บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการย่อยแกลบที่ผ่านการเตรียมด้วยกรด โดยเซลลูคลาสต์ 1.5 แอล นั้นพบว่าการย่อยเกิดได้ดีเฉพาะใน 24 ชม.แรกของการย่อย (รูปที่ 10) เท่านั้น จากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนเกือบเป็น 0 ในวันที่ 4 ของการย่อย ซึ่งสอดคล้องกับที่ของอุไรวรรณ (2535) และ Conradt (1992) ได้รายงานไว้ โดยการลดลงของแอคติวิตีนั้นไม่ได้มีผลจากการเสียแอคติวิตีของเอนไซม์เอง (รูปที่ 11) อีกทั้งไม่ได้มีผลมาจากปริมาณซิลิกาที่ปลดปล่อยออกจากแกลบโดยเซลลูเลส (end product inhibition) ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองที่ 4.1.3 และรูปที่ 12 ได้แสดงให้เห็นว่า แม้จะใช้ซิลิกาในปริมาณสูงถึง 0.1% (w/v) แอคติวิตีของเอนไซม์ก็ยังไม่ได้ลดลงมากนัก

จากการที่แกลบยังมีส่วนประกอบของโลหะและอิออนอื่น ๆ เช่น K^{+}, Al^{3+}, Mg^{2+}, Fe^{3+} และ Ca^{2+} (Khane และคณะ, 1984) และจากการรายงานของ Mandel และ Reese 1963 ที่ว่าโลหะหนัก Ag, Hg, Ca, Fe, Zn, Al, Cu, Cd, K, Na, และ Co มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสได้ที่ปริมาณต่ำ ๆ คือ 10^{-3} โมลหรือน้อยกว่า จึงอาจเป็นไปได้ว่าการลดลงของแอคติวิตีของเซลลูเลสนั้น อาจมีผลจากการยับยั้งโดยโลหะและอิออนที่อยู่ในแกลบได้ ตามที่ทราบกันว่า EDTA. ซึ่งเป็นสารจำพวก chelating สามารถจับธาตุไดวาเลนท์แคทอิออนได้ เมื่อเติม EDTA. ในระบบทดลอง ดังผลการทดลองที่ 4.1.4 และรูปที่ 13 พบว่า EDTA. สามารถทำให้เอนไซม์ในระบบคงตัวได้ในระดับหนึ่งคือประมาณ 70% ของระดับเริ่มต้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นไดวาเลนท์แคทอิออนจึงน่าจะมีบทบาทในการยับยั้งการลดลงของแอคติวิตีของเซลลูเลสนี้ ซึ่งโดยทั่วไปการยับยั้งโดยโลหะมักจะเป็นแบบ non-competitive inhibition (York, 1992)

เป็นที่ทราบกันว่าการทำงานของเอนไซม์ต้องการ cofactor เช่น Mg^{2+} ดังนั้นสาเหตุที่เมื่อเติม EDTA. ลงไป แล้วยังไม่สามารถทำให้แอคติวิตีของเซลลูเลสคืนกลับเป็น 100% หรือใกล้เคียงนั้น อาจมีสาเหตุว่า Mg^{2+} ในระบบถูกดึงออกโดย EDTA. ด้วยก็ได้ จึงได้ทดลองเติม Mg^{2+} ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในระบบ เมื่อเปรียบเทียบผลกับระบบที่ไม่ได้มีการเติม (รูปที่ 14) ซึ่งไม่ปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญให้เห็นดังนั้นปัญหาดังกล่าวจึงตัดทิ้งไปได้

สำหรับปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งคาดว่าน่าจะมีผลต่อการลดลงของแอคติวิตีคือ ปัญหาของการดูดซับของเอนไซม์ ดังจะเห็นได้ในรูปที่ 15 เมื่อทำการทดลองโดยจับเวลาที่ถี่เข้า พบว่าภายใน 1 ชม. แอคติวิตีของเซลลูเลสจะมีการลดลงซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Mandel และ Reese (1963) ที่รายงานว่าปัจจัยที่สำคัญของการลดประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยวัสดุทางการเกษตร เนื่องจากปฏิกิริยาการดูดซับ (Adsorption) ของเอนไซม์กับลิกนินและเซลลูโลส อันเป็นส่วนประกอบหลักของวัสดุทางการเกษตร และ Oshima (1990) ที่ได้รายงานว่าลิกนินและเซลลูโลสในส่วนที่เตรียมผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ภายใต้ความดันจะดูดซับเซลลูเลสไว้ทำให้แอคติวิตีลดลงกว่าที่ควรจะได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ แอคติวิตีที่ลดลงจะลดลงทั้งในรูปเอกโซกลูคาเนสและเอนโดกลูคาเนส (Oshima,1991) อีกทั้งสามารถพบเหตุการณ์เดียวกันในการย่อยเซลลูโลสชนิดไมโครคริสตัลไลน์ด้วย (Converse และคณะ ,1988)

การศึกษาเพื่อลดผลการดูดซับนี้ กระทำโดยวิธี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการสั่นด้วยเครื่องเสียงความถี่สูง และการใช้สารลดแรงตึงผิว (ทวีน 80) ในกรณีแรกซึ่งเป็นวิธีทางกายภาพนั้นไม่ปรากฏการเพิ่มขึ้นของแอคติวิตีนัก ในขณะที่กรณีหลังนั้นสามารถเพิ่มแอคติวิตีของเอนไซม์ที่ 24 ชม. อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่าแอคติวิตีของเซลลูเลสลดลงเพียง 19% ของแอคติวิตีเริ่มต้นและค่อนข้างคงที่ตลอดเวลาการย่อย (4 วัน) ทำให้สามารถปรับปรุงการทำงานของระบบให้ดีขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับระบบเริ่มต้น (ลดลง 30% หลังการย่อย 1 วัน จนเกือบเป็นศูนย์ ที่วันที่ 4)

เมื่อทำการตรวจสอบปริมาณโปรตีน ซึ่งส่วนหนึ่งจะเป็นเอนไซม์ในส่วนของเหลวของการย่อยในกรณีที่เติมทวีน 80 ลงไปพบว่ามีปริมาณโปรตีนปลดปล่อยออกมาในส่วนน้ำใสมากกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย จากผลการทดลองนี้อาจเป็นไปได้ว่าภายในโครงสร้างของแกลบบางส่วนนั้น อาจมีความไม่ชอบน้ำอยู่ ในลักษณะเช่นนี้เอนไซม์บางส่วนอาจถูกกักไว้ภายใน ซึ่งการใช้แรงกลหรือการเติมน้ำเพิ่มลงไป (ข้อการทดลองที่ 4.1.9) ต่างไม่มีผลต่อการเพิ่มแอคติวิตีของเอนไซม์ แต่เมื่อเติมสารลดแรงตึงผิวลงไป จะสามารถลดความไม่ชอบน้ำนี้ลงและไล่ที่เอนไซม์ออกมาจำนวนหนึ่ง โดยปฏิกิริยานี้มีความสัมพันธ์ กับปริมาณของทวีน 80 ที่ใช้จนถึงที่ระดับ 0.1% (v/v) หลังจากนั้นจะไม่สามารถปลดปล่อยเอนไซม์ที่ถูกกักเพิ่มออกมา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Castanon และ Wilke (1981) ที่ใช้ ทวีน 80 ปริมาณ 0.1% (v/v) ในการย่อยกระดาษหนังสือพิมพ์ ที่พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการย่อยขึ้น 33% ตอนจนรายงานของ Estrada และคณะ (1988) ที่พบว่าการใช้ทวีน 20 ในปริมาณ 1%(v/v) ในการย่อยฟาง

ข้าวสาลีสามารถเพิ่มแอคติวิตีของเอนไซม์ได้ 32.7%

สำหรับแอคติวิตีที่ยังคงไม่สามารถปลดปล่อยออกมาได้นั้น อาจเป็นเพราะว่ามีการจับยึด โดยวิธีอื่น เช่น ผลจากประจุ (ionic interaction) ทั้งนี้เนื่องจากทวีน 80 เป็นนอนไอออนนิค ดีเทอร์เจนท์ จึงให้ผลการปลดปล่อยออกในแง่ของความไม่ชอบน้ำเท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อการจับตัวของประจุแต่อย่างไร

เมื่อทดลองเตรียมแกลบด้วยวิธีต่าง ๆ อันได้แก่ การใช้กรดและการ autoclave (121°ซ.) ที่เวลาต่าง ๆ การต้ม เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าการใช้กรดให้ผลการปลดปล่อยน้ำตาลรีดิวซ์ดีที่สุด เมื่อย่อยด้วยเซลลูเลสภายใต้สภาวะมาตรฐาน (รูปที่ 21 และตารางที่ 12) ในการทดลองนี้ไม่ได้ใช้วิธีแปรรูปแกลบด้วยการใช้ด่างแม้ว่าสุภาพร 2536 ได้รายงานว่าการย่อยแกลบที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1.0% จะให้ผลการย่อยที่สูงที่สุดกว่าการปรับสภาพด้วยวิธีอื่น ทั้งนี้เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาการที่โซเดียมอิออน (Na^+) อาจรวมตัวกับซิลิกาทำให้ซิลิกาอยู่ในรูปที่ทำให้บริสุทธิ์ยาก และนอกจากนั้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ยังก่อการชะออก (leaching) ของซิลิกาในแกลบได้อย่างสูงอีกด้วย (อุไรวรรณ,2535) (Conradt,1992)

การผลิตเซลลูเลสจาก Trichoderma reesei TISTR 3081 ในอาหารผลิตเอนไซม์ (Mendel และ Weber, 1969) ที่ใช้เอวิเซลเป็นแหล่งเซลลูโลส รานี้ให้แอคติวิตีของเอนไซม์ของ total cellulase, FPase, exoglucanase (C_1) endo-glucanase (C_x) และ beta-glucosidae เท่ากับ 7.40, 0.935, 0.152, 0.418, และ 0.029 หน่วยต่อมล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูเลสที่ผลิตได้จากรา Trichoderma reesei QM 9414 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์สูงโดยมีค่า FPase เท่ากับ 1.5 หน่วย/มล.จึงนับได้ว่า การผลิตเอนไซม์จาก T. reesei.TISTR 3081 นั้นได้ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่สูงพอสมควร

เมื่อนำส่วนน้ำเลี้ยง T. reesei ซึ่งมีเอนไซม์เซลลูเลสอยู่ด้วย มาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแกลบ พบว่าอุณหภูมิที่ให้ผลดีที่สุด ที่ทดสอบคือ 40°ซ. โดยปลดปล่อยน้ำตาลรีดิวซ์ 0.782 มก.ต่อมล. ภายใน 24 ชม. ส่วนที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.) ก็ให้ผลในระดับที่ไม่ต่างกันนัก (รูปที่ 30) และเอนไซม์สามารถทำงานได้ดีในช่วง pH 4.2-5.0 และให้ผลดีที่สุดใน ช่วง 4.6-4.8 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Iwasaki และคณะ (1965) และเอกสาร

เอนไซม์เซลลูเลส บริษัทโนโวอินดัสตรีส์ที่ว่าเอนไซม์เซลลูเลสจาก T. reesei จะทำงานได้ดีในช่วง 4.6-5.0

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยแกลบของเอนไซม์ที่ผลิตกับเอนไซม์เซลลูคลาสต์ 1.5 แอล ที่ใช้ปริมาณแอคติวิตีเอนไซม์เท่ากันในสภาวะการย่อยเช่นเดียวกัน ประสิทธิภาพในการย่อยแกลบของเอนไซม์ทั้งสองให้น้ำตาลรีดิวซ์ที่ปลดปล่อยออกมาใกล้เคียงกันมาก เพียงแต่เอนไซม์ที่ผลิตขึ้นจาก T. reesei จะมีเสถียรน้อยกว่าเอนไซม์เซลลูคลาสต์ 1.5 แอล โดยค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ลดลงในวันที่ 3-5 ของการย่อย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเอนไซม์ทางการค้านั้นมีการเติมสารที่รักษาสภาพ (stabilizer) ร่วมด้วย จึงทำให้มีความเสถียรสูงกว่า

ลักษณะของแกลบและซิลิกาหรือเถ้าแกลบ

ในการประเมินคุณภาพของแกลบที่ได้โดยวิธีต่าง ๆ ปัจจัยหลัก ๆ ที่ใช้เป็นเกณฑ์การพิจารณาได้แก่ ลักษณะปรากฏ, ลักษณะสัมผัส, ปริมาณซิลิกา และพื้นที่จำเพาะ ลักษณะภายนอกของแกลบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ สีของแกลบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดจะมีสีที่เข้มคล้ำเป็นสีน้ำตาลแก่ โดยความเข้มของสีจะแปรผันตามความเข้มข้นของกรดที่ใช้ ส่วนแกลบที่ผ่านการปรับสภาพโดยไม่ใช้กรด จะมีสีอ่อนกว่ามาก นอกจากนี้ยังพบว่าแกลบที่ผ่านการ autoclave (121°ซ.) จะให้สีที่เข้มกว่าแกลบต้มและแกลบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเอนไซม์ ส่วนลักษณะสัมผัสของแกลบนั้นพบว่า การปรับสภาพด้วยกรดจะได้แกลบที่มีลักษณะเปราะและให้น้ำหนักแกลบที่เหลือหลังการปรับสภาพต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ ส่วนวิธีการต้ม autoclave และการใช้เอนไซม์จะให้ปริมาณของแกลบที่เหลืออยู่ใกล้เคียงกันที่สูงกว่าวิธีการใช้กรด

สมบัติของซิลิกาหรือเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแกลบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ความขาวและปริมาณซิลิกาของเถ้าแกลบจะสอดคล้องกัน โดยการใช้กรดจะได้เถ้าแกลบที่มีความขาวและปริมาณซิลิกาที่สูง แปรตามความเข้มข้นของกรด การใช้เอนไซม์ร่วมในการปรับสภาพ ทำให้ได้เถ้าแกลบที่มีความขาวและปริมาณซิลิกาสูงขึ้น ส่วนวิธีการปรับสภาพที่ไม่ใช้กรดด้วยกันนั้น การ autoclave 121 °ซ 2 ชม.ร่วมกับการใช้เอนไซม์ ให้ผลดีที่สุด แต่ก็ยังไม่ดีเท่าการใช้กรดร่วมกับเอนไซม์ และยังพบว่าการใช้เอนไซม์ร่วมในการปรับสภาพ ทำให้ได้เถ้าแกลบที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงขึ้นอีกด้วย

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 18 และ 19 มาพิจารณาร่วมกันจะสรุปได้ว่าแกลบที่ผ่านการแปรสภาพจะมีการลดลงของมวล น้ำหนักของเถ้าหลังการเผา และเพิ่มความขาวของ

ซิลิกาที่ได้ ทั้งนี้พบว่า การปรับสภาพด้วย การต้ม และ autoclave ให้ผลใกล้เคียงกัน ส่วนปรับสภาพด้วยกรดให้ผลดีกว่าทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมา เมื่อพิจารณาถึงตารางที่ 19 จะเห็นว่าในกรณีที่ไม่มีการใช้เอนไซม์ สีของเถ้าจะเป็นสีเทา และมีเม็ดสีน้ำตาลอยู่ แต่จะไม่พบเม็ดสีน้ำตาลดังกล่าว ในกรณีที่ใช้กรดหรือเซลลูเลสเพิ่ม ซึ่งอธิบายได้ว่า การปรับสภาพด้วยการต้ม และ autoclave เป็นวิธีทางกายภาพอาจมีการปลดปล่อยของเซลลูโลสมาออกในรูปเม็ดสีน้ำตาล ส่วนการปรับด้วยกรดหรือการเติมเพิ่มด้วยเซลลูเลสนั้น เซลลูโลสในแกลบจะถูกสลายตัวไปโดยปฏิกริยาทางเคมี และเอนไซม์ จึงไม่ปรากฏเม็ดสีนั้น ตลอดจนเถ้าแกลบจะมีสีขาวขึ้น สำหรับน้ำหนักแกลบและเถ้าที่หายไปตลอดจนความขาวของเถ้านั้น จะขึ้นอยู่กับวิธีการปรับสภาพ การใช้เอนไซม์ตลอดจนความเข้มข้มของกรด หรือระยะเวลาการปรับสภาพ และการใช้เอนไซม์เซลลูเลสนั้นสามารถลดปริมาณการใช้กรดในการปรับสภาพได้ ดังเช่นการใช้กรดที่ 1:5 ร่วมกับเอนไซม์จะให้สมบัติที่พอ ๆ กับ การปรับสภาพด้วยกรดที่สัดส่วน 1:4 โดยปริมาณซิลิกาที่ได้เท่ากันคือ 99.8 % ท้ายที่สุดพบว่าเซลลูเลสที่สร้างจาก T. reesei. นั้นทำงานได้ดีพอ ๆ กับ เซลลูคลาสต์ 1.5 L

ตารางที่ 22 ลักษณะของแกลบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ และซิลิกาที่ได้

วิธีการเตรียมแกลบ	แกลบ		ซิลิกา	
	สี	ลักษณะสัมผัส	% (โดยน้ำหนัก)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) ($m^2./g$)
แกลบดิบ	เหลืองแกมน้ำตาลอ่อน	แข็ง, เปราะน้อยมาก	93.8 , 93.2	107. ± 2.47
แกลบดิบ ; เซลลูคลาสต์	เหลืองแกมน้ำตาลอ่อน	แข็ง, เปราะน้อยมาก	94.8 , 95.3	131 ± 3.27
แกลบต้ม	เหลืองแกมน้ำตาลเข้ม	แข็ง, เปราะเล็กน้อย	95.2 , 94.0	124 ± 1.52
แกลบต้ม ; เซลลูคลาสต์	เหลืองแกมน้ำตาลเข้ม	แข็ง, เปราะเล็กน้อย	96.3 , 95.7	131 ± 0.94
แกลบ autoclave (121 °ซ)	เหลืองแกมน้ำตาลเข้ม	แข็ง, เปราะเล็กน้อย	96.3 , 93.9	121 ± 2.45
แกลบ autoclave (121 °ซ); เซลลูคลาสต์	เหลืองแกมน้ำตาลเข้ม	แข็ง, เปราะเล็กน้อย	96.3 , 95.9	145. ± 4.34
แกลบ HCl (1:4)	น้ำตาลเข้มมาก	เปราะมาก	99.8 , 98.8	178 ± 8.45
แกลบ HCl (1:5)	น้ำตาลเข้ม	เปราะปานกลาง	97.6 , 97.2	132 ± 1.51
แกลบ HCl (1:5) ; เซลลูคลาสต์	น้ำตาลเข้ม	เปราะปานกลาง	99.8 , 99.8	178 ± 2.47
แกลบ HCl (1:5) ; เอนไซม์จาก T. reesei	น้ำตาลเข้ม	เปราะปานกลาง	99.8 , 99.7	185 ± 3.42
แกลบ HCl (1:6)	น้ำตาล	เปราะปานกลาง	95.8 , 95.3	131 ± 3.47
แกลบ HCl (1:6); เอนไซม์เซลลูคลาสต์	น้ำตาล	เปราะปานกลาง	97.4 , 93.1	194 ± 1.87

สรุปผลการทดลอง

1. การย่อยแกลบด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

1.1 ปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยแกลบของเอนไซม์ลดลง มีผลจากการดูดซับ (adsorption) ระหว่างแกลบในส่วนของชั้นลิกนินและเซลลูโลสกับเอนไซม์ และเกิดจาก

โลหะและอิออนที่ปนเปื้อนมากับแกลบยับยั้งการทำงานของเซลลูเลส

1.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพในการย่อยแกลบของเอนไซม์ให้ดีขึ้น โดยการ chelate ไดวาเลนท์อิออนด้วย EDTA. ในปริมาณ 0.02% (w/v) จะเพิ่มค่าแอคติวิตีเอนไซม์ได้ 20.25% การแก้ไขการเกิดปฏิกิริยาการดูดซับของเอนไซม์กับแกลบด้วยการเติมสารลดแรงตึงผิว ทวีน 80 ปริมาณที่เหมาะสม 0.1% (v/v) สามารถเพิ่มแอคติวิตีเอนไซม์สูงขึ้น 2.84 เท่า และเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยแกลบขึ้น 2.5 เท่า

1.3 การย่อยแกลบที่ผ่านการปรับสภาพ ด้วยวิธีต่าง ๆ ประสิทธิภาพในการย่อยแกลบที่ดีสุดคือ แกลบที่เตรียมด้วยกรด ติดตามด้วย การ autoclave 2 ชม., 1 ชม., และ1/2 ชม., การต้มเป็นเวลา 6 ชม., 3 ชม. โดยการย่อยแกลบ autoclave 2 ชม. สามารถปลดปล่อยน้ำตาลรีดิวซ์เป็น 83.3% ของแกลบที่เตรียมด้วยกรด

1.4 ภาวะเหมาะสมใช้ในการย่อยแกลบสำหรับผลิตซิลิกา คือ อัตราส่วนของแกลบ 9 กรัม ต่อน้ำขจัดอิออน 100 มล. EDTA. 0.02% (w/v) ทวีน 80 0.1% (v/v) ความเป็นกรดด่าง 4.5-4.8 ปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส 0.16% (v/v) ที่อุณหภูมิห้องภายใต้การเขย่าในขวดแก้วรูปกรวย ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที

2. เอนไซม์เซลลูเลสจาก Trichoderma reesei TISTR 3081

2.1 การผลิตเอนไซม์เซลลูเลส จากรา Trichoderma reesei. TISTR 3081 ในอาหารผลิตเอนไซม์ (Mendel และ Weber, 1969) ที่ใช้เอวิเซลเป็นแหล่งเซลลูโลส โดยใช้ชิ้นราเป็นกล้าเชื้อ ปริมาณ 5 ชิ้นต่ออาหารผลิต 100 มล. ภายใต้การเขย่า 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน ให้ปริมาณเอนไซม์คือ total cellulase, FPase exo-glucanase, endo-glucanase, beta-glucosidase เท่ากับ 7.40, 0.935, 0.152, 0.418, และ 0.029 หน่วยต่อมล. ตามลำดับ

2.2 เอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตได้จาก T. reesei สามารถย่อยแกลบได้ดีในช่วง pH 4.6-4.8 และประสิทธิภาพในการย่อยแกลบที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.) ให้ผลดีใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 40°ซ. และประสิทธิภาพในการย่อยแกลบเทียบกับเอนไซม์ทางการค้าให้ประสิทธิภาพในการย่อยได้น้ำตาลรีดิวซ์ที่มีค่าใกล้เคียงกันเพียงแต่เอนไซม์ที่ผลิตมีความเสถียรน้อยกว่า

3. คุณสมบัติของเถ้าแกลบ หรือซิลิกาที่ผลิตได้จากแกลบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ

3.1 ซิลิกาหรือเถ้าแกลบที่ได้จากการปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่าวิธีการใช้กรดปรับสภาพแกลบ จะให้ซิลิกาที่มีความขาว ปริมาณซิลิกาและค่าพื้นที่ผิวจำเพาะที่มีค่าสูงกว่าวิธีอื่น ๆ การใช้เอนไซม์ร่วมกับวิธีในการปรับสภาพแกลบทำให้ได้ซิลิกาที่มีความขาว ปริมาณซิลิกา(ความบริสุทธิ์)

และค่าพื้นที่ผิวจำเพาะมีค่าสูงเพิ่มขึ้นอีก โดยสามารถใช้ร่วมกับการปรับสภาพกับกรด HCl ที่มีความเข้มข้นน้อยลง (HCl 1:5) ทำให้ได้ซิลิกาคุณสมบัติดีเท่ากับการใช้กรดเข้มข้น (HCL 1:4) และเป็นวิธีที่ให้ปริมาณซิลิกาในเถ้าแกลบที่สูงที่สุด และในระหว่างวิธีการปรับสภาพแกลบโดยไม่ใช้กรดด้วยกัน พบว่าการ autoclave (121°ซ.) 2 ชม. ร่วมกับการใช้เอนไซม์จะได้ซิลิกาที่มีคุณภาพดีที่สุด

3.2 การใช้เอนไซม์เซลลูเลสจาก T. reesei TISTR 3081 ในการปรับสภาพแกลบจะให้ซิลิกาที่มีคุณสมบัติที่ดีเหมือนกับการใช้เอนไซม์เซลลูเลสทางการค้าและวิธีการใช้เอนไซม์ร่วมในการผลิตซิลิกาจะช่วยรักษาปริมาณของซิลิกาได้สูงกว่า โดยไม่ละลายเอาซิลิกาออกไปมากเท่ากับการใช้กรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย