

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของข้าว

แหล่งกำเนิดและวิวัฒนาการของข้าว (อรรถวृฒิ, 2526 ; Marshall and Wadsworth, 1994)

มีแหล่งกำเนิดอยู่ 2 แห่ง คือ ทางทวีปเอเชียและแอฟริกา แบ่งออกเป็น 3 พวก คือ

- *Oryza sativa* เป็นชนิดที่ปลูกกันทั่วไป
- *O. glaberrima* ปลูกเฉพาะในแอฟริกา
- ข้าวป่า (wild rice) ที่เกิดขึ้นทั่วไป มีการรวบรวมได้ถึง 20 ชนิด ที่สำคัญๆ ได้แก่ *perennis, officinalis, spontanea* และ *nivara*

จากการค้นคว้าของนักพฤกษศาสตร์พบว่า *O. perennis* เป็นต้นตระกูลของข้าวใช้ปลูกเพื่อบริโภคในปัจจุบันนี้ ซึ่งได้แก่ *O. sativa* และ *O. glaberrima* ลักษณะทางพันธุศาสตร์ ข้าวจัดเป็นหญ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งอยู่ในวงศ์ (family) แกรมมีนิ (Graminae) เช่นเดียวกับหญ้าใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) ข้าวที่ปลูกในปัจจุบันมีโครโมโซม (chromosome) 24 ตัว ($2n = 24$) ข้าวจัดอยู่ในตระกูล (genus) *Oryza* ที่ปลูกกันอยู่ทั่วโลกมีด้วยกัน 2 ชนิด (species) คือ *O. sativa* และ *O. glaberrima* ชนิดหลังปลูกในทวีปแอฟริกา การปลูกข้าวปลูกได้ตั้งแต่บริเวณเส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ พบว่าข้าวปลูกมากที่สุดในทวีปเอเชีย คือ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เพราะประชากรในทวีปเอเชียบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักประจำวัน

แหล่งปลูกข้าว *O. sativa* แบ่งออกเป็น 3 พวก คือ

1. Indica type ปลูกมากในประเทศที่อยู่ในเขตร้อน เช่น อินเดีย ปากีสถาน บังคลาเทศ ศรีลังกา จีนตอนใต้และกลาง อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม พม่า และ ไทย มีลักษณะเมล็ดยาวเรียวกว้าง 2.8 มิลลิเมตร ยาว 9 – 11 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร
2. Japonica type ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี สหรัฐอเมริกา ประเทศจีนตอนเหนือและกลาง มีลักษณะเมล็ดป้อมสั้น กว้าง 3.5 มิลลิเมตร ยาว 7 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 2.5 มิลลิเมตร

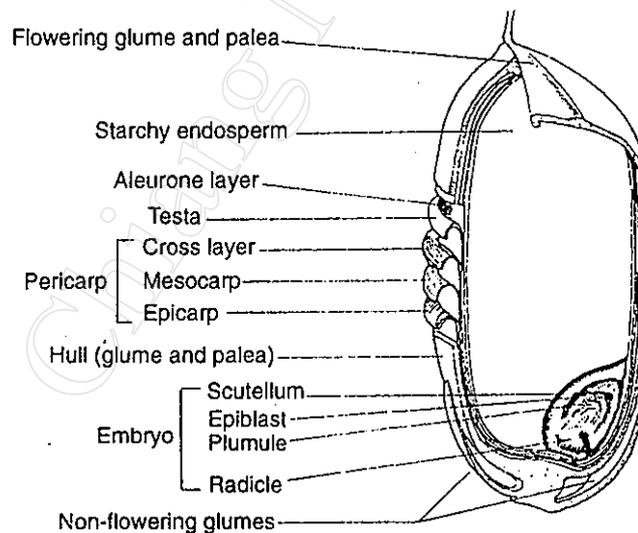
3. Javanica type ปลูกเฉพาะในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น มีลักษณะเมล็ดระหว่าง Indica และ Japonica ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

การจำแนกตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร (อรรควุฒิ, 2526)

1. ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) ความยาวของเมล็ดไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร
2. ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (medium-long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 5.51 – 6.60 มิลลิเมตร
3. ข้าวเมล็ดยาว (long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 6.61 – 7.50 มิลลิเมตร
4. ข้าวเมล็ดยาวมาก (extra-long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มิลลิเมตรเป็นขึ้นไป

ส่วนประกอบต่างๆของข้าว

เมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวประกอบด้วยส่วนภายนอกที่เป็นเปลือก (hull) ซึ่งคือกลีบดอกใหญ่ และกลีบดอกเล็กหุ้มส่วนภายในที่เรียกว่า ข้าวกล้อง (brown rice) หรือ rice caryopsis คิดเป็นน้ำหนักประมาณ 72 – 82 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักทั้งหมดของเมล็ดข้าว ข้าวกล้องมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อผ่าตามยาวจะพบส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชั้นนอกสุดเป็นเยื่อบางๆ (pericarp layer) ทำให้เห็นสีของข้าวกล้องเป็นสีน้ำตาลอ่อน ชั้นในที่ติดกับเยื่อบางนี้คือ เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นใน (seed coat) ถัดเข้าไปคือ nucellus ชั้นสุดท้ายเป็นเยื่อบางๆคือ aleurone layer หุ้มส่วนที่เป็นแป้ง (starch) มีสีขาวชั้นหรือข้าวใส และส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าว (embryo)



Internal structure of a rice grain.

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆของเมล็ดข้าวผ่าตามยาว

ที่มา : Herry, 1996

endosperm ประกอบด้วยเม็ดแป้ง (starch granules) และโปรตีน (protein bodies) อยู่ตรงรอบนอกใกล้กับชั้นในสุดของเยื่อหุ้มแป้ง (aleurone layer) ส่วนเม็ดแป้งอยู่ด้านใน ดังนั้นการขัดสีข้าวถ้าลึกมากเกินไป ส่วนที่เป็นโปรตีนจะติดไปกับเยื่อหุ้มแป้ง ข้าวกล้องที่ขัดแล้ว เรียกข้าวสาร โปรตีนในข้าวกล้องเฉลี่ยประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวสาร 6 – 7 เปอร์เซ็นต์ (Juliano, 1985) ข้าวเป็นอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนที่ราคาถูกที่สุด ข้าวที่บริโภคส่วนใหญ่เป็นข้าวสารทั้งที่สูญเสียคุณค่าทางอาหารจากจากขัดสี ข้าวกล้องไม่เป็นที่นิยมเพราะต้องสูญเสียพลังงานในการหุงต้มมากกว่า และน้ำมันในส่วนของรำทำให้เกิดการเหม็นหืนได้ในการเก็บรักษา คุณลักษณะในการหุงต้มขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปร่างและขนาดเมล็ดข้าวด้วย (Henry *et al*, 1996)

การแบ่งประเภทของข้าว

จำแนกตามลักษณะการบริโภค หรือชนิดของแป้ง (อรรถวุฒิ, 2526)

1. ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ waxy rice) ประกอบด้วย อะมิโลเพคติน (amylopectin) 95 เปอร์เซ็นต์ มี อะมิโลส (amylose) น้อยมากถึงไม่มีเลย เมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวขุ่น เมื่อนึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่จับตัวติดกันเหนียวแน่น และมีลักษณะใส ประชาชนส่วนใหญ่ของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริโภคข้าวเหนียวเป็นอาหารหลัก

2. ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) มี อะมิโลสอยู่ประมาณ 7 – 33 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นอะมิโลเพคติน เมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวใส เมื่อนึ่งหรือนึ่งสุกแล้ว ข้าวสุกมีสีขาวขุ่นและร่วนกว่าข้าวเหนียว ข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์เมื่อนึ่งสุกแล้ว มีความนุ่มเหนียว แตกต่างกัน ประชาชนส่วนใหญ่ในภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทยบริโภคข้าวเจ้า

อัตราส่วนของสตาร์ชทั้งสองชนิดนี้ คือ อะมิโลส และ อะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน คือ ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วน มีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ส่วนข้าวเหนียวหรือข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จะดูดน้ำและขยายตัวได้น้อยกว่าข้าวเจ้าหรือข้าวที่มีอะมิโลสสูง ข้าวสุกจะเหนียวนุ่มกว่า (ประสูติ, 2526) อะมิโลสจะมีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายยาวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -(1-4) ในแต่ละหน่วยของกลูโคส อะมิโลเพคตินจะมีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลเป็นกิ่งก้านสาขา เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -(1-4) และ α -(1-6) (Henry *et al*, 1996)

ข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่ปลูกในประเทศไทยเป็นข้าวชนิด indica type ได้แก่ข้าวพวกที่มีเมล็ดยาวเรียว ขนาดของเมล็ดยาวประมาณ 10.5 - 11 มิลลิเมตร กว้าง 2.8 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร (คณาจารย์, 2527) สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (The International Rice Research Institute) จึงแบ่งข้าวออกเป็นหมวดหมู่ตามปริมาณอะมิโลสเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวที่มีอะมิโลส ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่มี อะมิโลส ปานกลาง มี อะมิโลส 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่มี อะมิโลส ค่อนข้างสูง มีอะมิโลส 26 - 27 เปอร์เซ็นต์ และข้าวที่มีอะมิโลสสูงกว่า 27 เปอร์เซ็นต์ ธรรมชาติและพืชหัวทั่วไปมักประกอบด้วยอะมิโลสประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนจะมีอะมิโลสน้อยมาก (ปราณี, 2536) ข้าวเหนียว (glutinous rice) เป็นพวกที่เมล็ดข้าวสารมี dextrin ในเมล็ดแบ่งและเป็นพวก soluble starch สีของ endosperm จะขาวขุ่น มีปริมาณ อะมิโลเพคติน 90.95 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณของอะมิโลส 7-10 เปอร์เซ็นต์ คุณสมบัติของข้าวเหนียวหลังจากหุงต้มแล้วจะเหนียวและเกาะกันเป็นก้อน ความแตกต่างระหว่างข้าวเจ้าและข้าวเหนียวอีกอย่างหนึ่งคือ ถ้าความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถแยกข้าวเจ้าและข้าวเหนียวด้วยสายตาได้ แต่ถ้าหากความชื้นในเมล็ดมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ จะสังเกตเห็นว่าข้าวทั้งสองชนิดมีส่วนของ endosperm สีเหมือนกัน และไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ส่วนข้าวเจ้าชนิด japonica type นั้นคุณสมบัติหลังหุงต้มแล้วจะเหนียวและเกาะกันบ้างแต่ไม่เหนียวเท่ากับข้าวเหนียวแท้ๆ (ไสว, 2534) starch ข้าวเหนียว มีปริมาณอะมิโลส 0.8 - 1.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วน hilum (centre) ของ granule ย้อมด้วยไอโอดีนติดสีแดงและสีน้ำตาล (Juliano, 1985) ข้าวเหนียวจะมีลักษณะขุ่นขาว ทั้งเมล็ด เนื่องจากมีช่องว่างของอากาศภายในเมล็ดเป็นจำนวนมาก (สุธน, 2526)

ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวมีปริมาณ 5 - 17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลต่อความนุ่มและการเกาะกันเป็นก้อนของเมล็ดข้าวหลังการหุงต้มด้วย ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูง จะเกาะกันเป็นก้อนน้อยลง นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวยังมีผลต่อความแข็งของเมล็ดข้าว ซึ่งอาจจะมีผลต่อคุณภาพการสีข้าวด้วย (Herry *et al*, 1996)

ข้าวแบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโตที่เกี่ยวกับแสงแดด หรือความไวต่อช่วงแสง แบ่งได้เป็น (ประสูติ, 2526)

1. ข้าวไวแสง (photoperiod sensitive rice) ข้าวแต่ละพันธุ์ที่อยู่ในประเภทนี้มีกำหนดออกดอกที่แน่นอนหรือถ้าคลาดเคลื่อนก็เพียงเล็กน้อย แม้จะปลูกเวลาต่างกัน มักจะออกดอกในเวลาทีกลางวันสั้นกว่ากลางคืน จะปลูกในฤดูฝนเพื่อให้ดอกตั้นฤดูหนาวหรือระหว่างฤดูหนาวซึ่งช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชม. ข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยเกือบทุกพันธุ์จัดอยู่ในประเภทนี้

2. ข้าวไม่ไวแสง (photoperiod insensitive rice) ออกดอกตามอายุจึงปลูกได้ตลอดปีถ้ามีน้ำเพียงพอ แต่จะให้ผลดีกว่าเมื่อปลูกฤดูร้อน เพราะมีแสงแดดมากกว่าฤดูอื่น มีอายุตั้งแต่ 110 – 150 วัน ส่วนมากเป็นพันธุ์ข้าวไทยผสมกับข้าวจากต่างประเทศ

ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง กข6 และ กข10 เป็นข้าวพันธุ์ดีปลูกได้ฤดูนาปีสำหรับภาคเหนือ ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองข้าวที่ส่งเสริมให้ปลูกแบบข้าวนาสวนในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สถาบันวิจัยข้าว, 2541) ข้าวพันธุ์ กข เป็นพันธุ์ข้าวที่สถาบันวิจัยข้าวได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ขึ้น โดยการผสมพันธุ์หรือชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์และผ่านคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ออกขยายพันธุ์เป็นทางการ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512-2524 มีทั้งหมด 19 พันธุ์ โดยมีชื่อ กข นำหน้า และให้มีตัวเลขตามหลัง โดยเลขคี่เป็นข้าวเจ้า ส่วนเลขคู่เป็นข้าวเหนียว พันธุ์ข้าว กข เหล่านี้ให้ผลผลิตสูงคุณภาพเมล็ด อายุ ความต้านทานโรคและแมลง ความทนต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกันบ้าง เพื่อให้เกษตรกรได้เลือกใช้ให้เหมาะกับสภาพท้องถิ่นของตนเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ข้าว กข พัฒนาโดยกรมการข้าว นิยมปลูกกับนาปรังหรือพื้นที่ที่มีการชลประทาน กข ย่อมาจาก "กรมการข้าว" ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นสถาบันวิจัยข้าว มีลักษณะเด่นตรงที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง แต่มีข้อเสียทำให้เกิดโรคและแมลงระบาดมาก จึงมีการพัฒนาพันธุ์ข้าว กข ใหม่อีกเรื่อยๆ จนถึงข้าว กข27 เป็นรุ่นสุดท้าย หลังจากนั้นการพัฒนาข้าวพันธุ์ใหม่จึงไม่ใช่ชื่อ กข นำหน้าอีกต่อไป แต่จะให้ชื่อตามสถานีวิจัยข้าวต่างๆที่เป็นผู้พัฒนาพันธุ์ข้าว นั้น (ไพศาล, 2541)

ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวทั้ง 3 พันธุ์

- ข้าวเหนียวสันป่าตอง จัดเป็นข้าวไวแสง เป็นพันธุ์ซึ่งกลายพันธุ์มาจากข้าวเจ้า พันธุ์เหลืองใหญ่ 10 โดยเจ้าหน้าที่วิชาการจากสถานีทดลองข้าวสันป่าตอง พิจารณาให้ขยายพันธุ์เมื่อปี 2505 ช่วงอายุออกดอกโดยประมาณ 26 พ.ย. วงจรชีวิตประมาณ 120 – 150 วัน ลำต้น

สูง ระยะพักตัวประมาณ 5 สัปดาห์เปลือกสีน้ำตาล เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.2 มม. รูปร่าง เรียว ข้าวสุกนุ่ม ด้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลปานกลาง

- ข้าว กข6 จัดเป็นข้าวไวแสง เป็นข้าวที่กรมวิชาการเกษตรนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไปอบรังสีแกมมา ขนาด 20 กิโลแตร เพื่อให้กลายเป็นข้าวเหนียว ที่สำนักงานประมงเพื่อสันติแห่งประทศไทย เมื่อปี 2508 ช่วงอายุออกดอกโดยประมาณ 21 พ.ย. วงจรชีวิตประมาณ 120 – 150 วัน ลำต้นสูง ระยะเมล็ดพักตัวประมาณ 5 สัปดาห์ สีเปลือกสีน้ำตาล ข้าวกล้องยาว 7.3 มม. รูปร่างเรียว คุณภาพในการหุงรับประทานดีพอกับข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวสุกนุ่ม เป็นข้าวเหนียวหอม ด้านทานโรคสีใบน้ำตาลปานกลาง ให้ผลผลิตและทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์เหนียวสันป่าตอง ทำการเผยแพร่เมื่อปี 2520

