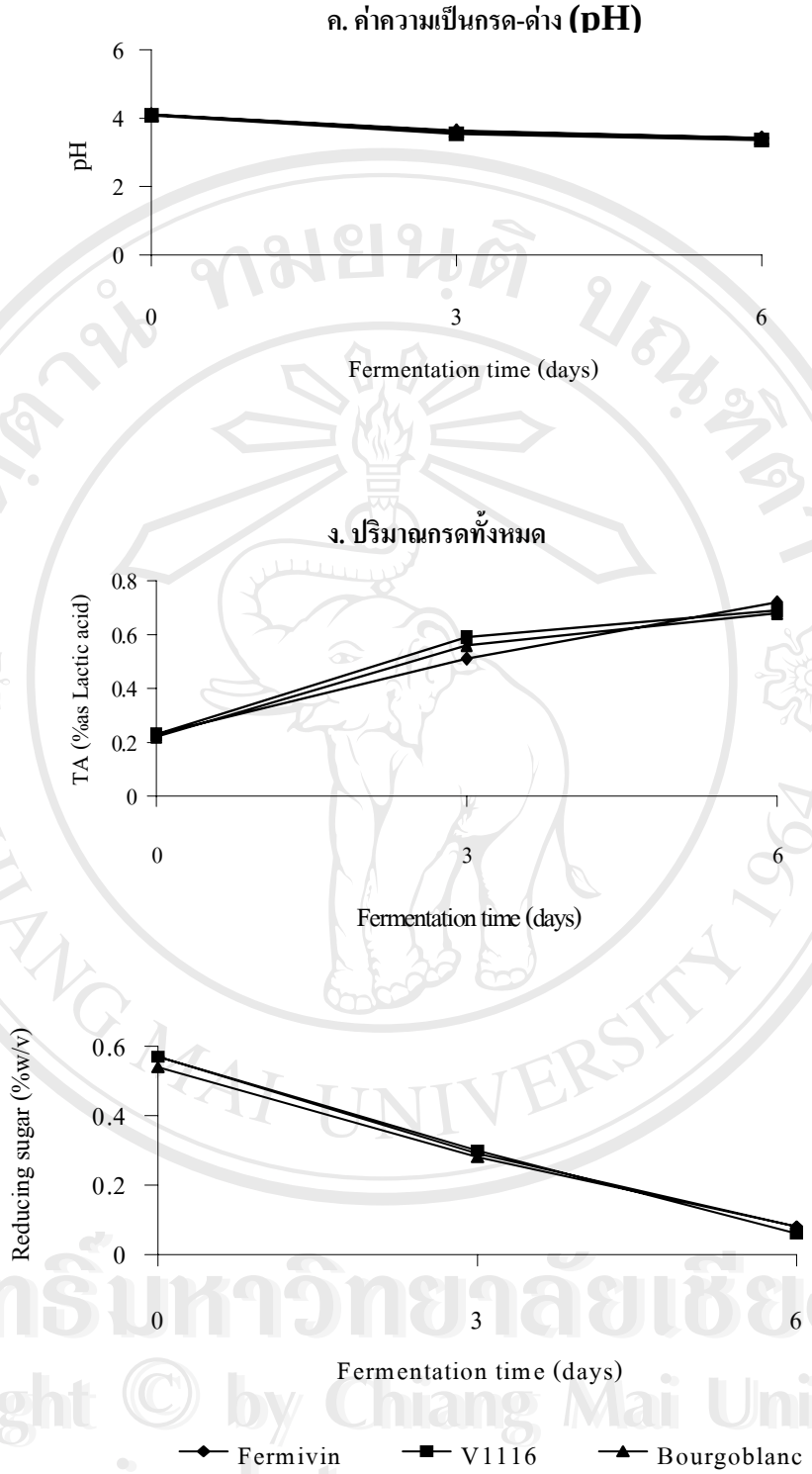


ข. ปริมาณแอลกอฮอล์ (Alc)



ภาพที่ 4.7 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.7 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน และชนิดเชื้อรา ที่ต่างกัน

เมื่อทำการหมักได้ 3 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง พบว่า เชื้อรา ทั้งสองชนิดทำการย่อยแป้งในเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มากกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.3) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า เมื่อทำการหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด พบว่าให้ปริมาณแอลกอฮอล์ ในช่วง 2.62-2.65% มากกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุด ซึ่งมีปริมาณในช่วง 0.56-0.74%

4.4.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน และชนิดเชื้อยีสต์ ที่ต่างกัน

เมื่อทำการหมักได้ 3 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง พบว่า เชื้อยีสต์ทั้งสามชนิดทำการย่อยแป้งในเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มากกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.3) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า การหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในช่วง 2.44-2.80% มากกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุด ซึ่งมีปริมาณในช่วง 0.64-0.80%

4.4.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากชนิดเชื้อรา และชนิดเชื้อยีสต์ที่ต่างกัน

เมื่อทำการหมักได้ 3 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.3) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 1.24-1.45%

4.4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน ชนิดเชื้อยีสต์ และชนิดเชื้อราที่ต่างกัน

เมื่อทำการหมักได้ 3 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง พบว่า การย่อยและหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มากกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.4) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า การใช้เชื้อราในการย่อยแป้งและใช้เชื้อยีสต์หมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรดให้เกิดแอลกอฮอล์ ให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 2.40-2.87% มากกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุดที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในช่วง 0.47-0.87% การที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อย อาจเนื่องจากเชื้อราย่อยแป้งให้ได้น้ำตาลเพื่อให้ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้อย และเชื้อราต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่ในงานวิจัยไม่ได้มีการเติมออกซิเจนในระหว่างการหมัก ทำให้เชื้อราสร้างเอนไซม์ไปย่อยแป้งได้น้อย สอดคล้องกับวิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล (2539) ที่กล่าวว่าราส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ได้จากปัจจัยร่วมของแหล่งข้าวโพดหวานและชนิดเชื้อรา แหล่งข้าวโพดและชนิดยีสต์ และชนิดยีสต์และชนิดเชื้อรา

กลุ่มปัจจัยร่วม	รายละเอียดปัจจัย		คุณภาพหลังสิ้นสุดการหมัก [1/]				
			ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ns	ปริมาณกรด (% as lactic acid) ns	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)
ปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งข้าวโพดหวานและชนิดเชื้อรา	*Aspergillus niger*	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	4.00 b ± 0.07	2.62 b ± 0.74	3.62 ± 0.07	0.46 ± 0.17	0.39 b ± 0.03
		ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	2.64 a ± 0.21	0.74 a ± 0.08	3.49 ± 0.07	0.48 ± 0.04	0.17 a ± 0.01
		ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	2.73 a ± 0.14	0.80 a ± 0.07	3.59 ± 0.05	0.42 ± 0.03	0.20 a ± 0.05
	Aspergillus oryzae	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	3.96 b ± 0.21	2.65 b ± 0.24	3.62 ± 0.07	0.44 ± 0.04	0.44 b ± 0.04
		ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	2.02 a ± 0.27	0.56 a ± 0.08	3.83 ± 0.04	0.33 ± 0.02	0.23 a ± 0.02
		ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	2.40 a ± 0.07	0.62 a ± 0.12	3.85 ± 0.06	0.38 ± 0.03	0.28 a ± 0.03
ปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งข้าวโพดหวานและชนิดยีสต์	Fermivin PDM	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	4.10 b ± 0.14	2.67 b ± 0.00	3.63 ± 0.07	0.39 ± 0.03	0.39 b ± 0.03
		ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	2.40 a ± 0.47	0.64 a ± 0.05	3.62 ± 0.35	0.55 ± 0.20	0.21 a ± 0.04
		ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	2.54 a ± 0.09	0.68 a ± 0.07	3.62 ± 0.27	0.58 ± 0.13	0.27 a ± 0.02
	V 1116	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	3.97 b ± 0.14	2.80 b ± 0.10	3.47 ± 0.11	0.63 ± 0.08	0.45 b ± 0.04
		ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	2.54 a ± 0.37	0.65 a ± 0.25	3.57 ± 0.33	0.59 ± 0.18	0.19 a ± 0.04
		ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	2.57 a ± 0.23	0.65 a ± 0.21	3.58 ± 0.34	0.55 ± 0.23	0.27 a ± 0.06
	Bourgoblanc	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	3.87 b ± 0.09	2.44 b ± 0.05	3.63 ± 0.02	0.57 ± 0.06	0.40 b ± 0.04
		ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	2.57 a ± 0.47	0.67 a ± 0.09	3.64 ± 0.24	0.56 ± 0.12	0.21 a ± 0.06
		ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	2.60 a ± 0.38	0.80 a ± 0.10	3.66 ± 0.35	0.56 ± 0.16	0.22 a ± 0.04
ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดยีสต์และชนิดเชื้อรา	*Aspergillus niger*	Fermivin PDM	2.91 ns ± 1.13	1.30 ns ± 1.19	3.79 ± 0.10	0.44 ± 0.05	0.31 ns ± 0.09
		V 1116	2.85 ns ± 0.89	1.28 ns ± 1.38	3.72 ± 0.15	0.47 ± 0.09	0.33 ns ± 0.14
		Bourgoblanc	2.62 ns ± 1.07	1.24 ns ± 1.00	3.79 ± 0.14	0.48 ± 0.05	0.31 ns ± 0.10
	Aspergillus oryzae	Fermivin PDM	3.11 ns ± 0.77	1.36 ns ± 1.14	3.46 ± 0.11	0.58 ± 0.18	0.27 ns ± 0.10
		V 1116	3.20 ns ± 0.75	1.45 ns ± 1.11	3.36 ± 0.03	0.70 ± 0.01	0.27 ns ± 0.13
		Bourgoblanc	3.07 ns ± 0.78	1.36 ns ± 0.97	3.50 ± 0.10	0.64 ± 0.03	0.24 ns ± 0.11

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละกลุ่มปัจจัยร่วม อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ได้จากปัจจัยร่วมของแหล่งข้าวโพดหวาน ชนิดเชื้อรา และชนิดยีสต์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำหมัก

ปัจจัยร่วม			คุณภาพหลังสิ้นสุดการหมัก ↓/				
ชนิดเชื้อรา	แหล่งข้าวโพด	ชนิดเชื้อยีสต์	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง [ns]	ปริมาณกรด (% as lactic acid)[ns]	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)
Aspergillus niger	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	Fermivin PDM	4.00 [b] ± 0.92	2.67 [b] ± 0.23	3.58 ± 0.26	0.47 ± 0.14	0.37 [b] ± 0.05
		V 1116	4.07 [b] ± 0.83	2.73 [b] ± 0.42	3.39 ± 0.07	0.69 ± 0.05	0.42 [b] ± 0.10
		Bourgoblanc	3.93 [b] ± 0.46	2.47 [b] ± 0.31	3.61 ± 0.08	0.61 ± 0.02	0.37 [b] ± 0.05
	ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	Fermivin PDM	2.73 [a] ± 0.31	0.67 [a] ± 0.23	3.37 ± 0.10	0.69 ± 0.08	0.18 [a] ± 0.04
		V 1116	2.80 [a] ± 0.35	0.83 [a] ± 0.15	3.34 ± 0.03	0.71 ± 0.02	0.16 [a] ± 0.03
		Bourgoblanc	2.40 [a] ± 0.53	0.73 [a] ± 0.12	3.47 ± 0.18	0.64 ± 0.07	0.16 [a] ± 0.03
	ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	Fermivin PDM	2.60 [a] ± 0.35	0.73 [a] ± 0.23	3.43 ± 0.06	0.67 ± 0.03	0.25 [a] ± 0.05
		V 1116	2.73 [a] ± 0.31	0.80 [a] ± 0.20	3.34 ± 0.02	0.71 ± 0.02	0.23 [a] ± 0.05
		Bourgoblanc	2.87 [a] ± 0.23	0.87 [a] ± 0.15	3.41 ± 0.05	0.67 ± 0.06	0.19 [a] ± 0.02
Aspergillus oryzae	เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด	Fermivin PDM	4.20 [b] ± 1.11	2.67 [b] ± 0.31	3.68 ± 0.04	0.41 ± 0.06	0.41 [b] ± 0.10
		V 1116	3.87 [b] ± 0.70	2.87 [b] ± 0.31	3.55 ± 0.05	0.57 ± 0.03	0.48 [b] ± 0.06
		Bourgoblanc	3.80 [b] ± 0.53	2.40 [b] ± 0.46	3.64 ± 0.07	0.53 ± 0.05	0.43 [b] ± 0.07
	ส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด	Fermivin PDM	2.37 [a] ± 0.42	0.60 [a] ± 0.10	3.87 ± 0.22	0.41 ± 0.03	0.23 [a] ± 0.06
		V 1116	2.27 [a] ± 0.70	0.47 [a] ± 0.06	3.80 ± 0.34	0.46 ± 0.15	0.21 [a] ± 0.10
		Bourgoblanc	2.23 [a] ± 0.58	0.60 [a] ± 0.10	3.81 ± 0.33	0.47 ± 0.17	0.25 [a] ± 0.08
	ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	Fermivin PDM	2.47 [a] ± 0.23	0.63 [a] ± 0.15	3.81 ± 0.16	0.49 ± 0.19	0.28 [a] ± 0.10
		V 1116	2.40 [a] ± 0.35	0.50 [a] ± 0.00	3.82 ± 0.24	0.39 ± 0.12	0.31 [a] ± 0.10
		Bourgoblanc	2.33 [a] ± 0.12	0.73 [a] ± 0.06	3.91 ± 0.23	0.44 ± 0.08	0.25 [a] ± 0.10

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

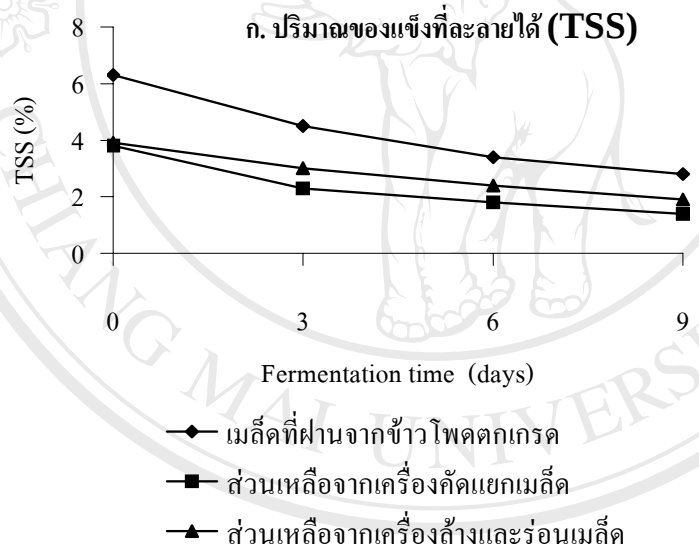
4.5 การนึ่งข้าวโพดหวานให้สุก และบดหยาบแล้วย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์บริสุทธิ์

หลังจากนึ่งส่วนเหลือข้าวโพดหวานในแต่ละจุด แล้วนำไปบดโดยเครื่องปั่น พบว่าไม่สามารถบดได้ละเอียด เนื่องจากไม่มีน้ำเป็นส่วนผสม จึงบดได้เพียงบดหยาบเท่านั้น เมื่อเติมน้ำและให้ความร้อนถึง 98°ซ แล้วเติมเอนไซม์ Termamyl SC วางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที เมื่ออุณหภูมิได้ 75°ซ เติมเอนไซม์ AMG 300 L ที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 4.0–6.0 วางไว้จนได้อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง เติมเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง ในระหว่างการหมัก พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆ ซึ่งเกิดจากเชื้อยีสต์ได้มีการนำเอาน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยแป้งโดยเอนไซม์มาผลิตแอลกอฮอล์ สอดคล้องกับรายงานของ Whistler and Bemiller (1999) ว่าเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดสสามารถย่อยแป้งให้น้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งยีสต์สามารถนำไปใช้ในขบวนการสร้างแอลกอฮอล์ ในทางกลับกันปริมาณกรดทั้งหมดได้เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงเมื่อทำการหมักได้ 6 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.82-3.49% จากนั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อสิ้นสุดการหมักในวันที่ 9 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.37-2.50% (ภาพที่ 4.8) การที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต่ำ เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดมีค่าอยู่ไม่สูง อีกทั้งอาจเกิดจากประสิทธิภาพในการย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยเอนไซม์ต่ำ ทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลต่ำ (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีค่าอยู่ในช่วง 3.87-6.27%) (ภาพที่ 4.8) จึงส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำด้วย การที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Klingspohn and others (1992) ที่ได้ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จากส่วนที่เหลือในกระบวนการผลิตแป้งมันฝรั่ง โดยใช้เอนไซม์เพื่อทำการย่อยส่วนที่เหลือให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และใช้เชื้อ *Pachysolen tannophilus* ในการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ พบว่าการย่อยส่วนที่เหลือได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จำนวนน้อย ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในระดับต่ำ การที่ประสิทธิภาพของเอนไซม์ต่ำ อาจเนื่องจากไม่มีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการย่อย และเวลาในการย่อยยังไม่เหมาะสม สอดคล้องกับ Thierry and Jean (1996) ที่ได้ศึกษากระบวนการผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งสาลีด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส และ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่าหลังเติมเอนไซม์ในขั้นตอน liquefaction ความหนืดของแป้งจะค่อยๆลดลง และค่าสมมูลเดกซ์โตรส (DE) จะค่อยๆเพิ่มขึ้นใน 2 ชั่วโมง และค่า DE จะเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านขั้นตอน saccharification เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากหมัก 6 วันปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดอะซิติค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวานที่ต่างกัน

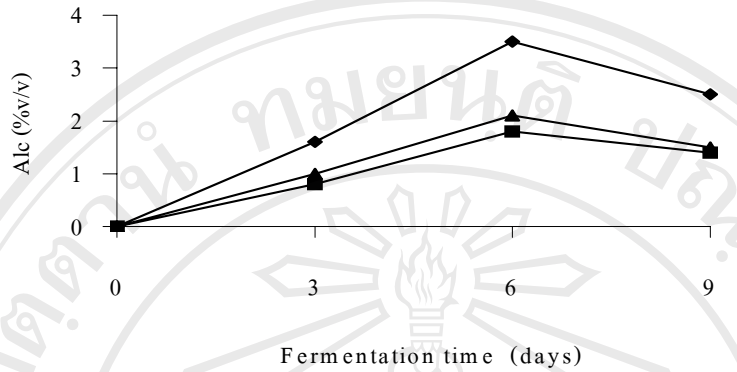
หลังการหมักได้ 6 วัน เมื่อนำน้ำหมักที่ได้ไปวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของการหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด มีค่าเท่ากับ 3.42 ± 0.33% 3.49 ± 0.24% และ 0.53 ± 0.18% ตามลำดับ มากกว่าส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด และส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด (ภาพที่ 4.8) (ตารางที่ ช.6) เนื่องจากเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าส่วนเหลือทั้งสองจุด ทำให้เอนไซม์สามารถย่อยให้ได้น้ำตาลมาก ส่งผลให้เชื้อยีสต์ใช้เพื่อเป็นอาหารและผลิตแอลกอฮอล์ได้มาก มีค่าสูงสุดถึง 3.49 ± 0.24% แต่เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดตกเกรดมีปริมาณอยู่ไม่สูง จึงได้ปริมาณน้ำตาลต่ำ ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จึงไม่มาก



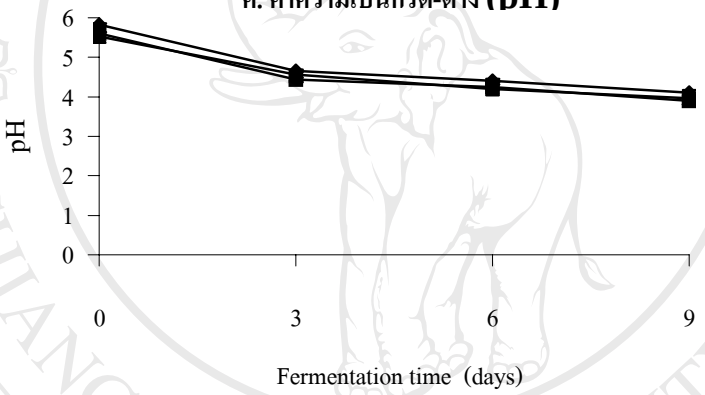
ภาพที่ 4.8 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

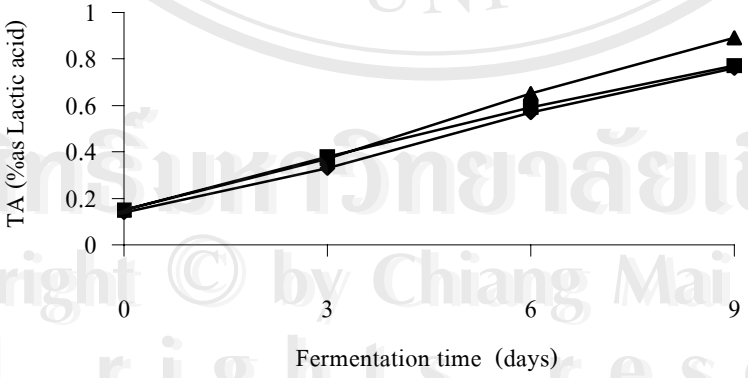
ข. ปริมาณแอลกอฮอล์ (Alc)



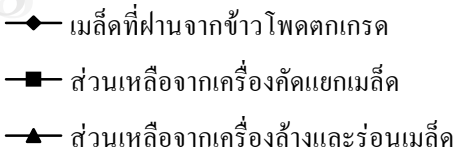
ค. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)



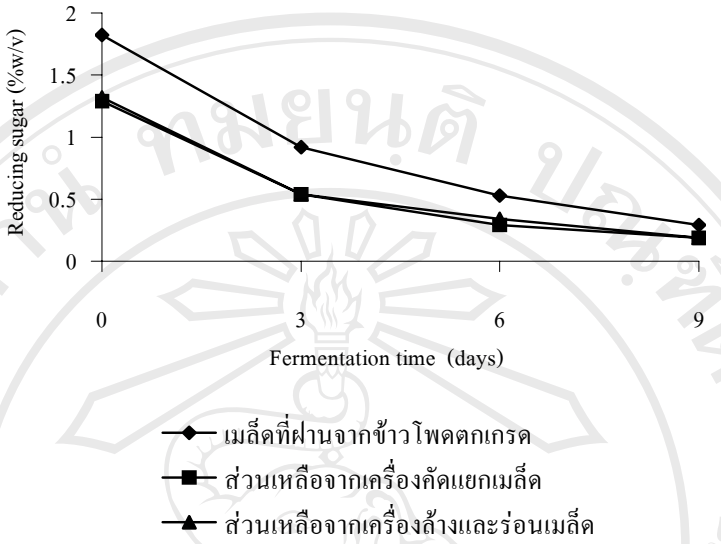
ง. ปริมาณกรดทั้งหมด (TA)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



จ. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing



ภาพที่ 4.8 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

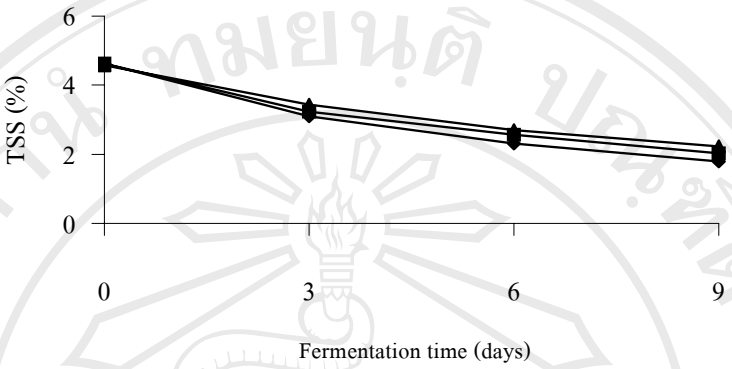
ภาพที่ 4.8 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

4.5.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากชนิดยีสต์ที่ต่างกัน

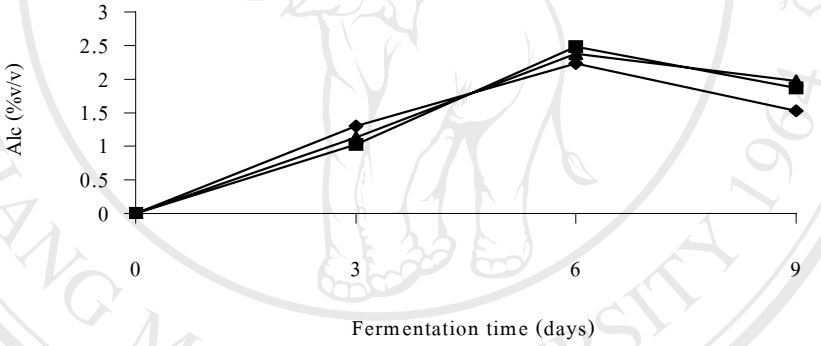
หลังการหมักได้ 6 วัน เมื่อนำน้ำหมักที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่ได้จากการหมักโดยเชื้อยีสต์ 3 ชนิดได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4.9) (ตารางที่ ช.7) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.31-2.56% 4.31-4.32 0.44-0.46% และ 0.29-0.43% ตามลำดับ โดยเชื้อยีสต์ Bourgoblanc ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดถึง 2.68 $\pm$ 0.75% มากกว่าเชื้อยีสต์อีก 2 ชนิดเล็กน้อย เกือบจะไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 2.23-2.68% ดังนั้นชนิดของยีสต์ไม่มีผลต่อการหมักเป็นแอลกอฮอล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

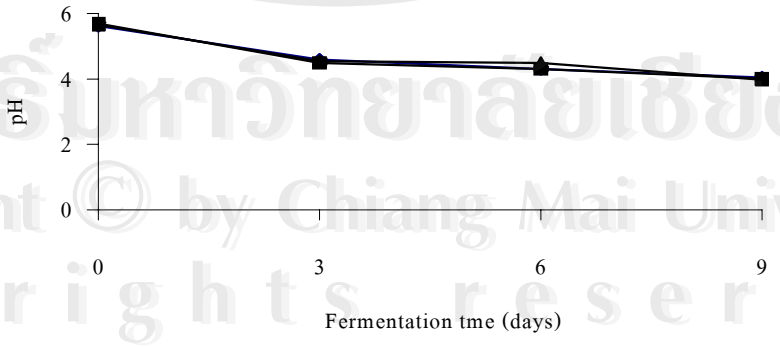
ก. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS)

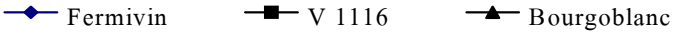


ข. ปริมาณแอลกอฮอล์ (Alc)



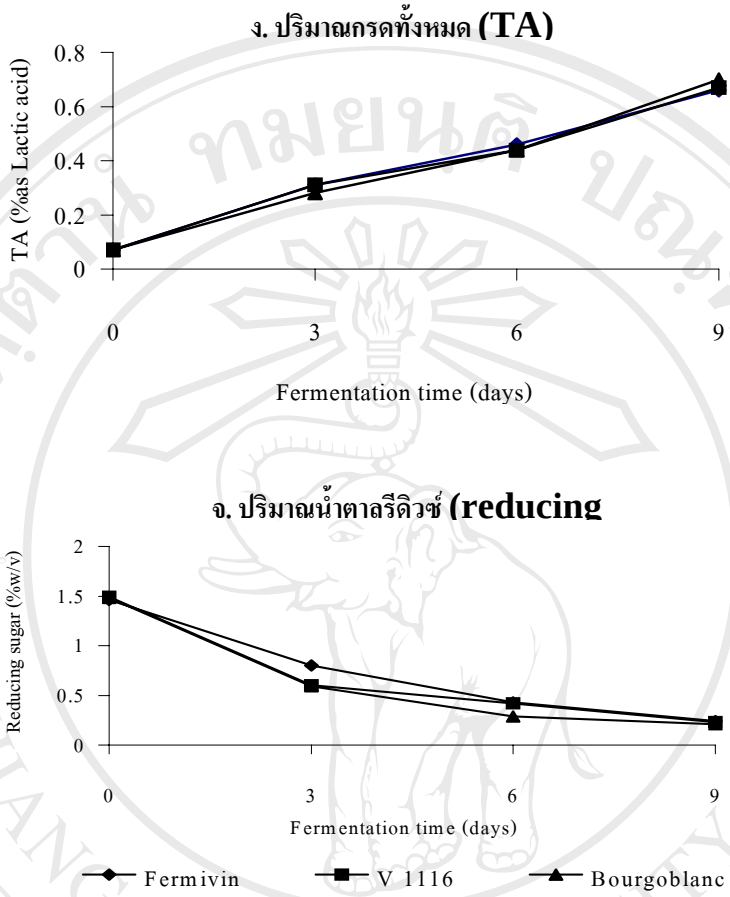
ค. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)





ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.9 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ



ภาพที่ 4.9 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ

4.5.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน และชนิดยีสต์ที่ต่างกัน

เมื่อทำการหมักได้ 6 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.60-3.73% 4.22-4.44 0.54-0.68% และ0.25-0.64% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) เมื่อพิจารณาในด้านปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า เมื่อทำการหมักย่อยและหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด พบว่า ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการหมักข้าวโพดหวานจากส่วนเหลือทั้งสองส่วน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้นั้นอยู่ในช่วง 3.23-3.70% แต่ปริมาณที่ได้มีไม่มาก อาจเกิดจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เอนไซม์ทำการย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ไม่หมด เนื่องจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการย่อยเอนไซม์ไม่เหมาะสม และการที่บดข้าวโพดหยาบทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสกับเอนไซม์มีน้อย ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้ไม่ดีเท่าที่ควร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของการย่อยแป้งโดยใช้เอนไซม์ และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์ทางการค้ากับข้าวโพดหวานต่อคุณภาพของน้ำหมักหลังหมักได้ 6 วัน

แหล่งข้าวโพดหวาน	สายพันธุ์ยีสต์ทางการค้า	คุณภาพหลังสิ้นสุดการหมัก [2/]				
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง [ns]	ปริมาณกรด (%as lactic acid)[ns]	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)
เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดปอกเปลือกที่ไม่ได้คุณภาพ	Fermivin PDM	3.07 [c] ± 0.95	3.23 [c] ± 0.25	4.31 ± 0.05	0.64 ± 0.07	0.64 [c] ± 0.21
	V 1116	3.73 [c] ± 0.70	3.70 [c] ± 0.53	4.34 ± 0.07	0.61 ± 0.14	0.62 [c] ± 0.18
	Bourgoblanc	3.47 [c] ± 0.31	3.53 [c] ± 0.47	4.29 ± 0.11	0.65 ± 0.15	0.52 [c] ± 0.04
ส่วนเหลือจากเครื่องล้างเมล็ด	Fermivin PDM	1.60 [a] ± 0.69	1.63 [ab] ± 0.35	4.24 ± 0.03	0.60 ± 0.12	0.31 [ab] ± 0.04
	V 1116	1.67 [a] ± 0.23	1.73 [ab] ± 0.12	4.26 ± 0.16	0.62 ± 0.05	0.25 [ab] ± 0.08
	Bourgoblanc	1.67 [a] ± 0.31	1.93 [ab] ± 0.12	4.24 ± 0.03	0.63 ± 0.22	0.27 [ab] ± 0.07
ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	Fermivin PDM	2.27 [b] ± 0.70	2.03 [ab] ± 0.21	4.29 ± 0.17	0.65 ± 0.18	0.35 [ab] ± 0.06
	V 1116	2.27 [b] ± 0.95	2.03 [ab] ± 0.15	4.22 ± 0.08	0.68 ± 0.23	0.38 [ab] ± 0.07
	Bourgoblanc	2.60 [b] ± 0.40	1.70 [ab] ± 0.17	4.32 ± 0.12	0.61 ± 0.22	0.28 [ab] ± 0.09

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 ผลของการบดข้าวโพดหวานให้ละเอียด และต้มให้สุกแล้วย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์บริสุทธิ์

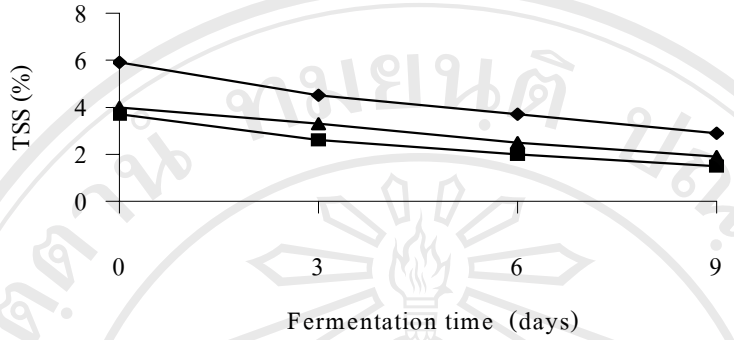
หลังจากเติมน้ำในส่วนเหลือข้าวโพดหวานแต่ละจุด แล้วนำไปบดโดยเครื่องปั่น ซึ่งสามารถบดได้ละเอียด เนื่องจากใช้น้ำที่เติมเข้าไปเป็นตัวช่วยการการบด ต้มส่วนเหลือข้าวโพดหวานจนอุณหภูมิสูงถึง 98°ซ เติมเอนไซม์ Termamyl SC วางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที เมื่ออุณหภูมิได้ 75°ซ เติมเอนไซม์ AMG 300 L วที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 4.0–6.0 วางไว้จนได้อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง เติมเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง ในระหว่างการหมักพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกับข้อ 4.5 คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆตามระยะการหมัก ปริมาณกรดทั้งหมดยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงเมื่อทำการหมักได้ 6 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.88-3.82% จากนั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อสิ้นสุดการหมักในวันที่ 9 มีค่าอยู่ในช่วง 1.50-3.33% (ภาพที่ 4.10)

4.6.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวานที่ต่างกัน

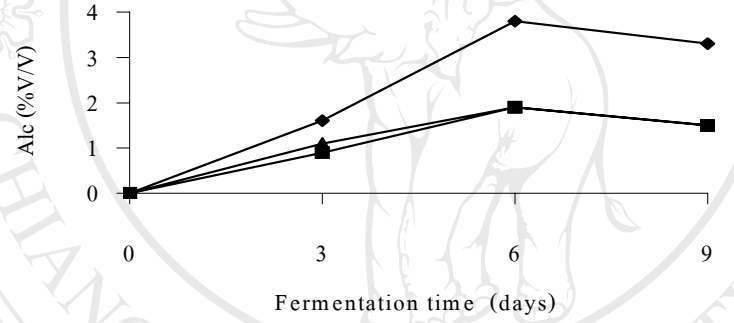
เมื่อทำการหมักได้ 6 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในการย่อยและหมักส่วนเหลือข้าวโพดหวาน มีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกับข้อ 4.5 คือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในการย่อยและหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรดมีค่ามากกว่าในส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด และส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด (ภาพที่ 4.10) (ตารางที่ ช.8) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้แม้จะมากที่สุดคือ 4.00 $\pm$ 0.20% แต่ยังได้ปริมาณที่ไม่มาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

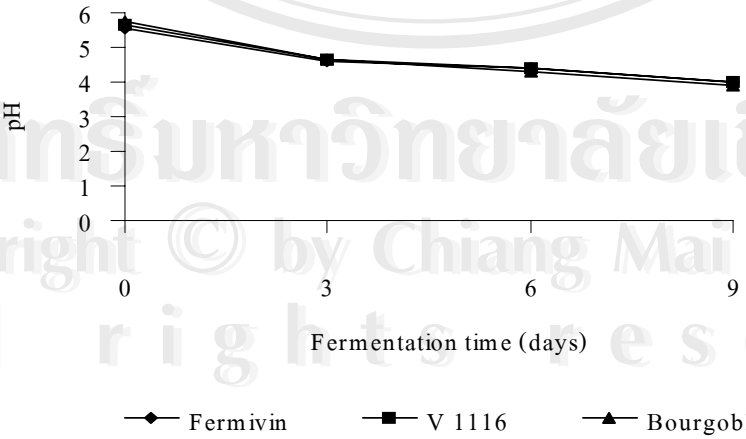
ก. ปริมาณของแข็งทั้งหมด



ข. ปริมาณแอลกอฮอล์ (Alc)

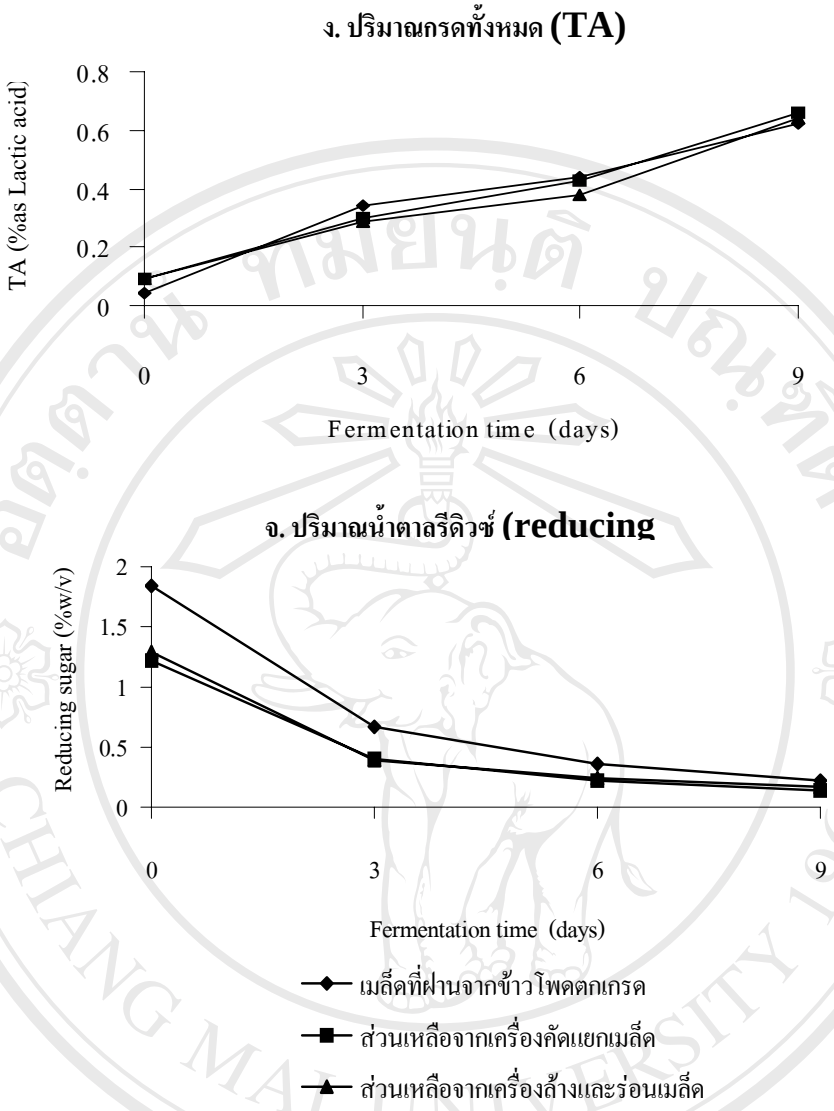


ค. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)



ภาพที่ 4.10 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

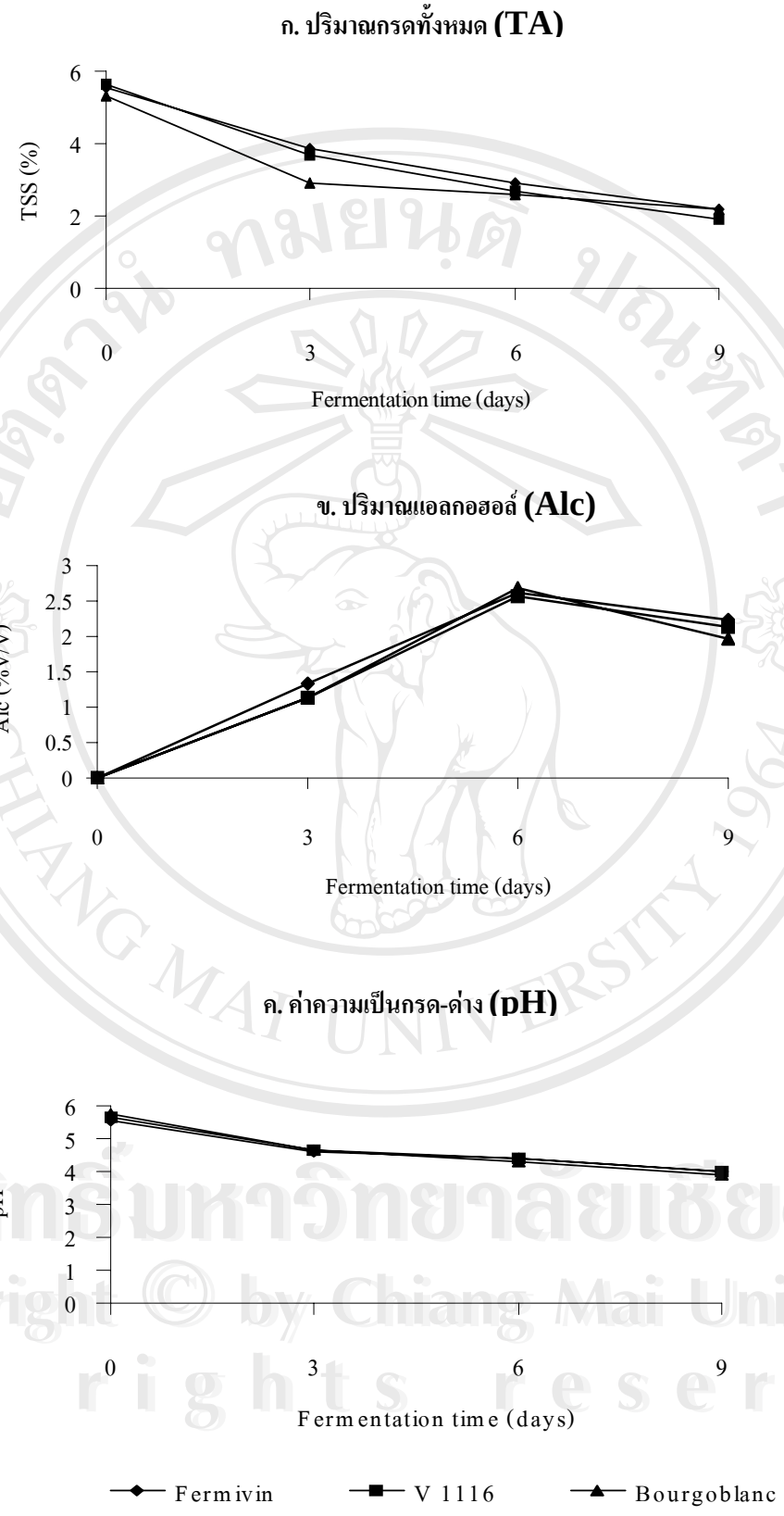


ภาพที่ 4.10 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้ส่วนเหลือของข้าวโพดหวานเป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

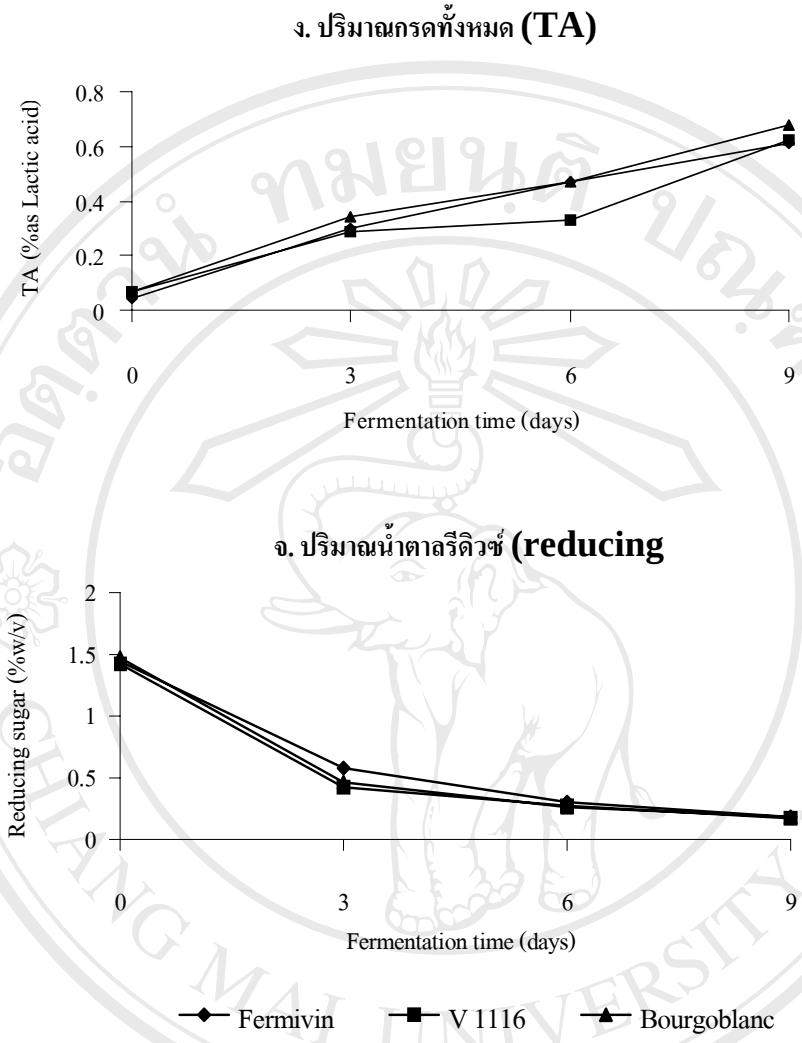
4.6.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากชนิดยีสต์ที่ต่างกัน

หลังการหมักได้ 6 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่ได้จากการหมักโดยเชื้อยีสต์สามชนิดค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 4.11) (ตารางที่ ช.9) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อยีสต์ทั้งสามชนิดให้ค่าอยู่ในช่วง 2.43-2.62% ดังนั้นชนิดของยีสต์ไม่มีผลต่อการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์



ภาพที่ 4.11 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.11 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ใช้เชื้อยีสต์เป็นวัตถุดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำหมักที่ผลิตจากส่วนเหลือข้าวโพดหวาน และชนิดยีสต์ที่ต่างกัน

เมื่อทำการหมักได้ 6 วัน ซึ่งเป็นวันที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดในทุกตัวอย่าง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 2.13-4.17% 4.27-4.54 0.57-0.70% และ 0.19-0.34% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) เมื่อทำการหมักย่อยและหมักเมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดตกเกรด พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการหมักข้าวโพดหวานจากส่วนเหลือจากเครื่องคัดแยกเมล็ด และส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 4.5 ถึงแม้ว่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้มีค่าสูงถึง $4.00 \pm 0.20\%$ แต่ปริมาณที่ได้ไม่มาก ถึงแม้ว่าในการวิจัยจะมีการบดข้าวโพดได้ละเอียด ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของเอนไซม์ ในการย่อยคาร์โบไฮเดรต ซึ่งทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลริดิวซ์มากขึ้นกว่าวิธีการข้อ 4.4 แต่คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดตกเกรดมีปริมาณไม่มาก ส่งผลให้น้ำตาลที่ได้ไม่มากพอ ที่จะทำให้เชื้อยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ได้มาก

4.7 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้ และการทดสอบชิม

หลังจากการศึกษาวิธีการที่มีศักยภาพมากที่สุด (ข้อ 4.2 4.3 4.4 4.5 และ 4.6) พบว่าการนำเมล็ดข้าวโพดหวานที่ได้จากข้าวโพดตกเกรดที่คัดออกโดยพนักงานผสมน้ำสะอาด 1 เท่าตัว บดละเอียด ต้มจนอุณหภูมิได้ 98°ซ แล้วเติมเอนไซม์ Termamyl SC 0.45 กรัมต่อข้าวโพดหวานบด 1 กิโลกรัม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่ออุณหภูมิได้ 75°ซ เติมเอนไซม์ AMG 300 L 0.46 กรัมต่อข้าวโพดหวานบด 1 กิโลกรัม ที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 4.0–6.0 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมหัวเชื้อยีสต์ผงสายพันธุ์ทางการค้า โดยใส่จำนวน 0.2 กรัมต่อข้าวโพดหวานบด 1 กิโลกรัม เป็นวิธีที่ให้แอลกอฮอล์สูงที่สุด จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการหมักให้ได้แอลกอฮอล์ เมื่อการหมักสิ้นสุดแล้วทำการกลั่น จากการตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากน้ำหมัก ได้ปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 51.86% เมื่อนำสุราขาวตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอล (methanol) และฟูเซลออยล์ (fusel oil) จากสถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวท-มช.) ได้ปริมาณเมธานอล 315.43 ± 20.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟูเซลออยล์ 1990.98 ± 16.63 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.7) ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรากลั่น ได้กำหนดให้ปริมาณเมธานอล (methanol) มีค่าไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟูเซลออยล์ (fusel oil) มีค่าไม่เกิน 2500 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2544)

เมื่อทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสุราขาวที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 35% โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน พบว่าคุณภาพด้านความหอมของกลิ่น ความฉุน รสชาติ ความขม และการยอมรับโดยรวม ได้รับการยอมรับในระดับที่ชอบมากปานกลาง (ตารางที่ 4.9)

สำหรับต้นทุนการผลิตสุรากลั่นที่ได้ พบว่าเมื่อคำนวณต่อปริมาณที่ขายตามท้องตลาดคือ 750 มิลลิลิตรพบว่าราคาอยู่ที่ 18.83 บาท สำหรับราคาที่ต่ำกว่าสุรากลั่นข้าวโพดที่ขายอยู่ตามท้องตลาด ซึ่งมีราคา 30-35 บาทต่อขวด เนื่องจากต้นทุนวัตถุดิบของส่วนเหลือมีราคาที่ต่ำมากคือ 0.10 บาทต่อกิโลกรัม แต่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ใช้ทำสุรากลั่นตามท้องตลาดมีราคาสูงถึง 3.40 บาทต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของการย่อยแป้งโดยใช้เอนไซม์ และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์ทางการค้ากับข้าวโพดหวานต่อคุณภาพของน้ำหมักหลังหมักได้ 6 วัน

แหล่งข้าวโพดหวาน	สายพันธุ์ยีสต์ทางการค้า	คุณภาพหลังสิ้นสุดการหมัก [1/]				
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%V/V)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}	ปริมาณกรด (%as lactic acid)^{ns}	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)
เมล็ดที่ฝานจากข้าวโพดปอกเปลือกที่ไม่ได้คุณภาพ	Fermivin PDM	4.07 ^{c} ± 0.42	4.00 ^{c} ± 0.20	4.54 ± 0.14	0.57 ± 0.32	0.31 ^{c} ± 0.04
	V 1116	4.17 ^{c} ± 0.42	3.80 ^{c} ± 0.20	4.42 ± 0.14	0.69 ± 0.18	0.34 ^{c} ± 0.06
	Bourgoblanc	4.32 ^{c} ± 0.07	3.67 ^{c} ± 0.31	4.32 ± 0.07	0.71 ± 0.04	0.34 ^{c} ± 0.08
ส่วนเหลือจากเครื่องล้างเมล็ด	Fermivin PDM	2.13 ^{a} ± 0.12	1.83 ^{ab} ± 0.21	4.31 ± 0.11	0.61 ± 0.17	0.19 ^{ab} ± 0.02
	V 1116	2.13 ^{a} ± 0.23	1.87 ^{ab} ± 0.15	4.37 ± 0.11	0.66 ± 0.17	0.25 ^{ab} ± 0.05
	Bourgoblanc	2.00 ^{a} ± 0.20	2.10 ^{ab} ± 0.20	4.27 ± 0.04	0.79 ± 0.06	0.22 ^{ab} ± 0.06
ส่วนเหลือจากเครื่องล้างและร่อนเมล็ด	Fermivin PDM	2.60 ^{b} ± 0.20	2.03 ^{ab} ± 0.21	4.30 ± 0.15	0.69 ± 0.10	0.30 ^{ab} ± 0.05
	V 1116	2.37 ^{b} ± 0.12	2.00 ^{ab} ± 0.17	4.35 ± 0.15	0.64 ± 0.18	0.22 ^{ab} ± 0.05
	Bourgoblanc	2.73 ^{b} ± 0.12	2.40 ^{ab} ± 0.17	4.33 ± 0.11	0.78 ± 0.06	0.21 ^{ab} ± 0.03

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
และ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 คุณภาพในการกลั่น คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสุราที่กลั่นได้

คุณภาพต่างๆ	ปริมาณที่ได้
คุณภาพในการกลั่น	
ผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ (%v/w)	1.12
ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้ (%)	51.86
ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จริง (%)	6.26
ประสิทธิภาพที่ได้จากการกลั่น	10.64
คุณภาพทางเคมี	
ปริมาณเมธานอล (มิลลิกรัม/ลิตร)	315.43 ± 20.26
ปริมาณฟูเซลออยล์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	1990.98 ± 16.63
คุณภาพทางประสาทสัมผัส	
ความหอมของกลิ่น	3.73 ± 0.88
ความฉุน	3.67 ± 0.82
รสชาติ	3.93 ± 0.70
ความขม	3.47 ± 1.13
การยอมรับโดยรวม	4.07 ± 0.70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved