บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวเจ้า

ข้าวเจ้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa L.* แบ่งออกได้ 3 สายพันธ์คือ Indica, Japonica และ Javannica สายพันธ์พื้นเมืองที่ปลูกในประเทศไทยคือ Indica ซึ่งมีปริมาณการผลิตในปีเพาะปลูก 2536/2537 สูงถึง 2.26 ล้านตันข้าวเปลือก (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด, 2539) ข้าวเปลือกเหล่านี้เมื่อนำมาผ่านการสีและขัดขาว จะเหลือส่วนของเอนโดรสเปิร์มที่เรียกว่าข้าวขาว สามารถแบ่งเป็นชนิดตามขนาดของเมล็ดได้เป็น ข้าวเต็มเมล็ดและขนาดสามส่วนสี่ของเมล็ด (head rice) และข้าวหัก (broken rice) ซึ่งแบ่งย่อยออกได้เป็นสามชนิดคือ ชนิดที่มีขนาดหนึ่งส่วนสามถึงสามส่วนสี่ของเมล็ด (second head) ชนิดที่มีขนาดหนึ่งส่วนสี่ถึงหนึ่งส่วนสาม (screening) และข้าวหักที่มีขนาดเล็กที่สุด (brewers) (Juliano, 1984, Pomeranze, 1985) พบว่าข้าวหักที่เกิดจากการสีแต่ละครั้งมีสูงถึงร้อยละ 17 ถึง 19 และจะมีราคาต่ำมาก สามารถนำข้าวหักเหล่านี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมสุราเพื่อเป็นสารเสริมการผลิตสุราได้ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเบียร์ พิจารณาตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหักเปรียบเทียบกับมอลท์ พบว่าข้าวหักมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบร้อยละ 74.82 สูงกว่ามอลท์ร้อยละ 12.82 แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ามอลท์ถึงสองเท่า เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์เบียร์เกิดการตกตะกอนขุ่น ซึ่งจะส่งผลให้ความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาต่ำ ดังนั้นการที่ข้าวมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ามอลท์ เมื่อนำไปเป็นแหล่งเสริมคาร์โบไฮเดรตในการผลิตเบียร์จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี นอกจากนี้ข้าวยังเป็นธัญญชาตที่มีสีขาวอ่อนและมีกลิ่นรสนิ่มนวลกว่าธัญญชาติชนิดอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อนำไปใช้ในการผลิตสุราจึงไม่รบกวนกลิ่นรสและสีของผลิตภัณฑ์ (Pomeranz, 1985) แต่ข้าวหักเหล่านี้มีข้อเสียคือเก็บรักษายาก ดูดซับกลิ่นและสีแปลกปลอมได้ง่าย อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันสูง และหลังผ่านกระบวนการผลิตกรองแยกกากออกยาก แก้ปัญหาเหล่านี้ได้โดยการแปรรูปข้าวหักและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวหักให้เป็นสารเสริมการผลิตสุราในรูปของเหลว (liquor adjunct, liquid form) ซึ่งนอกจากจะแก้ปัญหาแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวหักอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหักและมอลท์

องค์ประกอบ(ร้อยละ)	ข้าวหัก*	มอลท์**
ความชื้น	11-13.5	4.0
โปรตีน	6-8.5	13.0
ไขมัน	0.2-0.8	2.5
เถ้า	0.3-0.7	-
เส้นใย	0.3-0.7	16.0
คาร์โบไฮเดรต	74-82	62.0

* ดัดแปลงจาก Pomeranze, 1985

** ดัดแปลงจาก Owades, 1992

2.2 แป้งข้าวเจ้า

แป้ง(starch) ประกอบด้วยพอลีเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดคือ อะมิโลสซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็นพอลีเมอร์ของกลูโคสสายตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 และอะมิโลเพคตินที่มีโครงสร้างหลักเช่นเดียวกับอะมิเลสแต่จะมีกิ่งก้านแยกออกจากโครงสร้างหลักด้วยพันธะแอลฟา-1,6 (Macrae , 1993)

เม็ดแป้ง (starch granule) ของข้าวเจ้ามีขนาดอยู่ในช่วง3 ถึง 10 ไมครอนประกอบด้วยอะมิโลส และอะมิโลเพคตินในอัตราส่วน 25.6 ต่อ 74.4 (Lii, Shoa and Tseng, 1995) ภายในเม็ดแป้งมีการจัดเรียงตัวเป็นสองแบบ ทำให้เกิดบริเวณที่เป็นผลึก (crystalline region) และบริเวณที่เป็นอสัณฐาน (amorphous region) บริเวณที่เป็นผลึกของเม็ดแป้งเกิดจากการเรียงตัวขนานกันของโมเลกุลส่วนที่เป็นสายตรงของอะมิโลเพคตินเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของหน่วยกลูโคส (Radley, 1968) ทำให้โมเลกุลสองสายรวมตัวกันเกิดเป็นผลึกซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวสูงส่งผลให้ฟันที่บริเวณนี้มีความสามารถในการดูดน้ำ (hydration) และการพองตัว (swelling) ต่ำมากภายในเม็ดแป้งจะมีบริเวณที่เป็นผลึกอยู่ร้อยละ 25 ถึง 50 บริเวณที่เป็นอสัณฐานของเม็ดแป้งเกิดจากการเรียงตัว ที่ไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลอะมิโลสและอะมิโลเพคติน แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสายพอลีเมอร์ต่ำทำให้มีความสามารถในการดูดน้ำและพองตัวดีเมื่อให้ความร้อนเกิดปรากฏการณ์เรียกว่า เจลาติไนเซชัน ดังรายละเอียดพอสังเขปต่อไปนี้

2.3 การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวเจ้า

โดยปกติเม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น เนื่องจากโครงสร้างของบริเวณที่เป็นผลึก

ซึ่งเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวนมากมีแรงยึดเหนี่ยวสูง จะป้องกันไม่ให้เม็ดแป้งละลายน้ำ แต่พบว่าเม็ดแป้งสามารถพองตัวในน้ำเย็นได้เล็กน้อย เนื่องจากส่วนของอสัณฐานซึ่งมีกลุ่มที่ชอบน้ำจะดูดซับน้ำไว้ทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวได้ การพองตัวในน้ำเย็นของส่วนอสัณฐานอาจสูงถึงร้อยละ 30 และจะสามารถผันกลับได้ (Banks and Greenwood, 1975) เมื่อมีการให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งที่มีน้ำเพียงพอ โมเลกุลที่อยู่ในบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง จะมีการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วสูญเสียความเป็นระเบียบ พันธะไฮโดรเจนอ่อนลง มีโมเลกุลของน้ำมาเกาะมากขึ้น ส่วนบริเวณผลึกพันธะไฮโดรเจนจะเริ่มถูกทำลายเม็ดแป้งขยายทำให้เกิดการพองตัวที่ไม่สามารถผันกลับได้ มีการหลอมเหลวของโครงสร้างผลึกสูญเสียคุณสมบัติเชิงแสง(birefringenece) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือการเกิดเจลาติไนเซชัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งคือ ความร้อน และปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง สารละลายแป้งข้าวเจ้าที่มีน้ำสูงร้อยละ 60 ขึ้นไปจะเกิดเจลาติไนเซชันที่อุณหภูมิต่ำกว่าสารละลายแป้งที่มีน้ำน้อยกว่าร้อยละ 60 (Biliaderis et al., 1986) เนื่องจากภาวะที่มีปริมาณน้ำสูงพอจะทำให้การพองตัวของบริเวณ อสัณฐาน ในเม็ดแป้งเหนี่ยวนำส่วนที่เป็นผลึกให้เกิดการละลายได้ทั้งหมด แต่เมื่อปริมาณน้ำต่ำลงส่วนที่เป็นผลึกของเม็ดแป้งจะละลายได้เพียงบางส่วนเท่านั้นผลึกส่วนที่เหลือต้องการความร้อนสูงในการละลายดังนั้น อุณหภูมิที่ใช้ในการเจลาติไนเซชันจึงสูง (Donovan, 1979) แป้งข้าวเจ้ามีอุณหภูมิในการเกิดการเจลาติไนเซชันอยู่ในช่วง 61-77.5 องศาเซลเซียส ค่ากำลังการพองตัว (swelling power) และความสามารถในการละลาย (solubility) ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสของแป้งข้าวเจ้าสายพันธุ์ Indica มีค่าร้อยละ 29.44และ16.87 ตามลำดับ (Lii, Shoa and Tseng, 1995)การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งสามารถตรวจวัดได้ หลายวิธีคือ วัดการสูญเสียคุณสมบัติเชิงแสง วัดค่าความหนืด ความสามารถในการละลายและการพองตัว ของเม็ดแป้ง และตรวจวัดโดยใช้เอนไซม์ เป็นต้น (Zobel, 1984) ดังรายละเอียดดังนี้

2.4 การตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชันโดยใช้เอนไซม์

การตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชันโดยใช้เอนไซม์เป็นวิธีที่มีความไวและความแม่นยำสูง (Chaing and Johnson, 1977) การตรวจวัดด้วยวิธีนี้มีขั้นตอนสำคัญคือ การย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์ และการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายของแป้ง

การย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์เพื่อตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชันอาศัยคุณสมบัติของแป้งดิบที่ไม่ละลายน้ำและต้านทานต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ แต่เมื่อผ่านการเจลาติไนเซชันจะยอมให้เอนไซม์ย่อยได้ เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายแป้งเพื่อตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชัน คือ แอลฟา-อะมิเลส เบต้า-อะมัยเลส และกลูโคอะมิเลส เนื่องจาก แอลฟา-อะมิเลส และเบต้า-อะมิเลส มีการย่อยสลายแป้งโดยเจาะจงพันธะ แอลฟา-1,4 ของไกลโคซิล ดังนั้น

ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายจะขึ้นกับโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน (Banks and Greenwood, 1966) แต่กลูโคอะมิเลสมีความสามารถในการย่อยแป้งได้หลายพันธะ คือที่ แอลฟา-1,4 แอลฟา-1,3 และแอลฟา-1,6 ของไกลโคซิล ดังนั้นผลผลิตที่ได้จากการย่อยจึงไม่ขึ้นกับโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลเพคตินนอกจากนี้ยังทำให้กลูโคอะมิเลสสามารถย่อยแป้งได้ผลิตภัณฑ์มากกว่าแอลฟา-อะมิเลสและเบต้า-อะมิเลสที่ตัดสายพอลิเมอร์ที่พันธะแอลฟา-1,4ได้เพียงแห่งเดียวเท่านั้น เพราะการตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชันเป็นการวัดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้ง ดังนั้นการที่กลูโคอะมิเลสสามารถย่อยแป้งได้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่มากจะทำให้สามารถตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชันได้ในช่วงที่กว้างกว่าการใช้แอลฟา-อะมิเลส และเบต้า-อะมิเลส (Shetty,Lineback and Seib, 1975)

การตรวจวัดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายของแป้ง เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ดังนั้นวิธีที่ใช้ในการตรวจวัดต้องแม่นยำ จากการย่อยสลายแป้งโดยใช้กลูโคอะมิเลส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยา คือ กลูโคส วิธีการตรวจหากลูโคสที่มีความจำเพาะ แม่นยำและมีความไวสูง ได้แก่การใช้เอนไซม์ 2 ชนิด คือ กลูโคสออกซิเดส (β-D-glucose: Oxygen oxidoreductase ;EC.1.1.3.4) และเปอร์ออกซิเดส (donor : hydrogen peroxidase oxidoreductase ; EC. 1.11.1.7) ทำปฏิกิริยาร่วมกัน เนื่องจากกลูโคสออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความจำเพาะต่อกลูโคสสูงมาก มีอัตราเร็วสัมพัทธ์ต่อกลูโคสสูงถึงร้อยละ 100 ขณะที่การเร่งปฏิกิริยาต่อน้ำตาลเชิงเดี่ยวชนิดอื่นมีน้อยมาก เช่นอัตราเร็วสัมพัทธ์ต่อ D-mannose และ D-galactose มีเพียง 0.98 และ 0.5 เท่านั้น(ปราณี, 2535) ดังนั้นการตรวจวัดกลูโคสด้วยวิธีนี้จึงมีความจำเพาะและแม่นยำสูงปฏิกิริยาควบคู่ของกลูโคส ออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสจะเกิดดังนี้

$$\text{Glucose} + 2H_2O + O_2 \xrightarrow{\text{glucose oxidase}} \text{gluconic acid} + 2H_2O_2 \quad \text{-----} \quad -1$$

$$H_2O_2 + \text{O-Dianisidine} \xrightarrow{\text{peroxidase}} \underset{\text{(brown)}}{\text{Oxidized O-Dianisidine}} \quad \text{-------} 2$$

(Colourless)

จากเหตุผลดังที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถกล่าวได้ว่าการตรวจวัดการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งโดยรวมขั้นตอนการย่อยสลายแป้งด้วยกลูโคอะมิเลส และการตรวจวัดกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโดยใช้กลูโคสออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำและถูกต้องสูง

วิธีคำนวณหาร้อยละการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งโดยวิธีการใช้เอนไซม์ คำนวณได้จากสมการ

$$Y = \frac{(X - B)(100)}{T}$$

เมื่อ Y = ร้อยละของการเกิดเจลาติไนเซชัน

X = ร้อยละของแป้งที่ถูกเอนไซม์ย่อย

B = Correction factor

T = ปริมาณแป้งทั้งหมดในตัวอย่าง

ค่า correction factor จากสมการเป็นค่าที่ขึ้นกับชนิดของแป้งที่ถูกเอนไซม์ย่อย ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลาย (Shetty, Lineback and Sieb, 1975)

2.5 เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายแป้ง

เอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายแป้งคือ เอนไซม์ในกลุ่มอะมิเลสซึ่งเป็นไกลโคไซด์ไฮโดรเลส (glycoside hydrolases) จะย่อยสลายสารตั้งต้นที่มีพันธะไกลโคซิลโดยต้องมีน้ำร่วมในปฏิกิริยาด้วยอะมิเลสแบ่งตามทิศทางในการย่อยสลายสารตั้งต้นได้ดังนี้

2.5.1 ชนิดที่มีการตัดสายอย่างอิสระ (endosplitting amylase) เอนไซม์ชนิดนี้คือ แอลฟา-อะมิเลส (∝-1,4-glucan-4 glucanohydrolase, EC 3.2.1.1) ลักษณะสำคัญในการย่อยสลายของเอนไซม์ คือ เจาะจงต่อการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลของแป้งที่ แอลฟา-1,4 จะย่อยเม็ดแป้งที่เสียหายอย่างช้า ๆ ไม่ย่อยเม็ดแป้งปกติ และการย่อยจะดีขึ้นเมื่อเม็ดแป้งเกิดการเจลาติไนเซชัน (Whistleret al.,1984) ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลาย คือ กลูแคนและมอลโตเด็กซ์ทริน ที่มีหน่วยกลูโคสประมาณ 2 ถึง 6 หน่วย และยังคงมี configuration เดิมคือ ∝-configuration (ปราณี, 2535) แอลฟา-อะมิเลสสามารถย่อยสารตั้งต้นที่มีโมเลกุลสูงได้ดีกว่าพวกที่มีโมเลกุลต่ำ ดังแสดงในตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลของขนาดสารตั้งต้นต่ออัตราการย่อยสลายของแอลฟา-อะมิเลส

สารตั้งต้น	อัตราเร็วปฏิกิริยาสัมพัทธ์
มอลโตเฮกโซส (แอลฟา-1,4)	1.2
มอลโต เดตาโอส (แอลฟา -1,4)	2.2
อะมัยโลส	100

2.5.2 ชนิดที่ย่อยแบบตัดปลายสายเข้าไป (exopsplitting amylases) เอนไซม์ ชนิดนี้ คือ เบตา-อะมิเลสและกลูโคอะมิเลส

2.5.2.1 กลูโคอะมิเลส (α-1,4-glucan glucohydrolase, EC 3.2.1.3) ย่อยสลายแป้งได้หลายพันธะ คือ พันธะไกลโคซิลที่เป็นแอลฟา-1,4 แอลฟา-1,6 และแอลฟา-1,3 แต่อัตราการย่อยที่พันธะแอลฟา-1,4 จะเร็วกว่า ลักษณะการตัดสายพอลิเมอร์ จะตัดอย่างเป็นระเบียบจากปลายสายด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์เข้าสู่ภายในสายทีละ 1 หน่วยของกลูโคส ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่เป็นกลูโคสที่มี configuration เป็น แบบ β-configuration (ปราณี, 2535) อัตราการย่อยสลายของกลูโคอะมิเลสขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้น เมื่อสารตั้งต้นเป็นมอลโตส อะมิโลส อะมิโลเพคติน มอลโตไตรโอส แพนนอส และไอโซมอลโตส อัตราเร็วสัมพัทธ์ของการย่อยสลายเมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนจะเป็น 100:312:122:128:73:0.3 นั่นคือ สารตั้งต้นที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีอัตราการย่อยสลายสูง (Koichiroet et al, 1982)

2.6 สารเสริมการผลิตสุรา

สารเสริมการผลิตสุรา (liquor adjunct) เป็นสารประกอบประเภทแป้งหรือน้ำตาลที่เติมเข้าไปในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์ เพื่อเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากเดิมที่ได้จากวัตถุดิบหลักเพียงแหล่งเดียว ในอุตสาหกรรมเบียร์ให้คำจำกัดความของสารเสริมการผลิตไว้ว่า "สารเสริมการผลิต หมายถึง แหล่งของแป้งหรือน้ำตาลที่ไม่ใช่มอลท์ แต่สามารถใช้ทดแทนมอลท์ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบียร์ มีกำลังของเอนไซม์น้อยมากหรือไม่มีเลย มีโปรตีนที่ละลายได้น้อยมากหรือไม่มีเลยและไม่มีหรือมีผลต่อกลิ่นรสของเบียร์น้อยมาก" (Pollock, 1979, Satyanarayana and Navasimham, 1975, Lloyd, 1986)

2.6.1 วัตถุประสงค์ในการนำสารเสริมการผลิตสุรามาใช้ในการผลิตเบียร์คือ

2.6.1.1 ลดต้นทุนในการผลิตในการผลิตผลิตภัณฑ์เบียร์

เนื่องจากมอลท์เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่มีราคาสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสารเสริมการผลิตชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 (Buch and Donnell, 1985) ดังนั้นการนำสารเสริมการผลิตใช้ทดแทนมอลท์จะทำให้ต้นทุนในการผลิตเบียร์ลดลง

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบราคาต่อกิโลกรัมของแข็งของสารเสริมการผลิตสุราเทียบกับมอลท์

สารเสริมการผลิต	ราคาต่อกิโลกรัมของของแข็ง
มอลท์	100
ซูโครส	81
กลูโคสไซรัป	76
มอลโตสไซรัป	74
แป้งข้าวเจ้า	70
แป้งสาลี	59
ข้าวบาร์เลย์(malting grade)	50

2.6.1.2 เจือจางปริมาณไนโตรเจนของเวิร์ตที่ได้จากมอลท์

เนื่องจากเวิร์ตจากมอลท์มีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนสูงเกินไป สารประกอบไนโตรเจนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะไปทำปฏิกิริยากับสารโพลีฟีนอล ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งจะตกตะกอนทำให้เบียร์ขุ่น ดังสมการ

Protein + Polyphenol ⟶ (Protein-Polyphenol complex)

โพลีฟีนอล นี้ได้แก่ แทนนิน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 700-1,000 จะเกิดพันธะเชื่อมขวางที่แข็งแรงมากกับโปรตีนคอลลาเจนได้ตะกอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย10,000-100,000 นอกจากนี้ปลายที่ชอบน้ำของโปรตีน (hydrophilic group) เกิดอันตรกิริยากับแทนนินโดยรวมตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนแยกตัวตกตะกอนขุ่น ปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไปนอกจากทำให้เบียร์เกิดตะกอนขุ่นแล้วอาจทำให้เบียร์มีกลิ่นรสผิดปกติได้ โดยปกติในกระบวนการหมักเบียร์ยีสต์จะต้องการ ∝-amino-nitrogen เพียง 100-150 มิลลิกรัมต่อเวิร์ต 1 ลิตร (Pollock, 1979) ปริมาณของกรดอะมิโนที่มากเกินต่อความต้องการของยีสต์จะตกค้างและทำให้เบียร์มีโอกาสถูกแลคติคแอซิดแบคทีเรียปนเปื้อนสูงขึ้น และเนื่องจากแลคติคแอซิดแบคทีเรียสามารถหมักเวิร์ตได้กรดบิวทาริกและกรดแลคติค ซึ่งกลิ่นและรสของกรดที่เกิดขึ้นอาจติดเข้าไปในเบียร์แม้ว่าแบคทีเรียจะถูกทำลายไปหมดแล้วก็ตามจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เบียร์มีกลิ่นรสไม่ดี (Frazier and Westhott, 1979)

2.6.1.3 ปรับปรุงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตและคุณสมบัติในการหมักของเวิร์ต

เนื่องจากองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตมีผลต่อคุณสมบัติในการหมักของเวิร์ต โดยปกติเวิร์ตที่ได้จากมอลท์จะมีน้ำตาลมอลโตสเป็นองค์ประกอบหลัก ยีสต์มีความสามารถในการหมักน้ำตาลมอลโตสร้อยละ 90 หากต้องการให้อัตราการหมักเวิร์ตสูงขึ้นอาจเติมสารเสริมการผลิตสุราที่มีน้ำตาลซึ่งมีความสามารถในการหมักสูงกว่า เช่น น้ำตาลกลูโคส มีความสามารถในการหมักร้อยละ 100 (Swian, 1975) จะทำให้อัตราการหมักเกิดได้สูงขึ้นและช่วยลดระยะเวลาในการหมักลงได้ด้วย

2.6.1.4 เจือจางปริมาณไขมัน

ปริมาณไขมันในสารเสริมเป็นสิ่งที่สำคัญมากเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความคงตัวของกลิ่นรสของเบียร์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นต้นกำเนิดของอัลดีไฮด์ไม่อิ่มตัว ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการออกซิเดชัน ทำให้รสชาติของเบียร์เสีย การเลือกใช้สารเสริมที่มีไขมันต่ำโดยเฉพาะที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำจะช่วยลดการเกิดออกซิเดชันในเบียร์ เบียร์จะมีกลิ่นรสคงตัวสูงขึ้น (Pollock, 1979)

2.6.1.5 ปรับปรุงลักษณะกลิ่นรสของเบียร์

โดยทั่วไปเบียร์ที่ผลิตจากมอลท์ล้วน ๆ จะกลิ่นรสค่อนข้างรุนแรงในสหรัฐอเมริกาและแคนาดาผู้บริโภคนิยมบริโภคเบียร์ที่มีกลิ่นรสนุ่มนวลมากกว่าในยุโรป (Pollck, 1979) เช่นเดียวกับในออสเตรเลีย (Buch and Donnell, 1985) การใช้สารเสริมการผลิตสุราจะเป็นวิธีเจือจางกลิ่นรสของเบียร์ที่ผลิตจากมอลท์ล้วน ๆได้โดยเฉพาะเมื่อใช้ในสัดส่วนที่พอเหมาะ จะให้รสนุ่มนวล

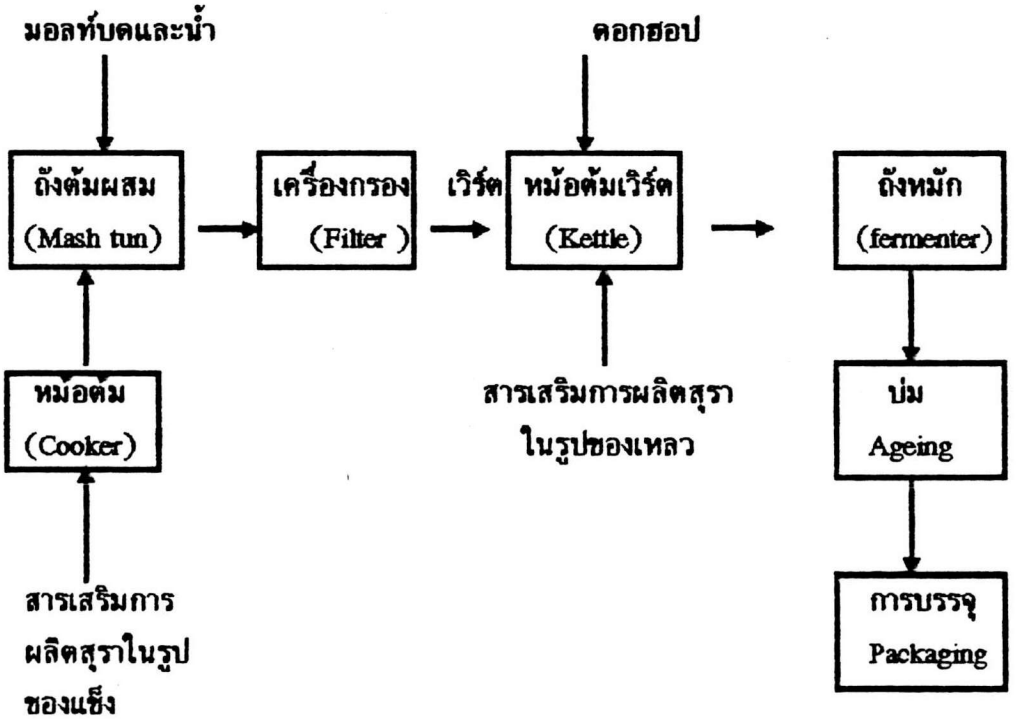
2.6.2 สารเสริมการผลิต แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

2.6.2.1 สารเสริมการผลิตในรูปของแข็ง

สารเสริมการผลิตเหล่านี้ได้แก่เมล็ดธัญญพืช เกล็ดธัญญพืช และแป้งที่ได้จากธัญญพืช เป็นต้น สารเสริมการผลิตชนิดนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ แป้ง มักทำให้เกิดเจลาติไนเซชัน หรือไฮโดรไลซ์บางส่วนก่อนจะเติมลงในถังต้มมอลท์(Mash tun) ดังรูปที่ 2.1

2.6.2.2 สารเสริมการผลิตในรูปของเหลว

สารเสริมการผลิตในรูปของเหลวได้แก่ กลูโคสไซรัป มอลโตสไซรัป (Pollock, 1979) สารเสริมการผลิตชนิดนี้มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงมาก จะเติมลงโดยตรงในถังต้มเวิร์ต (kettle) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่2.1 กระบวนการผลิตเบียร์

ดัดแปลงจาก Hebeda และ Styrlund, 1986

ในประเทศอังกฤษมีการนำสารเสริมการผลิตในรูปของเหลวมาใช้เป็นเวลานานกว่า 100 ปี ในช่วงปี 1960 มีปริมาณการใช้ประมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นกับโรงงาน และชนิดของผลิตภัณฑ์เบียร์ และเนื่องจากการพัฒนาของ

เทคโนโลยีในการผลิตกลูโคสไซรัปสูงขึ้น ทำให้ได้กลูโคสไซรัปที่มีองค์ประกอบของน้ำตาลแต่ละชนิดตามความต้องการ ไม่มีกลิ่นรสที่ผิดปกติ (off-flavour) ดังนั้นจึงได้รับการยอมรับจากอุตสาหกรรมเบียร์มากขึ้น จนในปัจจุบันนี้ได้กลายมาเป็นแหล่งหลักของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (soluble carbohydrate) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์ของประเทศอังกฤษ (Wilson, 1992)

ในปี ค.ศ. 1975 Swian รวบรวมข้อได้เปรียบของสารเสริมการผลิตในรูปของเหลวต่อสารเสริมการผลิตในรูปของแข็งได้ดังนี้

1. ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เบียร์ที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากเวิร์ตและผลิตภัณฑ์เบียร์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ทำให้การหมักเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เบียร์มีกลิ่นรสที่นุ่มนวล มีความคงตัวสูง มีอายุการเก็บนานขึ้น

2. เพิ่มกำลังการผลิตแก่โรงผลิตเบียร์ ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 37 กระบวนการผลิตใช้เวลาสั้นลง

3. ลดต้นทุนในการผลิตตลอดกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบียร์ ช่วยประหยัดพลังงานและเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการเตรียมสารเสริมในรูปของแข็ง ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดสารเสริมในรูปของแข็งและของโรงงาน รวมทั้งประหยัดพื้นที่ในการเก็บ (Swain, 1975)

2.6.3 การผลิตสารเสริมการผลิตในรูปของเหลว

การผลิตสารเสริมการผลิตในรูปของเหลวมี 3 วิธี ดังนี้

2.6.3.1 กระบวนการผลิตโดยใช้กรด

จากรายงานของ Leach และคณะในปี 1975 และPalmer ในปี 1970 ได้รายงานวิธีการผลิตสารเสริมการผลิตสุราในรูปของเหลวโดยใช้กรด โดยได้พบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายแป้งและเติมกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟุริกให้มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 1.8-2.0 ที่อุณหภูมิประมาณ 120-145 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอร์เนต การย่อยด้วยกรดจะย่อยแป้งแบบอิสระอย่างสมบูรณ์ (complete random) ซึ่งจะทำให้ได้กลูโคสถึงร้อยละ 100 แต่กลับพบว่าปริมาณกลูโคส ที่ได้จากกระบวนการนี้ต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องมาจาก กลูโคสที่ได้จากกระบวนการจะเกิดปฏิกิริยาผันกลับ และนอกจากนั้นอุณหภูมิที่สูงและpH ที่ต่ำของปฏิกิริยาทำให้แป้งบางส่วนเปลี่ยนไปเป็น hydroxy methyl furfural , levulinic acid และสารที่ให้สี โดยการเปลี่ยนเป็นสารเหล่านี้ไม่สามารถผันกลับได้ ดังนั้นไซรัปที่ผลิตด้วยกระบวนการนี้ไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์มากนัก

2.6.3.2 กระบวนการผลิตโดยใช้กรดร่วมเอนไซม์

เป็นกระบวนการที่นำมาใช้แทนกระบวนการผลิตด้วยกรดเพียงอย่างเดียวเพื่อจะลดข้อเสียต่างๆลง กระบวนการประกอบด้วยสองขั้นตอน คือ ขั้นแรกย่อยของเหลว ข้นหนืดของแป้งให้มีค่าสมมูลย์กลูโคส(DE)ต่ำ เตรียมเพื่อใช้ในการย่อยโดยใช้เอนไซม์

ในขั้นที่สองการผลิตโดยวิธีนี้จะให้ไซรัปที่มีมีค่าสมมูลย์กลูโคสอยู่ในช่วง 58-73 ตัวอย่างการผลิต เช่นไซรัปที่มีมีค่าสมมูลย์กลูโคส 66 เริ่มจากย่อยสารละลายแป้งความเข้มข้นร้อยละ 40 ให้มี มีค่าสมมูลย์กลูโคส ประมาณ 44 จากนั้นทำให้สารละลายเป็นกลาง และกรองแยกตะกอนของโปรตีนไขมัน ออกจากแป้ง สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นประมาณ ร้อยละ 55 นำมาปรับภาวะให้เหมาะกับเอนไซม์ที่ใช้ เช่นกรณีของ กลูโคอะมิเลส ใช้ pH 5.2 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ทำการย่อยประมาณ 48 ชั่วโมง หรือจนถึงมีค่าสมมูลย์กลูโคสที่ต้องการ จากนั้นลด pH ลง ให้อยู่ที่ pH 3 เพื่อยับยั้ง กิจกรรมของเอนไซม์ (Whistler et al., 1984) แต่เพราะการใช้กรดย่อยในช่วงแรกของกระบวนการต้องใช้ความร้อนสูงถึง 120 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) และอาจเกิดปฏิกิริยาการผันกลับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้อยกว่าที่ควร (Whelan, 1975

2.6.3.3 กระบวนการผลิตโดยใช้เอนไซม์

กระบวนการผลิตกลูโคสไซรัปโดยใช้เอนไซม์ถูกใช้มากขึ้นเรื่อยๆ ในอุตสาหกรรมเบียร์ เพราะสามารถผลิต starch hydrolysate ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตได้ตามต้องการ กระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.2

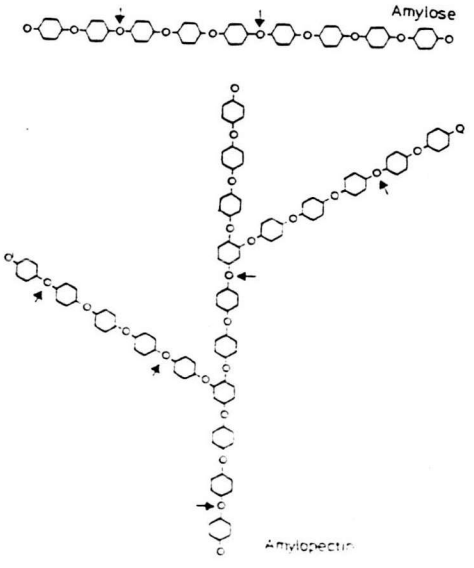
เอนไซม์	กระบวนการ	ผลผลิต
เอนโดอะมิเลส (แอลฟา-อะมิเลส)	สารละลายแป้ง → เจลาติไนเซชัน ↓ การทำให้น้ำแป้งใส ↓ → ลิเคอแฟคชัน เด็กซ์ทริไนเซชัน ↓ ↓ มอลโตเด็กซ์ทริน โอลิโกแซคคาไรด์	
เอกโซอะมิเลส (กลูโคอะมิเลส)	↓ แซคคาริฟิเคชัน →	กลูโคสไซรัป
	↓ การทำให้บริสุทธิ์	

รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตกลูโคสไซรัปโดยการใช้เอนไซม์
ดัดแปลงจาก Reichelt, 1983

จากรูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ เจลาติไนเซชัน ลิเคอแฟคชัน และแซคคาริฟิเคชัน ก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนต่าง ๆ ต้องผสมแป้งกับน้ำเพื่อให้เป็นของเหลวหนืด ในอุตสหกรรมหมักให้มีความเข้มข้นร้อยละ 25-40

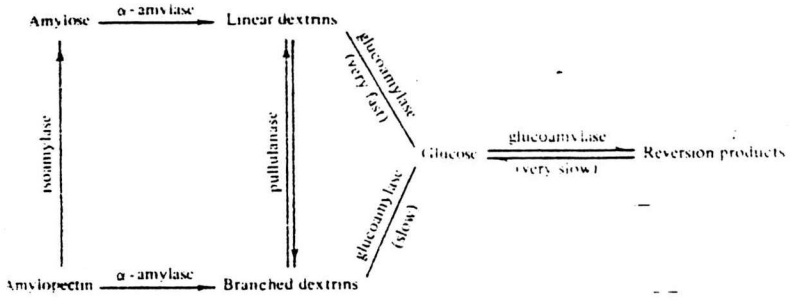
2.6.3.3.1 กระบวนการเจลาติไนเซชัน เป็นการเตรียมสารตั้งต้นให้เหมาะสมแก่การทำกิจกรรมของเอนไซม์ โดยปกติเอนไซม์จะไม่ย่อยเม็ดแป้งที่อยู่ในสภาพปกติ เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายแป้ง เม็ดแป้งจะบวม พองตัวและแตกออก นอกจากนี้โปรตีนที่ยึดเกาะอยู่กับเม็ดแป้งจะเสียสภาพ ตกตะกอนออกมาส่งผลให้เอนไซม์สามารถเข้าไปย่อยแป้งได้ดียิ่งขึ้น อุณหภูมิในการทำให้เกิดเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวเจ้าคือ 61 ถึง 77.5 องศาเซลเซียส (Leach, 1976) แต่การให้ความร้อนแก่แป้งต้องให้มากกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน เพื่อให้แน่ใจว่าได้ทำลายเม็ดแป้งเพียงพอแล้ว (Reichelt, 1983)

2.6.3.3.1 กระบวนการลิเคอแฟคชัน วัตถุประสงค์ของกระบวนการนี้ คือการเปลี่ยนสารแขวนลอยของแป้งให้เป็นสารละลายของเด็กซ์ทรินที่มีความหนืดต่ำเพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนเป็นกลูโคสต่อไป เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการนี้คือแอลฟา-อะมิเลส ซึ่งจะย่อยสลายแป้งได้กลูแคน และมอลโตเด็กซ์ทรินดังรูปที่ 2.3

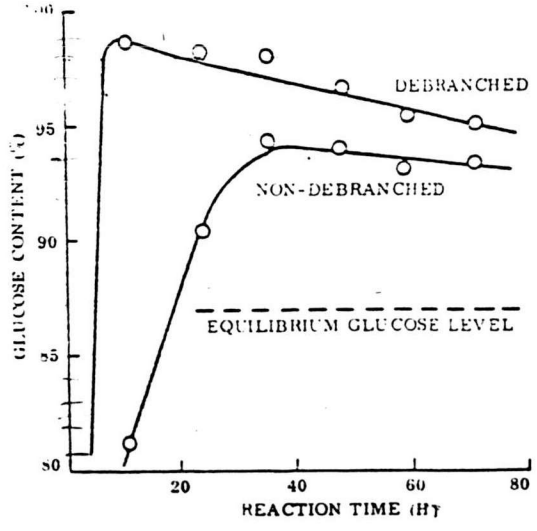


<u>รูปที่ 2.3</u> การย่อยแป้งโดยแอลฟา-อะมิเลส
ดัดแปลงจาก Richter และ Tegge, 1983

2.6.3.3.3 กระบวนการแชคคาริฟิเคชันวัตถุประสงค์ของขบวนการคือเปลี่ยนแป้งไปเป็นกลูโคสให้ได้มากที่สุด เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการนี้คือ กลูโคอะมิเลส ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 4.0 ถึง 4.5 และอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส (Reed and Underkofler, 1960) กลไกการแชคคาริฟิเคชันของแป้งที่ผ่านกระบวนการลิเคอแฟคชันโดยกลูโคอะมิเลสค่อนข้างซับซ้อน เพราะที่เวลาในการย่อยต่างๆ ความยาวของเด็กซ์ทรินสายตรงและเด็กซ์ทรินที่เป็นสายสาขาจะเกิดปฏิกิริยาหลายอย่างพร้อมกันพิจารณาปฏิกิริยาพื้นฐานซึ่งขึ้นกับอัตราเร็วสัมพัทธ์ แสดงในรูปที่2.3อัตราส่วนของอะมิเลสย่อยในกระบวนการลิเคอแฟคชันมีผลต่อการย่อยของกลูโคอะมิเลส เนื่องจากเด็กซ์ทรินสายตรงจะถูกกลูโคอะมิเลสย่อยได้อย่างรวดเร็วส่วนเด็กซ์ตรินที่เป็นสายสาขาถูกย่อยได้น้อยกว่า ดังที่กล่าวมาแล้วว่ากลูโคอะมิเลสจะย่อยพันธะไกลโคซิลที่เป็น แอลฟา-1,4 ได้เร็วกว่า แอลฟา-1,6 และ แอลฟา-1,3แสดงดังรูปที่ 2.4 (Lloyd and Nelson , 1984)



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาการย่อยสลาย (hydrolysis)/การรวมตัว (condensation) ที่ควบคุมการเปลี่ยนแป้งเป็นกลูโคสโดยกลูโคอะมิเลส



รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบการย่อยเด็กซ์ทรินสายตรงและเด็กซ์ทรินที่มีสายสาขาโดยกลูโคอะมิเลส

2.6.4 คุณสมบัติของสารเสริมการผลิตสุรา

2.6.4.1 ของแข็ง (extract) คือความหนาแน่นของสารเสริมการผลิตสุรานั่นเองการวิเคราะห์ค่าของแข็งทำได้หลายวิธี เช่นวิธีของ American Society Brewing Chemists, ASBC (ASBC, 1958) ซึ่งจะหาความหนาแน่นของสารเสริมการผลิตสุราจากสารละลายเจือจางร้อยละ 10 ในรูปของดีกรีพลาโต (°Plato) หรือดีกรีโบเม่ (°Baume) และหาค่าความถ่วงจำเพาะที่ 20 องศาเซลเซียสของสารเสริมการผลิตสุราโดยแปลงค่าจากดีกรีพลาโตให้เป็นความถ่วงจำเพาะด้วยตารางพลาโต (Plato table) (AOAC, 1991) คำนวณค่าของแข็งจากสูตรดังนี้

$$\text{ของแข็ง(ร้อยละ)} = \frac{500 \times \text{ดีกรีพลาโต} \times \text{ค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างเจือจางร้อยละ 10}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (50±0.01 กรัม)}}$$

หรือวิธีของ Institute of Brewing Analysis Committee (brigg et al, 1981) วิธีการหาค่าของแข็งใช้ตัวอย่างเจือจางร้อยละ 10เช่นเดียวกับวิธีแรกแต่หน่วยของของแข็งในวิธีนี้จะเป็นดีกรีลิตรต่อกิโลกรัม (litre°/kg) คำนวณค่าของแข็งได้จากสูตร

ของแข็ง(ดีกรีลิตรต่อกิโลกรัม) = 10X ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างเจือจางร้อยละ 10 ที่20°ซ

2.6.4.2 ของแข็งที่หมักได้ (fermentable extract) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสารเสริมการผลิตสุรา ค่าของแข็งที่หมักได้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีในสารเสริมการผลิตสุราเนื่องจากน้ำตาลแต่ละชนิดมีความสามารถในการหมักแตกต่างกัน เช่น กลูโคสมีความสามารถในการหมักร้อยละ 100 มอลโตสมีร้อยละ 90 และมอลโตไตรโอสมีร้อยละ 70 ถึง 80 (Swain, 1975) ในปี ค.ศ. 1970 Maiden รายงานถึงผลการศึกษาคุณสมบัติการหมักของกลูโคสไซรัปชนิดต่างๆเปรียบเทียบกับเวิร์ตที่ผลิตจากกระบวนการต้มแบบไม่ใช้อุณหภูมิสูง (infusion mashing wort) และกระบวนการต้มแบบใช้อุณหภูมิสูง(decoction mashing wort) ผลการศึกษาแสดงดังตาราง 2.3 ซึ่งจะพบว่ากลูโคสไซรัปที่มีค่าสมมูลย์กลูโคส(Dextrose Equivalent, DE)แตกต่างกันความสามารถในการหมักจะแตกต่างกันไปด้วย กลูโคสไซรัปที่มีค่าสมมูลย์กลูโคสสูง เช่น 100 จะมีความสามารถในการหมักสูงถึง 100 มักนิยมใช้ในการเพิ่มอัตราการหมักในการผลิตสุราชนิดต่างๆ (Wilson, 1991)หรือเพื่อผลิตเบียร์ที่มีลักษณะพิเศษ เช่น ไลท์เบียร์ (light beer)
(Geiger, 1985)

ตารางที่ 2.4 สมบัติในการหมักของกลูโคสไซรัป

วัตถุดิบ	น้ำตาลที่หมักได้ทันที*	น้ำตาลที่หมักได้ช้า**	น้ำตาลที่หมักได้ทั้งหมด	คาร์โบไฮเดรตที่หมักไม่ได้**
เวิร์ตจากการต้มในอุณหภูมิต่ำ(infusion mash wort)	60	15	75	25
เวิร์ตจากการต้มในอุณหภูมิสูง(decoction mash wort)	65	12	77	23
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 42 ย่อยด้วยกรด	33	12	45	55
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 42 ย่อยด้วยเอนไซม์	47.5	15	62.5	37.5
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 55 ย่อยด้วยกรด	50	15	65	35
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 63 ย่อยด้วยกรด	71	8	79	21
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 63 ย่อยด้วยเอนไซม์	69	8	77	23
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 72 ย่อยด้วยเอนไซม์	78	10	88	12
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 93 ย่อยด้วยเอนไซม์	88	5	93	7
วัตถุดิบค่าสมมูลย์กลูโคส 100 (กลูโคส)	100	0	100	0

* น้ำตาลที่หมักได้ทันที= DP1+DP2

** น้ำตาลที่หมักได้ช้า= DP3

*** คาร์โบไฮเดรตที่หมักไม่ได้= DP มากกว่า 3 ขึ้นไป

ดัดแปลงจาก Maiden, 1970

2.6.4.3 โปรตีน สารเสริมการผลิตสุราที่ดีจะต้องมีปริมาณโปรตีนต่ำหรือไม่มีโปรตีนเลย โดยปกติโปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ที่ใช้ในการผลิตสุรา ดังนั้นในการผลิตสุราจึงต้องคำนึงถึงปริมาณโปรตีนที่มีในวัตถุดิบ เช่น ในกระบวนการหมักเบียร์ยีสต์ต้องการแอลฟา-อะมิโน-ไนเตรต 100 ถึง 150 มิลลิกรัมต่อเวิร์ต 1 ลิตร (Pollock, 1979) แต่กรดอะมิโนที่มากเกินความต้องการของยีสต์จะตกค้างและทำให้แลคติกแอซิดแบคทีเรียมีโอกาสปนเปื้อนเข้ามาในเบียร์สูงขึ้น แบคทีเรียเหล่านี้สามารถผลิตกรดซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เบียร์มีกลิ่นรสผิดปกติ นอกจากนี้โปรตีนที่มีน้ำหนักโมลกุลสูงยังสามารถรวมตัวกับสารประกอบโพลีฟีนอลเกิดเป็นตะกอนชุ่น ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เบียร์เกิดการตกตะกอนชุ่นไปด้วย ในการผลิตเบียร์ที่ใช้มอลท์เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเพียงแหล่งเดียว เบียร์ที่ผลิตได้จะเกิดตะกอนชุ่นและไม่คงตัว ทั้งนี้เนื่องจากมอลท์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 13 (Owades, 1992) การใช้สารเสริมการผลิตสุราที่มีปริมาณโปรตีนต่ำร่วมในกระบวนการผลิตจะช่วยเจือจางปริมาณโปรตีนในเวิร์ต ผลิตภัณฑ์เบียร์ที่ได้จะมีความคงตัวสูง (Pollock, 1979 , Wilson, 1991)

2.6.4.4 ชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของสารเสริมการผลิตสุรา ชนิดของน้ำตาลจะเป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติในการหมักของสารเสริมการผลิตสุรา และจะมีผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักด้วย ผลิตภัณฑ์สุราแต่ละชนิดมีองค์ประกอบคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่นน้ำหมักสาเก มี องค์ประกอบที่สำคัญคือกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายแป้งของ *Aspergilus oryzae* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต จุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถสร้างกลูโคอะมิเลสซึ่งจะย่อยสลายแป้งได้กลูโคส และเนื่องจากกลูโคสเป็นน้ำตาลที่มีความสามารถในการหมักสูง ดังนั้นจึงถูกหมักเป็นอัลกอฮอล์ได้ในปริมาณที่สูงไปด้วย อัลกอฮอล์ในสาเกจึงสูงถึงร้อยละ 17 ขณะที่องค์ประกอบหลักของเวิร์ตในกระบวนการผลิตเบียร์คือมอลโตสและกลูโคส และหากมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบน้ำตาลชนิดต่างๆจะทำให้ผลิตภัณฑ์เบียร์มีกลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลงไป (Pollock, 1997) ผู้ผลิตสุราแต่ละชนิดจะมีสูตรในการผลิตแตกต่างกัน การใช้สารเสริมการผลิตสุราซึ่งมีองค์ประกอบของน้ำตาลที่แปลกออกและมีความหลากหลายจะทำให้ผู้ผลิตสุรามีทางเลือกในการผลิตมากขึ้น

2.6.4.5 ค่าสมมูลย์กลูโคส (Dextrose Equivalent, DE) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำตาล รีดิวซ์ทั้งหมด คำนวณให้อยู่ในรูปของกลูโคสต่อน้ำหนักแห้งของแป้ง ในปี ค.ศ. 1975 Swain รายงานไว้ว่าสารเสริมการผลิตสุราที่ใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์จะมีค่าสมมูลย์กลูโคสสูงกว่า 58 ขึ้นไป

สารเสริมการผลิตสุราที่ใช้ในการผลิตเบียร์มีสมบัติดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สมบัติของไซรัปชนิดต่างๆ ที่ใช้เป็นสารเสริมการผลิตสุราในการผลิตเบียร์

	ไซรัปผสม*			กลูโคสไซรัป	
	ข้าวโพด	ข้าวสาลี	ข้าวบาร์เลย์	A**	B***
ของแข็ง(ร้อยละ)	78.4	80.7	81.3	82.0	80
ของแข็งที่หมักได้ (ร้อยละ)	83-89	70-75	87.2	60.2	98.5
ค่าสมมูลกลูโคส (DE)	-	-	-	50.5	high
น้ำตาล					
กลูโคส					95.5
ซูโครส	59-64	59-64	65.4	-	0.0
มอลโทส					2.5
มอลโตรไตรโอส	13	10	11.8	-	0.5
เด็กซทริน	21.27	25-30	22.8	-	1.5
ไนโตรเจน (ร้อยละ)	0	0.22	0.72	-	
เถ้า (ร้อยละ)	-	-	-	0.19	-

* ดัดแปลงจาก Maule และ Greenshields, 1970

**ดัดแปลงจาก Pomeranze, 1991

***ดัดแปลงจาก Nielsen และ Jepsen, 1984

จากข้อมูลที่ได้รวบรวมมาในทุกๆด้าน นับตั้งแต่ข้าว ข้าวเจ้า กระบวนการผลิตสารเสริมการผลิตสุราและลักษณะที่สำคัญของสารเสริมการผลิตสุรานั้นพอจะชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการวิจัยที่จะแสดงในบทต่อไปในการนำแป้งข้าวเจ้ามาเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปทางชีวภาพด้วยเอนไซม์ให้กลายเป็นสารเสริมการผลิตสุราเพื่อที่จะใช้เพิ่มผลผลิตให้กับอุตสาหกรรมสุราของประเทศอันอาจได้แก่ เบียร์ สุราไทย เป็นต้น ซึ่งผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คงจะเพียงพอที่รักษาความคงตัวของมูลค่าข้าวเจ้าไทยรวมทั้งสร้างอุตสาหกรรมรองรับการผลิตข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าต่อไปอีกด้วย