- ข้าว กข10 จัดเป็นข้าวไม่ไวแสง เป็นข้าวเหนียวที่ได้มาโดยการนำเอาเมล็ดพันธุ์ข้าว กข1 ไปอบรังสีนิวตรอน ที่สำนักงานประมงเพื่อสันติแห่งประทศไทย ได้พิจารณาให้ออกขยายพันธุ์เป็นพันธุ์ กข 10 เมื่อปี 2524 ช่วงอายุโดยประมาณ 130 วัน ลำต้นเตี้ย ระยะเมล็ดพักตัวประมาณ 4 วัน สีเปลือกสีฟาง ข้าวกล้องยาว 7.6 มม. รูปร่างเรียว ข้าวสุกนุ่มปานกลาง ด้านทานโรคไหม้ปานกลาง ไม่ด้านทานโรคของใบแห้ง คุณภาพหุงต้มและรับประทานดี สามารถปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง ในขณะที่ข้าวเหนียวสันป่าตองและ กข6 ปลูกได้เฉพาะนาปี (ไสว, 2534 ; สำลี, 2537 ; จำรัส, 2534 ; อรรควุฒิ, 2526 ; สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง, 2543)

ข้าวเหนียวมีปริมาณน้ำตาลอิสระมากกว่าข้าวเจ้า โดยเฉพาะชนิดที่เรียกว่า maltoligosaccharide ปริมาณ maltodestrins ที่สูงกว่าอาจจะเป็นตัวอธิบายว่าทำไมถึงเรียกข้าวเหนียวว่า 'sweet rice' (Juliano, 1985) อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินในเมล็ดข้าวเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดลักษณะของข้าวหลังจากทำการหุงต้ม ข้าวที่มีอะมิโลเพคตินสูง จะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูง และมีอุณหภูมิ การเจลาติไนซ์ต่ำกว่า ยังมีปริมาณอะมิโลเพคตินสูงขึ้น ข้าวก็จะมีความชื้น ความอ่อนนุ่ม เกาะกันได้มากขึ้นเมื่อทำการหุงต้ม (Judie et al, 1991)

ข้าวเป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งในการผลิตสุราของไทย เครื่องดื่มสุรามีหลายประเภท ที่นิยมได้แก่

สาโท น้ำข้าว ทำจากการหมักข้าวเหนียว กับลูกแป้งเหล้าที่ทำจากสมุนไพร และแบ่งข้าวเจ้า หมักทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน แล้วเติมน้ำ หมักต่ออีก 3-5 วัน จะกลายเป็นน้ำสาโท และเมื่อนำน้ำสาโทไปกลั่นก็จะกลายเป็นสุราขาว

ดู มีกรรมวิธีการคล้ายกับการทำสาโท แต่จะใส่เกลบผสมลงไปนข้าวเหนียว และลูกแป้งเหล้า เมื่อหมักได้ 7 - 10 วันก็จะเติมน้ำแล้วหมักต่อไปอีก 3 - 5 วัน

น้ำตาลเมา กระแฉับ ตะหวาก หรือหวาก คือการนำรากมะเกลือแห้งมาบั้งอย่างให้ไหม้เกรียม แผลงในไหที่มีน้ำตาลสดจากตาลโตนด (หรือน้ำตาลปีบ น้ำตาลบีบ เคี้ยวกับน้ำและใบเตยหอม) ทิ้งไว้ ประมาณ 2 - 4 วัน น้ำตาลเมาที่ได้จากน้ำตาลโตนดเรียกว่า "น้ำตาลูกยอด" ส่วนน้ำตาลเมาที่ได้จากการเคี้ยวน้ำตาลปีบหรือน้ำตาลปีก เรียกว่า "มหาละลาย"(เครื่องช่ายเกษตรกรรมทางเลือก, 2541)

สาโทและสาเกจัดเป็นไวน์ข้าว สาโททำการหมักจากข้าวเหนียวหนึ่งด้วยลูกแป้งเชื้อ จัดว่าเป็นสุราแช่ตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 สาโทไม่มีการกลั่นมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร การหมักหรือการทำยั้งใช้วิธีการดั้งเดิม สาเกเป็นเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ดั้งเดิมของญี่ปุ่น ใช้ koji ซึ่งเป็นข้าวหนึ่งปกคลุมด้วยเส้นใยของเชื้อราแทนลูกแป้ง ได้มีการค้นคว้าและพัฒนาวิธีการผลิตติดต่อกันเป็นเวลานาน จนปัจจุบันคุณภาพของสาเกได้มาตรฐาน (ประดิษฐ์, 2525)

สุราขาวของไทยมีลักษณะคล้ายสุราญี่ปุ่นโคบุโรกุ ในประเทศญี่ปุ่น สุราทำจากข้าว จะใช้ข้าวเมล็ดใหญ่และมีเมล็ดใส ข้าวเปลือกที่ใช้สำหรับทำเหล้าสาเกมีปลูกประมาณ 12,600 เฮกเตอร์ เพื่อให้ได้สาเกที่มีคุณภาพดี ต้องใช้ข้าวเพื่อทำสาเกโดยเฉพาะ สูตรของข้าวที่ดีที่สุดที่ใช้ทำสุราคงจะมีจำนวนโปรตีนต่ำ และจำนวนแคลเซียมน้อยด้วย ในประเทศไทยไม่มีการปลูกพันธุ์ข้าวเพื่อทำเหล้าโดยเฉพาะ แต่ยังใช้ข้าวเหนียวเพื่อทำเหล้าอยู่ ญี่ปุ่นซื้อปลายข้าวเหนียวของไทยใช้เป็นวัตถุดิบของสาเกอวาโมริของจังหวัดโอกินาวา (Japan Embassy, 1980) ขั้นตอนในการหมักสาเกของญี่ปุ่นมีลักษณะคล้ายสาโทหรือไวน์ข้าวของไทย ประกอบกับได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติข้าวที่ต่อผลการหมักสาเก จึงได้ใช้ลักษณะข้าวในการทำสาเกเปรียบเทียบกับจากผลิตสุราขาวของไทยที่มีขั้นตอนการหมักสาเป็นสาโท (ประดิษฐ์, 2525)

2.2 คุณสมบัติของข้าวที่เหมาะสมแก่การทำสาเกและไวน์ข้าว

แม้ว่าข้าวจะไม่มีลักษณะที่ทำให้เกิดกลิ่นในไวน์ได้มากเท่ากับองุ่น แต่เนื่องด้วยคุณสมบัติง่ายต่อการจัดการ (เช่น การสี และการนึ่ง), ให้ผลผลิตของน้ำตาลได้มากจากกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (saccharified) , ความสามารถในการทำให้ราจาก koji เจริญได้ดี เป็นคุณสมบัติสำคัญของข้าวในการผลิตสาเก ซึ่งทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดข้าวที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (saccharification) การเจริญเติบโตของ

ยีสต์ การหมัก และการเกิดองค์ประกอบของกลี้นในสำ (mash) พบว่าโครงสร้างของเมล็ดข้าวส่วนที่เรียกว่า White core ควรจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเร็วและนิ่งได้ดี เพื่อให้เส้นใยของ *A. oryzae* เจริญได้ง่ายบนส่วนของ White core ได้ดีเท่ากับเจริญที่บนผิวหน้าของเมล็ดข้าว (Juliano, 1985)

ข้าวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่สุดในการผลิตสาเก ได้มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับปริมาณการผลิตและคุณภาพของสาเก พบว่าคุณภาพของข้าวมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งต่อกลิ่นรสของสาเก คือคุณสมบัติที่ง่ายต่อการจัดการ (เช่น การสี, การนึ่ง) ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงเมื่อสตา์ชถูก ย่อยเป็นน้ำตาล คุณสมบัติที่ทำให้เชื้อรา (koji) เจริญได้ดี เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้ถึงคุณภาพของข้าว เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการวิจัยออกมาในรูปของโครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดข้าวในรูปของความสามารถในการย่อยเป็นน้ำตาล, การเจริญเติบโตของยีสต์, ขบวนการหมัก และ การสร้างส่วนประกอบของกลี้นใน mash โดยทำการศึกษาในเรื่อง คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ปริมาณโปรตีน (protein content), การดูดซึมน้ำ (water absorbability of grains), น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด (the weight of 1,000 grains), ความชื้น (moisture content), ความชุ่มที่ปรากฏในส่วนกลางของเมล็ดข้าว (white core) พบว่า ข้าวญี่ปุ่นเมล็ดสั้นที่ผลิตญี่ปุ่นเป็นพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตสาเก สามารถให้ปริมาณน้ำตาลและกลิ่นรสที่ดีแก่สาเก ในระหว่างพันธุ์ข้าวที่ผลิตในประเทศนั้นก็จะมีพันธุ์พิเศษที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสาเก ซึ่งจะทำการจำหน่ายในราคาที่สูง ซึ่งพันธุ์ที่เหมาะสมในการผลิตสาเก คือพันธุ์ Yamadanishiki ซึ่งจากการวิเคราะห์ ทางด้าน เคมีกายภาพ มีความแตกต่างจากพันธุ์อื่น (Juliano, 1985) สุราญี่ปุ่นทำขึ้นมาจากข้าว ส่าสุราและน้ำ เป็นวิธีที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ สุราที่ถูกผลิตขึ้นมาจะมีรสชาติแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน ชนิดของข้าวที่ใช้ และวิธีการหมัก อันทำให้กลิ่นและรสชาติของสุราแต่ละชนิดมีลักษณะที่พิเศษเฉพาะตัว บริษัทที่ผลิตสุราส่วนใหญ่ก็จะทำเป็นอุตสาหกรรมเล็กๆภายในครอบครัว แต่ก็มีที่ทำเป็นบริษัทขนาดใหญ่ ซึ่งก็ไม่กี่บริษัท สุราที่ดีจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อได้วัตถุดิบอันได้แก่ ข้าว น้ำ ส่าสุราและเทคนิคการผลิต (กองบรรณาธิการวารสาร Japan World, 2541)

คุณสมบัติที่เหมาะสมกับการหมักควรจะเป็นข้าวที่มีค่า unavailable polishing ratio น้อยที่สุด ซึ่งค่า ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ดภายหลังและก่อนการสีข้าว ข้าวที่เหมาะสมต่อการผลิตสาเกจะมี polishing ratio 70 - 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพอเพียงพอต่อการทำความสะอาดเมล็ดข้าวที่จะกำจัดรำออกจากเมล็ดข้าว เพราะรำข้าวมีโปรตีนไขมันและเถ้าในปริมาณมาก ซึ่งจะมีผลต่อกลิ่นและสีของสาเก แต่ยังทำให้เกิดฟูเซลอยล์ที่เป็น

อันตรายต่อร่างกายผู้บริโภค และวิตามินที่มีปริมาณมากในรำ สามารถทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการหมักเจริญเติบโตได้ดี คุณสมบัติเมื่อหนึ่งแล้วเส้นใยของเชื้อราสามารถผ่านเข้าไปได้ง่าย มีความสามารถในการดูดซึมน้ำในขั้นตอนการแช่ข้าวได้มาก ทำให้ข้าวที่หนึ่งแล้วจะมีความอ่อนนุ่มยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งง่ายต่อการทำงานของเอนไซม์ใน koji (Rose, 1977)

โดย

$$\text{the rate of polishing} = \frac{\text{white rice obtained (kg)}}{\text{original brown rice}} \times 100$$

อัตราการขัดสี (rate of polishing) คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของข้าวสารต่อข้าวกล้อง (Luh, 1980) การขัดสี วัตถุประสงค์หลักคือ การขจัดโปรตีน ไขมัน และ กลีโกลิน ที่อยู่บริเวณผิวของเมล็ดข้าวที่มีผลทำให้การหมักสาเกได้ผลผลิตไม่เป็นที่ต้องการ (Luh, 1988)

การล้างและแช่ ในการล้างข้าวจะเกิดการขัดสีระหว่างเมล็ดข้าว ขั้นตอนนี้ทำให้ผิวหน้าของเมล็ดข้าวหายไป คิดเป็น 1 – 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในระหว่างการล้างเมล็ดข้าวดูดซึมน้ำ 9 – 17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ระหว่างการล้างและการแช่ ข้าวจะดูดซึมน้ำเข้าไปได้ถึง 25 – 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเริ่มต้นทำให้ความร้อนผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าวได้ดียิ่งขึ้นในขบวนการให้ความร้อนโดยไอน้ำ ข้าวถูกแช่ในน้ำ 1 – 20 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการดูดซึมน้ำ ข้าวเมล็ดอ่อนสามารถดูดซึมน้ำได้ภายใน 1 ถึง 3 ชั่วโมง ข้าวที่มีการขัดสีมากจะสามารถดูดซึมน้ำได้เร็ว ในระหว่างที่ทำการล้างและแช่ข้าว potassium และน้ำตาลจะหายไปจากเมล็ดข้าวในขณะที่ออกออน แคลเซียมและเหล็กจะถูกดูดซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว (Rose, 1997)

ในการนึ่งข้าวพบว่าเวลาในการนึ่งข้าวด้วยไอน้ำ 15 – 20 นาที พอเพียงที่จะทำให้เกิด gelatinize ในสตาร์ชและ denature โปรตีน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานความร้อนของผิวหน้าของเมล็ดข้าวที่จะให้ความร้อนผ่านในช่วงแรกของการนึ่ง ซึ่งการนำพาความร้อนเข้าสู่ด้านในของเมล็ดข้าวและไอน้ำบางส่วนจะควบแน่นเป็นหยดน้ำอยู่บนผิวของเมล็ดข้าว เนื่องจากความหนาของผิวเมล็ดข้าวเป็นผลมาจาก polishing ratio และความดันไอน้ำที่ใช้ การนึ่งสตาร์ชถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ α -form และโปรตีนจะเปลี่ยนสภาพไปในรูปที่ง่ายต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์จาก koji ยิ่งไปกว่านั้นข้าวจะถูกทำให้ปลอดเชื้อโดยไอน้ำ ระหว่างการนึ่งข้าวจะดูดซึมน้ำ 7 – 12 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักเริ่มต้น ดังนั้น เมื่อสิ้นสุดกระบวนการทั้งหมด คือ ล้าง แช่ และนึ่ง ข้าวจะดูดซึมน้ำถึง 35 – 40 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่หนึ่งสุกจะมีลักษณะนุ่มเหนียว ค่อนข้างใส ไม่ร่วนซุย เมื่อบีบด้วยนิ้ว (Rose, 1977)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบของข้าวกล้องกับข้าวสาร

องค์ประกอบ	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
แคลอรี (100 แคลอรีต่อกรัม)	28.0	29.0
โปรตีน (%)	8.9	7.6
ไขมัน (%)	2.0	0.3
คาร์โบไฮเดรต (%)	77.2	79.4
เถ้า (%)	1.90	0.4
เส้นใย (%)	1.0	0.2
วิตามิน (ส่วนในล้านส่วน)		
กรดแอสคอร์บิก	3 - 5	0.6 - 1.0
โทอะมีน	0.8 - 1.0	0.23
ไรโบฟลาวิน	55	15.20
กรดนิโคตินิก	17	6.4
กรดแพนโทติก	10.3	4.5
ไพริดอกซีน		880
เอ (ไอ.ยู. ต่อกรัม)	0.5 - 1.0	0
แร่ธาตุ (%)		
แคลเซียม	0.119	0.028
แมกนีเซียม	0.342	0.079
โพแทสเซียม	0.078	0.028
โซเดียม	0.290	0.096
ฟอสฟอรัส	0.023	0.006
กำมะถัน	0.0020	0.0009
เหล็ก		10.14
ทองแดง (ส่วนในล้านส่วน)	3.60	1.90

ที่มา : FAO, 1954

Kodama และ Yoshizawa (1997) ได้สรุปคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีในข้าวที่เหมาะสมแก่การหมักสาเกควรมีดังนี้

1. น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบขนาดของเมล็ดข้าวได้ เมล็ดข้าวชนิดเมล็ดสั้นของญี่ปุ่นที่เหมาะสมในการทำสาเก จะมีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด 20 – 30 กรัม น้ำหนัก 25 กรัมต่อ 1,000 เมล็ดจะเหมาะสมมากที่สุด
2. ปริมาณความชื้น พบว่าข้าวที่มีปริมาณความชื้นน้อยจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำในกระบวนการแช่และนึ่งได้มากขึ้น ดังนั้นทำให้มีน้ำอยู่ในเมล็ดข้าวมากหลังจากการนึ่ง ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการผลิตสาเกและทำให้ได้สาเกที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น
3. คาร์โบไฮเดรต ในการหมัก *amylase* ใน *koji* จะทำให้แป้งสร้างน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนเป็นเอธานอลโดยยีสต์
4. โปรตีน ในการหมัก กรด *potease* ใน *koji* ทำให้โปรตีนสร้าง *peptides* และกรดอะมิโน ซึ่งยีสต์ทำการดูดซึมและทำให้สาเกมีรสชาติและเนื้อสัมผัส แต่ถ้ามีโปรตีนมากเกินไป จะทำให้ได้รสชาติที่ไม่ดีและสีเข้ม กรดอะมิโนบางชนิด เช่น *leucine*, *valine* และ *isoleucine* ถูกยีสต์ดูดซึมแล้วสร้างเป็น *higher alcohols* เช่น *isoamyl alcohol*, *isobutanol* และ *2-methyl butanol* ตามลำดับ และข้าวสารที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะทำให้เกิดน้ำตาลน้อยและมีกรดอะมิโนมากในการหมัก ข้าวสาร 75 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการทำสาเกมากที่สุด
5. ไขมัน *crude fat* เป็นส่วนสำคัญของกรดไขมันและ *glycerides* ในระหว่างการนึ่ง *glycerides* บางส่วนจะสลายตัวปลดปล่อยกรดไขมัน และกรดไขมันอิสระจะระเหยไป และบางส่วนจะสลายตัว ดังนั้น ข้าวที่นึ่งสุกแล้วจะมีปริมาณไขมันทั้งหมดครึ่งหนึ่งของข้าวก่อนทำการนึ่ง กรดไขมันมีผลอย่างยิ่งต่อการสร้าง *ester* เช่น *isoamyl acetate* โดยยีสต์ในระหว่างการหมัก
6. สารอนินทรีย์ (*inorganic substances*) *potassium* ในข้าวจะละลายในน้ำเมื่อมีการแช่ข้าว ปริมาณ *potassium* ที่มีอยู่ในข้าวขึ้นอยู่กับกระบวนการแช่และล้างข้าว เช่น ปริมาณน้ำที่ใช้และเวลาในการแช่ข้าว ข้าวที่เก็บไว้นาน *potassium* จะถูกดูดซึมเข้าไปด้านในของข้าว ดังนั้นข้าวที่เก็บเอาไว้เวลานานจะมี *potassium* มากกว่าข้าวใหม่ สารอนินทรีย์ *phosphate*, *potassium* และ *magnesium* เป็นสารสำคัญในการช่วยในการเจริญเติบโตของราและยีสต์และเร่งการหมัก ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของสาเก

สาเหตุจัดว่าเป็นสุราแช่เพราะไม่มีการกลั่น ปกติจะหมักหรือผลิตกันเฉพาะฤดูหนาว (ยกเว้นโรงงานใหญ่และทันสมัยมีเครื่องทำความเย็น) เมื่อหมักเสร็จจะมีแอลกอฮอล์สูงถึง 20-21 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ในการหมักใช้เชื้อบริสุทธิ์ของราและยีสต์ที่คัดเลือกแล้ว เชื้อราคือ *Aspergillus oryzae* หรือเป็นเชื้อราผสมของ *A. oryzae* และ *Rhizopus oryzae* ทำการเพาะเชื้อราบนข้าวหนึ่งจนได้ rice koji ซึ่งเป็นแหล่งผลิตเอนไซม์ย่อยแป้ง และทำให้โปรตีนสลายตัว ส่วนยีสต์นั้นเป็น *Saccharomyces sake* หมักในถังสแตนเลสหรือถังเหล็กเคลือบภายในด้วยสารกันสนิม ที่อุณหภูมิ 10 -13°C ใช้เวลาในการหมักประมาณ 25 วันเป็นการหมักแบบช้า ซึ่งจะให้ปริมาณ แอลกอฮอล์ ที่สูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ในการหมักมีการเติมโคจิ ข้าวหนึ่งและน้ำอย่างละ 3 ครั้ง ครั้งที่ 4 อาจเติมเฉพาะข้าวหนึ่งและน้ำ เรียกว่า moromi (sake mash) ซึ่งน้ำตาลจากข้าวจะถูกหมักโดยยีสต์ มีการกวนของในถังหมักวันละ 2 ครั้งลดพีเอชให้เป็น 3.6-3.8 โดยการเติม 0.5 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก 6-7 มล. ต่อลิตรในระยะแรก อีกประการหนึ่งหมักที่อุณหภูมิต่ำทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการเจริญซ้ำ จะทิ้งให้ตกตะกอน 1-2 วัน แล้วกรอง พาสเจอร์ไรซ์ เป็นการหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ของโคจิ (ประดิษฐ์, 2525 ; Rose, 1977)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางเคมีของข้าวเมล็ดสั้นน้ำหนัก 70 เปอร์เซ็นต์หลังการสี ที่เหมาะสมในการผลิตสาเก

Content (% weight) of	
Moisture	11.0 – 13.0
Crude protein	4.06 – 5.83
Crude fat	0.05 – 0.10
Ash	0.18 – 0.20
Starch	75.8 – 76.9

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kodama และ Yoshizawa, 1977

วัตถุดิบอื่นที่มีความสำคัญต่อการหมักไวน์ข้าวคือ น้ำ ควรจะใส ไม่มีสีและกลิ่น ไม่มีสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมัก มีปริมาณของ potassium สูง เพราะ potassium ในข้าวถูกล้างออกไปในขั้นตอนการล้างและการแช่ข้าว น้ำที่ใช้ไม่ควรมีปริมาณของเหล็กสูง เพราะจะทำให้เกิดการ browning และให้เกิดรสที่ไม่ดี ควรจะเป็นด่างเล็กน้อย และมีปริมาณคลอรีนได้ 30 – 70 ppm น้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสาเก ควรจะมีความเป็นด่างอ่อนๆ มีเหล็ก แอมโมเนีย ไนเตรท สารอินทรีย์เพียงเล็กน้อย และไม่มีสารที่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ (Rose, 1977)

Teramoto Y. และคณะ (1993) ศึกษาการผลิตไวน์ข้าวจากเมล็ดข้าวที่กำลังงอก และ barley malt พบว่า กิจกรรมในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล, ethyl alcohol, volatile aromatic และ reducing sugar จาก wine ที่ผลิตโดยบาร์เลย์มอลท์สูงกว่าไวน์ที่ผลิตจากข้าวที่กำลังงอก ไวน์ข้าวที่ผลิตด้วยบาร์เลย์จะให้สีน้ำตาลอ่อน และมีส่วนประกอบหนักและลักษณะหยาบกว่า ไวน์ข้าวที่ผลิตด้วย sprouting rice ที่จะไม่มีสีและมีความสว่างมากกว่า มีกลิ่นที่ธรรมชาติและบริสุทธิ์กว่า

Ki Young Ha และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาลักษณะของคุณภาพเมล็ดข้าวในการหมัก นำพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับทำการผลิตไวน์ข้าว คือ 6 สายพันธุ์ Japonica และ 2 ชนิดข้าว Tongil อัตราส่วนขนาดของเมล็ดและเส้นผ่าศูนย์กลางคือ 1.80 น้ำหนักต่อ 1000 เมล็ดของข้าวกล้องคือ 21.7 – 29.5 กรัม พบว่าข้าวพันธุ์ Seomjinbyeo, Dongjinbyeo และ Iri 402 เป็นที่ชื่นชอบมากในการทดสอบการชิม

Teramoto Y. และคณะ (1994) ศึกษาผลของการขบวนการหุงต้มที่มีต่อลักษณะของสารให้กลิ่นในไวน์ข้าวแดง ข้าวที่ใช้คือสายพันธุ์ *Oryza sativa var. Indica, Tapol* ทำการหมักด้วยยีสต์และ glucoamylase ที่เตรียมเตรียมมาจาก *Rhizopus sp.* พบว่ากลิ่นและรสชาติของไวน์ข้าวที่ผลิตจากข้าวแดงที่ไม่หุงและไม่ขัดสีดีกว่าไวน์ข้าวที่ผลิตจากข้าวที่หุงแล้วและไม่ขัดสี การหุงต้มมีผลกระทบต่อกลิ่นในไวน์ข้าวเพียงเล็กน้อย เพราะฉะนั้นในการผลิตไวน์ข้าวควรทำการเติมน้ำข้าวที่ไม่ทำการหุงลงในไวน์ข้าวเพื่อปรับปรุงกลิ่นของไวน์ข้าว สรุปว่า ในการหมักไวน์ข้าวแดง เศษข้าวหักจากการสีอาจจะทำให้เป็นผลเสียต่อคุณภาพของไวน์เนื่องมาจากการหุงต้ม

Teramoto Y. และคณะ (1994) ศึกษาการหมัก ethanol จากข้าวแดงหลายชนิดที่ปราศจากการหุงต้ม พบว่า alcohol ที่ผลิตได้คือ 8.8 – 9.3 % (v/v) และ ข้าวพันธุ์ *Oryza sativa var. Indica, Tapol* เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะคล้ายไวน์ (wine-like) มากที่สุด

2.3 ลักษณะโดยทั่วไปของลูกแป้งสุรา

ลูกแป้งคือ กล้าเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เป็นในรูปเชื้อแห้งเพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในแถบเอเชีย (นภา, 2534) ในประเทศไทยการผลิตสุราขาวโดยวิธีพื้นเมือง ใช้ลูกแป้งเป็นตัวเชื้อหรือสตาร์ทเตอร์ (starter) ลูกแป้งมี 2 ประเภทคือ ลูกแป้งข้าวหมากสำหรับทำข้าวหมาก และลูกแป้งสุรา ลูกแป้งทั้ง 2 ชนิดมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ส่วนประกอบของเครื่องเทศและชนิดจุลินทรีย์ในลูกแป้ง (ไพโรจน์, 2534) นอกจากนี้ยังมีลูกแป้งสำหรับทำน้ำส้มสายชู ซึ่งแตกต่างจากลูกแป้งสุราและลูกแป้งข้าวหมากเพราะประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter sp.* มากกว่ายีสต์และรา (บรรจงจิต และคณะ, 2530) ลูกแป้งเชื้อทำด้วยข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวและเครื่องยาต่างๆ ทุกตำหรับั้นได้ผ่านการทดลองทำมาแล้วได้ผลดี การแก้ไขส่วนหรือดัดแปลงอาจเกิดผลเสีย การทำลูกแป้งจะต้องระมัดระวังการเลือกของที่ใช้ทำการผสม การบ่มและการเก็บ (กฤษณามารวิสิฐ, 2490)

ลูกแป้งสุรา มีองค์ประกอบหลักของวัตถุดิบ ได้แก่

1. แป้ง ใช้ได้ทั้งแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า แต่ผลจากการศึกษาพบว่าลูกแป้งที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนๆจะมีคุณภาพดีกว่าที่ผลิตด้วยแป้งข้าวเหนียว หรือแป้งผสมสมุนไพร (นภา, 2534) และข้าวสารประกอบด้วยน้ำตาลอิสระทั้งหมด 0.37 – 0.53 เปอร์เซ็นต์ (Luh, 1980) ข้าวที่นำมาใช้ควรเป็นข้าวไม่ออกรากหรือแช่น้ำมาก่อน มีเมล็ดสม่ำเสมอไม่เป็นข้าวปน เมื่อเวลาแช่ต้องชาวเอาละอองออกทิ้งให้หมด (กฤษณามารวิสิฐ, 2490)

2. สมุนไพร มีสูตรการผลิตหลายตำหรับ มักจะเก็บเป็นความลับที่ถ่ายทอดกันเฉพาะในครัวเรือน สมุนไพรมีความสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน โดยไม่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของลูกแป้งที่ผลิต (นภา, 2534) สมุนไพรที่ใช้ต้องตากให้แห้ง สะอาด ไม่เก่าเกินไป สมุนไพรที่เป็นของสด เช่น ข่า, ขิง ต้องล้างน้ำให้สะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง (กฤษณามารวิสิฐ, 2490)

ขั้นตอนการผลิตโดยทั่วไป เป็นการนำข้าวมาชั่งตามจำนวนที่ต้องการแล้วแช่น้ำ บดแล้วร่อนให้ละเอียด นำข้าวที่ร่อนแล้วผสมกับสมุนไพรตามอัตราส่วน แล้วเจือน้ำพอเหมาะที่จะปั้นหรือหยอดเป็นลูกแป้งบนใบตองหรือกล้วย บางสูตรพ่นด้วยสุราแล้วทิ้งให้หมาด โรยด้วยแม่เชื้อที่บดละเอียดเตรียมไว้ ทำการบ่มลูกแป้งด้วยการคลุมผ้าทับไว้หรือใช้กล้วยโรยทับให้ได้อุณหภูมิ 35°C. เมื่อราขึ้นทำการลดอุณหภูมิ แล้วผึ่งในที่ร่มจนแห้ง จึงเอาตากแดด ไม่สามารถนำลูกแป้งที่ตาก

แดดแห้งแล้วมาใช้ทันทีได้ ต้องมีอายุอย่างน้อย 7 – 15 วัน สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องในที่แห้งได้ 6 – 7 เดือน (กฤษฎณามรวิสิฐ, 2490)

ตำราแบ่งข้าวหมากที่ปรากฏในเอกสาร (เครื่องช่ายเกษตรกรรมทางเลือก, 2541)

วิธีที่ 1

เครื่องประกอบ : แบ่งข้าวเจ้า ดีป्ली พริกไทย ชะเอม เจตมูลเพลิง น้ำฝน

วิธีทำ : ต้มน้ำข้าวเจ้าแล้วกรองให้ละเอียด ต้มน้ำพริกไทย ดีป्ली เจตมูลเพลิง ชะเอม ให้ละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบางแล้วเคล้ากับแบ่ง หมักไว้ 2 คืน จึงปั้นเป็นก้อน ตากแดด

วิธีที่ 2

เครื่องประกอบ :

- ดีป्ली	7.5	กรัม
- เจตมูลเพลิง	3.75	กรัม
- ชะเอม	15	กรัม
- พริกไทย	3.75	กรัม
- รากมะแว้งเครือ	7.5	กรัม
- แบ่งข้าวเจ้า	800	กรัม

วิธีทำ : ต้มน้ำข้าวเจ้าแล้วกรองให้ละเอียด ต้มน้ำพริกไทย ดีป्ली เจตมูลเพลิง ชะเอม ให้ละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบางแล้วเคล้ากับแบ่ง หมักไว้ 2 คืน จึงปั้นเป็นก้อน ตากแดด

วิธีที่ 3

เครื่องประกอบ :

- กระเทียม ชะเอม ขิง ข่า ทั้งสี่อย่างหนักสิ่งละ 15 กรัม
- ดีป्ली และพริกไทย อย่าง 3.75 กรัม
- แบ่งข้าวเจ้า 800 กรัม

วิธีทำ : บดหรือตำกระเทียม ชะเอม ขิง ข่าให้ละเอียด และเอาดีป्ली พริกไทย มาลดใส่ จากนั้นเทเข้ากับแบ่งข้าวเจ้าให้เข้ากัน หมักไว้ 1 คืน แล้วหยอดหรือปั้นแบ่ง ตากให้แห้ง โดยทุกสูตรหน่วยเดิมเป็นน้ำหนักไทย ทำการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำหนักเมตริก

พุทธรินทร์ (2527) พบว่าคุณภาพของลูกแป้งข้าวหมากที่ผลิตไม่คงที่และแตกต่างกันตามสูตรของผู้ผลิต และได้ศึกษาผลของเครื่องเทศที่มีต่อเชื้อในลูกแป้งข้าวหมาก พบว่า กานพลู 1 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทุกชนิด รองลงมาคือ พริกไทย ดีปลีและอบเชย ส่วนผลของกระเทียม ขิง ขะเอม ขิง และชะเอม เจตมูลเพลิง ดอกจันทร์และลูกจันทร์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้และชนิดของเชื้อรา ในขณะที่กระวาน ตะไคร้ และข่า ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราเชื้อ *Amylomyces sp* และ *Mucor sp.* จะไวต่อการถูกยับยั้งมากที่สุด *Penicillin sp.* จะมีความต้านทานต่อเครื่องเทศสูงสุด ส่วนผลของการเจริญของยีสต์พบว่า กานพลู เจตมูลเพลิง และอบเชยมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของยีสต์บนอาหารทดสอบ ส่วนเครื่องเทศอื่นไม่ยับยั้งการเจริญของ *Hansenula sp.* และ *Saccharomyces sp.* แต่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Endomycopsis sp.* ในความเข้มข้นต่างกัน ในขณะที่กานพลู เจตมูลเพลิง ขะเอม ดอกจันทร์ และลูกจันทร์สามารถยับยั้งการเจริญของ *Bacillus sp.* ได้ดี รองลงมาคือ ขิง ข่า พริกไทยและกระวาน ส่วนกระเทียม และตะไคร้ ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อนี้ สำหรับ *Acetobacter sp.* จะถูกยับยั้งการเจริญโดยกานพลูและอบเชย ลักษณะลูกแป้งที่ทำขึ้นส่วนใหญ่มีสีขาวหรือคล้ำกว่าเมื่อบิออกจะแห้ง่วน อาจมีกลิ่นหรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับเครื่องเทศ บทบาทของเครื่องเทศในลูกแป้งข้าวหมากคือ การลดการปะปนของเชื้ออื่นที่ไม่ต้องการ แต่ไม่มีบทบาทคัดเลือกชนิดของจุลินทรีย์ในลูกแป้ง อย่างไรก็ตาม ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในลูกแป้งไม่ได้ถูกควบคุมด้วยเครื่องเทศเพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับ คุณภาพของวัตถุดิบ คุณภาพของ inoculum และสภาพแวดล้อมในการทำลูกแป้ง อย่างไรก็ตามเครื่องเทศที่น่าจะใช้เป็นส่วนผสมในการทำลูกแป้งข้าวหมากได้แก่ กระเทียม ขิง ขะเอม ดีปลี และพริกไทย

ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าวในต่างประเทศ มีการใช้ starter ที่มีลักษณะคล้ายลูกแป้งของไทย บางชนิดทำจากข้าวดิบซึ่ง *Aspergillus oryzae* ไม่สามารถเปลี่ยนสตาร์ชดิบให้กลายเป็นน้ำตาล แต่สตาร์ชที่ถูกนึ่งหรือ dextrinized จะสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ starter ที่มีลักษณะคล้ายลูกแป้งของไทย เช่น จากประเทศจีน nin-chu ทำจากข้าวดิบบดละเอียดทำให้มีรูปร่างคล้ายแผ่นเค้กห่อด้วยใบไม้, Ping-chu จากภาคเหนือของจีนทำด้วยข้าวสาลี, Tsao-chu ทำจากใบไม้บางชนิดและหมักหนึ่งเดือนแล้วทำเป็นลูกกลมจากรำข้าวและน้ำคั้นจากต้นไม้ บางชนิด จุลินทรีย์ในลูกแป้งของจีนเป็น *mucoraceous fungi* และ ยีสต์ ในขณะที่ koji จากญี่ปุ่นคือ *Aspergilli* ในประเทศอินโดนีเซียมีลูกแป้งคล้ายกับของจีนเรียกว่า Ragi ทำจากแป้งข้าวและน้ำตาลอ้อยและมีการเติมเชื้อ *Alpinia galanga* ซึ่งเป็นเชื้อราประเภท *Rhizomes* แล้วจึงทำการ

ตากแห้งด้วยแสงแดด แล้วนำไปบดจนละเอียดแล้วเติมน้ำคั้นจากพืชประเภท *Citrus limonellus* หลังจากนั้น 3 วัน รินน้ำที่มีอยู่ที่ทิ้ง นำสิ่งที่เหลือมาบั่นเป็นลูกกลม แล้วนำไปตากแห้งบนฟางข้าว มีการศึกษาพบว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่พบใน Ragi คือยีสต์ *Monilia javanica*, *Saccharomyces cerevisiae* เชื้อราที่พบคือ *Rhizopus oryzae* และ *Chlamydomucor oryzae* (Luh, 1980)

ในแต่ละห้องที่จะมีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการทำลูกแป้งการคัดเลือกวัตถุดิบในการคัดเลือกสมุนไพร การทำลูกแป้ง การคัดเลือกชนิดและพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับลูกแป้งแต่ละสูตร การสังเกตช่วงเวลาและการสร้างสภาพที่เหมาะสมต่อการหมัก ซึ่งมีผลต่อ กลิ่น สี รส และความใสของน้ำเมา รวมไปถึงคุณภาพของการกลั่น ซึ่งสาเหตุคุณภาพดีของแต่ละคนนั้นต้องผ่านกระบวนการพัฒนา และสั่งสมความรู้อย่างต่อเนื่องและยาวนาน (เครือข่ายเกษตรกรรมทางเลือก, 2541)

ในลูกแป้งสุราประกอบด้วยเชื้อรา *Rhizopus spp.*, *Amylomyces rouxii*, *Mucor spp.*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* และพบยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*, *Endomycopsis fibuligera*, *Endomycopsis spp.* แต่พบว่า *Endomycopsis spp.* ในลูกแป้งสุราของไทยไม่มีความสำคัญในการหมักเลย ในบางท้องถิ่นยังตรวจพบแบคทีเรีย *Lactobacillus spp.*, *Acetobacter spp.*, *Gluconobacter spp.*, *Bacillus spp.* อาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพโดยมีกรดน้ำส้มเกิดขึ้น (นภา, 2534) ในการผลิตสุรจาก้าว เชื้อราเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ในการผลิตสาเกใช้ *Aspergillus oryzae* ในขณะที่เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของจีนใช้ *Rhizopus Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Absidia* หรือ *Monascus spp.* (Rose, 1975)

ในการผลิตสาเกของญี่ปุ่น แต่เดิมนั้นสันนิษฐานว่าสาเกยีสต์เกิดขึ้นจากฟางข้าวและอาจจะถูกนำมาสู่ moto จากฟางข้าวซึ่งมักจะใช้ในการบรรจุข้าวเพื่อรักษาความร้อนในการเตรียม koji และ moto มีการสันนิษฐานว่าสาเกยีสต์คือ *Saccharomyces cerevisiae* อย่างไรก็ตามจากการทดสอบและสังเกตสภาพแวดล้อม สาเกยีสต์มีลักษณะแตกต่างจาก *S. cerevisiae* ในแง่ของวิตามินที่ต้องการในการเจริญเติบโต (vitamin requirement) ความทนทานต่อน้ำตาลและกรด ลักษณะการดูดซึม (osmophilic) การปรับตัวให้เข้ากับสภาพไร้ออกซิเจน และลักษณะเด่นในการเจริญเติบโตบนเชื้อราของ koji การผลิตสาเกอยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่ทำการฆ่าเชื้อ (non-sterile condition) จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นระหว่างการหมักได้ แต่กระนั้น ทรายเท่าที่การผลิตอยู่ใต้การควบคุมสภาวะที่เหมาะสมต่อสาเกยีสต์เท่านั้น ก็สามารถลดการปนเปื้อนโดยเชื้ออื่นได้ อย่างไรก็ตามในการผลิต koji เมื่อเส้นใยของเชื้อราเจริญบนเมล็ดข้าวจนกระทั่ง

สัมพัทธ์ได้ถึงโคไลนของยีสต์ เพื่อจะใช้ยีสต์เป็นแหล่งของสารอาหาร โดยเฉพาะ potassium, magnesium และ phosphorus ทำให้ระงับการเจริญเติบโตของยีสต์ นอกจากนี้ในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต koji ยีสต์ป่าส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ต่อไปเพราะอุณหภูมิของ koji เพิ่มขึ้นถึง 38 - 40°C. และมีความชื้นสัมพัทธ์ในห้องบ่ม koji ต่ำ (Rose, 1975)

ได้มีการศึกษาการผลิตลูกแป้งเห็ดด้วยเชื้อบริสุทธิ์ในรูปเชื้อผสมระหว่าง *Saccharomyces cerevisiae* 281 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่แยกจากลูกแป้งและคัดเลือกลูกแป้งแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการหมักแอลกอฮอล์กับเชื้อราสายพันธุ์ต่างๆ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizopus oryzae* MB 39, *Aspergillus niger* H5, *Amylomyces rouxii* AH3 และ *Endomycopsis fibuligera* ER10 ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 4 สายพันธุ์มีที่มาจากลูกแป้ง และได้ทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลแล้วเช่นกัน โดยใช้ตำรับที่ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า 400 กรัม ชিং ข่า ชะเอม กระเทียม และพริกไทยอย่างละ 6 กรัม และดีปรี 2 กรัม ผลปรากฏว่าลูกแป้งที่ผลิตได้ มีลักษณะในเรื่องเนื้อสัมผัสไม่ดีเท่าลูกแป้งที่มีขายในท้องตลาด แต่ผลจากการวิเคราะห์แอลกอฮอล์ที่หมักได้ จะใกล้เคียงกับลูกแป้งเห็ดจากแหล่งผลิตบางแหล่ง แต่จะต่ำกว่าลูกแป้งจากบางท้องถิ่น คุณสมบัติของเชื้อที่ให้ผลดีได้แก่ การผสมระหว่าง *S. cerevisiae* 281 กับ *R. oryzae* MB39 และ *S. cerevisiae* 281 กับ *A. niger* H5 (สุราษฎร์ และ จำรูญ, 2524) ลูกแป้งที่ดีควรมีกลิ่นหอม สมนไพร ไม่เหม็นเปรี้ยว บี้ดูร่วนและละเอียดดี เมื่อใช้หมักจะให้น้ำสาหอม ไม่มีกลิ่นเปรี้ยว ความร้อนของสาอยู่ระดับไม่เกิน 35°C. (กฤษณามารวิสิฐ, 2490)

Kab-Yeon-Jo และ Duk-Mo-Ha (1995) ทำการแยกเชื้อและพิสูจน์ lactic acid bacteria จาก nuruk (starter ในการผลิตไวน์ข้าวพื้นเมืองของเกาหลี) จากจำนวนตัวอย่าง 27 ตัวอย่าง พบปริมาณ lactic acid bacteria และ แบคทีเรียทั้งหมดประมาณ 211×10^7 และ 208×10^8 cfu/g ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างในแง่ปริมาณของ lactic acid bacteria ในตัวอย่างทั้งหมด แต่พบความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติในปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่าง lactic acid bacteria พบชนิด cocci มากกว่าชนิด rod พบ 32 strains ของ lactic acid bacteria ประกอบด้วย *Luconostoc mesenteroides sub sp. mesenteroides* (11 strains), *Pediococcus acidilactici* (7 strains), *Lactobacillus plantaarum* (3 strains), *L. murinusus* (7 strains) และ *Enterococcus faecium* (4 strains)

Harada และคณะ (1988) พบว่าเอนไซม์และ Mycelia จะมีความเข้มข้นมากที่บริเวณผิวหน้าของเม็ด koji และน้อยลงเรื่อยๆเมื่อเข้าไปด้านในของเม็ด koji

Ozaki และคณะ (1988) พบว่า koji ที่มีความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์เก็บที่อุณหภูมิ 15°C. เป็นเวลา 6 เดือน มีผลต่อองค์ประกอบของ koji ประสิทธิภาพในการหมัก หรือ คุณภาพของสาเก ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิห้องและ 30°C. เป็นเวลามากกว่า 2 เดือนให้ผลตรงกันข้ามต่อคุณสมบัติของ koji ประสิทธิภาพในการหมัก และคุณภาพของสาเก ทำให้มีสีเข้มขึ้น

มนตรี (2521) ได้ทำการศึกษาสายพันธุ์ยีสต์และราเพื่อใช้ผลิตไวน์ข้าวจากลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า และไวน์ข้าวพื้นเมือง 76 ตัวอย่าง พบเชื้อราพวก *Phycomycetes* 151 isolates (*Rhizopus* 59, *Amylomyces* 28, *Mucor* 61 และ unknow 3 isolates) ยีสต์ประเภท filamentous types 55 isolates และ *Saccharomyces* 79 isolates ชัยวัฒน์ (2520) สำรวจจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักข้าวหมากจากลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า และข้าวหมากจากท้องที่ต่างๆของประเทศไทย แยกได้เชื้อรา 176 เชื้อ เชื้อยีสต์ 227 เชื้อ จำแนกได้เป็น เชื้อรา 5 สกุลคือ *Rhizopus* (50 เชื้อ), *Mucor* (20 เชื้อ), *Chlamydomucor* (15 เชื้อ), *Penicillium* (9 เชื้อ) และ *Aspergillus niger* group (51 เชื้อ), *Aspergillus flavus* group (24 เชื้อ) และ *Aspergillus* กลุ่มอื่น (8 เชื้อ) ยีสต์จำแนกได้ 3 สกุล คือ *Endomycopsis* (138 เชื้อ), *Hansenia* (52 เชื้อ) และ *Saccharomyces* (35 เชื้อ) เชื้อราและยีสต์ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งสูงสุดคือ เชื้อรา *Chlamydomucor* ซึ่งแยกได้จากลูกแป้งเหล้า อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

2.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักและกระบวนการหมัก

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักได้แก่สายพันธุ์ แบคทีเรีย ยีสต์และรา โดยกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เป็น ขบวนการย่อยสลาย (catabolic process) เปลี่ยนสารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก อะซิติก แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการหมักเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์คือพวก Family Lactobacillaceae เป็นท่อนยาว ท่อนสั้น หรือ ลักษณะกลม และเป็นแกรมบวก (gram-positive) สามารถใช้สารคาร์โบไฮเดรตได้ดี และเปลี่ยนสารอาหารนี้ไปเป็นกรดแลคติก กรดระเหย แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ เจริญได้ดีในสภาพไม่มีออกซิเจน เกี่ยวข้องกับการหมักแอลกอฮอล์ที่สำคัญคือ จีแนส *Pediococcus* ในการผลิตเบียร์ ส่า และ เวิร์ท

ยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์เรียกว่า brewers' yeast หรือ wine yeast ที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหมักอยู่ใน class *Ascomycetes* มีจีโนมที่สำคัญคือ *Saccharomyces* มีความสามารถในการหมักน้ำตาลกลูโคส แมนโนส และน้ำตาลชนิดอื่นๆ ที่สำคัญได้แก่ *S. cerevisiae* สามารถผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ด้วย สามารถใช้น้ำตาลราฟฟิโนสเพียง 1 / 3 เท่านั้น *S. cerevisiae* var. *ellipsoides* มักพบในองุ่นหรือดินในสวนองุ่น *S. carbergensis* จัดเป็น bottom yeast ใช้หมักเบียร์ ต่างจาก *S. cerevisiae* คือสามารถใช้น้ำตาลราฟฟิโนสได้สมบูรณ์ *S. pastorianus* ให้กลิ่นรสของเบียร์ ส่วนจีโนม *Pichia* และ *Hansenula* ยีสต์ในสองจีโนมทำให้ alcoholic liquors เสื่อมเสีย จะเห็นเจริญอยู่บนผิวของสารละลายแอลกอฮอล์ ทำให้เกิดเอสเทอร์ ในกระบวนการหมักแทนที่การเกิดแอลกอฮอล์ และสามารถใช้อัลกอฮอล์เป็นแหล่งอาหารคาร์บอนเพื่อการเจริญได้ *S. pastorianus* มักเกิดในไวน์ ทำให้เบียร์มีรสขม แต่ไม่มีผลในการหมักสา

ราที่มีความสำคัญต่อการหมักคือจีโนม *Mucor* เป็นเชื้อราที่มีเส้นใยไม่มีผนังบางสายพันธุ์สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล *Rhizopus* ซึ่งสามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส และ ไลเปส เช่น *Rhizopus oryzae* จีโนม *Aspergillus* เป็นเชื้อราผนังของเส้นใยจะมีผนังกัน ที่สำคัญคือ *Aspergillus oryzae* ใช้ในการทำ koji ในสาเก (อรพิน, 2526 ; กฤษณามรรวิสิฐ, 2490) koji ในการผลิตสาเกทำหน้าที่คล้ายมอลท์ในการผลิตเบียร์ คือเปลี่ยนสตาร์ชให้เป็นน้ำตาลและสลายโปรตีนที่มีอยู่ในวัตถุดิบคือ เมล็ดข้าว (Rose, 1977)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักไวน์องุ่นในธรรมชาติ มักจะพบ *Kloeckera apiculata* ในรูปแบบของสปอร์คือ *Hanseniaspora guilliermondii* และ *H. uvarum* และยังพบ *Candida pulcherrima* ยีสต์เหล่านี้ทนต่อแอลกอฮอล์ได้แค่ 5 – 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อขบวนการหมักดำเนินต่อไป มีแอลกอฮอล์สูงขึ้น ยีสต์เหล่านี้จะตายไป มียีสต์อื่นที่สามารถทนต่อแอลกอฮอล์ในปริมาณสูง ขึ้นแทน ได้แก่ *Sacharomyces rosei* และ *S. crevisiae* (อรพิน, 2526) ยีสต์ที่ใช้ทำสุราคือยีสต์แท้ ในทางเทคนิคแบ่งเป็น 2 พวก เรียกว่า Cultivated yeast และ Wild yeast ซึ่งเป็นยีสต์ที่พบในธรรมชาติ (กฤษณามรรวิสิฐ, 2490)

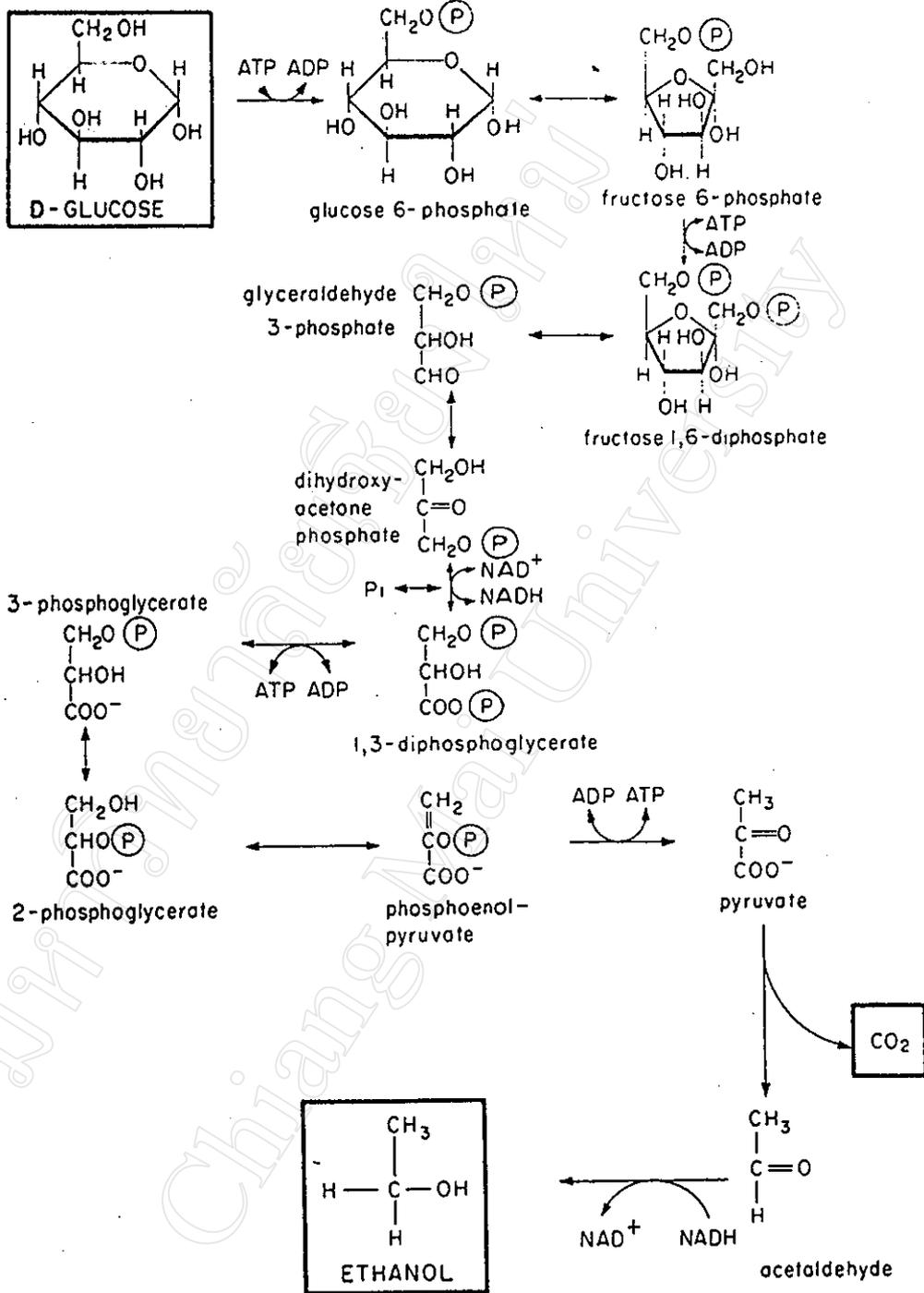
การหมักที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์จากสารละลายน้ำตาลที่มีสารอาหาร (sugar-containing solution) โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งแหล่งของน้ำตาลในของเหลวขึ้นอยู่กับธรรมชาติของเครื่องดื่มนั้น ต้องมีน้ำตาลอิสระสำหรับการหมักแอลกอฮอล์ซึ่งจำเป็นต่อเชื้อ *Saccharomyces* (Rose, 1977) จีโนม *Saccharomyces* มีลักษณะรูปร่างเซลล์กลม กลมรี หรือ

จากความสัมพันธ์ของ Embden-Myerhof-Parnas Pathway (รูปที่ 2.2) เป็นกระบวนการชีวเคมีพื้นฐานในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นกระบวนการ catabolism ของสายพันธุ์ *Saccharomyces* เป็นการใช้น้ำตาลและเปลี่ยนให้เป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แสดงกระบวนการหมักที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคสเป็นกรดไพรูวิก และเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดแลคติกหรือแอลกอฮอล์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ไม่ต้องการอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง เอนไซม์ที่พบในเซลล์ของยีสต์มีหลายชนิด แต่ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตให้เป็นแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักมี 4 ประเภท

1. Phosphorylating enzyme ให้หมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลคาร์บอน 6 อะตอม (hexose) หรือดึงหมู่ฟอสเฟตออกจากกรดไพรูวิก หรือกลีเซอรอล ถ้าไม่มีหมู่ฟอสเฟต เซลล์ของยีสต์ไม่สามารถแยกน้ำตาลฟรุคโตสให้เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม สองโมเลกุล
2. Oxidizing – reducing enzymes ได้แก่ acetaldehyde dehydrogenase
3. Carboxylase enzyme ในกระบวนการหมัก กรดไพรูวิกเปลี่ยนไปเป็น acetaldehyde เกิดจากการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์จากกรดไพรูวิกโดยการทำงานของ carboxylase
4. เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบด้วยปฏิกิริยาต่างๆ เช่น transference, isomerization, enolization เป็นต้น

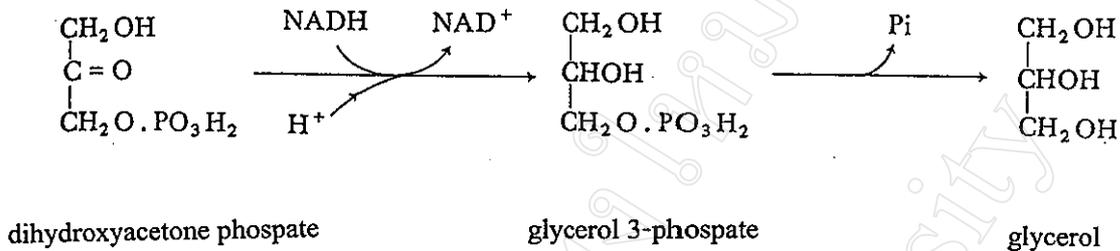
การเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีระหว่างการผลิต สตาร์ทที่ถูกเปลี่ยนเป็น α -form จากการหนึ่งด้วยเอนไซม์ สตาร์ทถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลด้วยเอนไซม์ amylase จาก koji เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลชนิดอื่น แล้วกลูโคสถูกหมักโดยยีสต์ให้เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ แลคติก ซัคซินิก และกรดอินทรีย์ชนิดอื่น โปรตีนในเมล็ดข้าวถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ proteases เป็น peptides และกรดอะมิโน higher alcohols เกิดจากกลูโคสและกรดอะมิโนบางชนิด higher alcohols และเอสเทอร์เกิดพร้อมไปกับการเกิดเอทานอล ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดอะมิโน อุณหภูมิในการหมักและสายพันธุ์ของยีสต์ที่ใช้

กลูโคสเข้าสู่เซลล์ของยีสต์โดยวิธีเดียวกับการนำโปรตีนเข้าสู่ plasma membrane นอกจากน้ำตาลกลูโคสแล้ว ยีสต์ยังสามารถใช้ฟรุคโตสที่พบมากในน้ำผลไม้ จาก anaerobic glycolytic pathways อื่นที่ใช้โดยสายพันธุ์ *Saccharomyces* เช่นเดียวกับจุลินทรีย์อื่น ยีสต์ต้องใช้แหล่งพลังงานและคาร์บอนที่มีอยู่



รูปที่ 2.2 The Embden-Meyerhof-Parnas pathway

ที่มา Rose , 1977



รูปที่ 2.3 anaerobic glycolytic pathways

ที่มา Rose, 1975

ความเป็นกรดต่าง (pH) ของกระบวนการหมักมีผลต่อการเกิดเอทิลแอลกอฮอล์ พีเอช ที่เหมาะสมคือ 4.0 – 6.0 หรือสูงกว่า จากสมการตามทฤษฎีจะได้เอทิลแอลกอฮอล์ 51.1 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติจะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ และมีสารอื่นๆ และใช้น้ำตาลประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ในการสร้างเซลล์ สารประกอบอื่นๆ ที่มักจะเกิดขึ้นในการหมักแอลกอฮอล์ได้แก่ กลีเซอรอล 2.5 – 3.0 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 0.05 – 0.65 เปอร์เซ็นต์ อะเซทาลดีไฮด์ 0.01 – 0.04 เปอร์เซ็นต์ 2,3 – butanediol 0.06 – 0.10 เปอร์เซ็นต์ กรดซักซินิก 0.02 – 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ higher alcohols 0.01 – 0.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณของสารประกอบเหล่านี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของยีสต์ และการควบคุมสภาวะแวดล้อมของการหมัก ในสภาพการหมักที่ปราศจากออกซิเจน จะมีกรดอะซิติกเกิดขึ้นในกระบวนการหมัก โดย acetaldehyde จะถูกออกซิไดซ์ให้เป็น acetate ส่วน higher alcohols เกิดขึ้นอย่างช้าๆ โดยการเกิด deamination, decarboxylation และ reduction ของกรดอะมิโนที่เกิดขึ้น มักจะพบ n-propyl alcohol, isobutyl alcohol และ isoamyl alcohol เป็นต้น (อรพิน, 2526 ; Barnett, 1979)

Acetobacter เป็นแบคทีเรียที่ไวต่อแอลกอฮอล์ และปรับตัวสำหรับการเจริญอย่างช้าๆในไวน์ที่มีเอทิลแอลกอฮอล์มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์จะผลิตกรดอะซิติก เอทิลอะซิเตท และกรดอื่น (อรพิน, 2526) และสามารถเจริญได้ดีสภาวะที่มีออกซิเจน ในขณะที่แบคทีเรียแลคติกเจริญได้ดีในสภาวะไร้ออกซิเจน (Frazier and Westhoff, 1988)

การเพิ่มขึ้นของแอลกอฮอล์ในการหมักสาเก สาเกยีสต์มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นแอลกอฮอล์ที่ได้จากสตาร์ชของข้าวสูงได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับ ขั้นตอนการหมัก การเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาลโดยเอนไซม์จาก koji และการหมักโดยสาเกยีสต์ ซึ่งกระบวนการทั้งสองนี้ต้องสมดุลกัน สำคัญมีความเข้มข้นของของแข็งจาก rice-koji และข้าวหนึ่งสูง มีความหนาแน่นของยีสต์สูง ปัจจัยที่ทำให้เส้นใยของเชื้อราทนต่อแอลกอฮอล์ที่สาเกยีสต์สร้างขึ้น รวมทั้งสารอาหารที่มีอยู่กระบวนการหมัก

การเกิดกรดอินทรีย์และ higher alcohols ในสาเก พบกรดซัลซินิกและกรดแลคติกในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมด สาเกยีสต์สามารถเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) เกิดฟูเซลอยด์ สาเกยีสต์สามารถทนกรดแลคติกได้ 2.0 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ บางสายพันธุ์ทนได้ถึง 2.8 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นสูงสุดของกรดและแอลกอฮอล์ที่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิมีส่วนสำคัญที่สุด ที่อุณหภูมิ 23°C. ยีสต์สามารถเจริญได้ในแอลกอฮอล์ 10 - 13 เปอร์เซ็นต์ กรดแลคติก 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิ 27°C. ไม่ค่อยเจริญบนแอลกอฮอล์ 9.5 - 11.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ยีสต์บางสายพันธุ์มีความสามารถในการทนต่อปริมาณแอลกอฮอล์และกรดได้ในช่วงกว้าง ในขณะที่บางสายพันธุ์มีความสามารถในด้านนี้ในช่วงที่แคบ (Rose, 1975)

การสร้างสารประกอบกลิ่นรสที่สำคัญ

สารประกอบที่ให้กลิ่นและรสที่ต้องการเป็นเพียงส่วนประกอบเล็กน้อยในเอธานอล ซึ่งประกอบด้วย แอลกอฮอล์ชนิดอื่น อัลดีไฮด์ กรด เอสเทอร์และสารประกอบซัลเฟอร์ มักจะถูกนำเสนอในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อมีปริมาณสูงและไม่โครกรัมต่อลิตรเมื่อมีปริมาณต่ำ สารประกอบกลิ่นรสนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยปริมาณของเอธานอล

- Higher alcohols เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องดื่มและสุรากลั่น มักจะกล่าวถึงในรูปของฟูเซลอยด์ แสดงปริมาณในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตร ในสุรากลั่นพบ amyl alcohol, isoamyl alcohol, butyl alcohol และ pentyl alcohol Higher alcohol เกิดจาก oxo acid ที่

decarboxylated เป็น aldehydes แล้วกลับมาเป็นแอลกอฮอล์ ในตอนแรกปฏิกิริยานี้เป็นการสังเคราะห์เอธานอลจาก pyruvate ผ่าน acetaldehyde

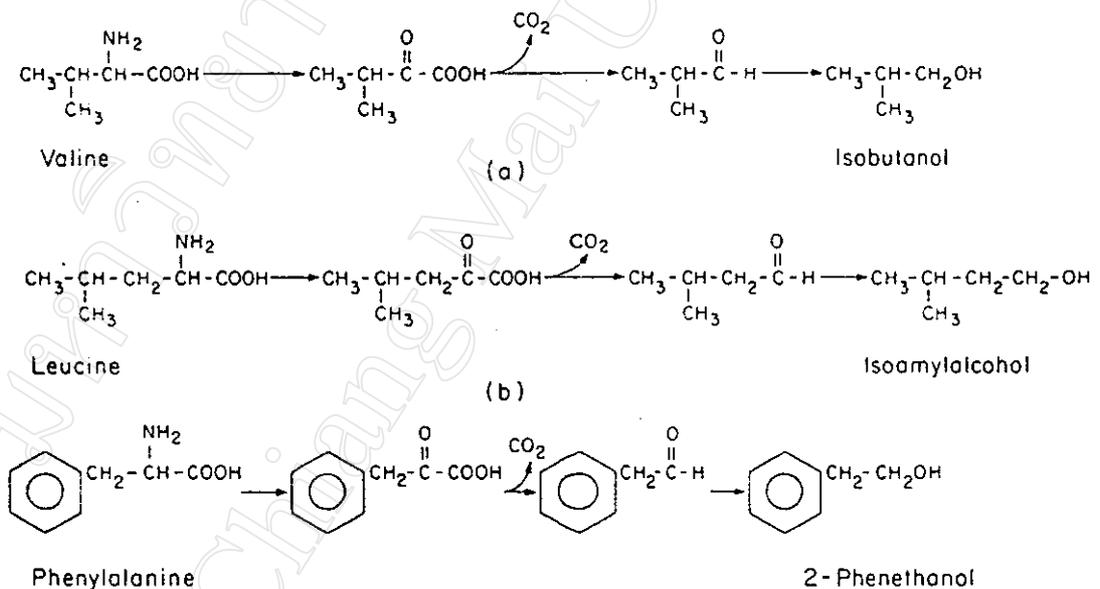
- aldehydes และ ketones aldehydes เกิดจากกระบวนการ decarboxylation ของ oxo acid ระหว่างการเกิด higher alcohol

- กรดอินทรีย์ พบว่ากรดอินทรีย์ชนิด short chain กรดอะซิติก แลคติก และ n-butyric พบมากที่สุด

- เอสเทอร์ พบเอสเทอร์มากมายหลายชนิด โดยมี ethyl acetate เป็นองค์ประกอบของกลิ่นรสที่สำคัญที่สุด

- สารประกอบซัลเฟอร์ พบในความเข้มข้นต่ำ

(Charalambous *et al*, 1978)



รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของ pathway ที่ทำให้เกิด higher alcohols จาก amino acids.

ที่มา Rose , 1977

ความแตกต่างของสายพันธุ์ยีสต์ในแง่ของ คุณภาพในการผลิตกลีนิรสในการหมักและ สภาพะในการหมักมีความสำคัญมีความสัมพันธ์ต่อการสร้างกลีนิรสในสุรากลั่นเช่นกัน เช่น ปริมาณยีสต์ที่ใช้ในการหมัก การกวน และอุณหภูมิในการหมัก (Varnam and Sutherland, 1994)

Saigusa T. และคณะ (1995) ทำการศึกษาอัตราส่วนของ koji ในการสร้างกลีนิและข้าว พันธุ์ shochu อัตราส่วนของ Koji ในการสร้างส่วนประกอบของกลีนิในข้าวพันธุ์ shochu ได้นำมา ทำการสังเกต พบว่าอัตราส่วนของ Koji ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการ สร้าง higher alcohols และ aromatic ester โดย *Saccharomyces cerevisiae* ระหว่างทำการ หมัก shochu ในขณะที่อัตราส่วนของ Koji ลดลง ความเข้มข้นของ acetaldehyde, isobutyl alcohol, isoamyl alcohol และ beta-phenylethyl alcohol ใน shochu เพิ่มขึ้น อัตราส่วนของ Koji ที่ เหมาะสมขึ้นอยู่กับปริมาณ isoamyl acetate และ beta-phenylethyl acetate

ในวิธีผลิตสุราของชาวบ้านหรือสุราชาวบ้านเป็นการแปรรูปข้าวชั้นปฐมภูมิ เริ่มจากการเอา ข้าวเหนียวมาหนึ่งให้สุก แล้วปล่อยให้เย็นก่อนนำไปคดลูกเคล้ากับลูกแป้งเชื้อสุรา แป้งสุรามีสวน ประกอบที่สำคัญคือ ดีปรี และเครื่องเทศ ต่อจากนั้นจึงนำข้าวเหนียวดังกล่าวใส่ในไหแล้วทิ้งไว้ 5 วัน ข้าวเหนียวที่หมักไว้ก็จะมีน้ำขุ่นออกมา ชาวบ้านเรียกว่าน้ำขาว หรือสาโท แล้วจะมีการ "ผ่าน้ำ" คือการเติมน้ำเข้าไป ปล่อยให้อีก 4-5 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอากาศ หากอากาศร้อนก็จะเป็นเร็ว นั่นคือ จะเริ่มได้กลีนิสุรา หลังจากนั้นนำมาต้ม อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยเตา ปิ๊บ ซึ่งจะต้องใช้ต้มสุรา เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ฝาครอบซึ่งต้องทำขึ้นมาเป็นพิเศษให้เข้ากับปิ๊บ กระจ่างข้างบน จะต้องใส่ผ้า และต้องหมั่นให้เย็นอยู่เสมอ ถ้าน้ำร้อนไปก็ต้องตักออก การต้มเหล้าของไทยมี เทคนิคที่ไม่แตกต่างกันนัก เนื่องจากถูกปิดกั้นในการกระทำได้กล่าว จึงไม่ได้มีการพัฒนาทาง ด้านเทคนิค รสชาติขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เติม (สุทธิดา, 2539)

กระบวนการหมักสาของสุราชาวบ้านจากข้าวเหนียวหรือสาโทคล้ายสาเก แต่ใช้ koji ซึ่งเป็น ข้าวหนึ่งปกคลุมด้วยเส้นใยขาวของเชื้อราแทนลูกแป้ง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักสาโทจะมีปริมาณ แอลกอฮอล์ประมาณ 3-15 เปอร์เซ็นต์ สาเก 18 – 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (ประดิษฐ์, 2525)

องค์ประกอบทางเคมีของสาโท

มนตรี (2520) ได้วิเคราะห์ไวน์ข้าว (สาโท) ในขณะที่ยังมีปฏิกิริยาการหมักจากบางแห่งในประเทศไทยจำนวน 11 ตัวอย่าง พบองค์ประกอบดังนี้

pH	3.40 – 4.70
Total acidity (% as lactic acid)	0.29 – 0.93
Volatile acid (% as acetic acid)	0.001 – 0.061
Total soluble solid (° Brix)	5.2 – 13.8
Reducing sugar (%)	0.15 – 5.95
Alcohol (% by vol.)	3.0 – 11.0

และจากการวิเคราะห์สาโท 5 ตัวอย่างที่ปล่อยให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์

pH	3.71 – 4.0
Total acidity (% as lactic acid)	1.18 – 4.23
Volatile acid (% as acetic acid)	0.026 – 2.43
Total soluble solid (° Brix)	7.8 – 15.6
Reducing sugar (%)	0.0 – 7.3
Alcohol (% by vol.)	6.8 – 14.8

ในได้หวันมีเครื่องดื่มที่คล้ายสาเก คือ shao-hsing วัตถุดิบที่ใช้คือ ข้าวเหนียว ข้าว pon-lai ซึ่งคือข้าว Japonica ชนิดหนึ่ง ข้าวสาลี และน้ำ วัตถุดิบแต่ละชนิดต้องมีคุณสมบัติเฉพาะ น้ำควรจะมีไรส์ กลิ่นและรส มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย ข้าวและข้าวสาลีจะต้องคัดเลือกให้ได้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพตามที่กำหนดไว้ ในการเตรียมวัตถุดิบต้องใช้ข้าวที่มีการสี 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สาเกใช้ข้าวที่มีการสี 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ (Luh, 1980)

สุรากลั่นพื้นเมืองในได้หวันมีลักษณะคล้ายสุรากลั่นจากข้าวเหนียวของไทย มีลักษณะไรส์ใส และมีค่าเท่ากับ shao-chiou ในญี่ปุ่น ในการผลิตเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปรอะไมโลสในข้าวโดยสตาร์ชจะถูกย่อยสลายโดย *Rhizopus javanicus* Takeda และ *Saccharomyces peka* Takeda ที่เติมเข้าไปพร้อมกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 35 - 38°C. ในสุรากลั่นจากข้าวปริมาณ

แอลกอฮอล์ที่ได้และกรดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์ และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (as acetic acid) ตามลำดับ (Luh, 1980)

2.5 ความหมายและประเภทของสุรา

คำว่า "สุรา" ตามความหมายของพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 หมายความว่ารวมถึงวัตถุทั้งหลาย หรือของผสมที่มีแอลกอฮอล์ซึ่งสามารถดื่มกินได้เช่นเดียวกับน้ำสุรา หรือซึ่งดื่มกินไม่ได้ แต่เมื่อได้ผสมกับน้ำหรือของเหลวอย่างอื่นแล้ว สามารถดื่มกินได้ เช่นเดียวกับน้ำสุรา

พ.ร.บ ฉบับนี้ได้ควบคุมไปถึง สุราแช่ สุรากลั่น และเชื้อสุรา ตลอดจนอุปกรณ์ในการทำสุราด้วย คือ

"สุราแช่" หมายความว่าสุราที่ไม่ได้กลั่น และให้ความหมายรวมถึงสุราแช่ที่ได้ผสมกับสุรากลั่นแล้ว แต่ยังมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรีด้วย

"สุรากลั่น" หมายความว่า สุราที่ได้กลั่นแล้ว และให้ความหมายรวมถึงสุรากลั่นที่ได้ผสมสุราแช่แล้ว แต่มีแรงแอลกอฮอล์เกินกว่า 35 ดีกรีด้วย

"เชื้อสุรา" หมายความว่า แป้งเชื้อสุรา แป้งข้าวหมัก หรือเชื้อใดๆเมื่อหมักกับวัตถุดิบหรือของเหลวอื่นแล้ว สามารถทำให้เกิดแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำสุราได้

โดยทั่วไป "สุรา" ย่อมหมายความว่ารวมถึงสุรากลั่น, สุราแช่, เช่น เบียร์ หรือของเหลวอื่นใดที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ (สงบ, 2496)

ประดิษฐ์ (2537) ได้กล่าวถึงความหมายของ สุรา ว่า หมายถึง น้ำเมา หรือ เครื่องดื่มประเภทที่ผสมของมีนเมาโดยเฉพาะแอลกอฮอล์ เมื่อดื่มเข้าไปแล้วจะก่อให้เกิดอาการมีนเมา และขาดสติสัมปชัญญะ ตามบทนิยามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรา (มอก., 2516) ได้ให้ความหมายดังนี้

สุรา (alcoholic beverage) หมายความว่า เครื่องดื่มที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) และมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 60 ดีกรี

แอลกอฮอล์ (alcohol) หมายความว่า เอทิลแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักส่า แล้วกลั่นให้มีแรงแอลกอฮอล์เกิน 60 ดีกรี

แรงแอลกอฮอล์ (alcohol strength) หมายความว่า ดีกรีแอลกอฮอล์ที่มีในสุรา

ดีกรี (degree) หมายความว่า หน่วยวัดแรงแอลกอฮอล์ในสุรา คิดเป็นร้อยละ โดยปริมาตร

การหมักสา หมายถึงความว่า กรรมวิธีเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบประเภทแป้ง และ/ หรือน้ำตาล ให้เกิดมีแรงแอลกอฮอล์

น้ำสา (fermented mash) หมายถึงความว่า ผลผลิตที่ได้จากการหมักสาเพื่อนำไปกลั่น

การกลั่น หมายถึงความว่า กรรมวิธีแยกสุรากลิ่นหรือแอลกอฮอล์ออกจากน้ำสาโดยใช้ความร้อน

การเก็บไว้นาน (aging) หมายถึงความว่า การเก็บสุราไว้นานปีตามกรรมวิธีของสุราชนิดนั้นๆ เพื่อให้คุณภาพดีขึ้น

ปรุ่่งแต่ง (blend) หมายถึงความว่า การผสมหรือเติมส่วนผสมต่างๆ ให้ได้คุณภาพที่ต้องการ

น้ำเชื้อ (essence หรือ flavor) หมายถึงความว่า สารที่ปรุ่่งขึ้นเพื่อใช้ผสมสุราให้มีกลิ่นรสตามต้องการ

น้ำยาสกัด (extract) หมายถึงความว่า สารละลายที่สกัดได้จากตัวยาหรือสมุนไพรด้วยสุราแอลกอฮอล์หรือตัวทำละลาย (solvent) อื่นๆ

สุราขาว หมายถึงความว่า สุรากลิ่นที่ได้จากน้ำสาที่หมักด้วยวัตถุดิบประเภทแป้งและ/หรือน้ำตาล

สุราผสม สุราผสมพิเศษ สุราปรุ่่งพิเศษ หมายถึงความว่า สุรากลิ่นที่ใช้สิ่งผสมปรุ่่งแต่งขึ้นจากสุราขาวและ/หรือแอลกอฮอล์

สุราสากล หมายถึงความว่า สุราที่รู้จักกันทั่วโลกและมีกรรมวิธีเฉพาะ ได้แก่ วิสกี้ เบอรับอง บรั่นดี รัม วอลก้า ยิน เบียร์ ไวน์ สาเก เป็นต้น

ชนิดของสุราจำแนกตามลักษณะการจัดเก็บภาษีโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 สามารถจำแนกได้ 2 ชนิดคือ

1. สุราแช่ คือ สุราที่ไม่ได้กลั่นหรือสุราที่ได้ผสมสุรากลิ่นแล้วแต่ยังมีความแรงของแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี ได้แก่ เบียร์ กระแช่ สาโท เป็นต้น
2. สุรากลิ่น คือ สุราที่ได้กลั่นแล้ว หรือสุรากลิ่นที่ได้ผสมกับสุราแช่แล้ว แต่มีความแรงของแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี ได้แก่

2.1 สุราขาว เป็นสุราที่กลั่นได้จากข้าว หรือน้ำตาลโดยปราศจากเครื่องย้อมหรือสิ่งปรุ่่งแต่งใดๆ สุราขาวที่ผลิตได้และจำหน่ายได้มีความแรงของแอลกอฮอล์ 28 ดีกรี 30 ดีกรี 35 ดีกรี และ 40 ดีกรี เป็นต้น

- 2.2 สุราสามทับ (แอลกอฮอล์) คือสุรากลั่นที่ปราศจากเครื่องย้อมหรือสิ่งผสมปรุงแต่งแต่มีความแรงแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 40 ดีกรีขึ้นไป
- 2.3 สุราผสม คือ สุรากลั่นที่มีกรรมวิธีใช้สิ่งผสมปรุงแต่งขึ้นจากสุราขาวหรือสุราสามทับ โดยใช้เครื่องยาจีน สุราผสมที่ผลิตและจำหน่ายได้มีความแรงแอลกอฮอล์ 28 ดีกรี 30 ดีกรี 35 ดีกรี และ 40 ดีกรี เป็นต้น
- 2.4 สุราปรุงพิเศษ คือ สุรากลั่นที่ผสมปรุงแต่งขึ้นจากสุราขาวหรือสุราสามทับ โดยกรรมวิธีพิเศษ สุราปรุงพิเศษที่ผลิตและจำหน่ายได้ ต้องมีความแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 35 ดีกรี ได้แก่ สุราแม่โขง กวางทอง ไก่ขาววิสกี้ มาร์แชล สิงห์ไทย เสือดาว และยอดข้าว เป็นต้น
- 2.5 สุราพิเศษ คือ สุรากลั่นได้โดยตรงจากข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด ผลองุ่น หรือพืชผลอื่นๆ หรือสุราที่ผสมปรุงแต่งขึ้นจากสุราที่กลั่นได้ โดยมีวิธีพิเศษและเมื่อนำออกจำหน่ายต้องมีความแรงแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 35 ดีกรีขึ้นไป ได้แก่ วิสกี้ ไก่แดง เฟอร์ทแมวทอง รีเอนซี และสุราจีน

จากประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม ปี 2516

สุรากลั่น คือ สุราที่ได้กลั่นแล้ว หรือสุราที่ได้ผสมกับสุราแช่แล้วแต่มีความแรงของแอลกอฮอล์ เกินกว่า 15 ดีกรี เช่น สุราขาว, สุราสามทับ, สุราผสม, สุราปรุงพิเศษ, สุราพิเศษ

สุราขาว เป็นสุราที่กลั่นได้จากข้าว หรือน้ำตาลโดยปราศจากเครื่องย้อมหรือสิ่งปรุงแต่งใดๆ สุราที่ผลิตได้และจำหน่ายได้ มีความแรงของแอลกอฮอล์ 28 ดีกรี 30 ดีกรี 35 ดีกรี และ 40 ดีกรี เป็นต้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งสุราเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 เมรัย (fermented liquors)

ประเภทที่ 2 สุรากลั่น (distilled liquors หรือ distilled spirits)

ประเภทที่ 1 เมรัย คือ ผลที่ได้จากการหมักสาให้เกิดเป็นน้ำเมา มีแรงแอลกอฮอล์มากน้อยตามต้องการ และไม่มีการกลั่น

ประเภทที่ 2 สุรากลั่น คือ ผลที่ได้จากการหมักสาให้เกิดมีแรงแอลกอฮอล์แล้วกลั่น และบางชนิดต้องเก็บไว้นานเพื่อให้มีคุณภาพดี แล้วอาจปรุงแต่งให้มีแรงแอลกอฮอล์มาน้อยตามต้องการ แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

- สุรากลั่นชนิดที่ 1 เป็นสุรากลั่นที่กลั่นโดยตรงเพื่อให้ได้กลิ่นรสเฉพาะจากวัตถุดิบนั้น อาจปรุงเพียงเพื่อให้ได้กลิ่นรสดีขึ้นและทำให้มีแรงแอลกอฮอล์ตามต้องการ เช่น สุราขาว วอดก้า (Vodka) เกาเหลียง อาร์เรค (Arrack) เทกิล่า (Tequila) เป็นต้น

- สุรากลั่นชนิดที่ 2 เป็นสุรากลั่นหรือแอลกอฮอล์ผสมปรุงแต่ง สี กลิ่น รส และให้มีแรงแอลกอฮอล์ตามต้องการ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

สุรากลั่นชนิดที่ 2.1 ใช้สุรากลั่นหรือแอลกอฮอล์ผสมหรือเข้ากับสมุนไพรต่างๆ เพื่อให้ได้สี กลิ่น รส และสรรพคุณของตัวยาหรือสมุนไพรนั้น เช่น สุราจีนชนิดต่างๆ เป็นต้น

สุรากลั่นชนิดที่ 2.2 แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

สุรากลั่นชนิดที่ 2.2.1 ใช้สุรากลั่นและ/หรือแอลกอฮอล์มาปรุงแต่งน้ำยาสกัดน้ำเชื้อหรือใช้สุรากลั่น และ/หรือแอลกอฮอล์เข้ากับผลไม้ พืชสมุนไพร แล้วปรุงแต่งเพื่อให้ได้ สี กลิ่น รส ตามต้องการ แต่ไม่มีสรรพคุณของตัวยา ทั้งนี้จะกลั่นใหม่หรือไม่ก็ตาม เช่น สุราผสม สุราผสมพิเศษ สุราปรุงพิเศษ สุรายีน (Gin) เป็นต้น

สุรากลั่นชนิดที่ 2.2.2 ใช้สุรากลั่นและ/หรือแอลกอฮอล์ มาปรุงแต่ง เช่นเดียวกับสุรากลั่นชนิดที่ 2.2.1 แต่มีรสหวาน เช่น สุราเปปเปอร์มินต์ (Peppermint) สุรากาแฟ (Cream of Coffee) ชาร์เตรอส (Chartreuse) อีซซารา (Izzara) เป็นต้น

- สุรากลั่นชนิดที่ 3 ใช้สุรากลั่นและ/หรือแอลกอฮอล์มาปรุงแต่งโดยมีกรรมวิธีเก็บไว้นานเพื่อให้มีคุณภาพดี แล้วปรุงแต่งตามกรรมวิธีให้มี สี กลิ่น รส และแรงแอลกอฮอล์ตามต้องการ เช่น วิสกี้ (Whisky) บรันดี (Brandy) รัม (Rum) เป็นต้น

สุราทุกประเภทต้องไม่มีสารที่ให้โทษแก่ร่างกายเกินกว่าที่กำหนด และต้องไม่มีสารที่ต้องห้ามตามกฎหมาย ดังเช่น ต้องไม่มีเมธิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol), มีปริมาณตะกั่ว (lead) ไม่มากกว่า 0.1 ppm, ทองแดง (copper) ไม่มากกว่า 7 ppm, ฟูเซลอยล์ (fusel oil) ไม่มากกว่า 2,500 ppm, อัลดีไฮด์ คำนวณเป็น acetaldehyde ไม่มากกว่า 80 ppm, เอสเทอร์คำนวณเป็น

ethyl acetate ไม่มากกว่า 1,200 ppm เป็นต้น สีที่ใช้ผสมต้องเป็นสีที่เจืออาหารตามประกาศที่ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารของกระทรวงสาธารณสุข

สุราในประเทศไทย พบว่าสุรารวมและสุราผสมเป็นที่นิยมในการบริโภค (บุญชัย, 2524) โรงงานที่ทำการผลิตสุรารวมผสมภายใต้การควบคุมของกรมสรรพสามิต กระทรวงการคลังทั้งสิ้น 33 โรงงาน แยกเป็นโรงงานในเขตภาคเหนือ 13 โรงงาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 8 โรงงาน ภาคกลาง 6 โรงงาน และภาคใต้ 6 โรงงาน จะต้องผลิตตามที่กำหนดไว้ในแต่ละปีข้อมูลและจำหน่ายสุรารวมในเขตการจำหน่ายของโรงงานของตน ซึ่งกำหนดโดยกรมสรรพสามิต เป็นการจำกัดขอบเขตการจำหน่ายสุราของโรงงานสุราแต่ละจังหวัดมิให้เกี่ยวข้องกัน และห้ามการติดต่อค้าขายข้ามเขตการจำหน่าย (จีระ, 2528)

การผลิตสุรา

การต้มกลั่น

เป็นการแยกเอาแอลกอฮอล์หรือสุราออกจากส่า การกลั่นคือ การต้มให้วัตถุที่ระเหยได้เดือดกลายเป็นไอแยกตัวออกจากวัตถุที่ระเหยไม่ได้ ปล่อยให้ส่วนที่ระเหยเป็นไอสัมผัสกับความเย็น ให้ความแน่นกลายเป็นของเหลวอีกครั้ง

น้ำสาธรรมดามีแอลกอฮอล์ประมาณ 7 – 12 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์บริสุทธิ์มีจุดเดือด 78.3°C. น้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือด 100°C. ของเหลวอื่นๆที่อยู่ในส่ามีจุดเดือดต่างๆกัน ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะระเหยออกมาก่อนของเหลวที่มีจุดเดือดสูง

การกลั่นสุราโดยเครื่องกลั่นแบบธรรมดา หรือ pot still สุราแรกออกเรียกว่าสุราหัวที่ (Fore shot) มีกลิ่นหอมรสจืด เพราะกลั่นที่อยู่ในวัตถุดิบและไอแอลกอฮอล์ซึ่งมีความเบากว่าแอลกอฮอล์ธรรมดาจะออกมาก่อน เมื่อสุราแรกออกผ่านไปแล้ว ก็จะได้สุราธรรมดาที่มีรสและกลิ่นแรง ต่อมาเมื่อใกล้จะเป็นหางรสจะจืดลง ออกเปรี้ยวแลฝาด มีกลิ่นสาจืดขื่น เพราะแอลกอฮอล์ถูกขับออกเกือบจะหมด เหลือแต่ของที่หนักกว่าแอลกอฮอล์ มีฟิวเซลอยล์และจำพวกกรดระเหยติดปนมาด้วย (กฤษณารามวิสิฐ, 2491)

เครื่องกลั่นแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ (จีระ , 2528)

(1) เครื่องกลั่นชนิดธรรมดา มีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ หม้อต้มสาสุรา ท่อไอสุรา หม้อรวมไอน้ำ และไส้ไก่ เครื่องกลั่นชนิดนี้ต้องใช้ความร้อนโดยตรง และไม่สามารถกลั่นและแบ่งไอสุราที่มีความแรงแอลกอฮอล์ ในเวลาเดียวกันได้ จึงต้องทำการกลั่น 2 – 3 ครั้ง จึงจะได้แอลกอฮอล์ที่มีความแรงสูง ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก เครื่องกลั่นชนิดธรรมดาจึงใช้ภายในโรงงานสุรารขนาดเล็กและไม่ทันสมัย

(2) เครื่องกลั่นชนิดแบ่งไอ เป็นเครื่องกลั่นที่ใช้เชื้อเพลิงจากไอน้ำและมีส่วนประกอบคล้ายกับเครื่องกลั่นธรรมดา แต่มีลักษณะของเครื่องแยกสาสุรา และเครื่องแบ่งไอสาสุรา เป็นปล่องสูง และภายในปล่องมีแผ่นทองแดงหลายแผ่นติดเป็นชั้นๆ ตามความสูงของปล่อง เพื่อให้ได้สุราเข้าเกาะและกลายเป็นน้ำสุราที่แผ่นทองแดงเหล่านี้ น้ำสุราตามแผ่นทองแดงบางส่วนจะระเหยเป็นไอต่อขึ้นไปอีก แอลกอฮอล์ของน้ำสุราในแผ่นโลหะ จะแรงขึ้นตามลำดับทุกแผ่น เครื่องกลั่นประเภทนี้ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงและสามารถผลิตสุราที่มีแอลกอฮอล์สูงได้ จึงเป็นที่นิยมใช้ในโรงงานสุราทั่วไป

เครื่องกลั่นสุรา ควรจะสามารถกลั่นให้ได้สุรารบริสุทธิ์ มีกลิ่นรสดี และใช้เชื้อเพลิงน้อย

ส่วนประกอบของเครื่องกลั่นที่สำคัญคือ (กฤษณามวีสิฐ, 2491)

- (1) หม้อต้ม ใช้ต้มสาให้กลายเป็นไอ
- (2) ท่อต่อ เป็นทางเดินของไอ
- (3) ไส้ไก่ เป็นที่ให้ไอกลับเป็นน้ำด้วยความเย็น

เครื่องกลั่นต่างแยกได้เป็นเครื่องแบบใช้ไฟตรง กับเครื่องกลั่นแบบใช้ไอน้ำ เครื่องกลั่นแบบใช้ไฟตรงสามารถทำได้โดยใช้ก๊อเตาอิฐ ตั้งหม้อหรือกะทะ ซึ่งเปลืองเชื้อเพลิง กลั่นได้ช้า มักมีกลิ่นเหม็นไหม้ ส่วนเครื่องกลั่นไอน้ำให้ความสะดวกและประหยัดเชื้อเพลิง และยังสามารถแบ่งเครื่องกลั่นเป็น

- Intermittent still คือเครื่องกลั่นที่ใส่สาแล้วต้มสาชุดที่ใส่ให้เสร็จ จึงเปลี่ยนสาใหม่แล้วต้มไปเป็นชุดๆไป
- Continuous still คือ เครื่องกลั่นที่ปล่อยให้สาเดินเข้าหม้อกลั่นเรื่อยๆโดยไม่ต้องหยุด และในขณะที่เดียวกันน้ำสุราที่กลั่นก็ไหลออกอีกทางหนึ่งไม่ต้องหยุดพักต้มน้ำสา

ยังสามารถแบ่งเครื่องกลั่นออกเป็นได้อีก คือ (กฤษณามารวิสิฐ, 2491 ; Applette, 2001)

- (1) เครื่องกลั่นหม้อ (Pot still) เป็นวิธีการกลั่นโดยทั่วไป เป็นหม้อกลั่นทองแดง รูปร่างคล้ายหัวหอม
- (2) เครื่องกลั่นถัง (Vat still) ส่วนใหญ่ทำด้วยถังไม้ ใช้ต้มด้วยไอน้ำ โดยวิธีพ่นด้วยไอน้ำ
- (3) เครื่องกลั่นจดทะเบียน (Pattent still) กลั่นโดยใช้ไอน้ำ หม้อกลั่นมีลักษณะเป็นชั้นๆ ซ้อนกันขึ้นไปเหมือนปล่อง ชั้นที่เป็นแผ่นโลหะเจาะรูและมีท่อน้ำล้นไหลกลับ เครื่องหนึ่งมี 2 หม้อ หม้อหนึ่งมี 24 ชั้นสำหรับกลั่นฟอกสา อีกหม้อหนึ่งมี 37 – 42 ชั้นสำหรับกลั่นทับให้เป็นสุราดีกรีสูง หรือเป็นแอลกอฮอล์ สาที่กลั่นปล่อยเข้าหม้อฟอกสาจากชั้นบนให้ไหลลงมาชั้นล่างแล้วไหลออกทิ้งไป น้ำสาต้องปล่อยให้ไหลตลอดเวลาจนกว่าสาจะหมด ที่ชั้นล่างของหม้อฟอก คือ ก้นหม้อปล่อยไอน้ำให้เดินสวนขึ้นกับน้ำสาที่ไหลลง ไอน้ำจะต้มน้ำสาให้แอลกอฮอล์ระเหยไป เมื่อน้ำสาไหลลงมาถึงก้นหม้อก็หมดแอลกอฮอล์ ส่วนไอน้ำที่ระเหยขึ้นไป จะพาเอาแอลกอฮอล์ไปเข้าที่ก้นหม้อกลั่นทับ แอลกอฮอล์ที่แยกออกจากสามีดีกรีต่ำ เมื่อมาเข้าหม้อกลั่นทับ ก็ถูกกลั่นทับเป็นไอขึ้นไปทีละชั้นๆ จนถึงชั้นที่อยู่บนสุด จะมีแรงแอลกอฮอล์ 95 – 97 ดีกรี จึงไปเข้าที่ความเย็นกลับเป็นน้ำแอลกอฮอล์

วิชัย (2520) ศึกษากระบวนการกลั่น 96 เปอร์เซ็นต์ เอธานอล จากข้าวเหนียวและวัตถุดิบอื่นๆในท้องถิ่น ได้ทำการวิเคราะห์สาสุราและผลิตภัณฑ์ได้จากแต่ละส่วนของกระบวนการกลั่นโดยใช้ gas chromatography, infrared spectrophotometer และ nuclear magnetic resonance spectroscopy พบว่า 96 เปอร์เซ็นต์ เอธานอล โดยปริมาตรที่ได้จากข้าวเหนียว ไม่พบ 2-methyl-1-propanol (fusel oil) ประกอบด้วย ethyl alcohol เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้พบ 1-propanol , 2-methyl-1-propanol, 1-butanol, 3-methyl-1-butanol ซึ่งเป็น higher alcohol (fusel oil) และ Acetaldehyde

สุราขาวจัดเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลั่น (distilled alcoholic beverage) เครื่องดื่มประเภทนี้ได้จากการกลั่นผลิตภัณฑ์หมักแอลกอฮอล์ เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่สูง ส่วนมากจะใช้หลักวิชาการกลั่นมาเป็นประโยชน์ สารระเหยที่ได้จากการกลั่นส่วนมากเป็น เอธานอล อาจจะมี แอลกอฮอล์ ประเภทอื่นๆ ปะปนมาด้วยก็ได้ เช่น เมธานอล แต่มีส่วนน้อยจนไม่เกิดอันตราย นอกจากนี้ยังมี แอลกอฮอล์ โมเลกุลสูงๆรวมมาด้วย เช่น พวกฟิวเซลอยล์ทั้งหลายโดยเฉพาะพวก propyl alcohols, butyl alcohol, amyl alcohol, hexyl alcohol เป็นต้น (ไพโรจน์¹, 2536) สุราขาวที่ผลิตในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นสุราที่ผลิตจากกากน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่

กรรมวิธีการผลิตสุรจากากากน้ำตาล ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการใช้ข้าวผสมในการทำสุรา ดังนั้นกรรมวิธีการทำสุรจากากน้ำตาลในปัจจุบัน ทำโดยนำกากน้ำตาลมาเจือน้ำให้มีความเข้มข้น 14 – 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำไปผสมกับเชื้อยีสต์ที่เพาะเตรียมไว้ จากนั้นหมักจนได้แอลกอฮอล์ตามที่ต้องการ แล้วนำไปกลั่น (จิระ, 2528)

ในการหมักปมสุรา พบว่า higher alcohols จำพวกเอสเทอร์และอัลดีไฮด์จะค่อยๆระเหยไปถ้าทิ้งไว้เกินกว่า 1 เดือน กลิ่นฉุนของเอสเทอร์และอัลดีไฮด์จะหายไปมาก ถ้าทิ้งไว้นาน คุณภาพและกลิ่นรสของสุราจะดีขึ้นมากตามอายุ ในวิสกี้ความเข้มข้นของเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บของวิสกี้เพิ่มขึ้น เพิ่มขึ้นจาก 69 ppm เป็น 572 ppm ภายในเวลา 56 เดือน (Nykanen, 1983) สุราที่มีแรงแอลกอฮอล์สูงจะทำให้แอลกอฮอล์ระเหยได้มาก ควรเก็บด้วยภาชนะโลหะหรือเครื่องเคลือบจะระเหยได้น้อยลง สุราที่ไม่บริสุทธิ์จะมีรสเปรี้ยวสูง

สุราที่กลั่นขึ้นโดยยังมีได้ผสมและปรุงแต่ง แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

- (1) สุราดิบ (Dephleged Spirit) คือ สุราที่กลั่นจากสาด้วยเครื่องกลั่นธรรมดา
- (2) สุราสำทับ (Rectify Spirit) คือ สุราที่ทำการกลั่นฟอกโดยใช้สุราดิบที่มีแรงแอลกอฮอล์ต่ำและชุน มากลั่นอีกครั้งให้บริสุทธิ์ ให้ได้สีใสสะอาด
- (3) แอลกอฮอล์ (Alcohol) คือ สุราที่กลั่นด้วยเครื่องพิเศษ จากสา หรือจากสุรา มีความแรงของแอลกอฮอล์สูง ตั้งแต่ 34 ดีกรีขึ้นไป สีใสสะอาด ไวไฟ ระเหยง่าย

คุณภาพของสุรานั้นมีลักษณะที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ทำ วิธหมักสา วิธกลั่น และวิธปรุงแต่ง สุราที่ดีควรมีลักษณะดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสุรคุณภาพดีและสุรคุณภาพต่ำ

	สุรคุณภาพดี	สุรคุณภาพต่ำ
สี	สีใส สะอาด	สีขุ่นหรือเหลือง มีสิ่งไม่บริสุทธิ์เจือปน
รส	รสนุ่มและขมเล็กน้อย	รสเปรี้ยว ขมมาก
กลิ่น	กลิ่นหอม	กลิ่นสาบของสาแรงจัด
อาการมีนเมา	คอไม่แห้ง ไม่กระหายน้ำ	คอแห้ง กระหายน้ำ
อาการหลังการดื่ม	อาการปกติ	อ่อนเพลีย ปวดศีรษะมีนงง

ที่มา : ดัดแปลงจาก กฤษณามารวิสิฐ, 2494

สุราที่มีอัลดีไฮด์และเอสเทอร์เจือปนอยู่ด้วยมักจะมีผลทางประสาทให้ปวดศีรษะและอ่อนเพลียภายหลังการดื่ม (กฤษฎามารวิศิษฐ, 2490) ในสุรากลั่น ปริมาณ iso-amyl alcohol และ n-propyl alcohol ที่ทำให้เกิดกลิ่นคือ 7.0 และมากกว่า 720 ppm ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม iso-amyl alcohol มักจะไม่ค่อยพบในความเข้มข้นนี้ ethyl acetate, acetaldehyde ปริมาณน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดกลิ่นคือ 17.0, 1.20 ppm ตามลำดับ สารประกอบซัลเฟอร์พบน้อยมากในสุรากลั่น มักจะรายงานผลในรูปของ ppb (part per billion) และมักจะทำให้สุรามีกลิ่นและรสไม่เป็นที่ต้องการ (Rose, 1977)

ประเสริฐและเมทนี (2523) พบว่า สุราขาวของไทยมีปริมาณสิ่งที่เหลือจากการระเหยกรดทั้งหมด ฟลูออไรด์และปริมาณตะกั่ว (Lead) ปริมาณทองแดง (Copper) สูงกว่าสุรากลั่นต่างประเทศ แต่มีปริมาณเมธิลแอลกอฮอล์ต่ำกว่าสุรากลั่นต่างประเทศเล็กน้อย สุราของไทยมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าที่ระบุไว้บนฉลาก และมีปริมาณของตะกั่วและทองแดงสูงกว่าที่กำหนดไว้ในน้ำดื่ม คือ สูงกว่า 0.5 ppm

เมื่อกล่าวถึงสุรากลั่นในต่างประเทศมักจะนึกถึงเพียง ยิน วอดก้า รัม และวิสกี้ ในฝรั่งเศส ปริมาณแอลกอฮอล์จะวัดในรูปของเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร 100 เปอร์เซ็นต์หมายถึง absolute alcohol ในวิธีแบบเก่าใช้มาตรส่วนเดียวกันแต่เรียก ดีกรี มากกว่าเปอร์เซ็นต์ มีเพียงในเยอรมัน ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก ในสหรัฐอเมริกา 100° proof คือ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรที่ 15.5°ซ. ประเทศอังกฤษ คือ 57.1 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ก่อนที่ hydrometer จะถูกนำมาใช้ในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์โดยทั่วไป Poof คือหน่วยที่ใช้การวัดความแรงของแอลกอฮอล์ ซึ่งคือปริมาณของแอลกอฮอล์ที่ทำให้ดินปืนจุดติดไฟ ถ้าไม่สามารถทำให้ติดไฟได้ เรียกว่า under proof หมายความว่า สุรากลั่นนั้นมีปริมาณน้ำมากเกินไป (Rose, 1977) โดยทั่วไป 100 °Proof หมายถึง 50 %v/v แอลกอฮอล์ (Nykanen, 1983)

สุรากลั่นประเภทต่างๆ

วอดก้า (Vodka)

วอดก้าเป็นสุรากลั่นที่มีลักษณะแตกต่างจากวิสกี้ รัม และ บรั่นดีเพราะไม่มีสีในขณะที่วิสกี้ รัม และบรั่นดีมีสีฟางขาวถึงน้ำตาลเข้ม ยินและวอดก้าแตกต่างกันที่ ยินจะทำการปรุงแต่งรสและทำการกลั่นอีกครั้งด้วยสมุนไพรเพื่อให้ได้กลิ่นของสมุนไพร ในขณะที่วอดก้าจะถูกทำให้

บริสุทธิ์อีกครั้งด้วยการกรองผ่านผงถ่าน จากกระบวนการดังกล่าวทำให้มีข้อแตกต่างระหว่างสุรากลั่น 2 ชนิดดังนี้

1. วิสกี้และกลุ่มสุราที่คล้ายคลึงกันมีการบ่ม โดยทั่วไปในถังไม้หลังจากการกลั่น ในขณะที่ ยินและวอดก้าไม่มีการบ่ม
2. ยินและวอดก้าไม่ต้องการกลั่นที่มาจากกรกลั่น ที่เกิดจากวัตถุดิบที่ทำให้เกิดกลิ่นและผ่านการกลั่นมาสู่อินและวอดก้า แต่กลิ่นรสเหล่านั้นมีความสำคัญต่อวิสกี้และสุรากลั่นกลุ่มอื่น

อินและวอดก้าสามารถนำไปใช้ในการเป็นวัตถุดิบในการผลิตสุราชนิดอื่น ยินมักทำจากเมล็ดพืชแม้ว่าบางครั้งมีการนำกากน้ำตาลมาใช้ในการผลิตอิน วอดก้าทำจากวัตถุดิบได้หลายชนิด โดยวัตถุดิบที่นิยมกันมากคือเมล็ดพืชและมันฝรั่ง ขึ้นอยู่กับราคาของวัตถุดิบเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด บางครั้งจะเรียกอินและวอดก้า ว่า สุราขาว (White spirit) ยินมีการผลิตครั้งแรกในสก็อตแลนด์ มีสมุนไพรสำคัญในการปรุงแต่งกลิ่นรสคือ Juniper (Vodka or Wodka) ผลิตในศตวรรษที่ 14 ในรัสเซียเป็นครั้งแรก เป็นสุราที่มีเอธิลแอลกอฮอล์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างเดียวนั้น สุราที่มีคุณภาพดีที่สุดเท่านั้นจะถูกนำมาใช้ผลิตวอดก้า ในกระบวนการผลิตสิ่งเจือปนจะถูกเอาออกไปจนไปหมด วอดก้าไม่มีกลิ่น บางครั้งกลิ่นรสไม่แตกต่างจากสุราที่อายุการบ่มยังไม่ได้ที่เหมาะสม ดังนั้น วอดก้าไม่ควรจะมีกลิ่นและรส สุรากลั่นอีกประเภทคือ Geneva ผลิตในเยอรมัน มีลักษณะคล้ายวอดก้า กระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลใช้มอลท์ที่ผสมกับ Juniper และมีการปรุงแต่ง Geneva สุราชนิดอื่นและสุราจากเมล็ดพืช วัตถุดิบในการผลิตวอดก้าควรจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่ำ เช่น เมล็ดพืชและมันฝรั่ง หรือกากน้ำตาล ในระยะหลังนี้อุตสาหกรรมสุราจำนวนมากใช้วัตถุดิบในการหมักแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาลและมันฝรั่ง

กากน้ำตาลที่นิยมนำมาผลิตสุรามักจะมีของแข็ง 83 - 85 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยน้ำตาล 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลอินเวิร์ท 12 - 18 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7 - 10 เปอร์เซ็นต์ และสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถหมักได้ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาลที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุราจะถูกเจือจางให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 15 - 18 °Brix pH 4.5 - 4.7 มักจะมีการเติมสารอาหารเพื่อยีสต์ในกากน้ำตาลเช่น เกลือแอมโมเนียม ขบวนการหมักกากน้ำตาลเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการหมักที่มีสตาร์ชเป็นวัตถุดิบ และมีอุณหภูมิสูงกว่าเล็กน้อย เมื่อการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เหลืออยู่ 5 - 7 °Brix ซึ่งเป็นปริมาณของแข็งที่ไม่สามารถใช้ในการหมักได้ ในการผลิตวอดก้า เมื่อกลิ้นแอลกอฮอล์ได้แล้ว จะมีการเจือจางความแรงของ

แอลกอฮอล์ให้ได้ตามที่ต้องการแล้วกรองผ่านคาร์บอน น้ำที่ใช้ในการเจือจางขวดก้ำ ควรจะมีคุณภาพและความบริสุทธิ์สูง (Rose, 1977)

ยีน (gin)

เป็นสุรากลั่นประเภทที่ไม่มีสีที่มีกลิ่นและรสจาก juniper ผลิตครั้งแรกในฮอลแลนด์ โดยการกลั่นจากการหมักส่าพีชเมล็ด คือ บาร์เลย์ กับผล juniper และสารให้กลิ่นอื่น ยีนส่วนมากจะขายในรูปแบบที่เรียกว่า 'distilled gin' 'English gin' หรือ 'London dry gin' ซึ่งแตกต่างจากยีนแบบดั้งเดิมที่ผลิตใน Holland เพราะทำจากแอลกอฮอล์บริสุทธิ์เจือจางด้วยน้ำ แล้วแต่งกลิ่นรสตามที่ต้องการ ไม่มีการบ่ม Holland gin จะมีน้ำตาลอยู่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ถ้าปราศจากน้ำตาลเรียกว่า dry gin

วิสกี้ (Whiskey) (Heart and Fisher, 1971 ; Rose, 1977)

วิสกี้แต่ดั้งเดิมคือ Scotch whiskey ผลิตจากพีชเมล็ดและมอลท์ ในการกลั่นมักจะกลั่นให้ได้แอลกอฮอล์ 90 – 94 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรด้วยเครื่องกลั่นแบบ pot still แอลกอฮอล์ที่กลั่นได้ไม่มีรสและกลิ่น หลังจากนั้นจึงนำไปบ่มและแต่งกลิ่นรสที่หลัง วิสกี้มีหลายชนิดคือ Irish whiskey ผลิตจากข้าวไรน์ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต มักมีปริมาณแอลกอฮอล์ 71.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร American whiskey ผลิตจากวัตถุดิบพีชเมล็ดได้เกือบทุกชนิด แต่ต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่น้อยกว่า 51 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ระยะเวลาการบ่มอย่างน้อย 2 ปี การบ่มวิสกี้ทำในถังไม้โอ๊ค

พบว่า Bourbon และ Scotch malt whiskies มีปริมาณ fusel oil สูงถึง 2 g/l ซึ่งวิสกี้แคนาดา ญี่ปุ่นและออสเตรเลียมีปริมาณ 1 ใน 5 ของความเข้มข้นนี้ วิสกี้ที่ผลิตโดยวัตถุดิบที่แตกต่างกัน มีปริมาณกรดที่แตกต่างกัน เช่น วิสกี้ที่ผลิตจากข้าวโพดและข้าวไรน์มีปริมาณกรดต่ำกว่า วิสกี้ที่ผลิตจากมอลท์ วิสกี้ที่ผลิตจาก pot still จะมีปริมาณเอสเทอร์มากกว่าวิสกี้ที่กลั่นจากเครื่องกลั่นต่อเนื่อง ปริมาณกรดในวิสกี้ 50 – 95 เปอร์เซ็นต์เป็นกรดอะซิติก ethyl acetate เป็นเอสเทอร์หลักในวิสกี้ พบ 85 ppm ในสก๊อตวิสกี้ 98 ppm ในแคนาดาวิสกี้ และ 380 ppm ใน bourbon วิสกี้ที่ทำการบ่มเป็นเวลา 9 ปี acetaldehyde เป็น short chain อัลดีไฮด์ที่เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน light-flavoured สก๊อตวิสกี้ผลิตโดยละลาย 576 กรัมของฟูเซลอยล์ผสม กรด 90 มิลลิกรัม เอสเทอร์ 129 มิลลิกรัม สารประกอบ carbonyl 17.4 มิลลิกรัม ในสุรากลั่นที่มีปริมาณ ethanol 34 เปอร์เซ็นต์ ใช้น้ำที่ผ่านเครื่องกรอง ion-exchanged และกรองผ่านถ่าน เป็นการเลียน

แบบผลิตภัณฑ์วิสกี้ พบว่าเอสเทอร์และสารประกอบ carbonyl มีผลต่อกลิ่นของสุรามากที่สุด องค์ประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในวิสกี้มากที่สุดคืออีสต์ที่ใช้ในการหมักและถังไม้ที่ใช้ในการบ่ม

บรันดี (Brandy)

คือเครื่องดื่มที่ได้จากการกลั่นไวน์องุ่น ถ้าทำจากวัตถุดิบชนิดอื่น จะมีชื่อของวัตถุดิบชนิดนั้นแสดงนำหน้าบรันดี บรันดีอาจเป็นสุรากลั่นชนิดแรกที่มนุษย์รู้จัก บางครั้งเรียกบรันดีว่า Cognac บรันดีมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์เมื่อกลั่น และมีแอลกอฮอล์ไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์เมื่อบรรจุขวด

รัม (rum)

เป็นเครื่องดื่มสุรากลั่นที่ผลิตจากน้ำตาลน้ำอ้อย เป็นเครื่องดื่มของประเทศแถบอเมริกาใต้ Cuba Puerto Rico และ Jamaica มักจะทำการบ่มอย่างน้อย 2 ปีในถังไม้ มีปริมาณแอลกอฮอล์ตอนกลั่นไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์เมื่อทำการบรรจุขวด

เทกิลลา (Tequila)

จากการหมักทำจากส่วนหัวและ heart ของพืชประเภท Tequila cactus (Agave tequilana) นำมาคั้นน้ำ หมักและกลั่น เทกิลลามันจะผลิตขายในรูปแบบที่ไร้สีและไม่มีการบ่ม มีกลิ่นสมุนไพรของตัวเอง

คอร์ดัล และ ลิเคียว (Cordials and Liqueurs)

เป็นสุราที่ได้จากการผสมหรือกลั่นซ้ำหัวเชื้อสุรากลั่น บรันดี ยิน หรือเครื่องดื่มสุรากลั่นชนิดอื่นด้วยผลไม้ ดอกไม้ หรือพืช หรือน้ำคั้นจากพืชผลไม้ หรือสารให้กลิ่นชนิดอื่น มีปริมาณน้ำตาลซูโครสหรือเดทรท-โตสน้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ อาจจะมีสีได้ด้วยคาราเมลหรือสีผสมอาหาร ลิเคียวส่วนใหญ่จะมีรสหวานคล้ายน้ำเชื่อม

Gus'kova และคณะ (1995) ศึกษาสารพิษในวอดก้าและเครื่องดื่มสุรากลั่นชนิดอื่นๆ พบว่ามีปริมาณเมธานอลและสารอื่นเช่น เอสเทอร์ อัลดีไฮด์และฟูเซลออยมีความเข้มข้นไม่เกินที่อนุญาตเอาไว้ โดยเฉพาะจากมาตรฐานของรัสเซีย เช่น เมธานอล 0.03 – 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร, อัลดีไฮด์ 2 – 15 ppm และ เอสเทอร์ 18 – 50 ppm

Lay Keow Ng และคณะ (1996) ศึกษาวอดก้ายี่ห้อต่างๆ 64 ยี่ห้อจากวอดก้าที่มีขายอยู่ในท้องตลาด พบความแตกต่างระหว่างวอดก้าที่ผลิตในอเมริกาและแคนาดาที่ปริมาณ 5-hydroxymethyl-2-furfuraldehyde และ triethyl citrate ที่เกิดขึ้นในวอดก้าจากอเมริกาในขณะที่ไม่พบในวอดก้าของแคนาดา การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าความแตกต่างของวอดก้า ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต สารที่เติมและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน

Huerta Diaz Reganon และคณะ (1995) ศึกษาความแตกต่างระหว่างวิธีวิเคราะห์สารระเหยได้ในไวน์และ distillate โดยเครื่อง GC พบว่า ทั้งสองวิธีนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้สามารถวิเคราะห์แบบ direct injection เพื่อตรวจสอบปริมาณ ethyl acetate และ higher alcohols ใน distillate จากไวน์ได้ Villen และคณะ (1995) พบว่าสามารถฉีดไวน์เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography ได้โดยตรง แต่ควรลดปริมาณที่ฉีดลง

Ceccon และคณะ (1993) ทำการวิเคราะห์ปริมาณเอธานอลในสุรากลั่นด้วยวิธี direct injection โดย gas chromatography และนำไปเปรียบเทียบกับวิธี volumetric method พบว่าวิธีวิเคราะห์โดย volumetric method ให้ผลที่สูงกว่าการวิเคราะห์ด้วย GC แต่ผลการวิเคราะห์จะไม่แตกต่างกันเมื่อทำการทดลองกับเอธานอลบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นต่าง อาจจะเป็นเพราะว่าในสุรากลั่นมีสารประกอบหลายอย่างที่รบกวนการวิเคราะห์ด้วย volumetric method

Wilson และคณะ (1991) ทำการวิเคราะห์เมธานอลและฟูเซลออยล์ในวิสกี้ด้วยเครื่อง GC พบว่า มีปริมาณเมธานอลจะเพิ่มขึ้นหลังจากทำการเปิดขวดแล้ว ในขณะที่ปริมาณฟูเซลออยล์ไม่เปลี่ยนแปลง