การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตเบียร์จากข้าวไทย โดยทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ (20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาการแช่เมล็ดข้าว (24, 48 และ 72 ชม.) ที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา และเบต้าแอมิเลสในข้าวที่ใช้ในการทดลองทั้ง 6 สายพันธุ์ แบ่งเป็นข้าวเจ้า 3 พันธุ์ คือ ข้าวหอมดอกมะลิ 105, ข้าวปทุมธานี 60 และ ข้าวเจ้าดำ และข้าวเหนียว 3 พันธุ์ คือ ข้าว กข.6 ข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวเหนียวดำ จากการทดสอบพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองสูงสุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และการแช่ข้าวในน้ำต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่า 24 ชม. ส่งผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เบต้าแอมิเลส และชะลอกิจกรรมของอัลฟาแอมิเลส จึงทำการปรับวิธีการแช่น้ำเป็นแบบแช่น้ำระยะสั้นสลับกับการผึ่งลม โดยศึกษากับข้าวสองสายพันธุ์คือ ข้าวเจ้าดำ และข้าวเหนียวดำ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ อุณหภูมิ ระดับความชื้นจากการแช่น้ำ และระยะเวลาการงอก ออกแบบการทดลองด้วยวิธีการตอบสนองบนพื้นผิว พบว่า สภาวะในการทำมอลท์ที่ให้คุณภาพมอลท์ที่มี cold water extract, extract yield, Kolbach index, ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ, apparent attenuation limit และเอนไซม์อัลฟาแอมิเลสสูงคือ เพาะข้าวที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยแช่น้ำด้วยวิธีแช่สลับจนความชื้นเท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการงอกรวมเป็นแปดวัน และอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากทำความสะอาดมอลท์พบว่าการสูญเสียน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 12%

มอลท์ข้าวถูกผลิตตามสภาวะดังกล่าวแล้วทำการศึกษาช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำ mashing และเปรียบเทียบวิธีการ mashing 4 แบบ พบว่า มอลท์ข้าวเจ้าดำเหมาะสำหรับการทำ mashing ที่เพิ่มอุณหภูมิ 52, 55 และ 57 องศาเซลเซียส เพื่อเน้นการผลิตน้ำตาลกลูโคส และมอลท์ข้าวเหนียวดำเหมาะกับการที่เพิ่มอุณหภูมิ 62 และ 64 องศาเซลเซียส เพื่อการผลิตน้ำตาลมอลโทส โดยพบว่าค่า pH ของ mashing-in และ divalent cation ที่เหมาะสมคือ pH 5.2 และ Ca^{2+} ปริมาณ 150 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้การบดข้าวมอลท์ยังส่งผลต่อปริมาณกรดอะมิโนอิสระในเวิร์ทจากมอลท์ข้าวเจ้าดำและข้าวเหนียวดำ สำหรับมอลท์ข้าวเจ้าดำเหมาะสมกับการบดด้วยวิธี two roller mill โดยปรับระยะห่างของลูกกลิ้งอยู่ที่ ระยะ 0.5 มิลลิเมตร และมอลท์ข้าวเหนียวดำเหมาะกับการบดหยาบที่ระยะ 1.0 มม. จากนั้นทำการผลิตเวิร์ทด้วยสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าว โดยใช้เครื่อง brew master mashing unit และให้ผล brewing yield ที่ 39±0.2% สำหรับมอลท์ข้าวเจ้าดำ และ 38.4±2.8% สำหรับมอลท์ข้าวเหนียวดำ จากการหมักเบียร์ด้วยยีสต์สองสายพันธุ์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* 34/70 สำหรับการหมักแบบ bottom fermentation และ *S. cerevisiae* 60/120 สำหรับการหมักแบบ top fermentation พบว่ายีสต์สายพันธุ์ 60/120 ใช้กรดอะมิโนอิสระ (215 มิลลิกรัม/ลิตร จากเวิร์ทข้าวเจ้าดำ และ168

มิลลิกรัม/ลิตร จากเวิร์ทข้าวเหนียวดำ) สูงกว่าสายพันธุ์ 34/70 (125 และ 109 มิลลิกรัม/ลิตรในเวิร์ทจากข้าวเจ้าดำและข้าวเหนียวดำ ตามลำดับ) และพบปริมาณ ester, higher alcohol, diacetyl และ 4-vinyl guaicol ในเบียร์ประเภท ale สูงกว่าที่พบในเบียร์ประเภท lager จากผลการทำ sensory test พบว่า คะแนนความประทับใจโดยรวมต่อเบียร์ประเภท ale ที่ผลิตจากมอลท์ข้าวเจ้าดำ มีคะแนนอยู่ในระดับดื่มไม่ได้ แต่เบียร์ประเภท ale จากมอลท์ข้าวเหนียวดำจัดอยู่ในระดับดื่มได้ แต่ไม่ขอแก้วถัดไป ขณะที่เบียร์ประเภท lager จัดอยู่ในระดับคะแนนดื่มได้และต้องการแก้วถัดไป การศึกษานี้ทำให้ทราบว่ามอลท์จากข้าวดำมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเบียร์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

The aim of this research was to investigate the optimal condition for brewing processes of rice beer. The malting conditions were investigated in terms of temperatures (20, 25 and 30°C) and steeping durations (24, 48 and 72 hrs.) on α- and β-amylase activities of six Thai rice cultivars, including three non waxy rice cultivars (Khaw Dok Mali 105 (KDML105), Pratum Thani 60 (PT60) and Khao Chao Dam (KCD)) and three waxy rice cultivars (San Pa Tong (SPT), Khokho 6 (RD6) and Khao Niew Dam (KND)). It was found that amylolytic activities of the rice malt were increased with temperature, better at 30°C than 25 °C and 20 °C; and those activities of the two enzymes were higher than 25 °C and 20 °C, respectively; whereas long steeping duration for more than 24 hours inhibited the activities of β-amylase and retarded α-amylase. Therefore, the steeping condition was modified to the short steeping-air-rest switching regime. The black non-waxy rice "KCD" and black waxy rice cultivars "KND" were selected to optimize the germination condition under the different temperatures, steeping degrees and durations of germination. Response surface methodology was used to design experiment as face centered composite design and to establish empirical models for each malt properties.

It was also found that both cultivars of rice had satisfied properties, high cold water extract (CWE), extract yield, Kolbach index, free alpha amino acid (FAN), apparent attenuation limit (AAL), and α- amylase activities by germinating at temperature 30°C, steeping by air-rest switching until the degree of steeping reached 44%, and germinating for 8 days and dried at 50°C for 24 hrs. The cleaned malt had malting losses approximately 12%. These malts were further used for mashing analysis. The 4 mashing regimes for rice malts were investigated for improving the wort quality. The results demonstrated that the temperature-programmed which focused on glucose production in a range of 52, 55 and 57°C was suitable to produce wort from KCD rice malt. The temperature-programmed which focused on maltose production at 62 and 64°C was selected for KND rice malt. The pH of mashing-in and divalent cations strongly influenced wort soluble nitrogen and FAN, and the optimal mashing-in pH for both rice malts was at 5.2 supplemented with Ca^{2+} 150 mg/L. The method of grinding using two roller mills influenced FAN content significantly; therefore, KCD was milled at a gap distance of 0.5 mm and KND at 1.0 mm. The selected mashing conditions were used to produce wort by using a brew master mashing unit and 39±0.2% of brewing yield was obtained by KCD malt and 38.4±2.8% by KND malt. Beers

were produced by using *Saccharomyces cerevisiae* 34/70 and *S. cerevisiae* 60/120 for bottom and top fermentation processes, respectively. The yeast strain 60/120 consumed FAN in wort (215 mg/L and 168 mg/L for KCD and KND wort, respectively) more than strain 34/70 (125 and 109 mg/L for KCD and KND wort, respectively). Consequently, volatile compounds such as ester, alcohol diacetyl and 4-vinyl guaicol in ale beer were higher than in lager beer. The sensory evaluation of beers indicated that the overall impression of ale beer from KCD malt was undrinkable, ale beer from KND malt was drinkable but not preferable for the next glass, whereas the lager beers from both rice cultivars were judged as drinkable and preferable for the next glass. The results obtained from this research clearly demonstrated that black rice malt could be used as raw material for producing beers with an acceptable quality.