

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวแดง และความเป็นไปได้ในการลดซิติรีนินในข้าวแดง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การศึกษาถึงอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อราโมแนสคัสและชนิดของข้าวที่ใช้หมักต่อคุณภาพของข้าวแดง การศึกษาถึงอิทธิพลของโซเดียมอะซิเตตในการหมักเชื้อราสายพันธุ์ต่างๆ ในชนิดข้าวที่ผ่านการคัดเลือก การศึกษาถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ระหว่างการหมักข้าวแดงจากสายพันธุ์เชื้อราที่ผ่านการคัดเลือกในชนิดข้าวที่ผ่านการคัดเลือก และการศึกษาถึงคุณภาพของสารสีแดงที่ได้จากการหมักในอาหารเหลวสังเคราะห์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาถึงคุณภาพข้าวแดงที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส 4 สายพันธุ์ในข้าว 3 ชนิด พบว่าทั้งสายพันธุ์เชื้อราและชนิดข้าวมีผลต่อคุณภาพของข้าวแดงที่ได้หลังการหมัก โดยลำดับสายพันธุ์เชื้อราโมแนสคัสที่สร้างซิติรีนินจากปริมาณสูงไปต่ำ คือ *M. purpureus* FTCMU, *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* DMKU และ *M. purpureus* BCC 6131 ตามลำดับ ในขณะที่ลำดับชนิดข้าวที่สร้างซิติรีนินจากปริมาณสูงไปต่ำ คือ ข้าวซ้อมมือ ข้าวเจ้าพิจิตร และข้าวหอมมะลิ ตามลำดับ โดยข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ในข้าวซ้อมมือมีปริมาณซิติรีนินสูงที่สุดเท่ากับ 4,400 ppm และข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ในข้าวหอมมะลิ มีปริมาณซิติรีนินต่ำที่สุดเท่ากับ 105 ppm ในขณะที่ลำดับสายพันธุ์ เชื้อราโมแนสคัสที่ให้ค่าสีแดงของข้าวแดงจากสูงไปต่ำ คือ *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* DMKU, *M. purpureus* FTCMU และ *M. purpureus* BCC 6131 ตามลำดับ โดยข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อราโมแนสคัส ATCC 16365 ในข้าวหอมมะลิ ให้ค่าสีแดงสูงที่สุดเท่ากับ 632.00 ยูนิตต่อกรัม และข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ในข้าวหอมมะลิ ให้ค่าสีแดงต่ำที่สุดเท่ากับ 11.80 ยูนิตต่อกรัม และพบว่าเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 และ *M. purpureus* FTCMU มีการสร้างสีแดงน้อยเมื่อทำการหมักในข้าวหอมมะลิและข้าวซ้อมมือ

2. การศึกษาถึงผลของการเติมโซเดียมอะซิเตตต่อคุณภาพข้าวแดง พบว่าค่าสีแดงของข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อราโมแนสค์สทั้ง 4 สายพันธุ์ ในข้าวเจ้าพิจิตรจะแปรผกผันกับความเข้มข้นของโซเดียมอะซิเตตที่เติมในข้าวเจ้าพิจิตร ขณะที่ข้าวแดงที่หมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131, *M. purpureus* FTCMU และ *M. purpureus* DMKU มีแนวโน้มปริมาณซิทรีนินเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมอะซิเตตเพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสีแดง กับสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างซิทรีนินมีความแตกต่างกัน

3. การศึกษาถึงผลการเติมโซเดียมอะซิเตตต่อค่าทางเคมีและกายภาพ ระหว่างการหมักข้าวแดงด้วยเชื้อรา *M. purpureus* ATCC 16365 ในข้าวเจ้าพิจิตร พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมอะซิเตตจะมีผลในการชะลอหรือยับยั้งอัตราการลดของค่าพีเอช รวมทั้งชะลออัตราการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ความชื้น และอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงระหว่างการหมักข้าวแดงโดยเฉพาะที่ความเข้มข้นโซเดียมอะซิเตตเท่ากับ 0.01, 0.03 และ 0.05 M แต่พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิทรีนินระหว่างการหมักจะมีแนวโน้มลดลงเฉพาะการหมักข้าวแดงที่มีการเติมโซเดียมอะซิเตต 0.05 M เท่านั้น เมื่อสิ้นสุดการหมัก 14 วัน ปริมาณซิทรีนินของข้าวแดงที่ไม่มีการเติมโซเดียมอะซิเตตและเติมโซเดียมอะซิเตต 0.05 M มีค่าเท่ากับ 2,875 และ 2,700 ppm ตามลำดับ

4. การศึกษาการหมักสารสีแดงโดยอาหารเหลวสังเคราะห์พบว่าการหมักเชื้อรา *M. purpureus* DMKU แบบเขย่าให้อากาศและแบบตั้งทิ้งไว้ ให้ค่าสีแดงของน้ำหมักสูงที่สุดเท่ากับ 11.08 และ 37.23 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่การหมักเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ทั้งแบบเขย่าให้อากาศและตั้งทิ้งไว้ จะให้ปริมาณซิทรีนินสูงที่สุดเท่ากับ 84 และ 109 ppm ตามลำดับ และพบว่าเมื่อมีการเขย่าให้อากาศค่าพีเอชของน้ำหมักจะมีค่าสูงขึ้น แต่ปริมาณซิทรีนินของน้ำหมักจะลดลง โดยเฉพาะเมื่อทำการเขย่าให้อากาศในการหมักเชื้อรา *M. purpureus* ATCC 16365 ปริมาณซิทรีนินของน้ำหมักจะลดลงจาก 72.6 ppm เป็น 0 ppm เมื่อหมักเชื้อราที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน

5. จากการสังเกตสีของผงข้าวแดงที่ได้จากการทดลอง พบว่าเชื้อ *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* FTCMU และ *M. purpureus* DMKU ให้ผงข้าวแดงที่มีสีส้มแดง ขณะที่เชื้อ *M. purpureus* BCC 6131 จะให้สีของผงข้าวแดงเป็นสีม่วงแดง

6. จากการศึกษาพบว่าสายพันธุ์เชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ผลิตข้าวแดงที่มีปริมาณซิทรีนินน้อยที่สุด และให้สีแดงใกล้เคียงกับข้าวแดงที่จำหน่ายเป็นการค้าจากร้านขายยาสมุนไพรจีน ในจังหวัดเชียงใหม่ และใกล้เคียงกับข้าวแดงบรรจุแคปซูล (Xuezhikang) ที่ใช้เป็นยาลดคอเลสเตอรอลของประเทศจีน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อราระหว่างการหมักข้าวแดง เพื่อช่วยในการอธิบายเหตุผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง และปริมาณซีทรินินได้ชัดเจนมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาผลของปริมาณออกซิเจนต่อการสร้างสีแดง และซีทรินินในการเลี้ยงเชื้อราด้วยอาหารเหลว
3. *M. purpureus* BCC 6131 เป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมจะนำไปพัฒนาเลี้ยงในอาหารแข็ง ส่วน *M. purpureus* DMKU เหมาะที่จะนำไปพัฒนาเลี้ยงในอาหารเหลว
4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการแยกเชื้อราจากแหล่งวัตถุดิบต่างๆ ภายในประเทศ เพื่อหาสายพันธุ์เชื้อราที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงที่มีซีทรินินต่ำและให้สีแดงสูง
5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการลดซีทรินินของสีแดงจากโมเนสคัส เช่น การคัดเลือกแหล่งไนโตรเจนอื่นๆ ที่สามารถลดปริมาณซีทรินิน ร่วมกับการหาอัตราการกวนให้อากาศที่เหมาะสมในการหมักแบบอาหารเหลว การฉายรังสีเชื้อราโมเนสคัสเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงปริมาณซีทรินินจากสายพันธุ์กลาย และการเติมกรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอนในช่วง 8-12 อะตอม เช่น caprylic acid (C_8) และ capric acid (C_{10}) ในการหมักข้าวแดงเพื่อหาความเป็นไปได้ของการลดซีทรินินจากการหมักข้าวแดง
6. ควรมีการตรวจสอบถึงระดับปริมาณซีทรินินของข้าวแดง หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้สีแดงจากสารสีโมเนสคัสสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค