บทที่ 2
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลำไย

2.1.1 ประวัติลำไยของไทย

ลำไย (Longan) มีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า *Euphoria Longana* Lamk หรือ *Nephelium , Canb.* จัดเป็นพืชในวงศ์ (Family) Sapindaceae (กระยาทิพย์, 2537)

ลำไยเป็นไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน เป็นไม้พื้นเมืองทางตอนใต้ของประเทศจีน ซึ่งชาวจีนปลูกกันมาเป็นเวลาหลายพันปีและได้ปลูกกันมากใน มณฑลกวางตุ้ง ฟุกเกี้ยน ลิงนาน ไต้หวัน และเสฉวนและได้แพร่กระจายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก พบว่าประเทศไทยมีลำไยขึ้นอยู่ตามบริเวณป่าในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน มีผลขนาดเล็ก ซึ่งเรียกกันว่า ลำไยธรรมดา ส่วนลำไยที่มีผลขนาดใหญ่กว่าลำไยธรรมดา เรียกว่า ลำไยกระโหลก ได้มีประวัติว่า ราวปี พ.ศ. 2439 มีคนจีนคนหนึ่งนำกิ่งตอนลำไยจากประเทศจีน จำนวน 5 กิ่ง มาถวายเจ้าดารารัศมี ซึ่งเป็นพระชายาของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เจ้าดารารัศมีได้แบ่งปลูกไว้ที่กรุงเทพฯ 2 กิ่ง ส่วนอีก 3 กิ่งให้ เจ้าน้อยตั๋น ณ เชียงใหม่ ผู้เป็นน้องชายนำไปปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ ณ บ้านท่าขี้เหล็ก ตำบลสบข่า อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ หลังจากนั้นได้แพร่กระจายพันธุ์ไปทั่วจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียงโดยเฉพาะจังหวัดลำพูน หลังจากนั้นก็มีชาวจีนนำกิ่งลำไยจากประเทศจีนเข้ามาปลูกที่เชียงใหม่อีกรวมทั้งมีการขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด เป็นผลทำให้มีพันธุ์ลำไยเกิดขึ้นมากมายในประเทศไทย (พาวิณ, 2543)

2.1.2 พันธุ์ลำไยในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพันธุ์ลำไยมากกว่า 21 พันธุ์ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้ (พาวิณ, 2543)

2.1.2.1 ลำไยเครือหรือลำไยเถา เป็นพันธุ์ที่คนไม่นิยมปลูก เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติพบในภาคตะวันออกและเขตอีสานใต้ มีลำต้นเลื้อยคล้ายเถาวัลย์ ทรงพุ่มต้นคล้ายเฟื่องฟ้า ลำต้นไม่มีแก่น ใบขนาดเล็กและสั้น ผลเล็ก ผิวสีชมพูปนน้ำตาล เนื้อบางมีกลิ่นคล้ายกำมะถัน เมล็ดโต

2.1.2.2 ลำไยต้น แบ่งเป็น

ก. ลำไยพื้นเมืองหรือลำไยกระดูก ออกดอกประมาณเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคม และเก็บผลได้กลางเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม ให้ผลดก ผลมีขนาดเล็ก ขนาดของผลเฉลี่ยกว้าง 1.8 เซนติเมตร ยาว 1.7 เซนติเมตร รูปร่างของผลค่อนข้างกลม ผิวสีน้ำตาลเปลือกหนา เนื้อบางสีขาวใส ปริมาณน้ำตาลประมาณ 19 % เมล็ดโต ลำต้นขรุขระมาก ต้นตั้งตรงสูงประมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

20 -30 เมตร ใบเล็กกว่าลำไยพันธุ์กระโหลก มักพบตามป่าของจังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย มีอายุยืนมาก ปัจจุบันไม่นิยมปลูกเนื่องจากมีผลเล็ก

ข. ลำไยกะโหลก เป็นลำไยที่มีผลใหญ่โต เนื้อหนา หวานกรอบ มีมากกว่า 21 พันธุ์ ที่นิยมปลูกเป็นการค้ามี 4 พันธุ์ ได้แก่ ดอ สีชมพู แห้ว และเบี้ยวเขียว (Ramingwong *et al,* 1998)

1. พันธุ์ดอ เป็นพันธุ์ที่ออกดอกและติดผลง่ายกว่าพันธุ์อื่น ๆ ให้ผลผลิตค่อนข้างสม่ำเสมอ เก็บผลผลิตได้ในเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ลักษณะผลค่อนข้างกลม สีน้ำตาลอ่อน บ่าผลยกข้างเดียว รสหวาน จำนวนผลโดยเฉลี่ย 85 - 94 ผลต่อกิโลกรัม นิยมบริโภคสดและแปรรูป ผลทรงกลมแป้น (oblate) ขนาดค่อนข้างใหญ่ ขนาดผลกว้าง 28.1 (25.2 - 32.3) มิลลิเมตร ยาว 25.2 (23.1 - 28.1) มิลลิเมตร เบี้ยวเล็กน้อย ยกบ่าข้างเดียว และบริเวณฐานผลอาจจะบุ๋ม เปลือกสีเขียวปนน้ำตาล ผิวเป็นกระหรือตาห่างๆ กระสีน้ำตาลเข้ม สีขาวขุ่น เนื้อหนา ค่อนข้างเหนียว ไม่กรอบ มีกลิ่นหอมเล็กน้อย ปริมาณน้ำตาล 18.0 องศาบริกซ์

2. พันธุ์สีชมพู ออกดอกและติดผลยากกว่าพันธุ์ดอ ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ เก็บผลผลิตได้ในปลายเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ลักษณะผลค่อนข้างกลม สีน้ำตาลอ่อน เนื้อกรอบสีชมพูเล็กน้อย สีเนื้อจะเข้มขึ้นเมื่อผลแก่จัด รสหวาน กลิ่นหอม ขนาดผลโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์ดอ นิยมบริโภคสด ผลมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ผลกว้าง 26.4 (21.9 - 30.4) มิลลิเมตร ยาว 24.6 (21.1 - 27.0) มิลลิเมตร รูปทรงรีและเบี้ยวเล็กน้อย เปลือกหนาแข็งเปราะ เนื้อหนาปานกลาง นิ่มไม่เละล่อน มีสีชมพูเรื่อๆ ปริมาณน้ำตาล 20.0 องศาบริกซ์

3. พันธุ์แห้ว เป็นลำไยพันธุ์หนัก ลำต้นไม่ค่อยแข็งแรง เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดงเขียว กิ่งเปราะง่ายเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีมาก ทนแล้งได้ดี เกิดดอกและติดผลค่อนข้างยาก อาจให้ผลเว้นปี ช่อดอกสั้น ขนาดผลใบช่อมักไม่สม่ำเสมอกัน ผลทรงกลมและปานกลาง มีขนาดเล็กจนถึงใหญ่ ผลกว้าง 27.7 (24.2 - 30.7) มิลลิเมตร ยาว 25.0 (21.9 - 28.3) มิลลิเมตร ฐานผลอาจจะบุ๋ม เปลือกหนามาก ผิวสีน้ำตาล กระมีสีคล้ำตลอดผล เนื้อหนาและแน่น แห้ง กรอบ สีขาวขุ่น กลิ่นหอม ปริมาณน้ำตาล 21.2 องศาบริกซ์

4. พันธุ์เบี้ยวเขียว ออกดอกและติดผลยากกว่าพันธุ์สีชมพู เก็บผลผลิตได้ในเดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน ลักษณะผลแบนและเบี้ยว สีน้ำตาลอ่อนออกเขียวเล็กน้อย มีบ่าผลไม่เท่ากัน เนื้อกรอบ สีขาวค่อนข้างใส รสหวานจัด กลิ่นหอม นิยมบริโภคสดผล ทรงกลมแป้นและเบี้ยวมาก ขนาดเล็กจนถึงใหญ่มาก ผลกว้าง 28.4 (22.5 - 33.5) มิลลิเมตร ยาว 25.9 (20.3 - 30.8) มิลลิเมตร เปลือกหนาค่อนข้างเหนียว ผิวสีเขียวอมน้ำตาล เนื้อสีขาวครีมและเหลืองอ่อน แห้งกรอบ ล่อนง่าย กลิ่นหอม ปริมาณน้ำตาล 23.5 องศาบริกซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.3 ลำไยอบแห้ง

ลำไย จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สร้างรายได้จากการส่งออกให้กับประเทศไทยในอันดับต้นๆ นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือของประเทศ ลำไยนอกจากจะรับประทานผลสดแล้วยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อีกหลายชนิด เช่น ลำไยทั้งเปลือกอบแห้ง เนื้อลำไยอบแห้ง ลำไยดอง ลำไยกวนปรุงรส ลำไยแช่อิ่ม น้ำลำไยผง น้ำลำไยสดหวานเข้มข้น น้ำลำไยแห้งหวานเข้มข้น ลำไยกวน ลำไยกระป๋องหรือบรรจุขวดในน้ำเชื่อม และลำไยแช่แข็ง เป็นต้น นอกจากนี้ลำไยผลสด และเนื้อลำไยอบแห้ง สามารถนำมาประกอบเป็นอาหารคาว หวานชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น ข้าวต้มลำไย ข้าวเหนียวเปียกลำไย บัวลอยผลไม้ คุกกี้ลำไย เค้กลำไย ขนมปังลำไย พายลำไย เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548)

ลำไยอบแห้ง เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีการผลิตมากที่สุดเนื่องจากมีตลาดต่างประเทศรองรับ ลำไยอบแห้งมี 2 ชนิด คือลำไยอบแห้งทั้งเปลือกและลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ จากผลลำไยสดเมื่อนำมาแกะเอาเนื้อจะได้เนื้อลำไยสดประมาณครึ่งหนึ่ง เมื่อนำไปตากแห้งจะได้เนื้อลำไยประมาณ ¼ ของเนื้อลำไยสด เนื้อลำไยสดมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ กลูโคส ฟรุตโตสและซูโครส กรดอะมิโนอีกประมาณ 9 ชนิด เนื้อลำไยอบแห้งยังมีเกลือแร่ที่มีประโยชน์ที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยอยู่ด้วยเช่น ทองแดง แมงกานีส เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) (บริษัท ลำไยจำกัด, 2545) เนื้อลำไยสดมีสรรพคุณเป็นยาบำรุงระบบประสาท ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และใช้บำรุงร่างกายของสตรีภายหลังจากการคลอดบุตร ส่วนเนื้อลำไยอบแห้งนั้นจะมีสรรพคุณในการบำรุงหัวใจ ระบบประสาท และช่วยในการย่อยอาหาร หากนำเอาเนื้อลำไยอบแห้งมาต้มกับน้ำตาลก็จะช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงไต ลดความเครียด แก้อาการกระสับกระส่าย (กระยาทิพย์, 2537) ลำไยมีคุณสมบัติในทางแก้ความเหนื่อยอ่อนเพลีย ช่วยให้หลับสบายและเจริญอาหาร ในประเทศจีนก็ใช้ผลไม้นี้เป็น General Tonic มานานแล้ว เมื่อนำลำไยมาหมักเป็นไวน์ผลไม้ จะได้เครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่มีแอลกอฮอล์ใช้ดื่มเพื่อผ่อนคลายความเครียดและเพื่อสุขภาพ เพราะไวน์มีแอลกอฮอล์เป็นตัวพาสารอาหารที่มีคุณค่าต่างๆ ในร่างกาย นอกจากนี้ยังช่วยต้านทานเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด และช่วยลดโคเลสเตอรอลในเส้นเลือดหรือช่วยป้องกันเลือดภายในหลอดเลือดจับตัวกันเป็นลิ่ม (เพิ่มพงษ์ และคณะ, 2542)

อุษณีย์ (2548) ทำการวิจัย พบว่าสารสกัดจากลำไยอบแห้งจะทำปฏิกิริยาลดอนุมูลอิสระในเม็ดเลือดขาว มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ในร่างกาย ถ้ามีการนำไปใช้ควบคู่ไปกับการใช้ยาต้านมะเร็ง ก็จะมีประโยชน์ในการรักษาร่วมกับการรักษามะเร็งด้วยเคมีบำบัดซึ่งจะช่วยลดขนาดการใช้ยาและลดผลข้างเคียงได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของลำไยสดและลำไยแห้ง

ส่วนประกอบของลำไย	เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยแห้ง
ความชื้น (%)	81.10	17.80
ไขมัน (%)	0.11	0.40
เส้นใย (%)	0.28	1.60
โปรตีน (%)	0.97	4.60
เถ้า (%)	0.56	2.86
ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม)	72.79	311.80
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	5.70	27.70
เหล็ก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	35.30	159.50
วิตามิน ซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	69.20	137.80
โซเดียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	-	4.50
โปแตสเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	-	2,012.0
ไนอาซีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	-	3.03
กรดแพนโทธินิก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	-	0.57
วิตามิน บี 2 (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	-	0.375

ที่มา : บริษัท ลำไยจำกัด (2545)

2.2 ข้าว

ข้าวเป็นเมล็ดพืชชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลหญ้า เพราะต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่างคล้ายต้นหญ้า เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และราก ข้าวอยู่ในวงศ์ (family) graminae ตระกูล (genus) Oryza ข้าวที่ปลูกเพื่อการบริโภคเป็นอาหารมีอยู่ 2 ชนิด (species) คือ *Oryza sativa* ซึ่งมีปลูกทั่วไปในทุกประเทศ และ *Oryza glaberrima* ซึ่งปลูกเฉพาะในทวีปอาฟริกา (อรอนงค์, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวพวก *Oryza sativa* สามารถแบ่งได้ตามแหล่งที่ปลูก คือ (ล้านนาคดี, 2548)

1. Indica type เป็นข้าวที่ขึ้นอยู่ตามแถบร้อน เช่น ประเทศไทย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย อินเดีย และจีน ลักษณะเมล็ดข้าวมักจะยาวเรียว มีขนาดกว้างประมาณ 2.8 มิลลิเมตร ยาว 9 - 11 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ให้ผลผลิตที่ค่อนข้างต่ำ มีการตอบสนองต่อปุ๋ยน้อย แต่สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ง่าย

2. Japonica type เป็นข้าวที่ขึ้นในแถบอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี บางส่วนของไต้หวัน จีนและทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกา มีลักษณะของเมล็ดสั้นป้อมมีขนาดกว้างประมาณ 3.5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 7 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 2.5 มิลลิเมตร ให้ผลผลิตสูง มีการตอบสนองต่อปุ๋ยดีมาก ปลูกมากในเขตอบอุ่น เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น จีน และสหรัฐอเมริกา

3. Javanica type เป็นข้าวที่ปลูกเฉพาะในอินโดนีเซีย มีลักษณะเมล็ดระหว่าง Indica type และ Japonica type

ทวีปเอเชียเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวมากที่สุดเนื่องจากประชากรในทวีปเอเชียบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก สำหรับในปัจจุบันข้าวยังเป็นพืชที่ปลูกกันอยู่ทุกภาคของประเทศไทย ทั้งที่เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียวในพื้นที่ประมาณ 60 ล้านไร่ ประมาณ 60 - 70 % ของผลผลิตข้าวใช้ในการบริโภคภายในประเทศ สินค้าข้าวนอกจากจะขายเป็นรูปข้าวเปลือกและข้าวสารแล้ว ยังมีการค้นคว้าวิจัยการแปรรูปเพื่อให้เป็นสินค้าที่เพิ่มมูลค่าอีกเป็นจำนวนมาก และผลิตภัณฑ์แปรรูปนั้นมาจากการค้นคว้าวิจัยให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ส่วนหนึ่ง เช่น น้ำมันรำข้าว ชาใบข้าว ข้าวกึ่งสำเร็จรูป อีกส่วนหนึ่งมาจากภูมิปัญญาชาวบ้านหรือจากที่มีอยู่ในตลาดท้องถิ่นนานมาแล้วมาใช้เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ให้ตลาดสินค้ากว้างขึ้นสามารถส่งออกต่างประเทศได้ เช่น ข้าวหมาก ข้าวยาคู สาโท ข้าวเม่า ขนมจีน

2.2.1 ส่วนประกอบของข้าว

เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่าแกลบ และส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง

2.2.1.1 แกลบ (hull) เป็นเปลือกของเมล็ดข้าว ส่วนของแกลบมีประมาณ 18-24 % โดยน้ำหนักข้าวเปลือก แกลบมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ การใช้ประโยชน์จากแกลบจึงนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นส่วนผสมที่เพิ่มความพรุน และอินทรีย์สารให้กับดินที่ใช้ปลูกต้นไม้

2.2.1.2 ข้าวกล้อง (dehulled rice) เป็นส่วนที่ใช้บริโภคเป็นอาหาร มีประมาณ 72 – 82 % โดยน้ำหนักข้าวเปลือก ข้าวกล้องมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อผ่าตามยาวจะพบส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญคือเยื่อหุ้มผล (pericarp) ซึ่งสารสีอยู่ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่าง ๆ เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) ซึ่งมีสารสีอยู่ทำให้เมล็ดข้าวกล้องมีสีแตกต่างกันเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล คัพภะ (embryo) ภายในประกอบด้วยต้นอ่อนที่จะเจริญเติบโตต่อไปเป็นต้นข้าว เยื่อแอลูโรน (aleurone) เซลล์ของเยื่อแอลูโรนนี้มีสารอาหารหลายตัว เช่น โปรตีน ไขมัน เอนโดสเปริ์ม (endosperm) คือส่วนที่เป็นข้าวสาร มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก คือ 84-93 % โดยน้ำหนักแห้ง (อรอนงค์, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบส่วนใหญ่ในเมล็ดข้าวคือแป้ง แป้งมีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ มีค่า n ไม่น้อยกว่า 1,000 โมเลกุลของแป้งประกอบด้วย α-D-glucopyranose ซึ่งต่อกันเป็นลูกโซ่ด้วย 1,4 glycosidic linkage โดยการสร้าง oxygen bridge ขึ้นมาระหว่างอะตอมของคาร์บอนตัวที่หนึ่งกับคาร์บอนตัวที่สี่ของกลูโคสโมเลกุลถัดไป แป้งส่วนใหญ่เป็นสาร heterogenous มีองค์ประกอบอย่างน้อยสองอย่างคือ อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) (Adam, 1953) อะมิโลสเป็นโมเลกุลของแป้งที่เกิดจากโมเลกุลของกลูโคสประมาณ 1,100 – 4,400 โมเลกุลต่อกันเป็นลูกโซ่โดยไม่มีการแตกแขนงออกไป ส่วนอะมิโลเพคตินแตกต่างจากอะมิโลสตรงที่มีการแตกแขนงออกไปเป็น side chain อีกหลายแขนงที่ 1,6 or 1,3 linkage โมเลกุลของอะมิโลเพคตินใหญ่กว่าอะมิโลสมากโดยอาจมี degree of polymerize สูงถึงหนึ่งล้าน นอกจากนี้ยังมีข้อแตกต่างอื่นๆ อีกคือเมื่อแป้งรวมตัวกับสารละลายไอโอดีนเกิดเป็น starch iodide complex โดยอะมิโลสให้สารประกอบที่มีสีน้ำเงินแต่อะมิโลเพคตินให้สารประกอบที่มีสีม่วงน้ำตาล (Reed, 1966) ข้าวเจ้ามีปริมาณอะมิโลสประมาณ 16 – 17 % แต่ข้าวเหนียวมีปริมาณอะมิโลสน้อยกว่าคือประมาณ 0 – 7 % (Juliano, 1967)

2.2.2 ประเภทของข้าว

จำแนกตามลักษณะการบริโภค และชนิดของแป้ง (อรรควุฒิ, 2526)

1. ข้าวเหนียว (glutinous rice or waxy rice) มีองค์ประกอบของอะมิโลเพคติน (amylopectin) 95 % มีอะมิโลส (amylose) อยู่น้อยมากถึงไม่มีเลย เมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวขุ่น เมื่อนึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่จับตัวติดกันเหนียวแน่น และมีลักษณะใส ประชาชนส่วนใหญ่ของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริโภคข้าวเหนียวเป็นอาหารหลัก

2. ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) มีปริมาณอะมิโลสอยู่ประมาณ 7 – 33 % ที่เหลือเป็นอะมิโลเพคตินเมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวใสเมื่อหุงหรือนึ่งสุกแล้ว ข้าวสุกมีสีขาวขุ่นและร่วนกว่าข้าวเหนียว ข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์เมื่อหุงสุกแล้ว มีความนุ่มเหนียวแตกต่างกัน ประชาชนส่วนใหญ่ในภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทยนิยมบริโภคข้าวเจ้า

อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกันคือ ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำ และขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วน มีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ส่วนข้าวเหนียวหรือข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จะดูดน้ำและขยายตัวได้น้อยกว่าข้าวเจ้าหรือข้าวที่มีอะมิโลสสูง ข้าวสุกจะเหนียวนุ่มกว่า (ประสูติ, 2526)

ข้าวสามารถจำแนกตามลักษณะการเจริญเติบโตที่เกี่ยวกับแสงแดด หรือความไวต่อช่วงแสง แบ่งได้เป็น (อรรควุฒิ, 2526)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ข้าวไวแสง (photoperiod sensitive rice) ข้าวแต่ละพันธุ์ที่อยู่ในประเภทนี้มีกำหนดออกดอกที่แน่นอนหรือถ้าคลาดเคลื่อนก็เพียงเล็กน้อยแม้จะปลูกเวลาต่างกัน มักจะออกดอกในเวลาที่กลางวันสั้นกว่ากลางคืน จะปลูกในฤดูฝนเพื่อให้ออกดอกต้นฤดูหนาวหรือระหว่างฤดูหนาว ซึ่งช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง ข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยเกือบทุกพันธุ์จัดอยู่ในประเภทนี้

2. ข้าวไม่ไวแสง (photoperiod insensitive rice) ออกดอกตามอายุจึงปลูกได้ตลอดปี ถ้ามีน้ำเพียงพอแต่จะให้ผลผลิตดีกว่าเมื่อปลูกในฤดูร้อนเพราะมีแสงแดดมากกว่าฤดูอื่น มีอายุตั้งแต่ 110 - 150 วัน ส่วนมากเป็นพันธุ์ข้าวไทยผสมกับข้าวจากต่างประเทศ

2.2.3 พันธุ์ข้าวเหนียวบางสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในภาคเหนือตอนบน

พันธุ์ข้าวเหนียวที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือตอนบน ได้แก่ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 กข 6 และ กข 10 มีลักษณะทั่วไปดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548; สถาบันวิจัยข้าว, 2548; ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชที่ 7 เชียงใหม่, 2548)

1. ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 มีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า San-pha-tawng 1 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวสายพันธุ์ BKNLR 75001-B3-CNT-B4-RST-36-2 เป็นสายพันธุ์แม่ กับ กข 2 เป็นสายพันธุ์พ่อ ที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตองเมื่อ พ.ศ.2527 แล้วทำการปลูกคัดเลือกพันธุ์แบบสืบตระกูลจนได้สายพันธุ์ SPTLR84051-32-2-2-4 คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 19 มกราคม 2543 และให้ชื่อว่า สันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวไม่ไวแสง สามารถปลูกได้ตลอดปี ช่วงอายุออกดอกโดยประมาณ 26 พ.ย. วงจรชีวิตประมาณ 130 – 135 วัน ระยะเมล็ดฟักตัวประมาณ 8 สัปดาห์ ลำต้นสูง เปลือกสีน้ำตาล เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.1 มิลลิเมตร รูปร่างเรียว ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลปานกลาง ให้ผลผลิตสูง ข้าวเหนียวสุก อ่อนนุ่มกว่า ข้าวกข 10 เล็กน้อย

2. ข้าวพันธุ์ กข 6 มีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า RD 6 (Rice Department 6) เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวหอม ไวต่อช่วงแสง เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้รังสีแกมมาที่ 20 กิโลแรด ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2508 จากนั้นคัดเลือกได้ข้าวสายพันธุ์ดี ทั้งสายพันธุ์ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ผลปรากฏว่า สายพันธุ์ KDML 105’65-G3U-68-254 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียว นุ่ม มีกลิ่นหอม ทนแล้ง และมีคุณภาพการหุงต้มรับประทานดี ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดและให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวสายพันธุ์เหนียวสันป่าตอง ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียวที่เกษตรกรนิยมปลูกกันแพร่หลายในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมวิชาการเกษตรจึงพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ข้าวพันธุ์ กข 10 มีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า RD 10 (Rice Department 10) เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากข้าวเจ้าสายพันธุ์ กข 1 โดยใช้กัมมันตรังสีฟาสท์นิวตรอนที่ 1 กิโลแรด ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งประเทศไทย ใน พ.ศ. 2512 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวเหนียวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพการหุงต้มรับประทานดี ทำการปลูกและคัดเลือกพันธุ์จากข้าวพันธุ์ กข 1 ที่ได้รับการฉายรังสีแล้วที่สถานีทดลองข้าวบางเขน โดยมีพันธุ์ข้าวเหนียว กข 2 และ กข 4 เป็นพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่าสายพันธุ์ RD 1’69-NF1U-G6-6 ซึ่งมีเมล็ดเรียวยาว ให้ผลผลิตเฉลี่ยในฤดูนาปีและฤดูนาปรังสูงกว่า กข 2 และ กข 4 มีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานอ่อนนุ่มใกล้เคียงกับข้าวเหนียวสันป่าตอง ได้พิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2524

ข้าวเหนียวทั้ง 3 สายพันธุ์ มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน ซึ่งสุภมาส (2544) ได้ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเหนียวสายพันธุ์สันป่าตอง 1 กข 6 และ กข 10 (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 กข 6 และ กข 10

คุณภาพที่ตรวจสอบ	สายพันธุ์ข้าว		
	สันป่าตอง 1	กข 6	กข 10
คุณภาพทางกายภาพ			
ความยาวของเมล็ด (มิลลิเมตร)	5.12 ± 1.78	5.98 ± 0.97	5.12 ± 1.77
เส้นผ่า ศก. (มิลลิเมตร)	1.81 ± 0.24	1.55 ± 0.10	1.65 ± 0.20
น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด (กรัม)	16.21 ± 0.20	16.37 ± 0.15	12.01 ± 0.03
ความชื้น (%)	13.48 ± 0.13	13.41 ± 0.45	14.28 ± 0.52
ความชื้นหลังแช่น้ำ 12 ชม. (%)	49.72 ± 0.23	47.89 ± 0.57	37.53 ± 0.41
ความชื้นหลังจากนึ่ง (%)	42.52 ± 1.03	42.59 ± 2.92	41.66 ± 2.55
คุณภาพทางเคมี			
โปรตีน (%)	6.29 ± 0.16	8.39 ± 0.03	8.48 ± 0.09
ไขมัน (%)	0.59 ± 0.05	0.65 ± 0.06	0.57 ± 0.00
คาร์โบไฮเดรต (%)	92.76 ± 0.20	90.66 ± 0.09	90.62 ± 0.10
เถ้า (%)	0.35 ± 0.01	0.30 ± 0.00	0.33 ± 0.01

ที่มา : สุภมาส (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.4 เครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าว

ข้าวนอกจากจะใช้เป็นอาหารหลักบริโภคประจำวันแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ต้องการ เช่น ของหวาน แป้งข้าว เส้นก๋วยเตี๋ยว ผลิตภัณฑ์หมักจากข้าว โดยเฉพาะเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ซึ่งประเทศแถบตะวันตกมักมีการใช้ข้าว เพื่อเป็นส่วนผสมเสริมใช้ในการผลิตเบียร์และวิสกี้ ส่วนประเทศทางเอเชียมักนิยมใช้ข้าวในการผลิตไวน์ข้าว ซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วโลก ได้แก่ สาเกของญี่ปุ่น Tapuy ของฟิลิปปินส์ Brem ของอินโดนีเซีย ba-si-de ของเวียดนาม (สุนันทา, 2538) Murcha beer หรือ sonti ของอินเดีย Makkari ของเกาหลี Chao-Ching Chu, Biityn, Tubityn ของจีน ในประเทศไทยมีการผลิตไวน์ข้าวที่เรียกแตกต่างกันออกไป ได้แก่ น้ำขาว ข้าวแช่ สาโท อุ หรือช้าง (ลูกจันทร์, 2534)

ไวน์ข้าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Alcoholic beverage เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะใส ได้แก่ สาเกในญี่ปุ่น Shaoshinchu ในจีน เป็นต้น

2. Miscellaneous alcoholic drinks เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อื่น ๆ ได้แก่ ไวน์ข้าวที่ผลิตในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น tapuy ในฟิลิปปินส์ brem ในบาหลีประเทศอินโดนีเซีย ba-si-de ในเวียดนาม tapay ในมาเลเซีย และสาโทในประเทศไทย รวมทั้ง amazake ซึ่งเป็นไวน์ข้าวในญี่ปุ่นมักทำกันในครอบครัวจะมีลักษณะขุ่นไม่ใส ความขุ่นเนื่องมาจากจุลินทรีย์และของแข็งที่เหลือตกค้างอยู่

การผลิตไวน์ข้าวในประเทศทางตะวันออก ซึ่งมีการปลูกข้าวและบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักเชื่อกันว่าเป็นวิชาที่สืบต่อเนื่องกันมาจากประเทศจีนตั้งแต่สมัยโบราณ (Inui *et al*, 1965) ในประเทศไทยนิยมใช้ข้าวเหนียวหรือข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบ ไม่นิยมใช้ข้าวเจ้าเนื่องจากข้าวเหนียวให้กลิ่นรสที่ดีกว่า และจุลินทรีย์ในลูกแป้งย่อยแป้งข้าวเหนียวได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า (เฉลิม, 2493) ข้าวเหนียวจัดอยู่ในพวก Indica type แต่ข้าวที่ใช้ผลิตสาเกของญี่ปุ่นเป็นข้าวกึ่งข้าวเจ้าข้าวเหนียวจัดอยู่ใน Japonica type ข้าวทั้ง 2 ชนิดนี้มีลักษณะต่างกันตรงขนาด รูปร่างของเมล็ดองค์ประกอบต่างๆ ในเมล็ดข้าว ตลอดจนฤดูกาล และดินฟ้าอากาศ ที่เหมาะสมในการเพาะปลูก (Tanaka *et al*, 1964)

สาโทและสาเกจัดเป็นไวน์ข้าว โดยสาโทหมักจากข้าวเหนียวนึ่งด้วยลูกแป้งเชื้อ จัดว่าเป็นสุราแช่ตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 สาโทไม่มีการกลั่น มีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 % โดยปริมาตร การหมักหรือการทำยังใช้วิธีการดั้งเดิม สาเกเป็นเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ดั้งเดิมของญี่ปุ่น ซึ่งใช้โคจิซึ่งเป็นข้าวนึ่งปกคลุมด้วยเส้นใยของเชื้อราแทนลูกแป้ง ได้มีการค้นคว้าและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พัฒนาวิธีการผลิตติดต่อกันเป็นเวลานานจนปัจจุบันคุณภาพของสาเกได้มาตรฐาน ขั้นตอนในการหมักสาเกของญี่ปุ่นมีลักษณะคล้ายสาโทหรือไวน์ข้าวของไทย

การหมักสาโท อาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่มีบทบาทในการเปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาล โดยจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์อะมัยเลส และการหมักจะใช้น้ำตาลที่เกิดขึ้นให้เป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์พวก *Saccharomyces* กิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มนี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาการหมักประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ จากนั้นกรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำขาวๆ มาดื่ม เนื่องจากไม่มีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จึงทำให้เก็บน้ำขาวได้ไม่นาน การเพิ่มความหวานหรือเร่งการหมัก และให้การหมักดำเนินไปเรื่อยๆไม่ให้แอลกอฮอล์เปลี่ยนไปเป็นกรดน้ำส้ม ทำได้โดยการเติมน้ำเชื่อมหรือน้ำตาลลงไปวิธีการนี้เรียกว่าการถ่วงด้วยน้ำตาล สำหรับวิธีการผลิตสาโทสรุปโดยแสดงดังรูปที่ 2.1 (ประดิษฐ์, 2545) ในการพัฒนาสาโทหากต้องการสาโทที่มีลักษณะใสเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ระดับเดียวกับ ไวน์ เบียร์ สาเก ต้องนำสาโทมากรองให้ใส ทั้งนี้เนื่องจากแม้จะมีการตกตะกอนของสาโทแล้วแต่อาจมีตะกอนของแป้ง โปรตีน เซลล์ยีสต์ และละอองสารแขวนลอยหลงเหลืออยู่ (มณชัย, 2546)

ชรินทร์ (2546) ได้อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการหมัก ดังนี้

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

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

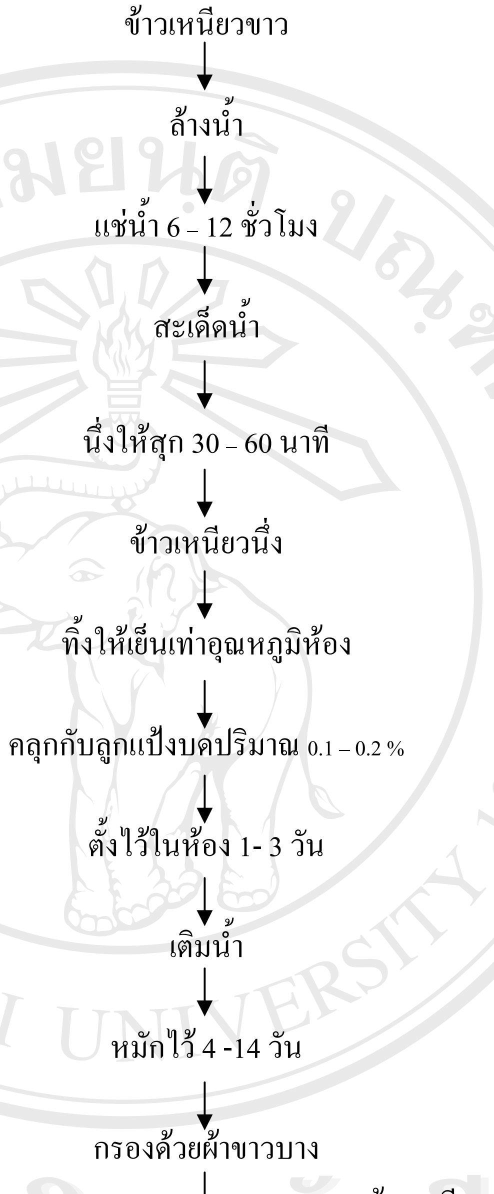
3. ความเข้มข้นของน้ำตาลเมื่อสูงกว่า 25 % ทำให้อัตราการหมักเกิดขึ้นช้าลงหรือไม่เกิดขึ้น

4. ปริมาณเชื้อเริ่มต้น ประมาณ 5 - 10 %

5. ปริมาณแร่ธาตุและสารอาหารอื่นๆ เช่น ไนโตรเจน ยีสต์มี N เป็นส่วนประกอบประมาณ 10 % (w/w) โดยทั่วไปสามารถใช้แอมโมเนียมอิออนเป็นแหล่ง N-source ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การทำสาโทของไทยยังเป็นวิธีพื้นเมืองเพราะอาศัยเชื้อที่อยู่ในลูกแป้ง คุณภาพจึงไม่คงที่แตกต่างจากสาเกที่ใช้เชื้อราและยีสต์ที่บริสุทธิ์ (ลูกจันทร์, 2534) ปัญหาที่พบอยู่เสมอในการหมักไวน์ข้าวคือ คุณภาพของผลผลิตที่ได้ไม่แน่นอน เช่น มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงไปหรือต่ำไป หรืออาจมีกลิ่นรสไม่ชวนดื่ม สาเหตุสำคัญเกิดจากจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่ไม่จำเป็นต่อการหมักทำให้คุณภาพไวน์เสื่อมลง การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงและจำเป็นต่อการหมักจริงๆ มาใช้ในการหมักแทนลูกแป้งจะช่วยขจัดหรือลดปัญหาดังกล่าวได้ (มณชัย, 2546)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตสาโท

ที่มา : (ประดิษฐ์, 2545)

ปัจจุบันมีโครงการวิจัยในประเทศไทยที่กำลังอยู่ระหว่างทำการวิจัย และพัฒนาเครื่องดื่มจากข้าว ดังนี้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549)

1. การจัดจำแนกและรวบรวมจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าว

เป็นการจำแนกและเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าวและคอยควบคุมคุณภาพมาตรฐานของการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากข้าวให้ได้คุณภาพสม่ำเสมอทุกครั้งที่ผลิต เช่น สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งเป็นน้ำตาล และเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ และจัดทำเป็นฐานข้อมูลเชื้อจุลินทรีย์

2. การศึกษาศักยภาพของการตลาดผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

เป็นการศึกษาภาวการณ์ผลิตและการตลาดของเครื่องดื่มจากข้าว รวมทั้งความเป็นไปได้ด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่มีแอลกอฮอล์ และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่มีแอลกอฮอล์ และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ตลอดจนทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวเพื่อนำไปใช้ประกอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวเพื่อนำไปใช้ประกอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวตามความต้องการของตลาด

3. การพัฒนามาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่มีแอลกอฮอล์

เป็นการพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวที่มีแอลกอฮอล์ในระดับห้องปฏิบัติการและกลุ่มเกษตรกร ให้สามารถผลิตเครื่องดื่มจากข้าวที่มีแอลกอฮอล์ ให้มีคุณภาพที่ได้มาตรฐาน มีความสม่ำเสมอ ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีอายุการเก็บรักษาที่นาน พร้อมถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับผู้ผลิตระดับธุรกิจชุมชนและบุคคลทั่วไป

4. การพัฒนามาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์

เป็นการวิจัยและพัฒนาเครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ประเภทเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในระดับห้องปฏิบัติการ และพัฒนาเทคโนโลยีกระบวนการผลิตไปสู่ระดับโรงงานนำทาง หรือระดับชุมชนให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมาตรฐาน มีความสม่ำเสมอ ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน

5. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเครื่องดื่มจากข้าว

เป็นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และวิธีการบรรจุสำหรับการขนส่ง และการจำหน่ายปลีกสำหรับเครื่องดื่มจากข้าวทั้งที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ สามารถคุ้มครองสินค้าไม่ให้เสียหาย และมีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับระยะและการจัดจำหน่ายรวมทั้งการออกแบบฉลากและกราฟิกให้มีรูปลักษณ์สะดุดตา และเป็นไปตามกฎระเบียบข้อบังคับของตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แม้ว่าข้าวไม่มีลักษณะที่ทำให้เกิดกลิ่นในไวน์ได้มากเท่ากับองุ่น แต่เนื่องด้วยคุณสมบัติง่ายต่อการจัดการ เช่น การสี และการนึ่ง ให้ผลผลิตของน้ำตาลได้มากจากกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (saccharification) ความสามารถในการทำให้ราจากโคจิเจริญได้ดี เป็นคุณสมบัติสำคัญของข้าวในการผลิตสาเก ซึ่งทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดข้าวที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การเจริญเติบโตของยีสต์ การหมักและการเกิดองค์ประกอบของกลิ่นในส่า (mash) พบว่าโครงสร้างของเมล็ดข้าวส่วนที่เรียกว่า white core ควรจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเร็วและนึ่งได้ดีเพื่อให้เส้นใยของ *A. oryzae* เจริญได้ง่ายบนส่วนของ white core ได้ดีเท่ากับเจริญที่บนผิวหน้าของเมล็ดข้าว (Juliano, 1985)

ในประเทศไทยยังไม่มีการค้นคว้าคัดเลือกพันธุ์ข้าวสำหรับทำไวน์ข้าว แต่ในประเทศญี่ปุ่นมีพันธุ์ข้าวที่คัดเลือกไว้สำหรับทำสาเกโดยเฉพาะ Kodama (1970) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมของข้าวสำหรับผลิตเหล้าสาเก ดังต่อไปนี้

1. ข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบควรมีค่า unavailable polishing ratio น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ "unavailable polishing ratio" หมายถึงความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ดภายหลังและก่อนการสีข้าว ค่านี้จะแตกต่างกันประมาณ 0.5 – 7.0 % ตามคุณภาพของข้าว polishing ratio เทคนิคในการสีข้าว ฯลฯ ค่า unavailable polishing ratio ที่น้อยกว่าแสดงว่ามี polishing efficiency ดีกว่า

Polishing ratio หมายถึงอัตราส่วนโดยน้ำหนักคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างน้ำหนักของข้าวที่ขัดสีแล้วกับน้ำหนักของข้าวเริ่มต้น ดังนั้นถ้าค่า Polishing ratio ต่ำมากแสดงว่าส่วนที่เป็นรำข้าวหรือส่วนรอบนอกของเมล็ดข้าวก็จะถูกขัดสีออกไปมาก (Kodama, 1970) การขัดสีมีวัตถุประสงค์หลักคือ กำจัดโปรตีน ไขมัน และเกลือแร่ ที่อยู่บริเวณผิวของเมล็ดข้าวที่มีผลทำให้การหมักสาเกได้ผลผลิตไม่เป็นที่ต้องการ (Luh, 1980) การสีข้าวให้มี Polishing ratio ต่างกันจะมีผลทำให้ข้าวมีปริมาณ น้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้า และสตาร์ชแตกต่างกัน ข้าวที่เหมาะสมต่อการผลิตสาเกจะมี polishing ratio 70 – 75 % ซึ่งพอเพียงต่อการทำความสะอาดเมล็ดข้าวที่จะกำจัดรำออกจากเมล็ดข้าวเพราะรำข้าวมีโปรตีน ไขมัน และเถ้าในปริมาณมาก ซึ่งจะมีผลต่อสีและกลิ่นของสาเกและยังทำให้เกิดฟูเซลออยล์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนวิตามินที่มีปริมาณมากในรำสามารถทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการหมักเจริญเติบโตได้ดี

2. เมื่อนึ่งให้สุกแล้วข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบควรจะมีเมล็ดนุ่ม ง่ายต่อการแทงเส้นใยของเชื้อราเข้าไปในเมล็ดข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. มีอัตราการดูดซึมน้ำได้มากและเร็วเมื่อนำไปแช่น้ำ ซึ่งข้าวที่มีคุณสมบัติแบบนี้เมื่อนำข้าวไปนึ่งแล้วจะทำให้เมล็ดข้าวมีความอ่อนนุ่มยืดหยุ่นได้ดี จึงง่ายต่อการทำงานของเอนไซม์ในโคจิ เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อราที่แทงเส้นใยลงไปในข้าว (Rose, 1977)

Kodama และ Yoshizawa (1977) ทำการศึกษาข้าวที่เหมาะสมกับการผลิตสาเก พบว่ามีความชื้นประมาณ 11.0 – 13.0 % มีความสามารถในการดูดซึมน้ำ 25 – 30 % ของน้ำหนัก หลังจากผ่านขั้นตอนการล้างและแช่น้ำแล้ว

มนตรี (2521) ศึกษา พบว่าข้าวที่ใช้ในการทำไวน์ข้าวของไทย เป็นข้าวสารที่ผ่านการขัดสีเพื่อใช้บริโภคโดยเฉพาะจึงมีสารจำพวก โปรตีน ไขมัน วิตามิน ฯลฯ ในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาผลิตไวน์ข้าว

สุภมาส (2544) ได้ศึกษาน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ความชื้น น้ำหนักหลังแช่น้ำ และน้ำหนักหลังจากนึ่งข้าว ของข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง กข 6 และ กข 10 พบว่าข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ มีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นที่เหมาะสำหรับทำสาเกอย่างเห็นได้ชัด ส่วนความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงข้าวที่ใช้นำมาทำสาเกคุณภาพดี ข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากกว่าข้าวเมล็ดสั้นของญี่ปุ่นที่นิยมใช้ในการผลิตสาเก สำหรับการศึกษาน้ำหนักหลังจากนึ่งข้าว พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณการดูดซึมน้ำมากกว่าและมีสภาพหลังการนึ่งเหนียวและนุ่มกว่าข้าวเมล็ดสั้นของญี่ปุ่น

2.3 ลูกแป้ง

หัวเชื้อที่ใช้ทำไวน์ข้าวเรียกว่าลูกแป้งหรือแป้งเชื้อสุรา มีลักษณะเป็นก้อนแป้งแห้งรูปครึ่งวงกลม ภายในโปร่งเบามีสีขาวทำจากข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว และเครื่องเทศต่าง ๆ สิ่งที่สำคัญของลูกแป้งคือ เป็นแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆที่ใช้หมักกับวัตถุหรือของเหลวที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ แล้วสามารถทำให้เกิดสารแอลกอฮอล์ได้ ลูกแป้งมีใช้อยู่ในประเทศต่าง ๆ เช่น ไทยมีลูกแป้งเหล้า ลูกแป้งข้าวหมาก จีนมีลูกแป้งเรียกว่า “Chiu-yao” “Chiu-ping” ซึ่งชาวตะวันตกรู้จักกันในชื่อของ “Chinese yeast” หรือ “Chinese koji” แล้วนำไปใช้ในประเทศต่าง ๆ ใช้ชื่อต่างกันไป เช่น ในไต้หวัน เรียก “peka” ในมลายาและประเทศอินโดนีเซีย เรียก “Buded” หรือ “Binokbok” และในอินเดียเรียก “Bukhar” (มนตรี, 2521)

การผลิตลูกแป้งมักทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนโดยมีกรรมวิธีที่คล้ายคลึงกัน การผลิตลูกแป้งต้องอาศัยความชำนาญสูตรแน่นอนจึงไม่มี และประกอบกับผู้ที่มีความรู้ทางด้านนี้ในสมัยก่อนมักปิดบังวิชาไม่นิยมถ่ายทอดให้ผู้อื่น อย่างไรก็ตามองค์ประกอบที่สำคัญในการทำลูกแป้งโดยทั่วไปคือ แป้ง เครื่องเทศหรือสมุนไพร น้ำ ลูกแป้งเดิม ซึ่งใช้เป็นแหล่งจุลินทรีย์ รำหยาบหรือแกลบ (บางสูตรอาจไม่ใช้)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสำคัญขององค์ประกอบต่างๆในลูกแป้ง

1. แป้ง ควรใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนๆจะมีคุณภาพดีที่สุด ตามตำรับเดิมผู้ผลิตจะบดแป้งใช้เป็นคราวๆไป ข้าวที่ใช้จะต้องไม่เก่าหรือขึ้นรา ไม่นิยมใช้แป้งสำเร็จทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และหลีกเลี่ยงกรดโพรพิโอนิกที่เป็นสารยับยั้งเชื้อรา ซึ่งมักใส่ลงไปในแป้งสำเร็จ (นภา, 2535)

2. เครื่องเทศหรือสมุนไพร เครื่องเทศแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ เครื่องเทศแห้ง น้ำมันหอมระเหย และ oleoresin ปริมาณองค์ประกอบในเครื่องเทศแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันตามรุ่นของเครื่องเทศที่นำมาใช้ เริ่มตั้งแต่สายพันธุ์ของพืช การเพาะปลูก การบำรุงรักษา ความอ่อนแก่ของส่วนที่นำมาเตรียมเป็นเครื่องเทศ วิธีการเตรียม สภาพแวดล้อมและระยะเวลาในการเตรียม และวิธีการตรวจหาองค์ประกอบต่างๆในเครื่องเทศ (พุทธรินทร์, 2527) เครื่องเทศและสมุนไพร หน้าที่ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการในลูกแป้ง เนื่องจากเครื่องเทศมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ เทอร์ปีน ฟีนอล อัลคาลอยด์ เรซิน กรดอินทรีย์ สารประกอบที่มีกำมะถัน และสารอื่นๆ น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าการฆ่า เนื่องจากมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ได้ (ชัยวัฒน์, 2520) การใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด แต่ไม่มีผลในการเจริญของเชื้อราและยีสต์ สมุนไพรแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้แตกต่างกัน (บัญญัติ, 2518; พิไลพรรณ, 2523) การใช้เครื่องเทศและสมุนไพรต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ จะทำให้ความหลากหลายของจุลินทรีย์ในลูกแป้งต่างกัน ปัจจัยที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องเทศในการทำลายจุลินทรีย์ ขึ้นกับส่วนประกอบของเครื่องเทศที่ใช้ อายุเครื่องเทศ ความเข้มข้นของเครื่องเทศ ชนิดของเชื้อ และสภาวะที่ใช้ในการทดสอบ เช่น อุณหภูมิ ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ และระยะเวลาที่จุลินทรีย์สัมผัสกับเครื่องเทศ (พุทธรินทร์, 2527)

3. น้ำ ปริมาณน้ำมีความสำคัญมากในการควบคุมความชื้นของลูกแป้งถ้ามีความชื้นมากไปทำให้ลูกแป้งเหม็นเปรี้ยวและเสียได้ หรือแห้งเกินไปจะทำให้ลูกแป้งแตกหรือราเจริญในลูกแป้งได้ไม่ดี ถ้าความชื้นในลูกแป้งเหมาะสมจะทำให้เก็บรักษาจุลินทรีย์ในลูกแป้งได้นาน

4. ลูกแป้งเดิมใช้เป็นแหล่งจุลินทรีย์ ต้องไม่เก่าเกินไปจนมอดกินหรือใช้ลูกแป้งที่มีเชื้อราอื่นปนเปื้อนภายนอกจนเห็นได้ชัด (พิไลพรรณ, 2523)

5. รำหยาบหรือแกลบใส่เพื่อให้ลูกแป้งโปร่งเบามีอากาศเข้าได้มาก ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญสามารถเจริญได้ดี (ในบางสูตรไม่ใช้)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลูกแป้งที่ดีควรมีลักษณะดังนี้คือ ลักษณะโปร่ง มีน้ำหนักเบา สีขาวนวล ไม่มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูพรุนซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม ดีดดังเปะ ๆ เมื่อหักดูภายในมีเส้นใยของรามาก บี้ดูร่วนละเอียด เมื่อเวลาบ่มอยู่มีกลิ่นหอมไม่เหม็นเปรี้ยว ที่สำคัญหมักได้ผลดีเมื่อนำไปหมักน้ำส่าหอม ไม่มีกลิ่นเปรี้ยว (กฤษณามรวิสิฐ, 2494; นภา, 2535)

จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งมีหลายชนิด แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น ที่จะมีบทบาทในกระบวนการหมัก บทบาทสำคัญของจุลินทรีย์ในลูกแป้งมี 2 ประเภท คือ

1. เปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาล โดยจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์อะมัยเลส
2. การหมักน้ำตาลที่เกิดขึ้น ให้เป็นเอทานอลกับคาร์บอนไดออกไซด์โดยยีสต์

บทบาทของจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทนี้ จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาของการหมักข้าว โดยเชื้อราที่พบในลูกแป้งเหล้า เช่น *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus sp.* ผลิตเอนไซม์อะมิเลสชนิดอัลฟาอะมิเลสและกลูโคอะมิเลส ดังนั้นจึงมีบทบาทในกระบวนการหมักเพื่อการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล แต่ยีสต์เป็นตัวการสำคัญในการหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ได้แก่ *S. cerevisiae* ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล (นภา, 2535)

ลูกแป้งเป็น “กล้าเชื้อผสม” ที่มีทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย เนื่องจากเครื่องเทศและสมุนไพรมีผลต่อชนิด และปริมาณจุลินทรีย์จึงทำให้จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งมีไม่กี่ชนิด โดยจะพบจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งสุราเป็นส่วนใหญ่ จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้ง จำแนกได้ดังนี้

1. เชื้อรา ที่พบเสมอได้แก่ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus sp.*ปริมาณมากน้อยขึ้นกับชนิดของลูกแป้ง ราที่พบมากในลูกแป้งข้าวหมากคือ *A. rouxi*i อยู่ในพวก Mucorales ทุกสายพันธุ์สร้าง chlamydospore รูปร่างทรงกระบอกสั้นจนถึงกลม เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40 ° ซ.

ในลูกแป้งสุราประกอบด้วยเชื้อรา *Rhizopus sp., Amylomyces rouxii., Mucor sp., Aspergillus sp., Penicillium sp.,* และพบยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae, Endomycopsis fibuligera, Endomycopsis sp.* ในบางท้องถิ่นยังตรวจพบแบคทีเรีย *Lactobacillus sp., Acetobacter sp., Gluconobacter sp., Bacillus sp.* อาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพโดยมีกรดน้ำส้มเกิดขึ้น (นภา, 2535) ในการผลิตสุราจากข้าว มีเชื้อราเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ในการผลิตสาเกใช้ *Aspergillus oryzae* ในขณะที่เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของจีนใช้ *Rhizopus, Mucor, Aspergillus, Penicillium, Absidia* หรือ *Monascus sp.* (Rose, 1975)

2. ยีสต์ ยีสต์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากและข้าวหมาก มีหลายชนิดส่วนใหญ่ ได้แก่ *Endomycopsis* เป็นยีสต์ที่ย่อยแป้งได้ นอกจากนี้ยังพบ *Hansenula* เป็นยีสต์ที่ให้กลิ่นเอสเทอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งเป็นกลิ่นที่ดีแก่ข้าวหมาก ส่วนในลูกแป้งสุราจะพบ *S. cerevisae* ในปริมาณมากกว่า *Endomycopsis sp.* (นภา, 2535) *Saccharomyces* เป็นยีสต์ที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงมีบทบาทหลังจากเป็นข้าวหมากแล้ว เป็นตัวเพิ่มรสชาติให้กับข้าวหมาก

ในอุตสาหกรรมไวน์มีการคัดเลือกพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมัก คือผลิตแอลกอฮอล์และสารให้กลิ่นรสที่ดี มีคุณสมบัติในการตกตะกอนและสามารถฆ่ายีสต์ชนิดอื่นได้ ในลูกแป้งยีสต์ที่พบในปริมาณมากที่สุดคือ *Saccharomycopsis fibuligera* ในระหว่างการหมักสาโท บทบาทที่สำคัญของยีสต์นี้คือ สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งได้ และผลิตแอลกอฮอล์ได้ความเข้มข้นต่ำ ยีสต์นี้จะเจริญเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น แล้วยีสต์นี้จะตายไปแต่จะเกิดยีสต์พวก *S. cerevisae* ทำหน้าที่ในการหมักแทน โดย *S. cerevisae* จะมีความสามารถในการหมักแอลกอฮอล์ได้ดีกว่า และทนปริมาณแอลกอฮอล์ได้สูงกว่ายีสต์จากลูกแป้ง แหล่งที่มาของยีสต์ที่ทำให้เกิดการหมักนี้ยังไม่ทราบแน่นอน อาจมาจากลูกแป้งเช่นกันแต่มีอยู่ในลูกแป้งในปริมาณน้อยจนไม่สามารถตรวจพบได้ และสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ในสภาพที่เหมาะสมของการหมักสาโท (สถาบันวิจัยไวน์และสุราพื้นบ้าน, 2545) ปัจจัยหลายอย่างมีผลต่อนิเวศวิทยา และการเจริญของยีสต์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่างกันไป การพิจารณาผลของปัจจัยต่างๆต่อการหมักนั้น สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญของยีสต์ร่วมกับการวิเคราะห์ทางชีวเคมี ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ความต้องการสารอินทรีย์ (growth factor) โลหะหนัก เกลือ อุณหภูมิ พีเอช ความเข้มข้นของน้ำตาล และความเข้มข้นของเอทานอล เป็นต้น (มณชัย, 2546)

3. แบคทีเรีย ที่พบส่วนใหญ่ได้แก่แบคทีเรียแลคติก *Pediococcus pentosaceus* ในลูกแป้งข้าวหมาก และลูกแป้งเหล้าของไทยบางท้องถิ่นอาจพบ *Lactobacillus sp.* และอาจพบแบคทีเรียกรดน้ำส้ม เช่น *Acetobacter sp.* และ *Gluconobacter* ซึ่งมีมากในส่าน้ำส้ม นอกจากนี้อาจพบ *Bacillus sp.* ในลูกแป้งจากการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เช่น แป้งและสมุนไพร แต่ถ้าส่วนผสมของสมุนไพรเหมาะสมสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์นี้ได้มาก (นภา, 2535)

ลูกแป้งที่ผลิตในเขตภาคเหนือตอนบนมีแหล่งผลิตกระจายอยู่ทั่วไป โดยมีสูตรในการผลิตลูกแป้งแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่เลือกใช้เป็นส่วนประกอบ ซึ่งมักได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ โดยทั่วไปผู้ผลิตลูกแป้งไม่นิยมเปิดเผยสูตรหรือส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งสมบัติ (2545) ได้ทำการศึกษาทดลองผลิตและปรับปรุงสูตรสมุนไพรในการผลิตลูกแป้งเหล้า พบว่า ลูกแป้งที่ผลิตตำรับใหม่มีประสิทธิภาพในการหมักไม่แตกต่างจากลูกแป้งตำรับเดิม และ สุภมาส (2544) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่ผลิตในเขตจังหวัดแพร่และจังหวัดเชียงใหม่ (ตารางที่ 2.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 คุณภาพทางเคมี และจำนวนจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่ผลิตในเขตจังหวัดแพร่ และจังหวัดเชียงใหม่

คุณภาพที่ตรวจสอบ	แหล่งผลิตลูกแป้ง	
	จังหวัดแพร่	จังหวัดเชียงใหม่
คุณภาพทางเคมี		
ความชื้น (%)	12.40 ± 0.03	12.01 ± 0.12
โปรตีน (%)	11.65 ± 0.19	11.52 ± 0.25
ไขมัน (%)	0.26 ± 0.07	0.23 ± 0.09
คาร์โบไฮเดรต (%)	87.03 ± 0.22	87.21 ± 0.19
เถ้า (%)	1.06 ± 0.04	1.04 ± 0.03
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	1.79 ± 0.01	0.49 ± 0.00
ความเป็นกรด – ด่าง	4.30 ± 0.01	5.41 ± 0.01
กรดทั้งหมด (% ในรูปกรดแลกติก)	0.381 ± 0.138	0.379 ± 0.015
จำนวนจุลินทรีย์		
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	$8.45 \times 10^7 \pm 2.44 \times 10^7$	1.35×10^7
ยีสต์และรา	$1.18 \times 10^7 \pm 7.32 \times 10^7$	$7.91 \times 10^7 \pm 5.03 \times 10^6$
แบคทีเรียกลุ่มบาซิลลัส	< ประมาณ 1.25×10^3	< ประมาณ 1.10×10^4
แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก	$1.31 \times 10^6 \pm 3.18 \times 10^5$	$1.07 \times 10^6 \pm 7.27 \times 10^4$
แบคทีเรียกลุ่มอะซิโตแบคเตอร์	$2.10 \times 10^6 \pm 2.12 \times 10^5$	$6.31 \times 10^5 \pm 1.98 \times 10^5$

ที่มา : สุภมาส (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ko (1972) ศึกษาพบยีสต์อื่นในลูกแป้งเฉพาะแหล่ง ได้แก่ *E. burtonii* ที่พบมากในลูกแป้ง Ragi ของอินโดนีเซีย

ชัยวัฒน์ (2520) และพิไลพรรณ (2523) รายงานว่าจุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากมีทั้งราและยีสต์ ราส่วนใหญ่อยู่ใน order Mucorales ได้แก่ *Amylomyces sp.*, *Rhizopus sp.*, *Mucor sp.*, *Absidia sp.*, นอกจากนี้ยังพบพวก Imperfect fungi เช่น *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*,และ *Hyalodendion sp.*

มนตรี (2521) ได้ทำการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้งและในระหว่างการหมักไวน์ข้าว พบเชื้อรา *Rhizopus*, *Mucor, Amylomyces.*, *Aspergillus,*และ *Penicillium* พบยีสต์ เช่น *Endomycopsis, Saccharomyces* และตรวจพบแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลกติคและกรดอะซิติก

กฤติกานต์ (2523) ศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์ราที่มีความสามารถในการย่อยแป้ง โดยทำการแยกเชื้อราจากลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า ลูกแป้งน้ำส้มสายชู ข้าวหมาก อุ น้ำแช่ข้าว โคจิ ดิน และแป้งในโรงงานผลิตแป้งต่างๆ ได้ทั้งหมด 854 ไอโซเลท คัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยแป้ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง 10 ไอโซเลท เชื้อที่ดีที่สุด คือ *A. niger* V. Tiegh ผลิตเอนไซม์อะมิเลสได้สูงสุดจากการย่อยแป้ง 3 ชนิด

ดาระณี (2533) ศึกษาการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียว ความเข้มข้น 20 % (w/v) โดยใช้โคจิเอนไซม์จากเชื้อรา *Aspergillus kawashi* และ *Rhizopus sp.* ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisae* SC 90 พบว่าสามารถหมักได้แอลกอฮอล์ 6.38 % และ 5.26 % (w/v) ตามลำดับ

Suprianto *et al.*, (1989) ได้ศึกษา tape ซึ่งเป็นลูกแป้งของอินโดนีเซียที่ใช้ในการเตรียมข้าวหมาก เตรียมได้จากการหมักข้าวเหนียว ผลิตภัณฑ์มีรสหวานอมเปรี้ยวและมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์เล็กน้อย จากการแยกเชื้อ พบว่าราที่พบมากที่สุดคือ *Rhizopus sp.* ส่วนแบคทีเรียที่พบมากที่สุด คือ *Streptococcus sp.*

Teramoto Y. *et al* (1994) ศึกษาผลของขบวนการหุงต้มที่มีต่อลักษณะของสารให้กลิ่นในไวน์ข้าวแดง พบว่ากลิ่นและรสชาติของไวน์ข้าวที่ผลิตจากข้าวแดงที่ไม่หุงและขัดสีดีกว่าไวน์ที่ผลิตจากข้าวที่หุงแล้วและไม่ขัด ศึกษาการหมักเอทานอลจากข้าวแดงหลายชนิดที่ไม่ได้หุงต้มพบว่าแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้คือ 8.8 – 9.3 % และข้าวพันธุ์ *Oryza sativa var. Indica Tanpol* เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะคล้ายไวน์ (wine-like) มากที่สุด

Ha, K. Y. *et al* (1994) ศึกษาลักษณะของคุณภาพเมล็ดข้าวในการหมัก นำพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับทำการผลิตไวน์ข้าว พบว่าข้าวพันธุ์ Seomjinbyeo, Dongjinbyeo และ Iri 402 เป็นที่ชื่นชอบมากของผู้ทดสอบชิม

Tamang and Sarkar (1995) ได้ศึกษา Murcha หรือ jnards ซึ่งเป็นลูกแป้งที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของประเทศอินเดีย จากการตรวจสอบจุลินทรีย์ พบทั้ง รา ยีสต์ และแบคทีเรีย โดยเชื้อราที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ *Rhizopus chinensis* นอกจากนี้ยังพบรา *Mucor circinelloides* และพบยีสต์ *Pichia anomala*

Yanaguichi *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดเม็ดต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวสำหรับทำสาเก โดยการใช้เมล็ดข้าว 2 ส่วน คือ ส่วนกลางของเมล็ดข้าว และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนที่ไม่ใช่ส่วนกลางของเมล็ดข้าว พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพมีความแตกต่างกันในด้านของน้ำหนัก 1,000 กรัม และคุณสมบัติด้าน viscoelasticity สำหรับคุณสมบัติทางเคมีไม่มีความแตกต่างกัน

Lee and Fujio (1999) ได้ศึกษา Banh men ซึ่งเป็นเป็นกล้าเชื้อของเวียดนาม เชื้อราที่ตรวจพบได้แก่ *Rhizopus oryzae, Mucor indicus, M. circinilloides* และ *A. rouxii* นอกจากนี้ยังพบยีสต์อีกหลายชนิด เช่น *Pichia anomala* และ *Hyphopichia burtonii*

Suresh *et al.* (1999) ศึกษาการผลิตเอทานอลจากเม็ดข้าวฟ่าง และเมล็ดข้าวที่แตกหัก โดยกระบวนการหมักร่วมกับการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ *A. niger* (NCIM 1248) และ *S. cerevisae* VSJ 1 พบว่า เอทานอลที่ผลิตจากเมล็ดข้าวที่แตกหัก เท่ากับ 2.0 %

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

สุภมาส (2544) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของพันธุ์ข้าวและลูกแป้ง ในการหมักสุราด้วยกรรมวิธีการหมักแบบพื้นบ้านในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่าข้าวสันป่าตอง 1 และลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ เหมาะสมสำหรับการหมักด้วยกรรมวิธีนี้ เพราะมีการใช้น้ำตาลจากส่ามากที่สุด ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณกรดทั้งหมดเกิดขึ้นในการหมักส่าน้อยที่สุด

สมพร (2544) ได้แยกราจากตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมาก 38 ตัวอย่าง และลูกแป้งเหล้า 19 ตัวอย่าง พบว่ามีราจำนวน 10^4 - 10^5 cfu/g เมื่อทำการแยกราจากตัวอย่างลูกแป้ง ได้ราจากลูกแป้งข้าวหมาก 91 ไอโซเลท และจากลูกแป้งเหล้า 35 ไอโซเลท โดยแบ่งเป็นเชื้อราที่พบในลูกแป้งข้าวหมากซึ่งส่วนใหญ่เป็นราในสกุล *Amylomyces* และ *Rhizopus* ส่วนเชื้อราที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้า พบว่าส่วนใหญ่เป็น *Rhizopus, Amylomyces, Actinomucor, Aspergillus niger group* และ *Mucor Rag* และได้แยกยีสต์จากตัวอย่างตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมาก 38 ตัวอย่าง และตัวอย่างลูกแป้งเหล้า 19 ตัวอย่าง พบว่ามียีสต์จำนวน 10^5 - 10^6 cfu/g เมื่อทำการแยกยีสต์จากลูกแป้ง ได้ยีสต์จากลูกแป้งข้าวหมาก 43 ไอโซเลท และจากลูกแป้งเหล้า 49 ไอโซเลท โดยแบ่งเป็นเชื้อยีสต์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากซึ่งส่วนใหญ่เป็นยีสต์ในสกุล *Saccharomycopsis fibuligera* ส่วนยีสต์ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้า พบว่าส่วนใหญ่เป็น *S. fibuligera*

Varavinit *et al.* (2003) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของแป้งจากข้าวเหนียวสันป่าตอง กข 6 และ กข 10 ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และอะมิเลส ซึ่งมีค่าอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในช่วง 10.89 – 12.20, 7.99 – 11.70, 0.29 – 0.39, 0.31 – 0.40, 76.65 – 79.80 และ 4.47 – 5.28 % ตามลำดับ

ปิ่นมณี และ ศรีสุรางค์ (2547) ศึกษาการหมักสาโทโดยเติมน้ำสกัดจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตะไคร้ น้ำสะระแหน่ และน้ำขมิ้น เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ แอลกอฮอล์ กรดแลคติก และค่าพีเอช ทุก 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เริ่มต้นเท่ากับ 25 % ผลการศึกษาพบว่าทุกทรีทเมนต์ที่มีการเติมน้ำสมุนไพรมีกิจกรรมการหมักเกิดได้ดีว่าทรีทเมนต์ควบคุม โดยมีแอลกอฮอล์เท่ากับ 6.83 8.16 7.65 และ 8.06 % ในทรีทเมนต์ควบคุม ทรีทเมนต์ที่เติมน้ำตะไคร้ น้ำสะระแหน่และน้ำขมิ้น ตามลำดับ จำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้นเมื่อตรวจนับด้วยกล้องจุลทรรศน์เท่ากับ 105 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อสิ้นสุดการหมักมีค่าเท่ากับ 106 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนปริมาณกรดแลคติกในทุกทรีทเมนต์ที่เติมสมุนไพร พบว่า มีค่าต่ำกว่าทรีทเมนต์ควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 0.85 0.64 0.68 และ 0.68 % ในทรีทเมนต์ควบคุม ทรีทเมนต์ที่เติมน้ำตะไคร้ น้ำสะระแหน่ และน้ำขมิ้น ตามลำดับ

Dung *et al.* (2005) ศึกษาคุณสมบัติของสายพันธุ์ราและยีสต์ ที่คัดเลือกจากหัวเชื้อสำหรับผลิตไวน์ข้าวของประเทศเวียดนาม พบว่าเชื้อราที่แยกได้ คือ *A. rouxii, R. oligosprus* และ *R. oryzae* เชื้อราเหล่านี้ผลิตเอนไซม์อะมิโลกลูโคซิเดส *A. rouxii* สามารถย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาลได้ 25 % (w/v) แยกเชื้อยีสต์ได้ 5 ไอโซเลท คือ *S. cerevisae* สามารถหมักแอลกอฮอล์ได้ 8.8 % (w/v)

ชลฤทัย และ นงค์ลักษณ์ (2548) ศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตไวน์ข้าวเหนียวดำ โดยใช้กล้าเชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ *A. oryzae* เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลในระยะเวลา 3 วัน และใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisae* ในการหมักที่อุณหภูมิ 25° ซ. เป็นเวลา 1 – 2 สัปดาห์ พบว่ามีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ย 14.25 % และมีปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.4997 %

ชุลีพร (2548) ทำการศึกษาผลของเอนไซม์ พันธุ์ข้าวเหนียว และเชื้อยีสต์ต่อคุณภาพของสุรากลั่นชุมชน พบว่าข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุรากลั่น โดยเติมเอนไซม์อะมิเลสทางการค้า Termamyl SC 0.04 % ของน้ำหนักข้าวสาร และเติมเอนไซม์อะมิเลสทางการค้า SAN super 360 L 0.10 % ของน้ำหนักข้าวสาร แล้วเติมยีสต์ *S. cerevisae* สายพันธุ์ทางการค้า Fermivin PDM เมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าน้ำส่าที่ได้มีปริมาณแอลกอฮอล์ 13.73 ± 0.12 % โดยปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved