บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี

การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลส ทำได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเซลลูเลส ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สองวิธีด้วยกัน คือ Dinitrosalicylic method (DNS method) (Ghose, 1987) และ Somogyi-Nelson method (Somogyi, 1951) ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย Guma Teixeira และ Mota (1991) ใช้วิธี Somogyi-Nelson method ในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของเอนโดกลูคาเนส (CMCase) Deng และ Tabatabai (1994) ใช้วิธี Somogyi-Nelson method วัดเซลลูเลสแอกทิวิตีจากดิน Gadgil และคณะ (1995) ใช้วิธี DNS method ในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของ *T. reesei* Domingues และคณะ (2000) ใช้วิธี DNS method ในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี (FPA) จากเชื้อรา *T. reesei* Rut C-30 ที่เลี้ยงในสภาวะต่างๆ เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของ *T. reesei* Rut C-30 Arja และ Pirkko (2002) ใช้วิธี DNS method ในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี (FPA) จากเชื้อรา *T. reesei* VTT-D-7915 เพื่อนำเซลลูเลสไปใช้ในการฟอกผ้าฝ้าย Breuil Mayers และ Saddler (2004) ใช้วิธี DNS และ Somogyi-Nelson method ในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของ β-กลูโคซิเดส ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากอาหารเลี้ยงเชื้อ (cultrue filtrates) ของ *T. harzianum* E58 *T. reesei* CL 847 และ *Penicillium sp.* C 462 Liming และ Xuelieng (2004) ใช้วิธี DNS method ในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีจากเซลลูเลสที่ผลิตได้จาก *T. reesei* ZU-02 โดยใช้ข้าวโพดเป็นซับเสตรท

5.1.1 การวิเคราะห์เซลลูเลสแอกทิวิตีแบบปกติ

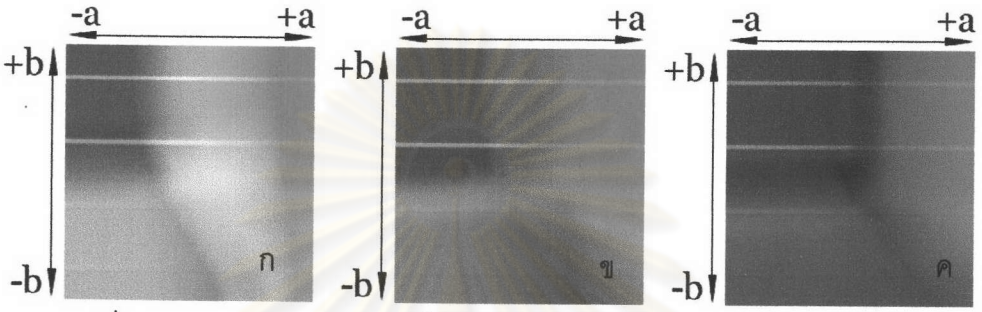
วิธี DNS Method เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สะดวกและรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดคือ เป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลริดิวซ์ที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 μg เท่านั้น เนื่องจากสารละลาย DNS มีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับโอลิโกโพลีแซคคาไรด์ (oligopolysaccharide) ได้ดีกว่าน้ำตาลรีดิวซ์โมเลกุลเดี่ยว (Jeffries, Yang and Davis, 1998; Sengupta, Jana and Naskar, 2002) ดังนั้นถ้าตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่า 100 μg จะไม่สามารถใช้วิธีนี้ในการวิเคราะห์ได้ (Wood and Bhat, 1988) และนอกจากนี้ยังสามารถถูกรบกวนจากปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น ความเข้มข้นของซับสเตรท ความบริสุทธิ์ของเอนไซม์ อุณหภูมิที่ใช้

ในการบ่ม ทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่แม่นยำเท่าที่ควร (River *et al.*, 1984) โดย Jeffries Yang และ Davis (1998) ได้ทำการวิจัยพบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method จะให้ค่าปริมาณน้ำตาลที่สูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากสารละลาย DNS จะสามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้ดีกับโอลิโกแซคคาไรด์มากกว่าน้ำตาลรีดิวซ์โมเลกุลเดี่ยว ส่วนการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method เป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 5-100 μg เท่านั้น (Wood and Bhat, 1988) แม้ว่าจะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่สะดวกน้อยกว่าการวิเคราะห์โดยวิธี DNS method แต่เป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูงกว่าวิธี DNS method (Breuil and Saddler, 1985) การคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยปกตินิยมใช้วิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี (spectrophotometry) ซึ่งเป็นการวัดค่าสีของสารละลายโดยใช้วิธีวัดการส่งผ่านของแสง (transmitted) ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง ซึ่งวิธี DNS method จะอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm เนื่องจากสารละลาย 3,5-Dinitrosalicylic acid เมื่อเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์จะเกิดเป็น 3-amino,5-nitrosalicylic acid ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm ได้มากที่สุด (Ghose, 1987) และวิธี Somogyi method จะอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์และ arsenomolybdate กับน้ำตาลรีดิวซ์เกิดเป็นสารละลายที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ได้มากที่สุด (Somogyi, 1951)

ในการทดลองนี้ได้นำเอาระบบประมวลผลทางภาพ (image processing technique) เข้ามาใช้ในการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลส โดยการใช้กล้องดิจิตอลในการบันทึกภาพสารละลายที่ผ่านการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method และ Somogyi-Nelson method โดยถ่ายรูปภายในกล่องควบคุมสภาพแสง จากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้มาแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในระบบ CIE ให้ค่าสัมประสิทธิ์สี La*b* โดยใช้โปรแกรม DIB color measurement software จากนั้นเลือกค่าสัมประสิทธิ์สี a* นำมาใช้ในการวัดค่าสีและคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สี a* มีช่วงสีที่อยู่ในช่วงสีเขียว (-) และแดง (+) ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method และ Somogyi-Nelson method เนื่องจากการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธี DNS method จะให้สีของสารละลายเป็นสีเหลือง-น้ำตาลแดงตามความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และวิธี Somogyi-Nelson method จะให้สีของสารละลายอยู่เป็นสีเหลือง-เขียวมะกอกตามความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์

การใช้ระบบประมวลผลทางภาพเข้ามาใช้ในการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลส พบว่ามีข้อดี คือ ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย เช่น กล้องดิจิทัล (digital camera) กล่องควบคุมสภาพแสง (digital image box) โปรแกรม DIB color measurement

software ที่สามารถใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ทุกระบบปฏิบัติการ 98 / XP / MAC / Linux เป็นต้น อุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ ล้วนแต่มีราคาต่ำกว่าเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่เป็นเครื่องมือในการวัดสีที่มีราคาสูง และต้องการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่อง รวมถึงต้องการผู้ใช้ที่มีความชำนาญ ดังนั้นการใช้ระบบประมวลผลทางภาพเข้ามาวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลส จะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับชุมชน หรือนำไปใช้กับการวัดแอกทิวิตีของเอนไซม์ชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย



รูปที่ 5.1 ระบบสี CIE La*b* (ที่มา : Wikipedia)

ก. ค่าสัมประสิทธิ์ a* และ b* ที่ระดับความสว่าง (Luminance) 75%

ข. ค่าสัมประสิทธิ์ a* และ b* ที่ระดับความสว่าง (Luminance) 50%

ค. ค่าสัมประสิทธิ์ a* และ b* ที่ระดับความสว่าง (Luminance) 25%

5.1.1 การวิเคราะห์เซลลูเลสแอกทิวิตีแบบย่อส่วน

การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีย่อส่วน เป็นการลดปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลง 5 เท่า โดยการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์วิธี DNS method มีการปรับลดปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลงดังตารางที่ 5.1 และการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method มีการปรับลดปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 การปรับลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method

	แบบปกติ	**แบบย่อส่วน**
0.05M citrate buffer pH 4.8	1.0 ml	0.2 ml
Whatman filter paper No.1	1x6 cm	1x1.2 cm
Cellulase/Glucose (Standard)	0.5 ml	0.1 ml
DNS	3.0 ml	0.6 ml
น้ำกลั่น	20 ml	4.0 ml

การปรับลดการใช้ปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลงในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method พบว่ามีข้อดีคือ 1) ลดเวลาที่ใช้ในการทดลอง 2) ลดขนาดพื้นที่และขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และประโยชน์ที่สำคัญคือ 3) ลดปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลง ทำให้ลดต้นทุนในการวิจัยลงได้ โดยเฉพาะสารละลาย DNS ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมที่ค่อนข้างลำบาก อีกทั้งยังใช้สารเคมีบางชนิดที่มีพิษ ได้แก่ 1) 3,5-Dinitrosalicylic acid ที่มีฤทธิ์กัดกร่อน มีพิษต่อระบบหายใจ และระบบผิวหนัง และ 2) Phenol ที่มีพิษรุนแรงต่อระบบผิวหนัง ระบบหายใจ และมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง การลดปริมาณการใช้สารเคมีเหล่านี้ลง นอกจากจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายแล้ว ยังลดการปนเปื้อนสารเคมีในแหล่งน้ำได้อีกด้วย

ตารางที่ 5.2 การปรับลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method

	แบบปกติ	**แบบย่อส่วน**
0.05M citrate buffer pH 4.8	1.0 ml	0.2 ml
Whatman filter paper No.1	1x6 cm	1x1.2 cm
Cellulase/Glucose (Standard)	0.5 ml	0.1 ml
Alkaline copper reagent	0.5 ml	0.1 ml
Arsenomolybdate	1.0 ml	0.2 ml
น้ำกลั่น	5 ml	1 ml

การปรับลดการใช้ปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลงในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method พบว่ามีข้อดีคือ 1) ลดเวลาที่ใช้ในการทดลอง 2) ลดขนาดพื้นที่และขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และประโยชน์ที่สำคัญคือ 3) ลดปริมาณการใช้สารเคมีต่างๆ ลง เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธี Somogyi-Nelson method มีขั้นตอนการเตรียมที่ค่อนข้างลำบากและยุ่งยาก ดังนั้นการลดปริมาณการใช้สารเคมีลงจะทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์มากขึ้น และนอกจากนี้ยังเป็นการลดการปนเปื้อนของสารเคมีที่เป็นพิษลงในแหล่งน้ำอีกด้วย เช่น 1) Copper sulfate ($CuSO_4$) ที่มีความเป็นพิษต่อระบบหายใจ ระบบผิวหนัง ระบบประสาท และเป็นพิษอย่างมากต่อแหล่งน้ำ LC50 (L. macrochirus) : 0.7 - 1.1 mg/l 2) Sulfuric acid (H_2SO_4) มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง มีความเป็นพิษสูงต่อระบบหายใจ ระบบผิวหนัง และอาจทำให้เกิดมะเร็งได้

5.2 เปรียบเทียบการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีระหว่างการวิเคราะห์โดยระบบประมวลผลทางภาพและการวิเคราะห์โดยระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี

5.2.1 การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบปกติ

จากกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน ที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบปกติโดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี (รูปที่ 4.1) และระบบประมวลผลทางภาพ (รูปที่ 4.3) พบว่าทั้งสองวิธีสามารถวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานได้ใกล้เคียงกันมาก โดยกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบสเปคโตรโฟโตเมเทรีมีสมการคือ Y = 0.592X และกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพมีสมการคือ Y = 1.497X-14.323 ซึ่งการที่สมการน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพมีค่าจุดตัดแกน Y เป็น (-) นี้เนื่องมาจากน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่มีค่าสัมประสิทธิ์สี a* อยู่ในช่วง (-) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สี a* ที่อยู่ในช่วง (-) นี้เป็นช่วงที่บ่งบอกถึงค่าสีเขียว ถ้าค่า a* เป็น (-) มากจะมีสีเขียว และถ้าค่า a* เป็น (-) น้อยลงจนเข้าใกล้ 0 จะมีค่าเป็นสีเหลือง (รูปที่ 5.1) ดังนั้นในการวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานโดยวิธี DNS method น้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่ำจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ a* เป็น (-) มาก และน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ความความเข้มข้นสูงจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ a* เป็น (-) น้อย (เข้าใกล้ 0) ดังนั้นจึงทำให้กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่วิเคราะห์โดยวิธี DNS method มีค่าจุดตัดแกน Y เป็น (-) และจากการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยวิธี DNS method แบบปกติระหว่างวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี และระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสทั้งสองวิธี ให้ค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสได้ โดยยังคงได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว

5.2.2 การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติ

จากกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน ที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติโดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี (รูปที่ 4.5) และระบบประมวลผลทางภาพ (รูปที่ 4.7) พบว่าทั้งสองวิธีสามารถวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานได้ใกล้เคียงกันมาก โดยกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบสเปคโตรโฟโตเมเทรีมีสมการคือ Y = 2.7612X และกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพมีสมการคือ Y = -17.449X-1.2899 ซึ่งการที่สมการน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพมีค่าจุดตัดแกน Y และความชันเป็น (-) นี้เนื่องมาจากน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่มีค่า

สัมประสิทธิ์สี a* อยู่ในช่วง (-) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สี a* ที่อยู่ในช่วง (-) นี้เป็นช่วงที่บ่งบอกถึงค่าสีเขียว ถ้าค่า a* เป็น (-) มากจะมีสีเขียว และถ้าค่า a* เป็น (-) น้อยลงจนเข้าใกล้ 0 จะมีค่าเป็นสีเหลือง (รูปที่ 5.1) ดังนั้นในการวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานโดยวิธี Somogyi-Nelson method น้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่ำจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ a* เป็น (-) น้อย (เข้าใกล้ 0) และน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ความความเข้มข้นสูงจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ a* เป็น (-) มาก ดังนั้นจึงทำให้กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่วิเคราะห์โดยวิธี Somogyi-Nelson method มีค่าจุดตัดแกน Y และความชัน เป็น (-) และจากการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติระหว่างวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี และระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสทั้งสองวิธี ให้ค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสได้ โดยยังคงได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว

5.2.3 การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบย่อส่วน

จากกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน ที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนโดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี (รูปที่ 4.9) และระบบประมวลผลทางภาพ (รูปที่ 4.11) พบว่าทั้งสองวิธีสามารถวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานได้ใกล้เคียงกันมาก โดยกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบสเปคโตรโฟโตเมเทรีมีสมการคือ $Y = 0.5194X$ และกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพมีสมการคือ $Y = 1.4974X-14.825$ ซึ่งการที่สมการน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพนี้มีค่าสอดคล้องกับกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานของการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบปกติ โดยมีค่าความชันที่ใกล้เคียงกันมาก และจากการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนระหว่างวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี และระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสทั้งสองวิธี ให้ค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสได้ โดยยังคงได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว

5.2.4 การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วน

จากกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน ที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วนโดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี (รูปที่ 4.13) และระบบประมวลผลทางภาพ (รูปที่ 4.15) พบว่าทั้งสองวิธีสามารถวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานได้ใกล้เคียงกันมาก โดยกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบสเปคโตรโฟโตเมเทรีมีสมการคือ Y = 2.6633X และกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพมีสมการคือ Y = -22.474X-0.9473 ซึ่งการที่สมการน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานที่ได้จากระบบประมวลผลทางภาพนี้มีค่าสอดคล้องกับกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน ของการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติ โดยมีค่าความชันที่ใกล้เคียงกันมาก และจากการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วนระหว่างวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี และระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสทั้งสองวิธี ให้ค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสได้ โดยยังคงได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว

และนอกจากนี้ยังพบว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลส โดยวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ ให้ค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีที่มีความแปรปรวนน้อยกว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี จึงสรุปได้ว่าการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำมากกว่าการวิเคราะห์โดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี

5.3 เปรียบเทียบการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีระหว่างการวิเคราะห์โดยวิธีปกติและวิธีย่อส่วน

5.3.1 การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method

จากผลการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี DNS method ระหว่างวิธีปกติและวิธีย่อส่วน พบว่าค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.3.2 การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี Somogyi-Nelson method

จากผลการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธี Somogyi-Nelson method ระหว่างวิธีปกติและวิธีย่อส่วน พบว่าค่าเฉลี่ยของเซลลูเลสแอกทิวิตีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้นการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธีย่อส่วน ผ่านระบบประมวลผลทางภาพจึงสามารถนำมาใช้วัดเซลลูเลสแอกทิวิตีได้ เพื่อให้สามารถวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และยังคงได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำ

5.4 สร้างสมการความสัมพันธุ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี และวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ

สมการความสัมพันธุ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรีและวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ คำนวณขึ้นจากการเปรียบเทียบสมการน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานระหว่างวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรีและวิธีระบบประมวลผลทางภาพ ซึ่งสามารถนำสมการนี้มาใช้เป็นแนวทางในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพต่อไป

5.5 สร้างสมการความสัมพันธุ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน

สมการความสัมพันธุ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยวิธีปกติและวิธีย่อส่วน คำนวณขึ้นจากการเปรียบเทียบสมการน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน ระหว่างการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธีปกติและวิธีย่อส่วน ซึ่งสามารถนำสมการนี้มาใช้เป็นแนวทางในการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีแบบย่อส่วนต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย