บทที่ 2
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่น

เครื่องดื่มประเภทนี้ได้จากการกลั่นผลิตภัณฑ์หมักแอลกอฮอล์ เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่สูง สาระเหยที่ได้จากการกลั่นส่วนมากจะเป็น ethyl alcohol อาจมีประเภทอื่นๆ ปะปนมาด้วยก็ได้ เช่น methyl alcohol แต่มีส่วนน้อยจนไม่เกิดอันตราย นอกจากนี้ยังมีแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลสูงๆรวมมาด้วย เช่น ฟลูเซลออยล์ (fusel oil หรือ fusel alcohol) ทั้งหลาย โดยเฉพาะพวก propyl alcohol, butyl alcohol, amyl alcohol, hexyl alcohol เป็นต้น (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2536)

กรมสรรพสามิต (2547) ได้ให้ความหมายของสุราขาวไว้ว่า เป็นสุรากลั่นที่ปราศจากเครื่องย้อมหรือสิ่งสิ่งผสมปรุงแต่ง มีแรงแอลกอฮอล์ที่ต่ำกว่าแปดสิบดีกรี

เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่น แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2536) คือ

1. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่นที่ได้จากการย่อยแป้งโดยใช้เอนไซม์ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแป้ง เช่น การใช้มอลต์ ไรย์ ข้าวโพด ข้าวสาลี และข้าว เป็นต้น โดยหลักการเกิดจากการนำแป้งเหล่านี้มาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เช่น อะไมเลส หรือ กลูโคอะไมเลส เพื่อให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล แล้วจึงใช้ยีสต์ในการหมักต่อเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ และนำน้ำหมักมาทำการกลั่นได้แอลกอฮอล์ที่มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ตัวอย่างเครื่องดื่มชนิดนี้ ได้แก่ สก๊อตใช้วัตถุดิบพวกมอลต์ เบอร์เบิ้นใช้วัตถุดิบพวกข้าวโพด ไรย์และมอลต์ ว้อดก้าใช้วัตถุดิบพวกมันฝรั่ง

2. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่นที่ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นน้ำตาล เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่น ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เป็นน้ำตาลอยู่แล้ว เช่น องุ่น เบอร์รี่ เชอร์รี่ โมลาส เป็นต้น มาทำการหมักด้วยยีสต์ เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ แล้วจึงนำน้ำหมักดังกล่าวไปกลั่นให้ได้แอลกอฮอล์ที่มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นมา ตัวอย่างเครื่องดื่มชนิดนี้ ได้แก่ บรั่นดี วัตถุดิบ คือองุ่น รัม วัตถุดิบ คือโมลาส

3. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่นที่ได้จากการเติมกลิ่นรสและน้ำตาลลงไปในบรั่นดี เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่นที่ได้จากการนำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ที่มีความเข้มข้นสูงๆ อาจสูงถึง 90% มาผสมกับสารที่ให้กลิ่นรสชนิดต่างๆ และน้ำตาลไหม้ ซึ่งอาจจะผสมร่วมกับพวกบรั่นดีก็ได้ รวมทั้งบางชนิดจะมีการเติมเครื่องเทศบางชนิดลงไปด้วย ตัวอย่างเครื่องดื่มชนิดนี้ ได้แก่ ยินจะเติมพวก จูนิเปอร์เบอร์รี่, ครีม เดอโกโก้ จะเติมพวกโกโก้บีนและวานิลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 กระบวนการหมัก (Fermentation)

กระบวนการหมัก หมายถึงกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ ด้วยเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์ (ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล, 2547)

ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล (2547) ได้อธิบายขบวนการหมักว่ามีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ

1. Saccharification เป็นขบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลโดย เอนไซม์อะไมเลสที่ผลิตโดยเชื้อรา หรือได้จากการเติมเอนไซม์ลงไป ทำการการย่อยแป้งโดยตัดพันธะ ∝-1,4-glycocidic และเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ผลิตโดยเชื้อรา หรือได้จากการเติมเอนไซม์ลงไป ทำการการย่อยแป้งโดยตัดพันธะ ∝-1,6- glycocidic ได้น้ำตาลกลูโคส

2. Alcoholic fermentation เป็นขบวนการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในถังหมัก จึงเรียงลำดับจาก saccharification ของแป้งเป็นน้ำตาลเฟอร์เมนต์ชนิดต่างๆและกลูโคส กรดแลคติค และกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ฯลฯ โดยเอนไซม์อะไมเลสจากรา ตามด้วยยีสต์ที่จะเปลี่ยนน้ำตาลเฟอร์เมนต์และกลูโคส ให้เป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมๆกับการผลิตกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดซัคซินิค และ กรดมาลิค นอกจากนี้ยังพบกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดอื่นๆ เช่น โปรติเอสที่ย่อยสลายโปรตีนเป็นเปบไทด์และกรดอะมิโน ไลเปสที่เปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมันและกรีเซอรอล เกิดเป็นกลิ่นรสที่มีความซับซ้อน และยิ่งไปกว่านั้น สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นยังสามารถทำปฏิกิริยากันเองแล้วได้ สารอินทรีย์ชนิดใหม่ๆ ที่ช่วยเพิ่มความซับซ้อนที่เป็นความหอมเฉพาะตัว ได้แก่ กรดอะมิโนบางตัว เช่น ลิวซีนจะถูกยีสต์เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ประเภทไอโซแอลกอฮอล์ ซึ่งจะถูกเปลี่ยนต่อไป โดยอะซิทิลโคเอนไซม์เอ เป็นไอโซเอมิลอะซิเตด ซึ่งช่วยให้กลิ่นของสาโทดีขึ้น นอกจากนี้กรด ลิวซินิคที่เปลี่ยนมาจากกรดอะมิโนลิวซีน ยังเป็นสารตั้งต้นของสารเอสเทอร์ชนิดเอทิลลิวซิเนต ที่เป็นสารให้กลิ่นเฉพาะของสาเก เป็นต้น (ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล, 2547)

สมใจ ศิริโภค (2537) ได้รายงานว่า การหมักสามารถแบ่งตามความต้องการอากาศได้เป็น 2 ชนิดคือ

1) การหมักที่ต้องการอากาศ (aerobic fermentation) เช่น การหมักกรดอะซิติค และกรดซิตริค

2) การหมักที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic fermentation) เช่น การหมักอะซิโตน และบิวทานอล

การหมักแอลกอฮอล์โดยใช้เชื้อยีสต์เกิดในสภาพไร้อากาศ โดยทั่วไปเป็นการหมักน้ำตาลโดยใช้เชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* sp. ซึ่งแอลกอฮอล์จะถูกสร้างขึ้นมาโดยอาศัย Emmbden – Meyerhof – Pasnas Pathway โดยการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(สมใจ ศิริโภค, 2537) ตามทฤษฎี ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ 5.1% และ CO_2 48.9% ในทางปฏิบัติน้ำตาลเพียงประมาณ 95% ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นแอลกอฮอล์ นอกจากนั้นยีสต์ใช้สำหรับการเจริญ และเปลี่ยนเป็นผลพลอยได้อื่นๆ เช่น CO_2, acetaldehyde เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำตาลประมาณ 1% ในการสร้างเซลล์ยีสต์ (Margalit, 1996)

เจริญ เจริญชัย (2542) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ในการหมักสุรา พบว่ายีสต์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วง 2-3 วันแรก หลังจากนั้นการเจริญเติบโตจะช้าลงจนถึงช่วงที่ไม่เพิ่มจำนวน แต่ในช่วงนี้ก็ยังมีการเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์ขึ้นเรื่อยๆ และปริมาณน้ำตาลลดลง และมีการสร้างสารให้กลิ่นรสต่างๆในช่วงนี้ด้วย กำเนิด สุภัณวงศ์ (2534) ยังพบว่าในกระบวนการหมักจะมีผลพลอยได้ของการหมักเกิดขึ้น ได้แก่ กลีเซอรอล ประมาณ 2.5-3.0% เป็นผลพลอยได้ที่มีมากที่สุด กรดอินทรีย์ ประมาณ 0.02-0.05% กรดอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้ ได้แก่ succinic acid, acetic acid และ lactic acid สก๊อตวิสกี้มี palmitoleic acid ผลพลอยได้อีกชนิดคือ อัลดีไฮด์และคีโตน ประมาณ 0.01-0.04% ที่พบมากคือ acetaldehyde

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(ที่มา : Jacques and others, 1995)

ชรินทร์ เตชะพันธ์ (2546) ได้อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการหมัก ดังนี้

1. อุณหภูมิที่เหมาะสม 30°ซ ถ้าสูงถึง 38°ซ ทำให้เซลล์ตาย การหมักจะสิ้นสุดลง

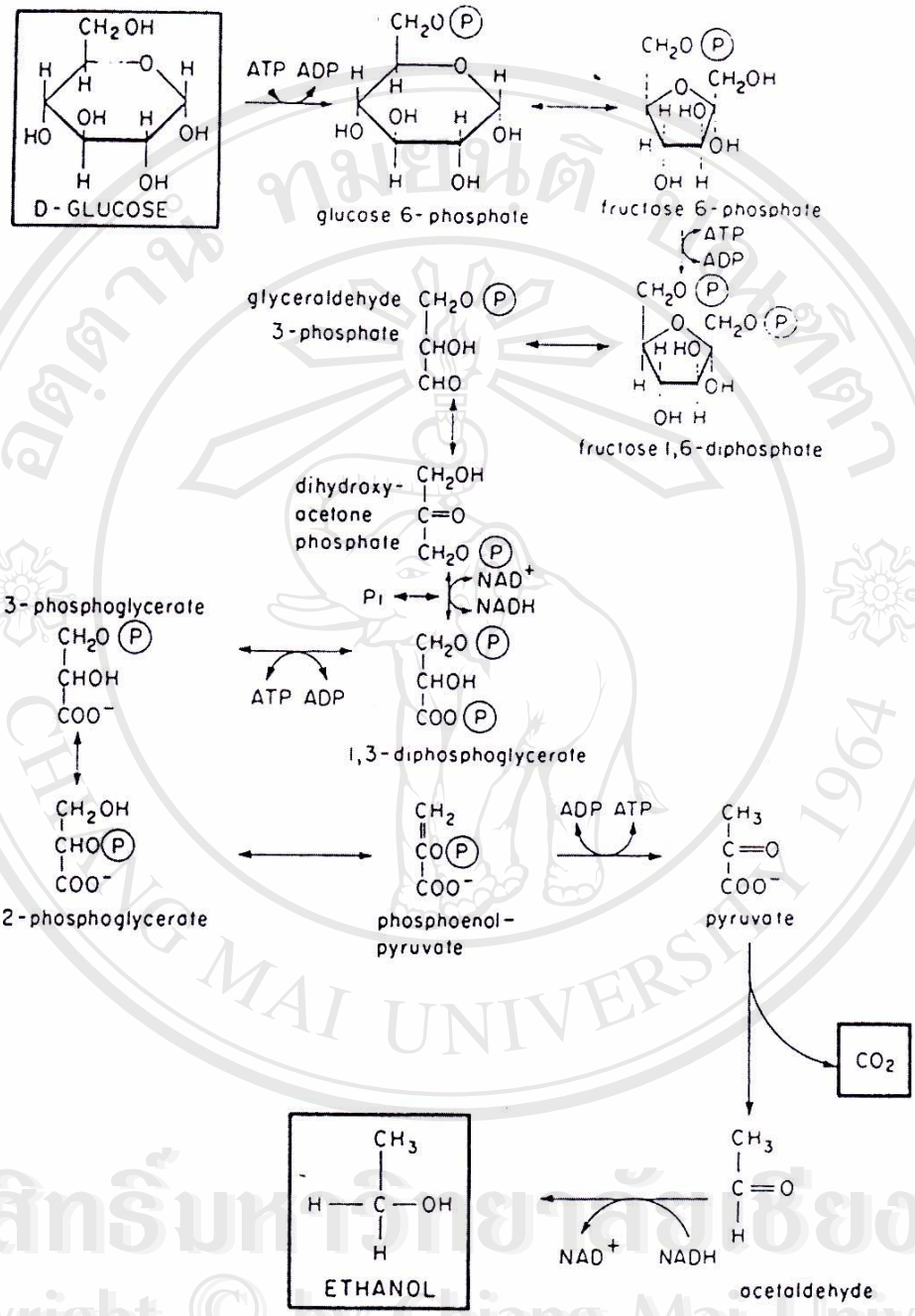
2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เชื้อยีสต์ *Saccharomyces* sp. สามารถเจริญเติบโต และการหมักที่ดีที่สุดช่วยลดการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียได้ดี

3. ความเข้มข้นของน้ำตาล เมื่อสูงกว่า 25% อัตราการหมักจะเกิดช้าลง หรือไม่เกิดขึ้น

4. ปริมาณเชื้อเริ่มต้น ประมาณ 5-10%

5. ปริมาณแร่ธาตุ และสารอาหารอื่นๆ เช่น nitrogen ยีสต์มี N เป็นส่วนประกอบประมาณ 10% (w/w) โดยทั่วไปสามารถใช้แอมโมเนียมอิออนเป็นแหล่ง N-source ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.1 Emmbden – Meyerhof – Pasnas Pathway

(ที่มา : Jarque and others, 1995)

นัยทัศน์ ภู่ศรันย์ (2542) ได้แบ่ง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ ได้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. วัตถุดิบที่ให้ความหวาน เช่น น้ำตาล น้ำอ้อย และกากน้ำตาล เป็นต้น ที่นิยมใช้กันมากคือ กากน้ำตาล ซึ่งอาจได้มาจากอ้อยหรือจากหัวบีทก็ได้ และกากน้ำตาลแบ่งได้เป็น 2 ชนิดตามคุณภาพ คือ blackstrap กับ refiner and high test molasses ซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 30-33% และ 78% ตามลำดับ

2. วัตถุดิบประเภทแป้ง ซึ่งมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่สูง สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานของยีสต์ได้ แต่ต้องผ่านการย่อยเป็นน้ำตาลเสียก่อน โดยอาจใช้กรดหรือเอนไซม์ก็ได้ ซึ่งในวัตถุดิบในกลุ่มนี้แบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

1) ธัญพืชที่เก็บอาหารไว้ในหัวหรือราก ที่นิยมใช้ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวบาเล่ย์ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์ ข้าวฟ่าง และข้าว

- ข้าวโพดมีแป้งเป็นองค์ประกอบ 60-68% ขั้นแรกต้องทำข้าวโพดให้เกิด gelatinization เสียก่อน และอาจลดความหนืดลงได้โดยใช้ HCL หรือใช้ amylolytic enzyme ที่ได้จากรา หรือมอลต์ ถ้าหากใช้มอลต์เวิร์ต จะใช้ 10-15%

- ข้าวบาเล่ย์ มีแป้งอยู่ 55-65% ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำหมักในรูปของธัญพืชก็ได้ หรือใช้ในรูปของมอลต์ซึ่งมี amylolytic activity ก็ได้ พบว่า มอลต์ในสภาพที่ผ่านความร้อนมาแล้วจะสูญเสียประสิทธิภาพในการย่อยแป้งไปประมาณ 15% เมื่อเทียบกับมอลต์สด

2) พืชที่เก็บแป้งไว้ในหัวและราก ที่นำมาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ ได้แก่ มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง

- มันฝรั่ง มีแป้ง 10-25% โดยนึ่งมันฝรั่งในหม้อความดัน 2-3 atm นาน 15 นาที แล้วจึงเติม มอลต์ลงไป 2-3% ควบคุมอุณหภูมิ mash ที่ 55°ซ

- มันสำปะหลัง มีแป้งประมาณ 25% และน้ำตาลอื่นๆประมาณ 5% ใช้ mold bran ที่ได้จากเชื้อรา *Aspergillus* ย่อยแป้ง

3) วัตถุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ และ wast sulfite liquor น้ำตาลที่ได้จากการย่อยไม้มีอยู่ประมาณ 65-88% ประกอบด้วย กลูโคส ฟรุ๊คโตส แมนโนส กาแลคโตส ไซโลส และอะราบิโนส สำหรับไม้เนื้ออ่อนสามารถย่อยได้น้ำตาลเฮกโซสมาก และสามารถหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ได้เลย

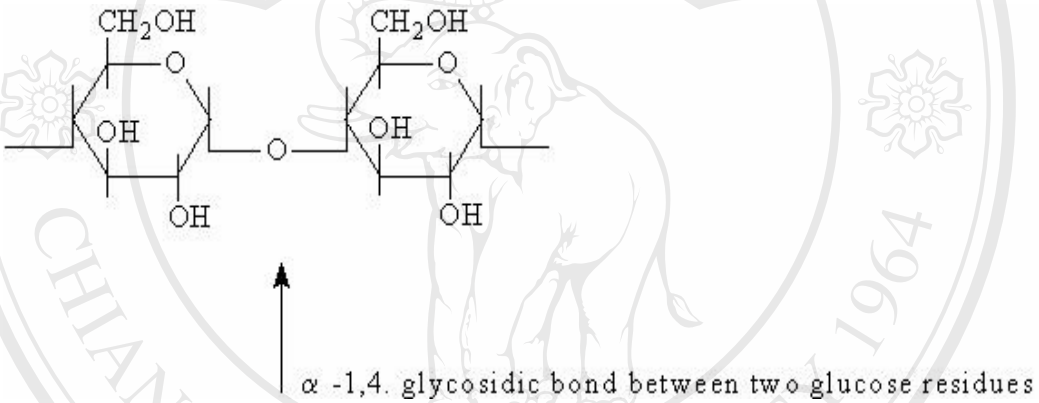
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 สมบัติและโครงสร้างของแป้ง

ในเม็ดแป้ง (granule) โครงสร้างของแป้งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ อัลฟาอะไมโลส (∝-amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin)

2.3.1. อัลฟาอะไมโลส (∝-amylose)

ประกอบด้วยหน่วยของกลูโคส (glucose) หลายหน่วยต่อกันด้วยพันธะ ∝-1,4–ไกลโคซิดิค (∝-1,4-glycosidic bond) มีลักษณะเป็นเส้นตรง ขนาดของอัลฟาอะไมโลส (∝- amylose) แตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่มาของแป้ง โดยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 2,000–500,000 ดาลตัน (Godon, 1994; Whistler and Bemiller, 1999)

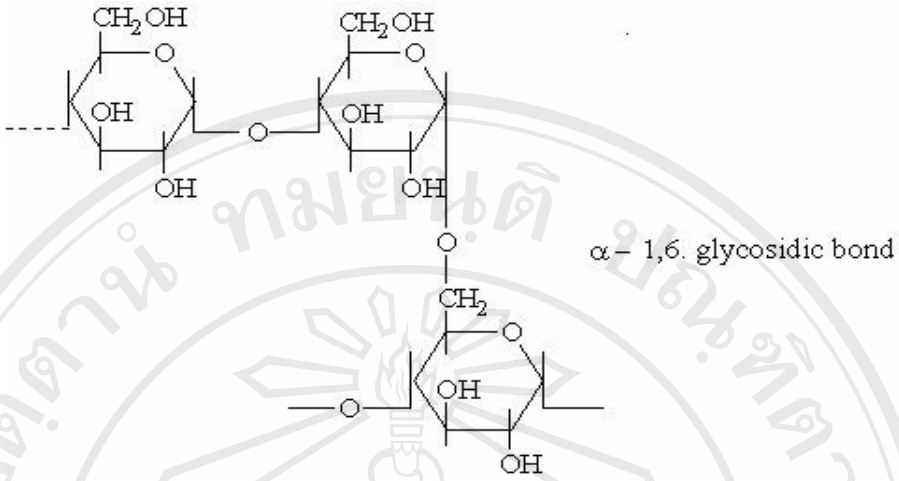


ภาพที่ 2.2 การจัดเรียงตัวกันของอะไมโลส
(ที่มา : Mangiapane and Griffin, 1999)

2.3.2 อะไมโลเพคติน (amylopectin)

เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่โมเลกุลเป็นกลูโคสต่อกันแบบแขนง (branch) โดยจะประกอบด้วยอะไมโลสสายสั้นๆ (18–25 หน่วยกลูโคส) ∝-1,6–glycocidic เมื่ออะไมโลเพคตินละลายน้ำจะให้คอลลอยด์ (colloidal solution) ซึ่งสามารถให้สีม่วงแดงกับไอโอดีนได้ น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลเพคตินไม่แน่นอนอาจจะมีค่าเท่ากับ 50,000–1,000,000 ดาลตัน (Godon, 1994; Whistler and Bemiller, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 การจัดเรียงตัวกันของอะไมโลเพคติน
(ที่มา : Mangiapane and Griffin, 1999)

2.4 เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส หรือกลูโคอะไมเลส (amyloglucosidase)

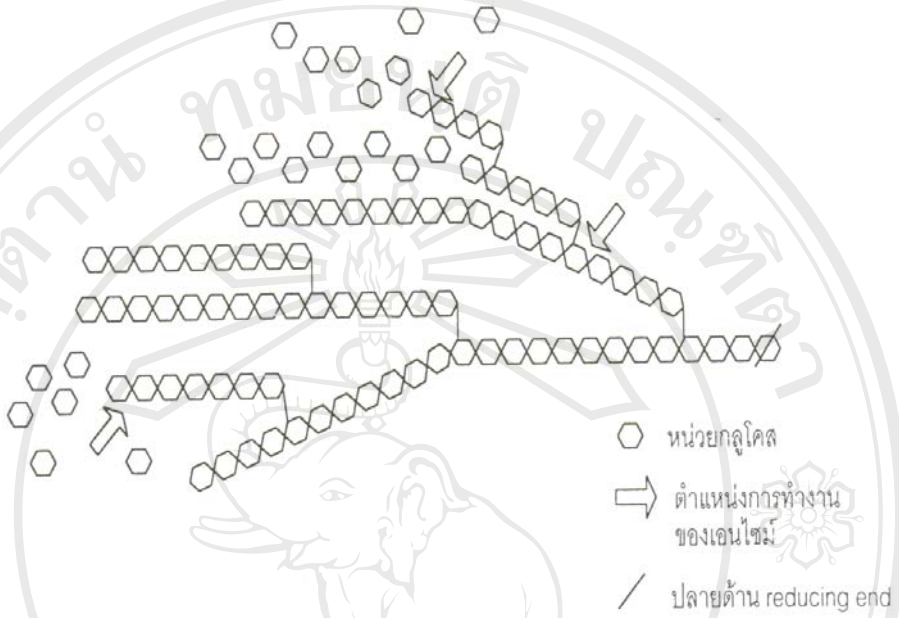
2.4.1 สมบัติต่างๆของเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส

เป็นเอนไซม์ที่พบได้ในเนื้อเยื่อสัตว์ เช่น ตับของกระต่าย วัว เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบเอนไซม์นี้ในเชื้อรา เช่น *Aspergillus niger, Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus* sp. ซึ่งเอนไซม์ที่ต่างกันจะมีสมบัติต่างๆกัน เช่น น้ำหนักโมเลกุล pH อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานและเสถียรภาพที่ต่างกัน เช่น เอนไซม์ที่ได้จาก *A. niger* ซึ่งทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5–5.0 และ อุณหภูมิมากกว่า 60°ซ สำหรับเอนไซม์ที่ได้จาก *A. oryzae* มี ทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 และ อุณหภูมิมากกว่า 40°ซ (Godon, 1994; Whistler and Bemiller, 1999)

2.4.2 การทำงานของเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส

เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดสสามารถย่อยแป้งได้โดยเริ่มจากปลายที่ไม่ใช่น้ำตาลรีดิวซ์ (non-reducing sugar end) เอนไซม์นี้สามารถย่อยได้ทั้งพันธะ ∝–1,4 ∝–1,6 ∝–1,3-glycocidic (ภาพที่ 2.4) ซึ่งอัตราเร็วในการย่อยนั้นเอ็นไซม์นี้สามารถย่อยพันธะ ∝–1,4 เร็วกว่า ∝–1,6 และ ∝–1,3 นอกจากนี้อัตราเร็วในการทำงานของเอนไซม์ยังขึ้นอยู่กับขนาด และโครงสร้างของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งโดยเอนไซม์อะไมโลกลูซิเดส คือน้ำตาลกลูโคส และมอลโตสเพียงเล็กน้อย ซึ่งเอนไซม์นี้สามารถที่จะย่อยแป้งได้อย่างสมบูรณ์ คือกลูโคสเพียงอย่างเดียว (Godon, 1994; Whistler and Bemiller, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.4 การทำงานของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส
(ที่มา : Bruinenberg, 1996)

2.5 เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (∝-amylase)

2.5.1 สมบัติต่างๆของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสส่วนใหญ่ประกอบด้วย 2 โพลีเปปไทด์ (polypeptide) เชื่อมกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (disulphile bond) ส่วนของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสจะมีโครงสร้างเป็นสาขา (branch structure) (Godon, 1994; Whistler and Bemiller, 1999)

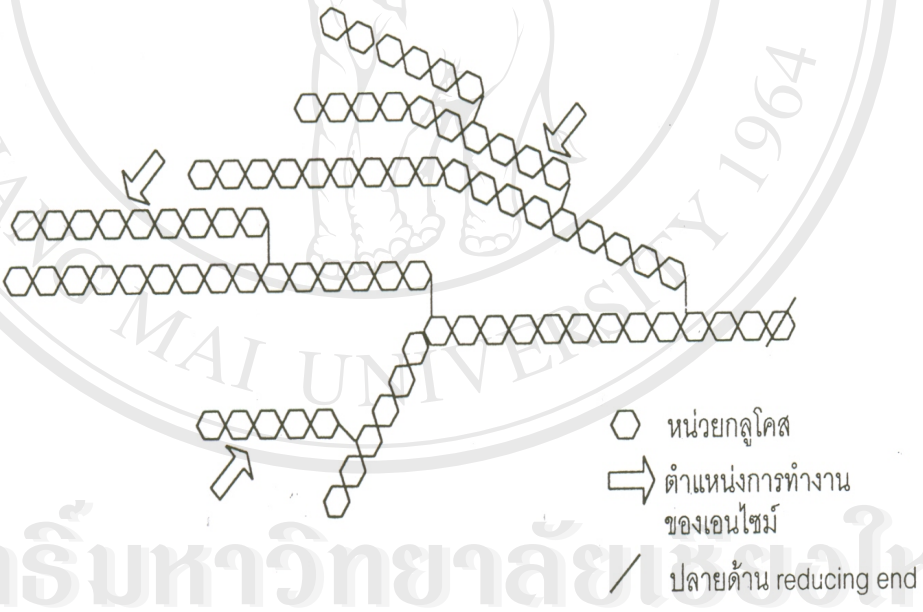
เอนไซม์นี้เป็นเอนไซม์ที่มีการนำมาทำเป็นเอนไซม์บริสุทธิ์ มีความเสถียรที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-9.0 และที่อุณหภูมิ 115°ซ ในทางอุตสาหกรรมจะใช้เอนไซม์ที่ได้จากเชื้อรา เช่น *Aspergillus niger, Aspergillus oryzae* และแบคทีเรีย เมื่อใช้เอนไซม์อะไมเลสย่อยสารละลายแป้งจะทำให้ความหนืด และความสามารถในการย้อมติดสีไอโอดีนลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากยังสามารถสกัดได้จากสัตว์ และพืช ซึ่งมีการนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ในอุตสาหกรรมกระดาษและอาหาร เอนไซม์ที่สกัดจากแบคทีเรีย เช่น *Bacillus* sp. จะทนความร้อนจึงมีการนำไปใช้ใน liquefaction process ในขบวนการย่อยแป้งที่อุณหภูมิมากกว่า 90°ซ คือ ทำที่ 100°ซ เป็นเวลา 3–7 นาที ก่อนที่จะลดอุณหภูมิมาที่ 65°ซ และปล่อยให้ย่อยต่อ 1–3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่สกัดจากเชื้อรา เช่น *A.oryzae* ต่างกับเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่สกัดได้จากเชื้อแบคทีเรีย คือไม่ค่อยทนความร้อน.(heat–sensitive) จึงไม่ค่อยนิยมใช้ในขบวนการ liquefaction (Whistler and Bemiller, 1999)

2.5.2 การทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอนไซม์อะไมโลสสามารถย่อยแป้งหรือสารตั้งต้นอื่นๆได้โดยไม่จำเพาะเจาะจง และสามารถย่อยภายในโมเลกุลของสารตั้งต้นได้ (endo-enzyme) เอนไซม์นี้จะทำการย่อยด้วยเอนไซม์ ∝–1,4–glycocidic ระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสที่จับอยู่เท่านั้น ไม่สามารถตัดพันธะ ∝-1,6-glycocidic ได้ลักษณะการทำงานเป็นการสุ่มตัดภายใน (ภาพที่ 2.5) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์นี้คือ กลูโคส มอลโตส และลิมิตเดกซ์ตริน (limit dextrin) (Godon, 1994 ; Whistler and Bemiller, 1999)



ภาพที่ 2.5 การทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส
(ที่มา : Bruinenberg, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการผลิตเอนไซม์บริสุทธิ์ในอุตสาหกรรมที่นำมาใช้ในการย่อยสลายสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ให้กลายเป็นน้ำตาล เช่น กลูโคส เพื่อใช้ในการผลิตกลูโคสไซรัป เป็นต้น เอนไซม์ได้มาจาก 3 แหล่งใหญ่ๆ คือ จากพืช เช่น ข้าว ข้าวบาเลย์ จากสัตว์ เช่น เอนไซม์พวก pancreatic emzyme และจากจุลินทรีย์ มี อะไมเลส กลูโคอะไมเลส ไลเปส เป็นต้น แบคทีเรียที่นิยมใช้ เช่น *Bacillus subtilis* ใช้ในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส โปรตีเอส เชื้อราที่นิยมใช้ เช่น *A. oryzae, Rhizopus delemar, Mucor rouxii* ใช้ผลิตเอนไซม์อะไมเลส *A. niger* ใช้ผลิตเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส ยีสต์ที่นิยมใช้ เช่น *Saccharomyses cerevisiae* ใช้ผลิตเอนไซม์อินเวอร์สเตส (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2536; นฤดม บุญ-หลง และจินตนา อุปดิสสกุล, 2547; Benen, 2004)

สำหรับเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการผลิต ปรับปรุงขั้นตอนการผลิตให้ดีขึ้น ปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ เช่น เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ใช้เอนไซม์อะไมเลสเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลสำหรับหมักเรียกว่า liquor adjunct และเพื่อแยกแป้งออกจากสารละลายจะช่วยลดความขุ่นและความหนืดจากแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ใส นอกจากนี้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ยังมีการใช้เอนไซม์เซลลูเลสเพื่อย่อยสลายเซลลูโลสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กสำหรับหมักแอลกอฮอล์ เป็นต้น (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2543; Benen, 2004)

วราทิพย์ สุรวัฒนวิเศษ (2540) ได้ทำการศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จากกลูโคสไซรัปที่ได้จากการย่อยแป้ง มันสัมปะหลัง โดยกระบวนการหมัก โดยการย่อยแป้งมันสัมปะหลังที่ความเข้มข้น 10 20 30 และ 40% ด้วยเอนไซม์ Termamyl และ AMG พบว่า การย่อยแป้งมันสัมปะหลังความเข้มข้น 40% ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดเท่ากับ 364.5 มก./มล. และเมื่อนำมาหมักด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cereviae* CTPSC พบว่าให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดเท่ากับ 1.71%

Yook and Robyt (2002) ได้ทำการทดลองใช้ ∝–amylase ที่ได้จากเชื้อ *Bacillus amyloliquefaciens* และ กลูโคอะไมเลส ที่ได้จากเชื้อ *Rhizopus niveus* ทำการย่อยแป้งข้าวโพดที่ละลายในน้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่าได้ปริมาณ maltodextrins 71-84%

Klingspohn and others (1992) ได้ศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์จากส่วนที่เหลือในกระบวนการผลิตแป้งมันฝรั่ง โดยใช้เอนไซม์เพื่อทำการย่อยส่วนที่เหลือให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และใช้เชื้อ *Pachysolen tannophilus* ในการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ พบว่าการย่อยส่วนที่เหลือได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จำนวนน้อย มีผลให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ในระดับต่ำเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พิรุณ วิเชียรศิริกุล (2533) ได้ทำการศึกษาการย่อยแป้งมันสำปะหลังพบว่า เมื่อใช้เอนไซม์ผสมที่มีปริมาณเอนไซม์ ∝-amylase 0.18 กรัม เอนไซม์กลูโคอะไมเลส 4.2 กรัมต่อแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม มีอัตราการย่อยสูงที่สุด สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณกลูโคอะไมเลสสูงขึ้น

2.6 ลูกแป้ง

ลูกแป้ง คือกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เป็นในรูปเชื้อแห้งเพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในแถบเอเชีย โดยลูกแป้งที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้าวหมากและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน เช่น มันสำปะหลังหวาน (tape ketala) ของ อินโดนีเซีย เครื่องดื่มประเภทมึนเมา เช่น กระแช่ สาโท อุ และน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทแป้ง เช่น ธัญพืชหรือพืชหัว (นภา โล่ห์ทอง, 2535) ในประเทศไทยการผลิตสุราขาวโดยวิธีพื้นเมืองใช้ลูกแป้งเป็นตัวเชื้อหรือสตาร์ทเตอร์ (starter) ไพโรจน์ วิริยจารี (2536) ได้แบ่งลูกแป้งได้ 2 ประเภทคือ ลูกแป้งข้าวหมากสำหรับทำข้าวหมาก และลูกแป้งสุรา ลูกแป้งทั้ง 2 ชนิดมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่ส่วนประกอบของเครื่องเทศและชนิดจุลินทรีย์ในลูกแป้ง

นภา โล่ห์ทอง (2535); แสงไทย เค้าภูไทย (2545); ปราณี เกียรติสุระยานนท์ (2544) ได้อธิบายว่าองค์ประกอบหลักของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตลูกแป้ง ได้แก่

1. แป้งที่ใช้ในการทำสุรากลั่นนั้น มีทั้งแป้งข้าวจ้าว และแป้งข้าวเหนียว โดยนภา โล่ห์ทอง (2535) ได้พบว่าการใช้แป้งข้าวจ้าวล้วนๆ จะมีคุณภาพดีกว่าการผลิตลูกแป้งจากแป้งข้าวเหนียว หรือแป้งข้าวจ้าวผสมแป้งข้าวเหนียว

2. สมุนไพร เป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลิตลูกแป้ง โดยเป็นส่วนสำคัญที่ใช้คัดเลือกจุลินทรีย์ ที่เราต้องการให้สามารถเจริญแข่งกับเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆที่ไม่ต้องการ โดยธรรมชาติสูตรสมุนไพรแตกต่างกันไปตามประเทศและแหล่งผลิต ในประเทศอินโดนีเซีย และประเทศฟิลิปปินส์มีสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อื่นที่ไม่ต้องการส่วนใหญ่เป็น ขิง ข่า กระเทียม พริกไทย และพริกชี้ฟ้าแห้งเป็นหลัก ในส่วนของประเทศไทย สูตรแป้งข้าวหมาก และลูกแป้งเหล้าไทยจะมีกระเทียม พริกไทย ขิง ข่า ชะเอม และดีปลี เป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้การเลือกใช้ชนิดของสมุนไพรก็มีผลต่อคุณภาพ และการเจริญของจุลินทรีย์ในลูกแป้ง และมีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้สุรามีรสเปลี่ยนหรือเสีย คุณภาพของสมุนไพรและปริมาณของสมุนไพรที่ใช้ก็มีส่วนเช่นกัน หากใช้สมุนไพรแห้งจะต้องแน่ใจว่าสมุนไพรนั้นแห้งสนิท และปราศจากเชื้อรา หากใช้สมุนไพรสด จะต้องมีการคัดเลือกตัดเอาส่วนที่เน่าเสียออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากขั้นตอนการใส่สมุนไพร ในการผลิตลูกแป้งนั้น มีจุดประสงค์เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ที่ปนเปื้อนเข้ามา ซึ่งจะทำให้สุราเสีย หรือเปลี่ยนรสชาติ ไม่ให้เติบโตขณะหมัก และยอมให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการเจริญเติบโต ความสด หรือความใหม่ของสมุนไพรจึงมีส่วนสำคัญ เพราะสารออกฤทธิ์ในสมุนไพรส่วนใหญ่เป็นสารระเหย การเก็บสมุนไพรไว้นาน จะทำให้สารระเหยเหล่านี้ลดลง เมื่อสมุนไพรได้บดละเอียดจนเป็นผง สารระเหยจะลดลงอย่างรวดเร็วด้วย อย่างไรก็ตามข้อมูลของฤทธิ์ทางยาในการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ ยังไม่ค่อนมีการวิจัยกันมากนัก สำหรับแป้งที่ใช้นั้นจะช่วยรักษาสภาพเซลล์เชื้อรา และยีสต์ได้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถเก็บรักษาลูกแป้งได้นานหลายเดือนไม่เสีย

แสงไทย เค้าภูไทย (2545) ได้แบ่งเชื้อแป้งหมักออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. ชนิดที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลแต่เพียงอย่างเดียว (saccharification) ลูกแป้งประเภทนี้ได้แก่ ลูกแป้งหวานหรือลูกแป้งข้าวหมาก เชื้อที่ได้จากลูกแป้งประเภทนี้ คือ *Mucor* sp. มีหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ที่เรียกว่าน้ำต้อยในข้าวหมาก น้ำตาลจากแป้งนี้ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลมอลโตส หวานจัดมีรสออกซ่าเล็กน้อย เนื่องจากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะที่เกิดการหมัก ซึ่งข้าวหมักชนิดนี้สามารถเปลี่ยนเป็นเหล้าที่มีดีกรีสูงได้ โดยการใช้แป้งเชื้อที่ย่อยน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ กรรมวิธีการทำคือ นำแป้งข้าวหมากมาบดให้ละเอียด ร่อนหลายครั้งผสมกับเครื่องเทศทั้งหมดที่บดละเอียดและร่อนหลายครั้งเช่นกัน ทำการแบ่งส่วนผสมนี้เอาไว้บางส่วนสำหรับโรยบนก้อนแป้งขณะผึ่งให้แห้ง นำแป้งที่ผสมเครื่องเทศส่วนใหญ่ที่แบ่งไว้ ผสมน้ำสุกเพื่อปั้นเป็นลูกแป้งหมาดๆ จากนั้นนำไปวางบนใบตอง หรือแกลบที่เกลี่ยบนกระด้ง จากนั้นนำเอาส่วนผสมที่แบ่งเอาไว้มาโรยบนลูกแป้งจนหมด เอากระด้งอีกใบหนึ่งมาครอบกระด้งที่วางลูกแป้งใช้ผ้าโปร่งหรือกระสอบป่านคลุมทับอีกที เพื่อป้องกันฝุ่นผง สิ่งสกปรกอื่นๆ ทิ้งไว้ 36-72 ชั่วโมงหรือจนปุยขาวละเอียดแผ่ขยายไปทั่วลูกแป้ง ให้เปิดกระสอบหรือกระด้งแล้วนำไปผึ่งลม 1-2 ชั่วโมงก่อนนำไปตากแดด

2. ชนิดที่ทำหน้าที่ 2 อย่าง ลูกแป้งชนิดนี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลแล้วเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ หรือที่คนเรียกกันว่า แป้งเหล้า *Rhizopus* sp. ทำให้เกิดส่าหรือเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyses cerevisiae* ลูกแป้งชนิดนี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมสุรา

3. ชนิดที่เปลี่ยนแต่น้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ลูกแป้งชนิดนี้ไม่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์ได้ ลูกแป้งชนิดนี้จะทำให้มีขนาดใหญ่มากกว่าลูกแป้งชนิดอื่นๆ ลูกแป้งนี้ใช้ในการหมักสุรากลั่นได้โดยตรง โดยใช้กากน้ำตาลหรือโมลาสเป็นวัตถุดิบในการหมัก กรรมวิธีการทำ คือ นำเอาวัตถุดิบและเครื่องเทศทั้งหมดมาบดให้ละเอียด ร่อนหลายๆครั้ง ทำการแบ่งส่วนผสมนี้เอาไว้บางส่วนสำหรับโรยบนก้อนแป้งขณะผึ่งให้แห้ง นำแป้งที่ผสมเครื่องเทศส่วนใหญ่ที่แบ่งไว้ ผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำสุกเพื่อปั้นเป็นลูกแป้งหมาดๆ จากนั้นนำไปวางบนใบตอง หรือแกลบที่เกลี่ยบนกระด้ง จากนั้นนำเอาส่วนผสมที่แบ่งเอาไว้มาโรยบนลูกแป้งจนหมด เอากระด้งอีกใบหนึ่งมาครอบกระด้งที่วางลูกแป้ง ใช้ผ้าโปร่งหรือกระสอบป่านคลุมทับอีกที เพื่อป้องกันฝุ่นผง สิ่งสกปรกอื่นๆ นำกระด้งตั้งทิ้งไว้ในที่มีลมโกรกประมาณ 3-7 วัน หรือจนปุยขาวละเอียดเกิดขึ้นไปทั่วลูกแป้ง ให้เปิดกระสอบหรือกระด้งแล้วนำไปตากแดด 1 วัน นำเอาลูกแป้งที่ได้ไปเก็บไว้ในขวดโหลแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด แต่ถ้าหากเก็บลูกแป้งในตู้เย็นจะต้องเอาออกมาตั้งทิ้งไว้ ให้อุณหภูมิลูกแป้งเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงจะทำให้ยีสต์ปรับตัวและทำงานได้ตามปกติ

ในการผลิตลูกแป้งเป็นการเพาะเชื้อในสภาวะเปิดซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่ปลอดเชื้อ ดังนั้นในการผลิตควรลดปริมาณ ป้องกันการปนเปื้อนและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึง

1. การคัดเลือกวัตถุดิบ จะต้องสะอาดไม่เน่าเสีย ถ้าวัตถุดิบเป็นแบบชนิดแห้ง จะต้องแห้งสนิทเพื่อมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ต้องการน้อยที่สุด

2. ต้องมีการรักษาความสะอาดทุกขั้นตอนของการผลิต

3. ต้องมีการควบคุมความชื้นให้เหมาะสมกับเชื้อผสมที่ต้องการให้เจริญ

4. การใช้สมุนไพรต้องใช้อย่างถูกต้อง ถูกสัดส่วน ปริมาณถูกต้อง และต้องไม่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการในลูกแป้ง บัญญัติ สุขศรีงาม (2527) ได้รายงานปริมาณการใช้และผลการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในเครื่องเทศสมุนไพรไว้หลายชนิด เช่นกานพลู ปริมาณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียแลคติค และราหลายชนิดให้ได้ผลนั้นจะต้องใช้ถึงร้อยละ 30 เป็นต้น

ลูกแป้งเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ผสม (mixed culture) ที่มีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย โดยมากจะเป็นเชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้งสุรา ที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ เชื้อราซึ่งทำหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล อีกชนิดหนึ่งคือยีสต์ เชื้อยีสต์จะทำการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ถึงแม้ว่ากรรมวิธีการผลิตลูกแป้งจะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้โดยสิ้นเชิง แต่หากกระทำการระมัดระวังในการผลิตลูกแป้งจะมีเชื้อจุลินทรีย์ไม่กี่สกุล (genus) ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ในปริมาณสูง (นภา โล่ห์ทอง, 2535; ปราณี เกียรติสุระยานนท์, 2544)

สำหรับเชื้อราในลูกแป้งส่วนใหญ่จะพบ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* sp. โดยมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของลูกแป้ง เชื้อหลักในลูกแป้งข้าวหมากได้แก่ *A. rouxii*, *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Hyalodeudron* sp. เป็นต้น ส่วนลูกแป้งสุราจะพบ *A. rouxii*, *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. เป็นต้น โดยเชื้อหลักในลูกแป้งสุราคือ *Rhizopus* sp. และ *A. rouxii* นอกจากนี้ยังพบเชื้อราอื่นๆต่างชนิดกัน โดยขึ้นอยู่กับแหล่งที่ผลิตลูกแป้ง เช่นลูกแป้งสุราจากอินเดีย ซึ่งเชื้อราส่วนใหญ่เป็น *Mucor* sp. (นภา โล่ห์ทอง, 2535; แสงไทย เค้าภูไทย, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลูกแป้งข้าวหมาก และลูกแป้งสุรายังตรวจสอบพบเชื้อ *Lactobacillus* sp. บางท้องถิ่นยังตรวจพบเชื้อน้ำส้มสายชู เช่น *Acetobacter* sp. และ *Gluconobacter* sp. สำหรับเชื้อ *Bacillus* sp. ยังเป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่พบในลูกแป้ง เนื่องจากปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เช่นแป้งสมุนไพร แต่ถ้าหากส่วนผสมของสมุนไพรเหมาะสมจะลดจุลินทรีย์นี้ได้มาก โดยพบว่าสมุนไพรบางชนิด เช่น ขิง ชะเอม อบเชย ดอกจันทน์ และลูกจันทน์ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นภา โล่ห์ทอง, 2535; แสงไทย เค้าภูไทย, 2545)

พุทธรินทร์ วรรณิสร (2527) ได้ศึกษาผลของเครื่องเทศที่มีต่อเชื้อในลูกแป้งข้าวหมาก พบว่า กานพลู 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทุกชนิด รองลงมาคือ พริกไทย ดีปลี และอบเชย ส่วนผลของกระเทียม ขิง ชะเอม เจตมูลเพลิง ดอกจันทร์ และลูกจันทร์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ และชนิดของเชื้อรา กระวาน ตะไคร้ และข่า ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา เชื้อ *Amylomyces* sp. และ *Mucor* sp. จะไวต่อการถูกยับยั้งมากที่สุด การพลู เจตมูลเพลิง และอบเชย มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งเชื้อยีสต์ สำหรับ *Acetobacter* sp. ถูกยับยั้งการเจริญโดยกานพลู และอบเชย

ในลูกแป้งสุราจะพบเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae, Endomycopsis* sp., *Torula indica, Hansenula anomala, H. subpelliculose,H. malanga, Candida guilliermondii, C. humicola, C. istermedia, C. japonics* และ *C. pelliculosa.* โดยลูกแป้งสุราจะพบ *S. cerevisiae* ในปริมาณที่มากกว่า *Endomycopsis* sp. สำหรับเชื้อ *Candida* sp. และ *Torulopsis* sp. จะพบในลูกแป้งเฉพาะแหล่ง (นภา โล่ห์ทอง, 2535; แสงไทย เค้าภูไทย, 2545)

ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล (2547) รายงานว่าลักษณะที่ดีของลูกแป้ง มีดังนี้

1. จากการสังเกตด้วยตา

1.1) มีน้ำหนักเบา ฟู มีโพรงอากาศข้างใน แสดงถึงกิจกรรมสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดีของยีสต์

1.2) มีกลิ่นหอม แสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องเทศยังแรงอยู่

1.3) เมื่อบีบดู จะเห็นเส้นใยของรากระจายตัวดีเกาะกับผงแป้งป่น แสดงถึงปริมาณราเริ่มต้นที่เหมาะสม

1.4) ชิมดูมีรสหวาน แสดงถึงประสิทธิภาพในการสร้างน้ำตาลของรา

1.5) ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว แสดงว่าไม่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียเริ่มต้น

1.6) มีสีขาวนวลเป็นสีเดียวกันทั้งลูก ไม่มีสีดำ หรือเขียวปะปน แสดงว่าไม่เกิดการปนเปื้อนของราชนิดอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. จากการทดสอบการหมักข้าวเหนียว

2.1) หมักให้น้ำต้อย (น้ำเชื่อมข้าว) มากและเร็ว

2.2) หมักแล้วให้กลิ่นหอม

2.3) หมักได้แอลกอฮอล์สูง

2.4) สภาวะการหมักไม่เกิดการปนเปื้อนง่าย

สุภมาส ไข่คำ (2544) ได้ทดลองหมักและผลิตสุรากลั่น โดยใช้ลูกแป้งสุรา 3 ชนิดคือ ลูกแป้งสุราจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ หมักข้าวเหนียว 3 พันธุ์ คือ กข6 กข10 และสันป่าตอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพันธุ์ข้าวและลูกแป้งในการหมักสุราด้วยกรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้าน ที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ และข้าวเหนียวสันป่าตอง เหมาะสมสำหรับการหมักด้วยกรรมวิธีนี้ เพราะมีการใช้น้ำตาลจากน้ำหมักมากที่สุด ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณกรดทั้งหมดเกิดขึ้นในการน้ำหมักน้อยที่สุด และพบว่า ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ ทำให้น้ำหมักมีปริมาณกรดน้อยที่สุดเท่ากับ 0.38-0.67%

Lue (1980) ได้ศึกษาลูกแป้งของอินโดนีเซียที่เรียกว่า raji ซึ่งทำจากแป้งข้าวและน้ำตาลอ้อย และมีการเติมเชื้อ *Alpinia galanga* แล้วจึงตากด้วยแสงแดด และบดละเอียด นำมาเติมน้ำที่คั้นจาก citrus limonellus หลังจากนั้น 3 วัน รินน้ำที่มีอยู่ทิ้งและนำไปตากแห้งบนฟางข้าว พบว่าใน raji มีเชื้อยีสต์ *Monillia javanica* และ *Sacharomyces cerevisiae* เชื้อราที่พบคือ *Rhizopus oryzae*

2.7 ยีสต์

บทบาทของยีสต์ต่ออุตสาหกรรมการหมักนั้นเป็นที่รู้จักกันมานาน โดยนำมาใช้ในการหมักไวน์ เบียร์ ผลิตภัณฑ์จำพวกขนมปังต่างๆ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) โดยชนิดของยีสต์ที่ผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า baker's yeast ส่วนยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์ เรียกว่า brewer's yeast นอกจากนี้ยีสต์ที่ใช้เป็นอาหาร เรียกว่า food yeast เป็นต้น กัลยา ปรีชานุกูล (2547) ได้กล่าวไว้ว่าประโยชน์ของยีสต์ที่สำคัญที่สุดคือ การหมักเอทิลแอลกอฮอล์จากวัตถุดิบพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นกระบวนการประยุกต์ใช้ใน การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ เบียร์ สุรา และไวน์ ทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และอุตสาหกรรมในครัวเรือน และมีแนวโน้มว่าจะมีการนำเชื้อยีสต์บริสุทธิ์มาใช้กันมากขึ้นเรื่อยๆ

ชนิดของยีสต์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการหมักอยู่ใน Class Ascomycetes โดย Genus ที่สำคัญคือ *Saccharomyces* ซึ่งหมักน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลอื่นๆได้แอลกอฮอล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) ซึ่ง Genus *Saccharomyces* เซลล์ของเชื้อจะมีรูปร่างกลม (spheroidal) รูปทรงแบนอย่างไข่ (ellipsoidal) ทรงกระบอก (cylindrical) หรือทรงยาว (elongate) สืบพันธุ์ด้วยการแตกหน่อแบบ multilateral budding อาจมีการสร้าง pseudomuselium แต่ไม่มีการสร้าง true mycelium (เป็นเส้นใยซึ่งมีลักษณะคล้ายเส้นใยของเชื้อราหรือเป็นเส้นใยที่ไม่ได้เกิดขึ้นมาจากการแตกหน่อ) สปีชีส์ที่ใช้มากที่สุดคือ *Saccharomyces cerevisiae* ยีสต์สายพันธุ์นี้ถูกใช้เป็น bread yeast (ยีสต์ขนมปัง) และ brewer's yeast (ยีสต์ทำเบียร์) ตามปกติใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ไวน์ เอนไซม์ อินเวอร์สเตส กลีเซอรอล และแอลกอฮอล์ ยีสต์สายพันธุ์นี้ ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการหมัก คือ bottom yeast ซึ่งจะยังอยู่ใต้ผิวหน้าของน้ำหมักในระหว่างการหมัก และเมื่อการหมักสิ้นสุดจะตกตะกอนอยู่ก้นถังหมัก ส่วน top yeast นั้นจะเจริญเป็นฟองที่ลอยเป็นฝ้าอยู่ที่ผิว (frothy scum) ของน้ำหมักในระหว่างการหมัก แต่เมื่อการหมักลดลงก็จะตกลงก้นถังเช่นกัน แต่ในขบวนการหมักของยีสต์ จะต้องมีสภาพที่เหมาะสมต่อการหมักของยีสต์ จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการเช่นกัน

Frazier and Westhoff, 1988 ได้อธิบายคุณสมบัติสำคัญของสายพันธุ์ *Saccharomyces* ที่ใช้ในการใช้ผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

1. ความสามารถในการหมักแอลกอฮอล์จากน้ำตาล ทั้งนี้ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบสายพันธุ์ *Saccharomyces* ในระหว่างกระบวนการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และของเหลว เพราะว่าสภาวะที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน นอกจากจะอยู่ภายใต้สภาวะเดียวกันในการทดลองอย่างแท้จริง
2. ความทนทานต่อเอธานอล
3. ความสามารถในการสร้างสารประกอบกลิ่นรสที่เป็นที่ต้องการ
4. เป็นสายพันธุ์ที่มีความคงตัวและปรับตัวได้ดี
5. ความสามารถในการผลิตฟองที่อ่อนนุ่ม ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ต้องการฟอง เช่น เบียร์ แต่ในการผลิตสุรากลั่น คุณสมบัติข้อนี้ไม่เป็นที่ต้องการ
6. การพัฒนาสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่สำคัญต่อยีสต์ในการหมักแอลกอฮอล์ (ชรินทร์ เตชะพันธ์, 2546) ได้แก่

1.ธาตุอาหาร เกลือแร่ และวิตามิน อาหารที่ยีสต์ใช้ได้ดีคือน้ำตาล โดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคสและฟรักโตส ส่วนโพลิแซคคาไรด์ที่ยีสต์บางชนิดใช้ได้ดีคือ แป้ง ธาตุอาหารหลักของยีสต์คือ คาร์บอนซึ่งได้จากน้ำตาล ออกซิเจน ไนโตรเจน ซึ่งได้จากโปรตีน หรือจากสารประกอบแอมโมเนีย ไฮโดรเจน ธาตุอาหารรองของยีสต์ คือฟอสฟอรัสซึ่งได้ในรูปของเกลือฟอสเฟตซัลเฟอร์ที่ได้จากเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต โปแตสเซียม แมกนีเซียม และวิตามิน ซึ่งใช้ในการควบคุมเมตาบอริซึม ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอโอดีน และกรดแพนโธนิค

2. อุณหภูมิ ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้อยู่ในช่วง 0-50°ซ สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงการหมักคือ 30-35°ซ ถ้าหากหมักในที่อุณหภูมิสูง จะมีการระเหยของแอลกอฮอล์ และเกิดฟองมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดฟูเซลออยล์ (fusel oils) ที่ทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการมึนศีรษะได้

3. ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร (pH of media) ช่วงที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของยีสต์ คือ 3.5-5.5 ซึ่งสามารถใช้แอมโมเนียมฟอตเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟตรวมกัน หรืออาจใช้กรดกำมะถัน แอมโมเนีย โซเดียมคาร์บอเนต ในการปรับความเป็นกรดเป็นด่าง

4. การให้อากาศ (aeration) ยีสต์จะใช้อากาศในการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน อากาศอาจมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวของสัมผัสของอาหารกับอากาศ หรือพ่นอากาศลงไปเป็นฟองขนาดเล็ก แต่ถ้าในระหว่างการหมัก ถ้าในสภาพการหมักมีออกซิเจนน้อย ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ตามต้องการได้ และได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา แต่ในสภาพที่มีออกซิเจนจะต้องมีน้ำตาลปริมาณมาก (มากกว่า 5%) เท่านั้น จึงจะทำให้ยีสต์หมักน้ำตาลให้ได้แอลกอฮอล์ แต่ถ้ามีปริมาณน้ำตาลความเข้มข้นต่ำๆ ยีสต์จะหมักให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเท่านั้น

5. การใช้สารเคมีป้องกันจุลินทรีย์อื่นๆ (chemical adding) เป็นใช้สารเคมีในการป้องกันไม่ให้มีจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ต้องการให้เกิด หรือเจริญระหว่างก่อนการหมักจะเกิดขึ้น สารเคมีที่ใช้ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)

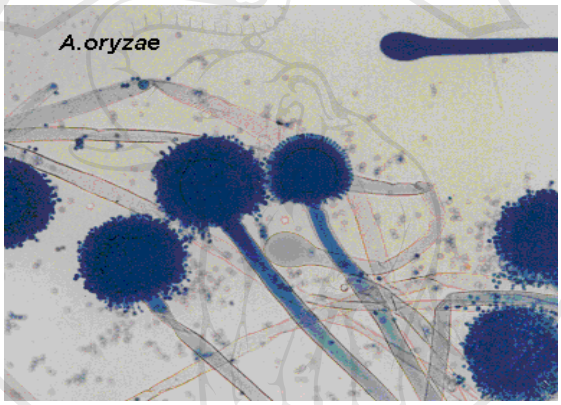
2.8 เชื้อรา

เชื้อรา (fungi) จัดเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งมีความสำคัญในทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะพวกราเส้นใย (filamentous fungi) ซึ่งได้ถูกนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งในด้านอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมยา เช่น การนำเชื้อรามาผลิต และแปรรูปอาหาร เช่น การผลิตซีอิ้ว เต้าเจี้ยว กรดซิตริก และเอนไซม์ต่างๆ ตัวอย่างราเส้นใยที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เช่น *Aspergillus niger, Aspergillus oryzae, Penicillium* sp. และ *Rhizopus oryzae* (เยาวพา บุญปู่, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

A. oryzae โคนีเดียมีสีตั้งแต่สีเหลืองถึงเขียว และมีสเคอโทเรียสีเข้ม ใช้ในการผลิตอาหารบางชนิด เช่น ผลิตซีอิ้ว (วรวุฒิ ครูส่ง, 2538) ผลิตแอลกอฮอล์ (Yamane and others, 2002) และการผลิตเอนไซม์บริสุทธิ์ (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535)

Aspergillus oryzae สามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด เช่น amidase, amylase, catalase, cytase, dextrinase, emulsin, alpha–glucosidase, histazyme, inulase, invertase, lactase, lecithinase, lipase, maltase, protease, rennet, sulphatase และ tannase (Farrell and Skerker, 1992; Maat and others, 1992; Nissen and others, 1992; Grassin and Fauquembergue, 1996; Duarte and others, 1999)

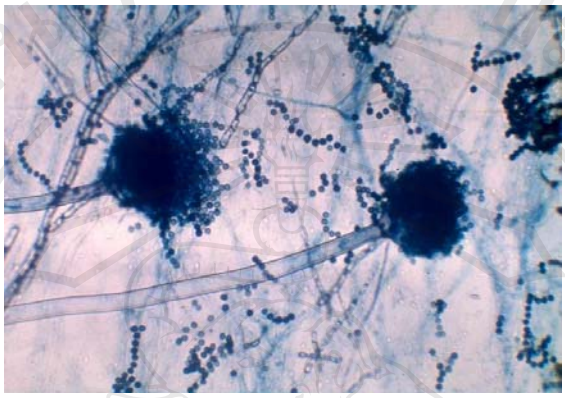


ภาพที่ 2.6 ภาพขยายของเชื้อรา *Aspergillus oryzae*
(ที่มา : Farrell and Skerker, 1992)

A. niger แพร่กระจายอยู่ทั่วไปและมีความสำคัญทางอาหาร ส่วนที่สร้างสปอร์มีขนาดใหญ่ มีสีดำ น้ำตาลดำ หรือม่วงออกน้ำตาล โคนีเดียมีผิวหยาบขรุขระ มีสีเป็นแถบๆ มีบางสายพันธุ์สร้างสเคอโทเรียสีเทา หรือเทาออกดำ สายพันธุ์นี้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกรดซิตริก กรดกลูโคนิค และเอนไซม์ทางการค้า (commercial enzyme) หลายชนิดที่ใช้ใน อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมทำผงซักล้าง อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหาร อาหารสัตว์ และเครื่องดื่ม (Farrell and Skerker, 1992; Maat and others, 1992; Nissen and others, 1992; Grassin and Fauquembergue, 1996; Duarte and others, 1999; สุมาลี เหลืองสกุล, 2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

A. niger สามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด เช่น alpha–amylase, cellulase, alpha–galactosidase, beta–Glucanase, glucoamylase, hemicellulase, invertase, lactase, beta–mannanase, pectinase, xylanase, lipase, protease, catalase, glucose oxidase, phytase (Farrell and Skerker, 1992; Maat and others, 1992; Nissen and others, 1992; Grassin and Fauquembergue, 1996; Duarte and others, 1999)



ภาพที่ 2.7 ภาพขยายของเชื้อรา *Aspergillus niger*
(ที่มา : Farrell and Skerker, 1992)

การเพาะเลี้ยงราเส้นใยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของ substrate ที่ใช้เพาะเลี้ยง (Moo-Young and others, 1975; Neilsen, 1996; Rinci, 1984) คือ

1. Solid substrate fermentation เป็นการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง โดยเชื้อราจะเจริญบน substrate ที่มีลักษณะแข็ง เช่น ข้าวเปลือก ถั่ว ฟาง ข้าวโพด โดยการเลี้ยงก็จะเลี้ยงในขวด ถุงพลาสติก หรือถาด ซึ่งเชื้อราที่เจริญบนอาหารแข็งก็จะใช้ substrate เหล่านี้เป็นแหล่งคาร์บอน และเป็นตัวยึดเกาะให้เส้นใยเจริญเติบโต ดังนั้นอาหารแข็งเหล่านี้จะต้องมีความชื้น และอุณหภูมิที่เหมาะสม เช่น การผลิตอาหารหมักดอง ซีอิ้ว เต้าเจี้ยว

2. Liquid substrate fermentation เป็นการเพาะเลี้ยงราเส้นใยในอาหารเหลว โดยที่ substrate อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นของเหลวซึ่งอาหารเหลวนั้น จะมีแหล่งคาร์บอน และธาตุอาหารอื่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวนั้นสามารถจะเพาะเลี้ยงได้ในถังหมัก (fermenter) ซึ่งสามารถจะควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆได้ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การให้อากาศ อุณหภูมิ และจะใช้พื้นที่น้อยกว่า solid substrate fermentation การเพาะเลี้ยงแบบนี้จะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริก เอนไซม์ และแอนติไบโอติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วรวุฒิ ครูส่ง (2538) ได้อธิบายการเก็บรักษาเชื้อราซึ่งมี 2 วิธีดังนี้

1. สามารถเก็บใน agar slants โดยอาจทำการต่อเชื้อทุก 6 เดือนถึง 1 ปี และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ เชื้อรายังสามารถเก็บในดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วโดยการถ่ายสปอร์ของเชื้อราลงในดินทิ้งไว้ให้แห้ง โดยการปิดฝาขวดเกลียวอย่างหลวมๆเมื่อแห้งแล้วจึงเก็บไว้ในตู้เย็น

2. เก็บไว้ใต้น้ำมันเกลือแร่ที่ฆ่าเชื้อแล้ว นอกจากนี้ยังสามารถเก็บไว้โดยวิธี freeze drying ภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 4°ซ แต่ต้องเก็บเชื้อในปริมาณมาก เพราะมีอัตราในการทำลายเชื้อราสูง

ในอาหารประเภทธัญพืช คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน อัดอยู่ในเอนโดสเปอร์ม (endosperm) และล้อมรอบด้วยเยื่อเซลลูโลสที่ย่อยยาก หากนำมาหมักด้วยเชื้อรา คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนจะถูกสกัดออกมาข้างนอกเซล เนื่องจากเชื้อราสามารถทำลายเซลลูโลสที่ล้อมรอบอยู่ โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส จากการกระทำชนิดนี้ทำให้ผนังที่ล้อมรอบโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตถูกทำลายไป (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546)

แต่ในขบวนการหมักโดยเชื้อราก็มีปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการหมักของเชื้อราเช่นกัน (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539) ได้แก่

1. อาหาร ราใช้อาหารได้อย่างกว้างขวางตั้งแต่ง่ายๆ คือ กลูโคส กรดอะมิโน ไปจนถึงอาหารที่ซับซ้อนคือ แป้ง ซึ่งราจะทำการปล่อยเอนไซม์ลงมาย่อยก่อนที่จะนำไปใช้ เช่น เอนไซม์เพคติเนส อะไมเลส โปรติเอส ไลเปส เป็นต้น

2. อุณหภูมิ อุณหภูมิสูงสุดในการเจริญเติบโตโดยส่วนใหญ่คือ 35-40 °ซ ต่ำสุดคือ 0-5°ซ

3. ออกซิเจน ราส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต

4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมกับรามักจะต่ำกว่า 7 เช่น *A. niger* เจริญได้ดีที่ pH 4.4-7.5 สำหรับ *A. oryzae* เจริญได้ดีที่ pH 1.6-9.3

5. ความชื้น ราเจริญเติบโตในที่มีความชื้นต่ำได้ดีกว่ายีสต์และแบคทีเรีย ราแต่ละชนิดก็มีค่า a_w ต่ำสุดที่สามารถเจริญได้ เช่น *A. niger* ต่ำสุดที่ 0.78 ที่อุณหภูมิ 43°ซ

ภูวณัฐ โพธิ์งาม (2539) ได้ทำการศึกษาสภาวะต่างๆที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและอะไมโลกลูโคซิเดส จากเชื้อรา *A. niger* และ *Rhizopus oligosporous* พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ *A. niger* คือเมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 37°ซ ในอาหารที่ประกอบด้วยเปลือกมันฝรั่ง 7 กรัม ผสมรำข้าวเจ้า 3 กรัม แล้วเติมน้ำ 30 มิลลิลิตร ได้เอนไซม์เซลลูเลส 0.57 หน่วย และเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส 0.33 หน่วย และเมื่อเลี้ยงในอาหารเปลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มันฝรั่ง 10 กรัม ผสมแอมโมเนียซัลเฟต 0.2 กรัม เติมน้ำ 30 มิลลิลิตร ได้เอนไซม์ เซลลูเลส 0.37 หน่วย อะไมโลกลูโคซิเดส 0.34 หน่วย และพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับเอนไซม์ เซลลูเลส และ อะไมโลกลูโคซิเดส จากเชื้อรา *A. niger* และ *R. oligosporous* คือ 60 และ 50°ซ

เขมชาติ มงคล (2543) ใช้เชื้อรา *A. oryzae* ในการเตรียมโคจิเพื่อผลิตสาเกจากข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 และข้าวเหนียวดำ และใช้เชื้อยีสต์บริสุทธิ์ *Saccharomyces sake* ทำการหมักที่อุณหภูมิ 8°ซ เป็นเวลา 32 วัน พบว่าได้ปริมาณแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 และข้าวเหนียวดำ เท่ากับ 14.30 และ 14.23% ตามลำดับ

ชลฤทัย กุลทิพย์ และนงค์ลักษณ์ ศรีนุช (2548) ได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิต ไวน์ข้าวจากข้าวเหนียวดำโดยใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ คือเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลระยะเวลา 3 วัน และใช้เชื้อยีสต์ *Sacharomyces cerevisiae* ในการหมักโดยทำการทดลองทั้งสองขั้นตอนที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์จนได้ไวน์ข้าว เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไวน์ข้าวที่ได้ พบว่า มีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ย 14.25% ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ย 0.4997% ปริมาณกรดที่ไม่ระเหย 0.4224% ปริมาณความชื้นเฉลี่ย 84.9945% ปริมาณเถ้าเฉลี่ย 3.2083%

2.9 การกลั่น (Distillation)

การกลั่น คือวิธีการแยกของผสมในสภาพที่เป็นสารละลายออกจากกัน โดยสารที่ต้องการจะแยกออกจากกันอาศัยได้ ทำได้โดยอาศัยค่าของจุดเดือด หรือความดันไอที่ต่างกัน (เพียรพรรค ทัศคร, 2534)

ในขั้นตอนการกลั่นสุรา เป็นการแยกเอาแอลกอฮอล์ น้ำ และสารอื่นเช่น เมธานอล ฟูเซลออยล์ ออกจากน้ำหมักที่มีของแข็งผสม หรือเป็นการแยกเอาแอลกอฮอล์ หรือสุราออกจากส่าโดยการใช้อุณหภูมิสูงในการต้มน้ำหมัก ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ น้ำ และสารอื่น เช่น เมธานอล ฟูเซลออยล์ กลายเป็นไอ แล้วทำการควบแน่นในบริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่าได้เป็นสุราขาว

น้ำส่าธรรมดามีแอลกอฮอล์ประมาณ 7-12% แอลกอฮอล์บริสุทธิ์มีจุดเดือด 78.3°ซ น้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือด 100°ซ ของเหลวอื่นๆที่มีจุดเดือดต่างๆกัน ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะระเหยออกมาก่อนของเหลวที่มีจุดเดือดสูง (Anolerson, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Anolerson (2000) ได้แบ่งเครื่องกลั่นเป็น 2 ชนิด คือ

1. เครื่องกลั่นชนิดธรรมดา (pot still) มีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ หม้อต้มส่าสุรา ท่อไอสุรา หม้อรวมไอน้ำ และไส้ไก่ เครื่องกลั่นชนิดนี้ต้องใช้ความร้อนโดยตรง ไม่สามารถกลั่นให้ได้แอลกอฮอล์ที่มีความแรงได้ในครั้งเดียว จึงต้องทำการกลั่น 2-3 ครั้ง จึงจะได้แอลกอฮอล์ที่มีความแรงสูง ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก

2. เครื่องกลั่นชนิดกลั่นลำดับส่วน (fractionation) ไอน้ำที่ได้จากการให้ความร้อนซึ่งมีไอของแอลกอฮอล์ผสมอยู่จะลอยขึ้นไปด้านบนของหอกลั่นซึ่งประกอบด้วยแผ่นทองแดงเป็นชั้นๆ เมื่อไอน้ำกระทบกับแผ่นทองแดงด้านล่างจะควบแน่นกลายเป็นสุราที่มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่ำ สุราบางส่วนไหลลงสู่ด้านล่าง ซึ่งจะถูกต้มให้กลายเป็นไอขึ้นมาอีกครั้ง สุราบางส่วนจะสัมผัสกับไอร้อน ทำให้กลายเป็นไอที่มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์อยู่สูง เมื่อลอยขึ้นไปสัมผัสกับแผ่นทองแดงในชั้นถัดไปก็จะควบแน่น บางส่วนไหลตกลงมาบางส่วนกลายเป็นไอที่มีปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์อยู่สูงลอยขึ้นไป ทำให้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สูงขึ้นตามลำดับ ดังนั้นเมื่อไอที่ผ่านจากหอกลั่นถูกควบแน่น ก็จะได้สุรากลั่นที่มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่สูงถึง 95-97 ดีกรี ขึ้นอยู่กับปริมาณชั้นของแผ่นทองแดงในหอกลั่น

2.10 ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) มีลักษณะเป็นเมล็ดใส มีรสหวานเนื่องจากมีน้ำตาลอยู่สูง เมื่อแก่จะเหี่ยวย่น เพราะไม่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแป้งได้หมดจึงทำให้เมล็ดหดตัว จากการศึกษาองค์ประกอบเมล็ดข้าวโพดหวาน พบว่ามีความชื้นอยู่ 73.4% คาร์โบไฮเดรต 21.1% โปรตีน 3.4% ไขมัน 1.4% และเถ้า 0.7% (Monthip and others, 1999)

โดยทั่วไปธัญพืชมีปริมาณน้ำตาลน้อยมาก เนื่องจากน้ำตาลส่วนใหญ่ โดยปกติจะถูกเปลี่ยนเป็นแป้งที่เมล็ด สำหรับข้าวโพดหวานที่พบว่าหวานเนื่องจากข้าวโพดหวานถูกเก็บฝักก่อนที่น้ำตาลที่ถูกเก็บในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นแป้งในระหว่างที่ต้นข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโต เมื่อต้นเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ น้ำตาลในข้าวโพดหวานก็จะถูกเปลี่ยนเป็นแป้ง แต่ถ้าต้นข้าวโพดหวานเจริญเติบโตยังไม่เต็มที่ ถูกเก็บเกี่ยวและถูกนำไปต้มอย่างรวดเร็วหรือนำไปแช่แข็งเพื่อยับยั้งระบบเอนไซม์ที่เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง ซึ่งปริมาณน้ำตาลในช่วงนี้จะมีปริมาณมากพอที่จะให้รสชาติที่ดีแก่มนุษย์ (Whistler and Bemiller, 1999)

สำหรับข้าวโพดหวานพันธุ์ Hybrix 3 เป็นพันธุ์ที่บริษัท แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด แนะนำให้ปลูกซึ่งสามารถให้ผลผลิตสูง มีขนาดฝักใหญ่ เป็นที่ต้องการของตลาด คุณภาพฝักสดดีมาก นอกจากนี้ยังสามารถ ปลูกได้ทุกสภาพแวดล้อมในประเทศไทย เพราะเป็นพันธุ์ที่ปรับปรุงขึ้นโดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้เชื้อพันธุกรรมที่มีในประเทศ โดยมีการพัฒนาพันธุ์ขึ้นในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ได้นำข้าวโพดหวานพันธุ์ Hybrix 3 ได้ไปวิจัย และได้แสดงผลการวิจัยเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2545 ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ Hybrix 3 สามารถให้ผลผลิตทั้งเปลือก 3,059 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตปอกเปลือก 2,073 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับพันธุ์ Hybrix–3 เป็นพันธุ์ลูกผสม (hybrid) ที่มีสีเหลืองอ่อน มีขนาด 3-4 ฝักต่อกิโลกรัม ฝักสม่ำเสมอ ผลผลิตสูงเป็นที่ต้องการของตลาดบริโภคสดและโรงงาน มีระยะการเก็บหลังออกไหม 17-21 วัน ขนาดฝักมีขนาดใหญ่ กว้าง 5.0–6.0 เซนติเมตร และยาว 19–21 เซนติเมตร การติดเมล็ดเต็มถึงปลาย สีเมล็ดเหลืองครีม ความหวาน 14.0 degree Brix (บริษัท แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved