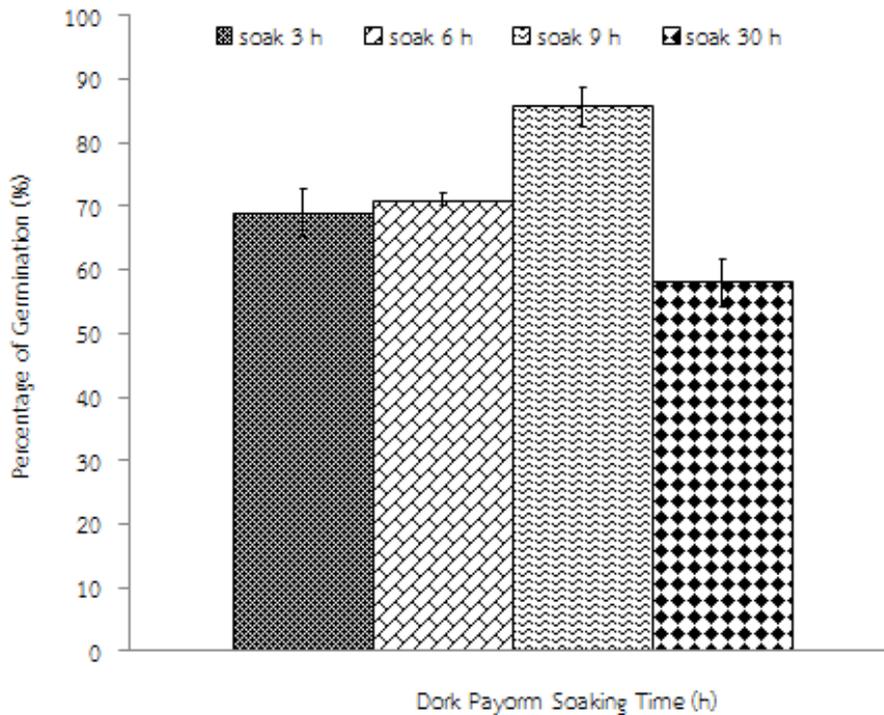


## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 ผลกระทบของเวลาการแช่และเวลาการบ่มที่ส่งผลต่อร้อยละการงอกของข้าวไร่

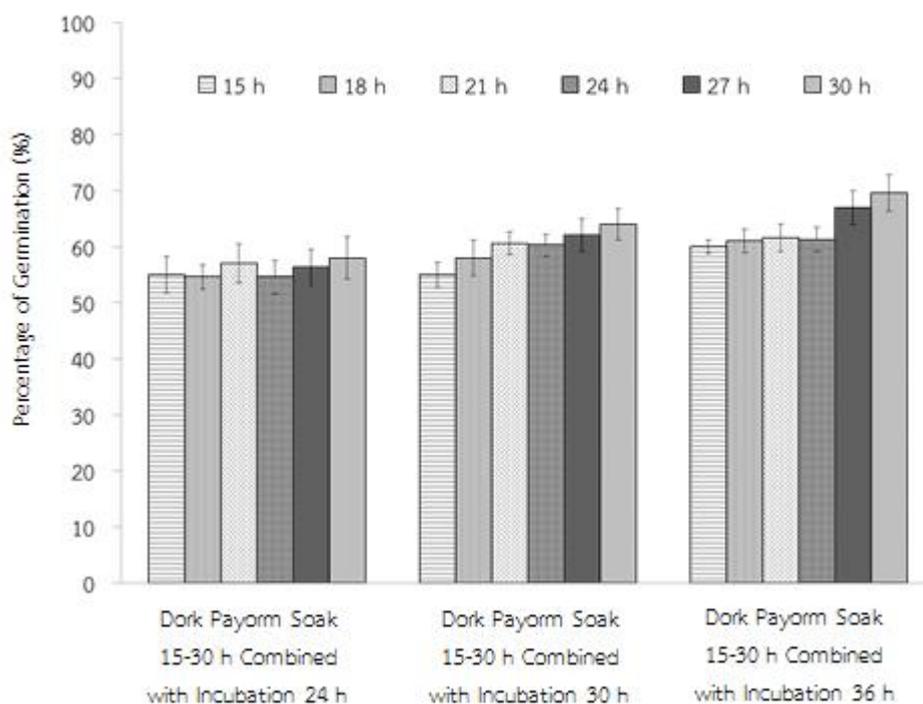


ภาพที่ 4.1 ผลกระทบของเวลาการแช่ข้าวไร่ที่ส่งผลต่อร้อยละการงอกของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอม

จากภาพที่ 4.1 แสดงร้อยละการงอกของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมจากการเพาะงอกด้วยเครื่องผลิตข้าวไร่งอก โดยเพาะงอกด้วยการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 40°C ที่เวลา 3 6 9 และ 30 h ร่วมกับการบ่มที่อุณหภูมิ 50-60°C เป็นเวลา 24 h ผลการศึกษาพบว่า ร้อยละการงอกของข้าวไร่เพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาการแช่ 3-9 h ซึ่งมีร้อยละการงอกสูงสุดที่ 86 ที่เวลาการแช่ 9 h แต่เมื่อเพิ่มเวลาการแช่เป็น 30 h ร้อยละการงอกของข้าวไร่ลดลงเหลือ 58 ดังนั้นจึงทำการปรับเวลาการแช่ข้าวในช่วง 9 ถึง 30 h เป็น 15 18 21 24 27 เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงร้อยละการงอกในช่วงเวลาดังกล่าว รวมทั้งปรับเวลาการบ่มเป็น 24 30 และ 36 h เพื่อศึกษาผลกระทบของเวลาการบ่มต่อร้อยละการงอก โดยจะศึกษาร้อยละการงอกในข้าวสองสายพันธุ์ คือ พันธุ์ดอกพะยอม (Dork Payorn) และ หอมเจ็ดบ้าน (Hom Jedban)

จากภาพที่ 4.2 แสดงร้อยละการงอกของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในช่วงเวลาการแช่ 15-30 h ร่วมกับการบ่ม 24 h ซึ่งมีร้อยละการงอกอยู่ในช่วง 54-58 เมื่อปรับเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 36 h ร้อยละการงอกของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 55-64 และร้อยละ 60-69 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่เวลาการแช่เท่ากัน การปรับเพิ่มเวลาการบ่มส่งผลให้ร้อยละการงอกของข้าวไร่เพิ่มขึ้น โดยที่เวลาการแช่ 30 h ร่วมกับการบ่ม 36 h ให้ร้อยละการ

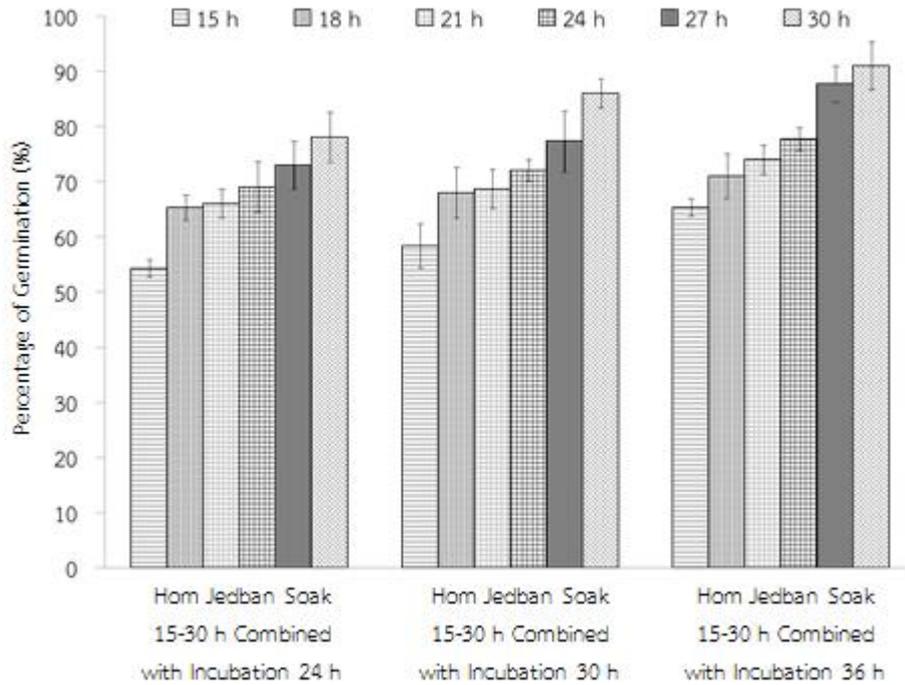
งอกของข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมสูงสุดเท่ากับ 69 นอกจากนี้ปริมาณร้อยละการงอกในช่วงเวลาการแช่ 15-30 h มีค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 69 ซึ่งต่ำกว่าที่ช่วงเวลาการแช่ 3-9 h ที่มีร้อยละการงอกสูงสุดเท่ากับ ผลร้อยละการงอกดังกล่าวอาจจะเป็นเนื่องมาจากความเก่าของข้าวหลังการเก็บเกี่ยว โดยงานวิจัยของ Srisang et al. [30] ได้รายงานถึงผลกระทบของเวลาการเก็บข้าวที่ส่งผลต่อร้อยละการงอกของข้าว โดยพบว่าข้าวหอมมะลิ 105 มีร้อยละการงอกข้าวเหลือเพียงร้อยละ 50 เมื่อเก็บข้าวไว้นาน 10 เดือนก่อนนำมาหาร้อยละการงอก



ภาพที่ 4.2 ผลกระทบของเวลาการแช่และบ่มข้าวที่ส่งผลต่อร้อยละการงอกของข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอม

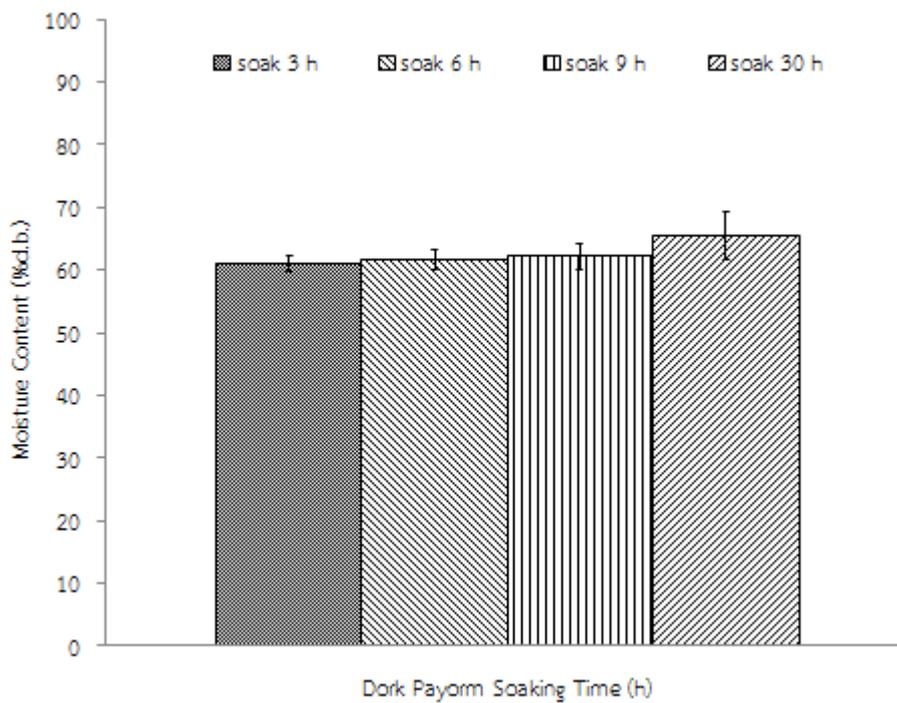
จากภาพที่ 4.3 เมื่อพิจารณาที่เวลาการแช่และเวลาการบ่มเท่ากัน ร้อยละการงอกของข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้านสูงกว่าข้าวพันธุ์ดอกพะยอม ยกเว้นที่เวลาการแช่ 15 h ร่วมกับเวลาการบ่ม 24 h โดยเฉพาะเมื่อแช่ข้าวเป็นเวลา 30 h ร่วมกับการบ่ม 36 h ข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้านมีร้อยละการงอกเพิ่มสูงสุดถึง 91 ซึ่งสูงกว่าร้อยละการงอกสูงสุดของข้าวพันธุ์ดอกพะยอม 1.3 เท่า ในทุกเวลาการบ่มที่ทำการศึกษาเมื่อเพิ่มเวลาการแช่มากขึ้น ร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้านเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ดอกพะยอม โดยในช่วงเวลาการแช่ 15-30 h และเวลาการบ่ม 24 30 และ 36 h มีร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้านอยู่ในช่วงร้อยละ 54-78 58-86 และ 65-91 ตามลำดับ

ร้อยละการงอกของข้าวไร้ทั้ง 2 พันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาในการแช่และการบ่ม ร้อยละการงอกของข้าวที่แตกต่างกันหลังผ่านกระบวนการแช่และการบ่มอาจจะเป็นผลมาจากพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน



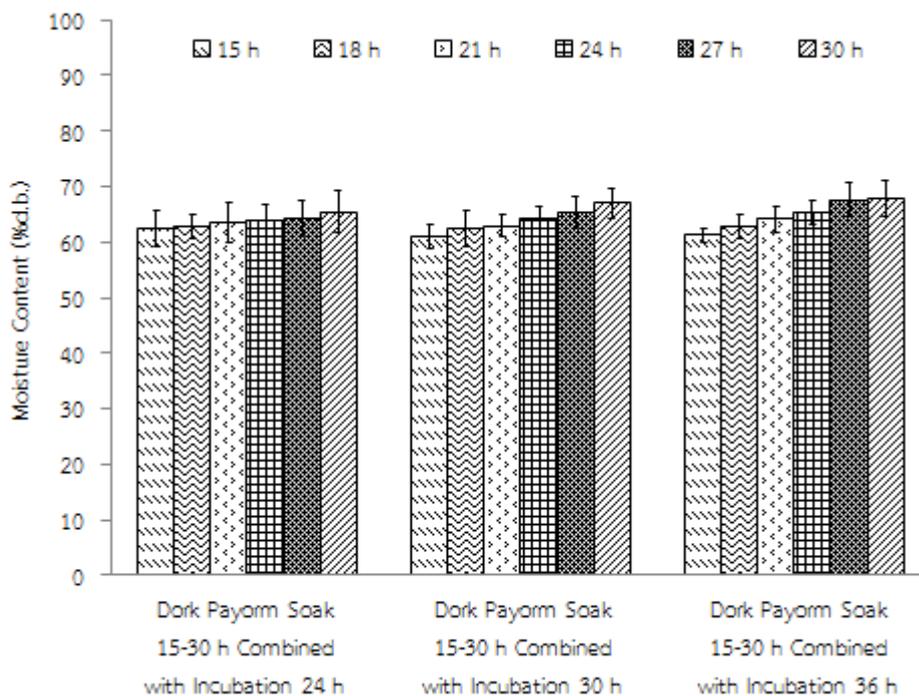
ภาพที่ 4.3 ผลกระทบของเวลาการแช่และบ่มข้าวที่ส่งผลต่อร้อยละการงอกของข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้าน

#### 4.2 ผลกระทบของเวลาการแช่และเวลาการบ่มที่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นข้าวไร้



ภาพที่ 4.4 ผลกระทบของเวลาการแช่ข้าวที่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอม

จากภาพที่ 4.4 ปริมาณความชื้นของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่ โดยมีปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 65% (d.b.) ที่เวลาการแช่ 30 h ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นนี้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 5% เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาการแช่ 3-9 h ที่มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเพียง 0.8-1% ดังนั้นจึงทำการปรับเวลาการแช่ในช่วง 9-30 h เป็น 15 18 21 24 27 เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของข้าวไร่ในช่วงเวลาดังกล่าว รวมทั้งศึกษาผลกระทบของเวลาการบ่มต่อปริมาณความชื้น โดยใช้เวลาการบ่ม 24 30 และ 36 h การศึกษาผลกระทบของเวลาการแช่และเวลาการบ่มต่อปริมาณความชื้นนี้ทดลองในข้าวไร่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ดอกพะยอมและพันธุ์หอมเจ็ดบ้าน

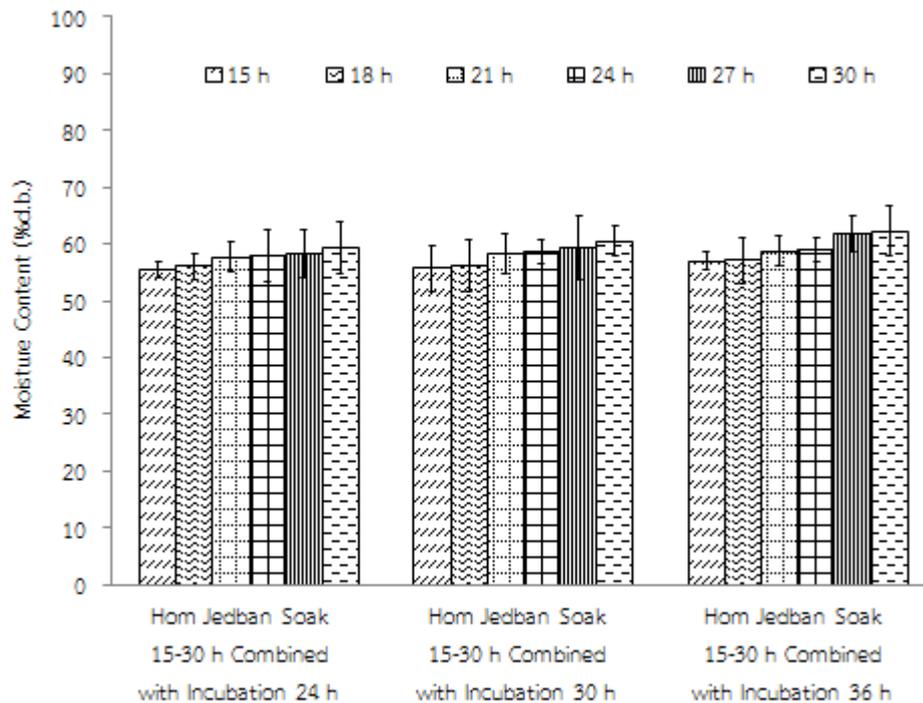


ภาพที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมหลังการแช่และการบ่ม

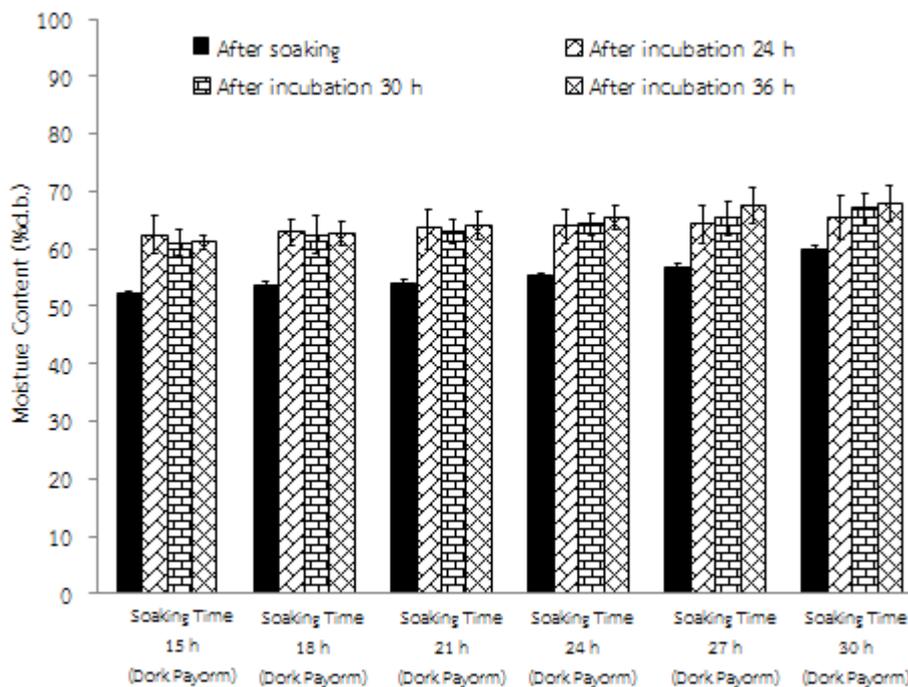
จากภาพที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่ ในทุกเวลาการบ่มที่ทำการศึกษา แต่การเพิ่มขึ้นดังกล่าวไม่แสดงความแตกต่างอย่างเด่นชัดเมื่อพิจารณาจากค่า Standard deviation ของผลการทดลอง โดยปริมาณความชื้นของข้าวหลังการแช่ 15-30 h และการบ่ม 24 30 และ 36 h อยู่ในช่วง 62.43-65.42 61.02-66.99 และ 61.21-67.89% (d.b.) ตามลำดับ เมื่อเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นสูงสุดของข้าวเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณความชื้นสูงสุดเป็น 65.42 66.99 และ 67.89% (d.b.) ที่เวลาการแช่ 30 h และเวลาการบ่ม 24 30 และ 36 h ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.6 เมื่อพิจารณาที่เวลาการแช่และเวลาการบ่มเท่ากัน ปริมาณความชื้นของข้าวไร่พันธุ์หอมเจ็ดบ้านต่ำกว่าข้าวพันธุ์ดอกพะยอม โดยปริมาณความชื้นของข้าวหลังการแช่ 15-30 h และการบ่ม 24 30 และ 36 h อยู่ในช่วง 55.45-59.32 55.80-60.48 และ 56.96-62.21% (d.b.) ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณความชื้นสูงสุดของข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้านเพิ่มขึ้นตามเวลาการบ่มเช่นเดียวกับในข้าวพันธุ์ดอกพะยอมเพียงแต่มีปริมาณความชื้นสูงสุดในข้าวต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นหลังการแช่กับหลังการบ่มดังแสดงในภาพที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าปริมาณความชื้นหลังการบ่มในข้าวพันธุ์ดอกพะยอมและ

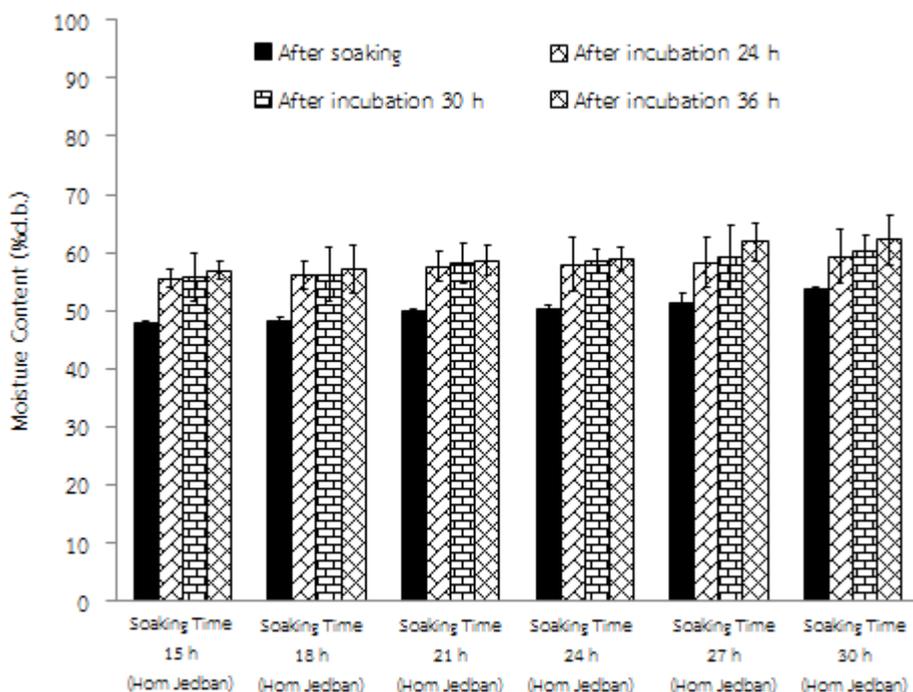
พันธุ์หอมเจ็ดบ้านมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นหลังการแช่ โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นนี้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของความชื้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นหลังการแช่ได้ประมาณ 9-19% สำหรับข้าวพันธุ์ดอกพะยอม และ 10-20% สำหรับข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้าน



ภาพที่ 4.6 ความชื้นของข้าวไร่พันธุ์หอมเจ็ดบ้านหลังการแช่และการบ่ม



ภาพที่ 4.7 ปริมาณความชื้นของข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมหลังการแช่เปรียบเทียบกับหลังการบ่ม

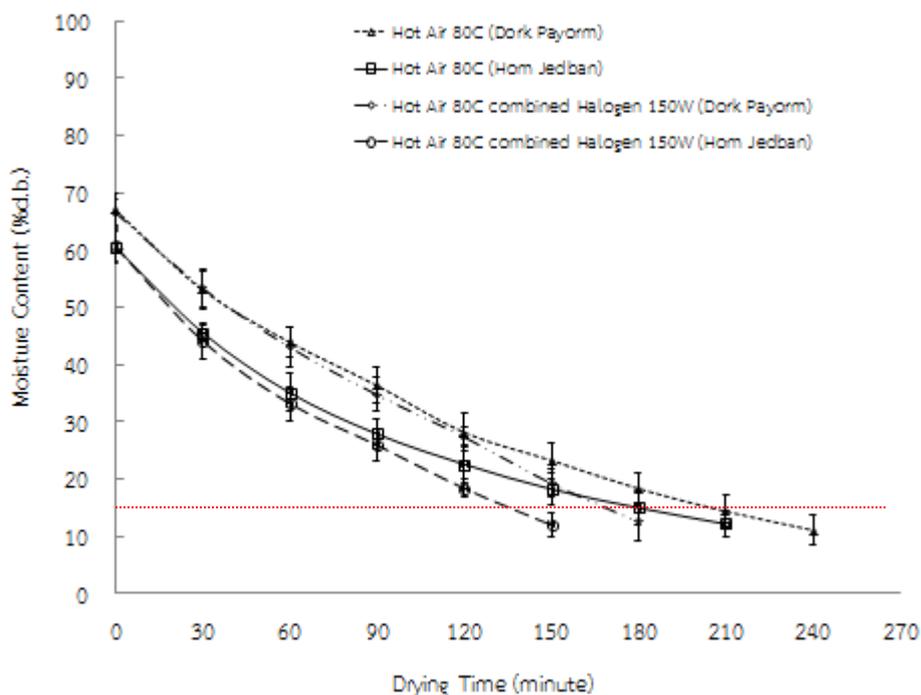


ภาพที่ 4.8 ปริมาณความชื้นของข้าวไร่พันธุ์หอมเจ็ดบ้านหลังการแช่เปรียบเทียบกับหลังการบ่ม

กระบวนการบ่มส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในข้าวไร่ทั้ง 2 พันธุ์อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแช่ ปริมาณความชื้นในข้าวไร่ทั้ง 2 พันธุ์แสดงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของเวลาการแช่และเวลาการบ่ม ปริมาณความชื้นที่ข้าวสามารถดูดกลืนไว้ได้แตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว เวลาการบ่มส่งผลต่อปริมาณความชื้นสูงสุดในข้าวไร่ทั้ง 2 พันธุ์ และเมื่อพิจารณาผลของปริมาณความชื้นร่วมกับผลของร้อยละการงอก พบว่า ข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้านแม้จะมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าข้าวพันธุ์ดอกพะยอม แต่มีร้อยละการงอกที่สูงกว่า ซึ่งอาจบอกเป็นนัยว่าข้าวไร่แต่ละพันธุ์มีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดที่แตกต่างกัน

#### 4.3 จลนศาสตร์การอบแห้งข้าวไร่งอก

ข้าวไร่ (Upland rice) หลังนำมาผ่านกระบวนการแช่และการบ่ม ทำให้เกิดการงอกของข้าวไร่ กลายเป็นข้าวไร่งอก (Germinated upland rice) ซึ่งข้าวไร่งอกมีความชื้นสูงจึงจำเป็นต้องนำมาผ่านกระบวนการลดความชื้น โดยการศึกษาที่ใช้ชุดอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ร่วมกับหลอดฮาโลเจนขนาด 150 W ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องผลิตข้าวไร่งอกในการอบแห้ง ข้าวไร่งอกที่เลือกนำมาอบแห้งใช้ข้าวไร่งอกที่มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด เพื่อทดสอบถึงประสิทธิภาพการอบแห้งสูงสุดของเครื่อง โดยเลือกข้าวไร่งอกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 30 h ร่วมการบ่ม 36 h ทำให้ได้ข้าวไร่งอกที่มีความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งประมาณ 66% (d.b.) สำหรับข้าวพันธุ์ดอกพะยอม และ 60% (d.b.) สำหรับข้าวพันธุ์หอมเจ็ดบ้าน ข้าวไร่งอกทั้ง 2 พันธุ์ จะถูกอบแห้งภายในเครื่องผลิตข้าวไร่งอกจนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือ 15% (d.b.) ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา



ภาพที่ 4.9 จลนศาสตร์การอบแห้งข้าวไร่อก

ภาพที่ 4.9 แสดงจลนศาสตร์การอบแห้งข้าวไร่อก ในระหว่างการอบแห้งข้าวไร่อกพันธุ์ดอกพะยอม ช่วง 60 นาทีแรกของการอบแห้ง การลดลงของความชื้นของข้าวใกล้เคียงกันไม่ว่าจะเป็นการอบแห้งด้วยอากาศร้อนหรืออบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน หลังจากนั้นข้าวไร่อกที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจนจะมีการลดลงของปริมาณความชื้นเร็วกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยในข้าวพันธุ์ดอกพะยอม ใช้เวลาประมาณ 165 นาที สำหรับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน และ 210 นาที สำหรับการอบแห้งด้วยอากาศร้อน จึงจะทำให้ความชื้นของข้าวไร่อกลดลงมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับในข้าวไร่พันธุ์หอมเจ็ดบ้าน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในระหว่างการอบแห้งคล้ายกันกับข้าวพันธุ์ดอกพะยอม เพียงแต่ช่วงเวลาที่อัตราการลดลงของความชื้นของทั้ง 2 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน เป็นช่วงเวลาที่สั้นกว่า คือ เพียงแค่ช่วง 15 นาทีแรกของการอบแห้งเท่านั้น หลังจากนั้นการอบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจนจะมีการลดลงของปริมาณความชื้นเร็วกว่า และใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 135 นาที สำหรับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน และ 180 นาที สำหรับการอบแห้งด้วยอากาศร้อน

การลดลงของปริมาณความชื้นอย่างรวดเร็วในการอบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน เป็นผลมาจากรังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาจากหลอดฮาโลเจนช่วยถ่ายเทความร้อนให้กับความชื้นที่บริเวณผิวเมล็ดข้าวและยังสามารถแทรกซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว ส่งผลให้ความชื้นในเมล็ดข้าวได้รับความร้อนเร็วขึ้น จึงทำให้ความชื้นทั้งที่ผิวและภายในเมล็ดถูกระบายออกจากเมล็ดข้าวอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งด้วยอากาศร้อน ซึ่งเมล็ดข้าวได้รับความร้อนเฉพาะบริเวณผิวที่สัมผัสกับอากาศร้อน ความชื้นที่ถูกระบายออกไปจึงเป็นแค่เพียงความชื้นที่บริเวณผิวเท่านั้น ในขณะที่ภายในเมล็ดยังคงมีความชื้นอยู่ ซึ่งต้องใช้เวลากว่าความชื้นภายในเมล็ดจะได้รับความร้อนจนเกิดการแพร่ออกมาและเกิดการระเหยที่ผิว

#### 4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวไร้งอก

ในกระบวนการแช่และกระบวนการบ่มเพื่อผลิตข้าวไร้งอกก่อให้เกิดการหมัก (Fermentation) ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการลดปริมาณจุลินทรีย์หลังจากกระบวนการเพาะงอกเสร็จสิ้นลง ซึ่งในการศึกษานี้ใช้วิธีการลดปริมาณจุลินทรีย์ 2 วิธี คือ วิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ร่วมกับการใช้หลอด Halogen 150 w เนื่องจากเป็นวิธีการอบแห้งที่สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยอากาศร้อน และวิธีการ Pasteurize ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 65°C โดยในการศึกษาจะเลือกข้าวไร้งอกที่ผ่านการงอกด้วยการแช่น้ำ 3-30 h ร่วมกับการบ่ม 24 และ 30 h เนื่องจากให้ร้อยละการงอกที่ค่อนข้างสูง (โดยเฉพาะที่เวลาการแช่ 30 h และเวลาการบ่ม 24 และ 30 h ตามลำดับ) สำหรับการบ่มที่ 36 h แม้จะให้ร้อยละการงอกสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างชัดเจนกับร้อยละการงอกที่เวลาการแช่ 30 h ร่วมกับการบ่ม 30 h นอกจากนี้ยังใช้เวลาในการบ่มที่นานกว่า ดังนั้นจึงไม่ถูกเลือกนำมาหาปริมาณจุลินทรีย์

**ตารางที่ 4.1** ปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวไร้งอกหลังผ่านกระบวนการเพาะงอก และหลังผ่านกระบวนการลดปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี Pasteurize และวิธีการอบแห้ง

| Rice variety | Sample                             | Microorganism content (Colonies/gram) |  |                                   |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
|              |                                    | After soaking and incubation          | After hot air drying 80°C combine with halogen 150 W | After pasteurize in water at 65°C |
| Dork Payorm  | Soaking 3 hr and incubation 24 hr  | 12,833 ± 764a                         | 5 ± 1a   | 41 ± 10a                          |
|              | Soaking 6 hr and incubation 24 hr  | 16,171 ± 1763a                        | 7 ± 2a   | 44 ± 12a                          |
|              | Soaking 9 hr and incubation 24 hr  | 15,630 ± 2344a                        | 9 ± 1a   | 63 ± 15a                          |
|              | Soaking 30 hr and incubation 24 hr | 176,800 ± 1442b                       | 433 ± 126b   | *N/A                              |
|              | Soaking 30 hr and incubation 30 hr | 191,789 ± 6327c                       | 593 ± 70b  | *N/A                              |
| Hom Jedban   | Soaking 30 hr and incubation 24 hr | 281,800 ± 7686d                       | 1,134 ± 96c  | *N/A                              |
|              | Soaking 30 hr and incubation 30 hr | 303,456 ± 7977e                       | 1,393 ± 170d   | *N/A                              |

a,b,c,d,e mean with different superscripts in the same column are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).

\*N/A = Not available

ข้าวไร้งอกหลังผ่านกระบวนการเพาะงอกมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่ที่เพิ่มขึ้น โดยเวลาการแช่ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 3-9 h มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 12,833-15,630 cfu/g แต่เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นถึง 30 h ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นประมาณ 11 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลาการแช่ 9 h และเวลาการบ่ม 24 h นอกจากนี้เมื่อปรับเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นจาก 24 h เป็น 30 h ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่า สำหรับทั้งในข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมและพันธุ์หอมเจ็ดบ้าน ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการเพาะงอกถูกลดลงด้วยวิธีการอบแห้งและวิธี Pasteurize โดยวิธีการอบแห้งสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าวิธีการ Pasteurize ซึ่งลดปริมาณจุลินทรีย์เหลือเพียง 5-9 cfu/g ในขณะที่วิธีการ Pasteurize สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เหลืออยู่ในช่วง 41-63 cfu/g สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ที่เวลาการแช่ 30 h ร่วมกับเวลาการบ่ม 24 และ 30 h หลังการอบแห้งมีการลดลงของปริมาณจุลินทรีย์แตกต่างกันกับปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในเงื่อนไขอื่น ๆ อย่างไรก็ตามวิธีการอบแห้งและวิธี Pasteurize สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ถึง 99.9% และ 99.7% ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ไม่เกิน 10,000 cfu/g ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามมาตรฐานความปลอดภัยในอาหาร [31]

#### 4.5 สีของข้าวไร้งอก

ในการวัดสีของข้าวไร้งอกเลือกใช้ข้าวไร้งอกที่ผ่านการงอกด้วยการแช่น้ำ 30 h ร่วมกับการบ่ม 24 และ 30 h เนื่องจากให้ร้อยละการงอกที่ค่อนข้างสูง และใช้เวลาในการเพาะงอกไม่นานจนเกินไป โดยนำข้าวไร้หลังผ่านกระบวนการเพาะงอกมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ร่วมกับการใช้หลอด Halogen 150 w เนื่องจากเป็นวิธีการอบแห้งที่สามารถลดความชื้นข้าวไร้งอกได้อย่างรวดเร็ว และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้าวไร้งอกหลักจากอบแห้งจนความชื้นลดลงถึงระดับที่เหมาะสมจะถูกนำมากะเทาะเปลือกและนำเมล็ดข้าวมาวัดสีด้วยเครื่องวัดสี ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสีของข้าวไร้ก่อนการเพาะงอก และข้าวไร้งอกหลังการอบแห้งด้วยเครื่องผลิตข้าวไร้งอก ซึ่งพบว่า ข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมหลังการนำมาเพาะงอกและอบแห้งด้วยเครื่องผลิตข้าวไร้งอก มีค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ของข้าวไร้งอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวไร้ก่อนเพาะงอก ในขณะที่ข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้านมีค่าสี  $L^*$  และ  $a^*$  ของข้าวไร้งอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวไร้ก่อนเพาะงอก แต่ค่า  $b^*$  ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวไร้ก่อนเพาะงอก อย่างไรก็ตามข้าวไร้ทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อนำมาผลิตเป็นข้าวไร้งอกด้วยการแช่น้ำ 30 h ร่วมกับการบ่ม 24 h และอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน ให้ค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ของข้าวไร้งอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวไร้งอกที่แช่น้ำ 30 h ร่วมกับการบ่ม 30 h และอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน

**ตารางที่ 4.2** ค่าสีของข้าวไร่ก่อนการเพาะงอก และข้าวไร่งอกหลังการอบแห้งด้วยเครื่องผลิตข้าวไร่งอก

| Sample   | Rice variety | Color       |             |              |
|--|--------------|-------------|-------------|--------------|
|  |              | L*          | a*          | b*           |
| Upland rice  | Dork Payorm  | 64.08±2.44c | 5.14±0.51a  | 24.48±0.56c  |
|  | Hom Jedban   | 39.78±3.72b | 15.17±2.81b | 19.80±2.12a  |
| Germinated upland rice<br>(Soaking time 30 h,<br>incubation time 24 h and<br>hot air drying 80°C<br>combined with halogen<br>lamp 150 W) | Dork Payorm  | 63.44±1.73c | 3.93±0.42a  | 22.81±1.22bc |
|  | Hom Jedban   | 34.36±1.73a | 18.56±2.25c | 21.86±1.91ab |
| Germinated upland rice<br>(Soaking time 30 h,<br>incubation time 30 h and<br>hot air drying 80°C<br>combined with halogen<br>lamp 150 W) | Dork Payorm  | 63.90±1.44c | 3.95±0.51a  | 22.82±0.79bc |
|  | Hom Jedban   | 31.02±3.83a | 17.79±0.89c | 21.77±2.08ab |

a,b,c mean with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

#### 4.6 การแตกหักของเมล็ดข้าวไร่งอก

ในการหาการแตกหักของข้าวไร่งอก เลือกใช้ข้าวไร่งอกที่ผ่านการงอกด้วยการแช่น้ำ 30 h ร่วมกับการบ่ม 24 และ 30 h จากนั้นนำข้าวไร่งอกมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ร่วมกับการใช้หลอด Halogen 150 w ซึ่งติดตั้งภายในเครื่องผลิตข้าวไร่งอก (เหตุผลในการเลือกวิธีการเพาะงอกและวิธีการอบแห้งดังอธิบายในหัวข้อก่อนหน้านี้) ข้าวไร่งอกที่การผ่านลดความชื้นถูกนำมาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวตามลำดับ ปริมาณเมล็ดข้าวที่แตกหักถูกแสดงในรูปของร้อยละการแตกหัก ตารางที่ 4.3 แสดงการแตกหักของข้าวไร่และข้าวไร่งอก พบว่า ข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมมีร้อยละการแตกหักของข้าวต่ำกว่าข้าวไร่พันธุ์หอมเจ็ดบ้าน เมื่อนำมาเพาะงอก พบว่า ข้าวไร่งอกพันธุ์ดอกพะยอมมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดข้าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเมล็ดข้าวไร่ก่อนเพาะงอก แต่ในข้าวไร่งอกพันธุ์หอมเจ็ดบ้านมีร้อยละการแตกหักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวไร่ก่อนเพาะงอก อย่างไรก็ตามกระบวนการงอกโดยใช้เวลาการบ่มที่แตกต่างกันที่ 24 h และ 30 h ไม่ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางที่ 4.3** ร้อยละการแตกหักของข้าวไร่และข้าวไร่เือก

| Sample   | Rice variety | Percentage of cracking (%) |
|--|--------------|----------------------------|
| Upland rice  | Dork Payorm  | 6.18±1.14a                 |
|  | Hom Jedban   | 12.74±1.51b                |
| Germinated upland rice<br>(Soaking time 30 h, incubation time 24 h<br>and hot air drying 80°C combined with<br>halogen lamp 150 W) | Dork Payorm  | 7.35±2.17a                 |
|  | Hom Jedban   | 16.05±1.20c                |
| Germinated upland rice<br>(Soaking time 30 h, incubation time 30 h<br>and hot air drying 80°C combined with<br>halogen lamp 150 W) | Dork Payorm  | 9.02±2.52a                 |
|  | Hom Jedban   | 18.32±1.43c                |

a,b,c mean with different superscripts in the same column are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.7 การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค

ในการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณภาพของข้าวไร่เือก เลือกใช้ข้าวไร่เือกที่ผ่านการงอกด้วยการแช่น้ำ 30 h ร่วมกับการบ่ม 30 h โดยนำข้าวไร่หลังผ่านกระบวนการเพาะงอกมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ร่วมกับการใช้หลอด Halogen 150 w (วิธีการเพาะงอกดังกล่าวให้ร้อยละการงอกที่สูงและวิธีการอบแห้งดังกล่าวสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม) นำข้าวไร่เือกที่ถูกลดความชื้นเรียบร้อยแล้วมาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวตามลำดับ จากนั้นนำข้าวเต็มเมล็ดมาหุงต้มและนำไปให้ผู้บริโภคชิมเพื่อกรอกข้อมูลในแบบสอบถาม ซึ่งข้อมูลในแบบสอบถามจะถูกนำไปประเมินและคิดเป็นค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยของคุณภาพของข้าวไร่เือกในแต่ละด้าน ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณภาพของข้าวไร่เือกด้วยแบบสอบถาม ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงถึงความพึงพอใจในกลิ่นและสีของข้าวไร่เือกในระดับดีมากทั้งในข้าวไร่เือกพันธุ์ดอกพะยอมและหอมเจ็ดบ้าน ในขณะที่เนื้อสัมผัสของข้าวไร่เือกเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคในระดับดีมากสำหรับข้าวไร่เือกพันธุ์ดอกพะยอม และในระดับดีสำหรับข้าวไร่เือกพันธุ์หอมเจ็ดบ้าน

**ตารางที่ 4.4** ค่าคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณภาพด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของข้าวไร่เือก ที่ผลิตจากเครื่องผลิตข้าวไร่เือก

| Qualities of germinated upland rice | Rice variety | Average score | Satisfaction level |
|-------------------------------------|--------------|---------------|--------------------|
| Odor                                | Dork Payorm  | 4.40          | Very good          |
|                                     | Hom Jedban   | 4.30          | Very good          |
| Color                               | Dork Payorm  | 4.36          | Very good          |
|                                     | Hom Jedban   | 4.40          | Very good          |

|                    |             |      |           |
|--------------------|-------------|------|-----------|
| Texture (hardness) | Dork Payorm | 4.10 | Very good |
|                    | Hom Jedban  | 3.40 | Good      |

#### 4.8 การวิเคราะห์สารอาหารในข้าวไร้งอก

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารในข้าวไร้งอกจะวิเคราะห์หาปริมาณสาร GABA ( $\gamma$ -amino-butyric acid) Vitamin E (Alpha-tocopherol) และ Fe (Iron) โดยเลือกใช้ข้าวไร้งอกที่ผ่านการงอกด้วยการแช่น้ำ 30 h ร่วมกับการบ่ม 24 และ 30 h จากนั้นนำข้าวไร้งอกมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ร่วมกับการใช้หลอด Halogen 150 w (เหตุผลในการเลือกวิธีการเพาะงอกดังกล่าวเนื่องจากให้ร้อยละการงอกที่สูงและใช้เวลาในการเพาะงอกไม่นาน และเหตุผลในการเลือกวิธีการอบแห้งดังกล่าวเนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งสั้นและสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยในอาหาร) ข้าวไร้งอกที่การผ่านลดความชื้นถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหาร ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ในข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมมีปริมาณสาร GABA และ Fe สูงกว่าข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้าน และมีปริมาณ Vitamin E เท่ากัน เมื่อนำข้าวไร้ทั้ง 2 พันธุ์มาเพาะงอกกลายเป็นข้าวไร้งอกพบว่า ปริมาณสาร GABA ในข้าวไร้ทั้ง 2 พันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไร้ก่อนเพาะงอก โดยมีปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้น 4.9-6.5 เท่า สำหรับข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมและ 8.1-9.5 เท่าสำหรับข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้าน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสาร GABA เกิดขึ้นเนื่องจากการแช่และการบ่มกระตุ้นให้เมล็ดข้าวเกิดการงอก [32] นอกจากนี้การบ่มเมล็ดข้าวภายในเครื่องผลิตข้าวไร้งอกยังทำให้เกิดสภาวะอับอากาศ ทำให้เมล็ดข้าวอยู่ในสภาวะเครียดและส่งผลให้มีการผลิตสาร GABA เพิ่มขึ้นหลังการงอก [33] สาร GABA ในข้าวไร้งอกทั้ง 2 พันธุ์ที่ผลิตจากเครื่องผลิตข้าวไร้งอกมีปริมาณผ่านเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร คือ มีปริมาณไม่น้อยกว่า 5 mg/100 g [34] นอกจากนี้ปริมาณสาร GABA ในข้าวไร้งอกทั้ง 2 พันธุ์ยังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นจาก 24 h เป็น 30 h

ปริมาณ Vitamin E ในข้าวไร้งอกทั้ง 2 พันธุ์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไร้ก่อนเพาะงอก ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 1.1-1.3 เท่า สำหรับข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมและ 1.1-1.4 เท่าสำหรับข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้าน อย่างไรก็ตามข้าวไร้งอกทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณ Vitamin E หลังการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแม้จะใช้เวลาการบ่มแตกต่างกันที่ 24 และ 30 h เมื่อเพิ่มเวลาการบ่มจาก 24 h เป็น 30 h พบว่า ปริมาณ Vitamin E ในข้าวไร้งอกทั้ง 2 พันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้านมีปริมาณ Fe ในข้าวไร้ก่อนการงอกต่ำกว่าในข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมอย่างมีนัยสำคัญ หลังกระบวนการเพาะงอก ปริมาณ Fe ในข้าวไร้งอกทั้ง 2 พันธุ์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไร้ก่อนเพาะงอก โดยในข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอมลดลงอย่างมีนัยสำคัญประมาณ 13.2% ที่เวลาการบ่ม 24 h และในข้าวไร้พันธุ์หอมเจ็ดบ้านลดลงอย่างมีนัยสำคัญประมาณ 22.3% ที่เวลาการบ่ม 30 h นอกจากนี้เวลาการบ่มที่แตกต่างกัน 24 และ 30 h ส่งผลให้ปริมาณ Fe ในข้าวไร้งอกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในพันธุ์ดอกพะยอมและพันธุ์หอมเจ็ดบ้าน

**ตารางที่ 4.5** ปริมาณสารอาหารในข้าวไร่และข้าวไร่งอก

| Sample   | Rice variety | GABA<br>(mg/100g) | Vitamin E<br>(mg/100g) | Fe<br>(mg/100g) |
|--|--------------|-------------------|------------------------|-----------------|
| Upland rice  | Dork Payorm  | 3.60±0.03b        | 0.40±0.00a             | 1.59±0.11d      |
|  | Hom Jedban   | 2.11±0.08a        | 0.40±0.00a             | 1.39±0.07bc     |
| Germinated upland rice   |              |                   |                        |                 |
| (Soaking time 30 h,<br>incubation time 24 h<br>and hot air drying 80°C<br>combined with halogen<br>lamp 150 W) | Dork Payorm  | 17.64±0.10d       | 0.52±0.00c             | 1.38±0.02b      |
|  | Hom Jedban   | 17.14±0.18c       | 0.54±0.01c             | 1.35±0.04b      |
| Germinated upland rice   |              |                   |                        |                 |
| (Soaking time 30 h,<br>incubation time 30 h<br>and hot air drying 80°C<br>combined with halogen<br>lamp 150 W) | Dork Payorm  | 23.37±0.17f       | 0.44±0.01b             | 1.53±0.01cd     |
|  | Hom Jedban   | 19.98±0.10e       | 0.43±0.01b             | 1.08±0.06a      |

a,b,c,d,e,f mean with different superscripts in the same column are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).