

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ เวลา และการบดย่อย ต่อสมบัติทางกายภาพของ เม็ดแป้งมันสำปะหลังและต่ออัตราการผลิตเบต้า-ไซโคลเด็กซ์ทริน ( $\beta$ -CD) แรกเริ่ม โดยใช้เอนไซม์ไซโคลเด็กซ์ทรินไกลโคซิลทรานสเฟอเรส (CGTase) จากเชื้อ *Bacillus circulans* ATCC9995 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลองในงานวิจัยนี้จึงถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิ ( $60^{\circ}$ – $80^{\circ}\text{C}$ ) เวลา (0–24 ชม.) และการบดย่อย ต่อลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งได้แก่ กำลังการพองตัว ร้อยละการละลาย ความหนืด และขนาดของอนุภาคเม็ดแป้ง และส่วนที่สองเป็นการศึกษาถึงอัตราการผลิต  $\beta$ -CD แรกเริ่ม (initial rate) โดยใช้สารตั้งต้นคือแป้งที่ผ่านสภาวะการปฏิบัติต่างกัน จากการทดลองพบว่า ลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีการบ่ม จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในช่วงระยะเวลาการบ่ม 4 ชม. แรก โดยกำลังการพองตัวและร้อยละการละลายที่อุณหภูมิบ่ม  $60^{\circ}\text{C}$  จะมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าคงที่ภายหลัง 4 ชม. และมีค่าต่ำกว่าที่อุณหภูมิ  $65^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 50% (ที่ระยะเวลาบ่ม 4 ชม.) และ 20% (ที่ระยะเวลาบ่ม 24 ชม.) ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิในการบ่มเป็น  $65^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  และ  $80^{\circ}\text{C}$  จะทำให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายแป้งเพิ่มขึ้นประมาณ 40–80% ในทุก  $5^{\circ}\text{C}$  ที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนืดจะเริ่มเข้าสู่ค่าคงที่ภายหลังการบ่ม 4 ชม. ในทุกอุณหภูมิบ่ม การบ่มแป้งที่อุณหภูมิตั้งแต่  $65^{\circ}\text{C}$  เป็นต้นไป จะให้ขนาดเม็ดแป้งลดลงตามระยะเวลาบ่ม ที่อุณหภูมิบ่ม  $80^{\circ}\text{C}$  ขนาดเม็ดแป้งจะลดลงจนมีขนาดเท่ากับเม็ดแป้งดิบก่อนทำการบ่ม ดังนั้นขนาดเม็ดแป้งที่วัดได้จึงเป็นขนาดของเม็ดแป้งที่หลงเหลือจากการแตกเนื่องจากได้รับพลังงานความร้อนและแรงทางกลจากการกวน ระยะเวลาในการบ่มจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของเม็ดแป้งที่ต่อเมื่ออุณหภูมิบ่มมีค่าตั้งแต่  $65^{\circ}\text{C}$  เป็นต้นไป โดยพบว่าอนุภาคของแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาหนึ่งจะพองตัวขึ้นเรื่อยๆจนมีค่าสูงสุดประมาณ 43 ไมครอน ซึ่งหากยังคงให้พลังงานความร้อนต่อไปอนุภาคจะเริ่มแตกออก ทำให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นและความหนืดลดลงตามลำดับ

การบดสารละลายแป้งสามารถทำได้ที่อุณหภูมิสูงสุดเพียง  $60^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงกว่านี้จะมีผลทำให้สารละลายแป้งมีลักษณะคล้ายเจลทำการบดได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการบดโดยใช้ความร้อนร่วมด้วย จะให้ร้อยละการละลายใกล้เคียงกับการบ่มด้วยความร้อนแต่เพียงอย่างเดียว(พิจารณาที่  $60^{\circ}\text{C}$ ) แต่จะมีค่ากำลังการพองตัว ความหนืด และขนาดของเม็ดแป้ง เพิ่มขึ้นประมาณ 55%, 95% และ 25% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับบ่มด้วยความร้อนแต่เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองในส่วนที่สองแสดงให้เห็นว่าลักษณะทางกายภาพของเม็ดแป้งเป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการผลิต  $\beta$ -CD โดยแป้งที่ผ่านการบ่มด้วยความร้อนเป็นระยะเวลาหนึ่งจนอนุภาคแตกออก เป็นสารตั้งต้นที่เหมาะสมต่อการผลิต  $\beta$ -CD สภาวะการเตรียมสารละลายแป้งที่เหมาะสมที่สุดต่อการเกิดปฏิกิริยา คือ การบ่มแป้งที่อุณหภูมิ  $75^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 4 ชม. ซึ่งที่ภาวะนี้แป้งมีค่าความหนืดประมาณ 900 เซ็นติพอยส์ และเม็ดแป้งที่หลงเหลือจากการแตกมีขนาดประมาณ 30 ไมครอน โดยให้อัตราการผลิต  $\beta$ -CD เท่ากับ 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร.นาทียูนิตเอนไซม์

The overall aim of this research was to study influences of temperature time and attrition on physical properties of tapioca starch particles and beta-cyclodextrin ( $\beta$ -CD) initial synthesis rate by cyclodextrin glycosyltransferase (CGTase), from *Bacillus circulans* ATCC9995. The study consists of two main parts. The first part was to study influences of temperature (60° – 80 °C), time (0–24 hrs.) and attrition on physical properties of tapioca starch such as swelling power, percentage of solubility, viscosity, and size of starch particles. The second part, consequently, was to study  $\beta$ -CD initial synthesis rate from starch obtained from different treatment processes. From the experiments, physical properties of starch particles after heat treatment process were obviously changed after four hour incubation time. For 60 °C incubation temperature, swelling power and starch solubility did not appear to change with incubation time after four hours, and were found to be 50% (at 4<sup>th</sup> hr) and 20% (at 24<sup>th</sup> hr), respectively, less than those treated at 65 °C with the same incubation time. Increasing temperature to 65°, 70°, 75° and 80 °C resulted in increasing initial starch viscosity to about 40–80% for each 5 °C increased considered at every incubation time. At incubation temperature higher than 65 °C, starch particle sizes were found to decrease with increasing incubation time. For starch solution treated at 80 °C, particle sizes were discovered to decrease with time until almost the same sizes as raw starch particles were achieved. This final particle sizes measured were believed to be obtained from particles that were strong enough hot to be broken down by thermal or mechanical energy added. Effect of incubation time was noticeable only when starch solution was treated at 65 °C or higher. It was revealed that starch particles would swell up to around the maximum size of 43  $\mu$ m after some incubation time. These particles were then broken up if further energy was given. Increasing in solubility and decreasing in viscosity were, therefore, resulted.

Attrition of starch solution was possible only up to 60°C, this was because higher temperature could turn starch solution into gel. However, results showed that attrition together with heat treatment did not cause noticeable solubility change in comparison to heat treated solution (60 °C) without attrition. On the other hand, swelling power, viscosity, and particle sizes were found to increase respectively, 55%, 95% and 25% in comparison to solution without attrition. Experimental results obtained in the second part demonstrated that starch physical properties played important roles in determining  $\beta$ -CD production rate. Starch solution which was heat treated until particles were broken were found to be suitable substrate for  $\beta$ -CD production. Suitable treatment conditions found were 75 °C with 4 hr incubation time which resulted in solution viscosity of 900 cP, residual particle sizes of 3  $\mu$ m, and 0.29 mg/l-min-unit enzyme  $\beta$ -CD production rate.