บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการคัดแยก และตรวจหาบีตาไซโลซิเดสจาก *Streptomyces* spp. ที่แยกได้จากตัวอย่างดินในประเทศไทย โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไซแลนเป็นแหล่งคาร์บอน เพื่อชักนำการสร้างเอนไซม์ พบว่า *Streptomyces* spp. หลายสายพันธุ์สามารถเจริญ และสร้างบีตาไซโลซิเดสได้ดี แต่ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 เป็นสายพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่สามารถสร้างบีตาไซโลซิเดสได้สูงสุดและมีความคงที่ในการสร้างเอนไซม์เมื่อเปรียบเทียบกับ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์อื่นที่แยกได้ในภาวะการตรวจสอบเดียวกัน

เมื่อศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนต่อการสร้างบีตาไซโลซิเดส พบว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 สามารถเจริญ และสร้างบีตาไซโลซิเดสได้ดีในอาหารที่มีไซแลนเป็นองค์ประกอบ แต่เมื่อเปลี่ยนแหล่งคาร์บอนเป็นไซโลสหรือกลูโคส จะทำให้ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ลดลงอย่างมาก แสดงว่าไซโลสและกลูโคสมีผลกดการสร้างบีตาไซโลซิเดสของ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์นี้ ซึ่งคล้ายคลึงกับ *Aspergillus terreus* (Ghosh and Kunda, 1980) *Butyrivibrio fibrisolvens* (Sewell et al., 1988) หรือ *Bacillus circulans* (Ratto et al., 1992) พบว่ากลูโคสมีผลทำให้เกิด catabolic repression เมื่อนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีไซแลนเป็นองค์ประกอบชนิดต่างๆ เช่น กากเมล็ดฝ้าย รำข้าว เปลือกข้าวโพด ที่มีการปรับสภาพบางประการเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ชักนำการสร้างเอนไซม์ของ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 พบว่าการใช้ 4 % กากเมล็ดฝ้ายที่ผ่านการแช่ด่าง เป็นแหล่งคาร์บอน ทำให้มีการสร้างบีตาไซโลซิเดสสูงสุด และถ้าหากเพิ่ม % กากเมล็ดฝ้ายที่ผ่านการแช่ด่างให้มากขึ้นกว่านี้ พบว่าปริมาณเอนไซม์ที่ได้จะต่ำลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากลิกนินบางส่วนที่ยังคงเหลืออยู่ หรือไซโลสที่เกิดจากการย่อยสลายกากเมล็ดฝ้ายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมีผลกดการสร้างเอนไซม์ เนื่องจากไซแลนของกากเมล็ดฝ้ายจะประกอบด้วยไซโลสเท่านั้น (Kusakabe et al., 1977; Biely, 1985)

แต่เมื่อใช้แหล่งคาร์บอนชนิดอื่นเสริมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี 4 % กากเมล็ดฝ้าย ที่ผ่านการแช่ด่างเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าการใช้เปลือกข้าวโพดบดปริมาณ 3 % เสริมลงไปจะทำให้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้นได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากไซแลนที่มีอยู่ในเปลือกข้าวโพดช่วยชักนำการสร้างเอนไซม์ให้เพิ่มขึ้นจากเดิมได้ ซึ่ง กนก รัตนะกนกชัย (2528) ได้รายงานไว้ว่าเปลือกข้าวโพดจะประกอบด้วยเซลลูโลส 41.7-45 % เฮมิเซลลูโลส 37-41.6 % และลิกนิน 10.8-19 % ซึ่งจะเห็นว่ามีระดับของเฮมิเซลลูโลสอยู่ค่อนข้างสูง แต่เมื่อเพิ่ม % เปลือกข้าวโพดบดให้มากกว่านี้ก็ไม่สามารถทำให้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะเปลือกข้าวโพดบดปริมาณสูงทำให้องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อมีความข้นสูง ซึ่งมีผลทำให้การหมุนเวียนของอากาศไม่ทั่วถึง หรืออาจเกิดจากการยับยั้งการสร้างเอนไซม์จากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่ Smith และ Wood (1991b) ได้รายงานไว้ว่าการใช้ ball milled oat straw ปริมาณมากกว่า 3 % ในการเลี้ยง *Aspergillus awamori* จะทำให้ปริมาณบีตาไซโลซิเดสลดลงจาก 3.7 หน่วยต่อมล. เหลือเพียง 3.2 หน่วยต่อ มล. ส่วนการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าให้ผลการชักนำการสร้างเอนไซม์ได้ไม่ดีเท่ากับการใช้กากเมล็ดฝ้ายที่ผ่านการแช่ด่างเป็นแหล่งคาร์บอน นอกจากนั้นการเสริมแกลบ รำข้าว หรือ ฟางข้าว ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี 4 % กากเมล็ดฝ้ายที่ผ่านการแช่ด่างเป็นแหล่งคาร์บอนอยู่แล้วให้ผลไม่ดีเท่ากับการเสริม 3 % เปลือกข้าวโพดบด อาจเนื่องมาจากมีสมบัติไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ และการชักนำการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์เช่น รำข้าว พบว่ามีองค์ประกอบที่เป็นแป้งและเอนโดสเปิร์มของพืชอยู่ในปริมาณสูง แกลบจะมีองค์ประกอบที่เป็นเถ้าถึง 21.1 % โดยองค์ประกอบในเถ้าส่วนใหญ่จะเป็นซิลิกาถึง 87-97 % และอยู่ในรูปสารประกอบร่วมระหว่างเซลลูโลสและซิลิกา ทำให้การย่อยเพื่อนำไปใช้เกิดได้ยาก เป็นต้น (Grist, 1975; Khane, 1984) ซึ่ง Gomes และคณะ (1994) ได้กล่าวไว้ว่าแหล่งคาร์บอนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจะสามารถชักนำการสร้างเอนไซม์ได้มากน้อยเพียงไร จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการเช่น การปรับสภาพวัสดุเหล่านั้นก่อนนำมาใช้ ปริมาณสารยับยั้ง (inhibitor) ปริมาณสารกระตุ้น (activator) ที่มีอยู่รวมถึงพื้นที่ผิว (surface area) ของวัสดุนั้นๆ ด้วย

การศึกษาผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตบีตาไซโลซิเดส ของ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 พบว่า SBH ความเข้มข้น 1 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) ซึ่งมี % ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.4 สามารถทดแทนแหล่งไนโตรเจนชนิดเดิม คือคอร์นสตีพ ลิเคอร์ และ พอลิ

เพปโตนซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรก่อนปรับปรุงได้ดีที่สุด โดยให้ปริมาณเอนไซม์ใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อคิดเป็น % ไนโตรเจนทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดนี้พบว่ามีค่าต่างกันเล็กน้อย โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี SBH เป็นแหล่งไนโตรเจนจะมี % ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.058 ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรก่อนปรับปรุงมี % ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.066 แต่ถ้าเพิ่มปริมาณ SBH ให้มากกว่า 1 % พบว่าปริมาณเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากสารบางอย่างที่เกิดจากการย่อยกากถั่วเหลืองภายใต้ความดันสูง เช่น เฟอร์ฟูรัล ไฮดรอกซีเมทธิลเฟอร์ฟูรัล หรือกรดลีวูลินิค (Dworchaek et al., 1973) มีผลกดการสร้างเอนไซม์ หรือการที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกรดอะมิโนมากเกินไปจะมีผลกดการสร้างเอนไซม์ได้เช่นกัน (Votruba et al., 1987) ส่วนการใช้สารสกัดจากยีสต์หรือเพปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจนพบว่าสามารถทดแทนแหล่งไนโตรเจนชนิดเดิมได้ค่อนข้างดีเช่นกัน อย่างไรก็ตามสารทั้งสองชนิดนี้เป็นสารที่มีราคาค่อนข้างแพง และปริมาณเอนไซม์ที่สร้างขึ้นก็น้อยกว่าการใช้ SBH เป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับการใช้สารสกัดจากมอลท์และ RBH พบว่ามีผลการชักนำการสร้างเอนไซม์ในระดับต่ำ ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในสารทั้งสองชนิดนี้อยู่ในปริมาณน้อยและมีสารที่สามารถกดการสร้างเอนไซม์อยู่ด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหารที่ใช้เลี้ยง Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 ที่เติมสารสกัดจากมอลท์ และ RBH เป็นแหล่งไนโตรเจน 1 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.029 และ 0.0154 % ตามลำดับ อีกทั้งใน RBH ยังมีน้ำตาลรีดิวส์อยู่ถึง 42 % ซึ่งเป็นกลูโคสถึง 31 % และไซโลส 8 % (ศิริลักษณ์ ธีระดากร, 2529) ซึ่งสามารถยับยั้งการสร้างเอนไซม์ของ Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 ได้

ส่วนการใช้แหล่งไนโตรเจนชนิดอนินทรียสาร ทดแทนการใช้แหล่งไนโตรเจนชนิดเดิมที่เป็นคอร์นสตีพ ลิเคอร์ และพอลิเพปโตน พบว่าการใช้ยูเรีย 0.05 % เป็นแหล่งไนโตรเจนซึ่งคิดเทียบเท่าเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.028 สามารถทำให้ Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 สร้างบีตาไซโลซิเดสได้สูงที่สุด ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับที่ Smith และ Wood (1991b) หรือ Ghosh และ Kunda (1980) รายงานไว้ว่ายูเรียสามารถชักนำการสร้างบีตาไซโลซิเดสใน *Aspergillus terreus* และ *A. fumigaus* Fresenius 4-45-IF ได้เป็นอย่างดี ส่วนการใช้แอมโมเนียมซัลเฟต 0.05-0.15 % เป็นแหล่งไนโตรเจนในการเลี้ยง Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 พบว่าสามารถชักนำการสร้างเอนไซม์ได้ดี

เช่นกัน อย่างไรก็ตามระดับเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจากการใช้แหล่งไนโตรเจนชนิดอนินทรียสารก็ยังไม่สูงเท่ากับการใช้ SBH 1 % เป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อสร้างบีตาไซโลซิเดสโดย Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4

ผลของเกลือแร่ต่อการสร้างบีตาไซโลซิเดส ของ Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 พบว่าไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต โปแทสเซียมคลอไรด์ และเฟอรัสซัลเฟต มีผลต่อการเพิ่มการสร้างเอนไซม์ได้บ้างถ้าเติมในอาหารเลี้ยงเชื้อในปริมาณที่เหมาะสม แต่ถ้าปริมาณมากเกินไปก็จะทำให้ปริมาณเอนไซม์ลดลงได้เช่นกัน ซึ่งการที่เกลือแร่ไม่มีผลเด่นชัดต่อการสร้างบีตาไซโลซิเดสของ Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 มากนัก อาจเนื่องมาจากในองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีเกลือแร่หลายชนิดเจือปนอยู่ ดังนั้นจึงยากที่จะสรุปได้ว่า เกลือแร่ชนิดใดจำเป็นต่อการสร้างบีตาไซโลซิเดสของ Streptomyces sp. สายพันธุ์นี้

จากการศึกษาภาวะในการเลี้ยง Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 เพื่อสร้างบีตาไซโลซิเดส พบว่าจุลินทรีย์มีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการสร้างเอนไซม์ได้ในช่วงตั้งแต่ 6.5-11.0 และบ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างบีตาไซโลซิเดสได้ดีที่สุด และการศึกษาระยะเวลาในการสร้างบีตาไซโลซิเดสของ Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 7.0 พบว่าวันที่ 3 ของการเลี้ยง ซึ่งเป็นวันที่จุลินทรีย์เจริญได้สูงสุด จะให้ปริมาณเอนไซม์สูงสุดเช่นกัน จากนั้นปริมาณเอนไซม์จะคงที่ และค่อยๆ ลดลงตามการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งแสดงว่าการผลิตบีตาไซโลซิเดสของ Streptomyces sp.สายพันธุ์ 43-4 สัมพันธ์กับการเจริญของจุลินทรีย์ (growth associate) ส่วนการสร้างไซแลเนส พบว่า ปริมาณไซแลเนสที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับการเจริญของจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับการสร้างบีตาไซโลซิเดส และเมื่อการเจริญเข้าสู่ stationary phase แล้ว ปริมาณเอนไซม์ก็ยังคงสูงขึ้นจนวันที่ 4 ของการเจริญจึงให้เอนไซม์สูงสุด

จากการศึกษาสมบัติของบีตาไซโลซิเดส และไซแลเนสที่สร้างโดย Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่างๆ พบว่าสมบัติของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีค่าใกล้เคียงกับสมบัติของเอนไซม์จาก Streptomyces spp. อื่นๆ ที่แสดงไว้ในบทที่ 1 ตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 9 สมบัติของบีตาไซโลซิเดส และไซแลเนส ที่สร้างโดย Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4

สมบัติของเอนไซม์	บีตาไซโลซิเดส	ไซแลเนส
1. อุณหภูมิที่เหมาะสม	45-50° C	60-65° C
2. ความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม	6.5-7.0	6.0
3. ความเสถียรต่ออุณหภูมิ	เหลือแอคติวิตี 61 % เมื่อบ่มที่ 45° C 30 นาที	เหลือแอคติวิตี 70 % เมื่อบ่มที่ 70° C 30 นาที
4. ความเสถียรต่อความเป็นกรดด่าง	5.5-8.0	4.5-9.0
5. Km	7.14 มิลลิโมลาร์	2.5 มก./มล.

จากการปรับปรุงองค์ประกอบของอาหาร และภาวะในการเลี้ยง Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 พบว่าจุลินทรีย์สามารถสร้างบีตาไซโลซิเดส ได้สูงสุดเท่ากับ 1.53 หน่วยต่อมก.โปรตีน หรือ 1.4 หน่วยต่อมล. ส่วนการสร้างไซแลเนสพบว่าให้แอคติวิตีได้เท่ากับ 9.4 หน่วยต่อมล. ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างบีตาไซโลซิเดสทั้งในหน่วยของ "หน่วยต่อมก.โปรตีน" หรือ "หน่วยต่อมล." ดังในตารางที่ 10 และตารางที่ 11 ส่วนความสามารถในการสร้างไซแลเนสในหน่วยของ "หน่วยต่อมล." แสดงได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 10 แอคติวิตีของบีตาไซโลซิเดสจาก *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 กับจุลินทรีย์อื่นๆ ที่สามารถสร้างบีตาไซโลซิเดสได้ ในหน่วย "หน่วยต่อมก.โปรตีน"

สายพันธุ์จุลินทรีย์	แอคติวิตีจำเพาะ (U/mg)	เอกสารอ้างอิง
Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4	1.53	งานวิจัยนี้
Aspergillus awamori	0.034	Smith และ Wood, 1991b.
Aspergillus awamori	2.88	Tenkanen และคณะ, 1993.
Aspergillus foetidus	4.40	Biely และ Poutanen, 1989.
Aspergillus fumigatus	0.30	Biely และ Poutanen, 1989.
Aspergillus fumigatus	0.50	Viikari และคณะ, 1991.
Aspergillus fumigatus	0.18	Kitpreechavanich และคณะ,1986.
Aspergillus niger	0.10	John และคณะ, 1979.
Aspergillus niger 15	0.16	Rodionova และคณะ, 1983.
Aspergillus oryzae	2.74	Tenkanen และคณะ, 1993.
Aspergillus oryzae	2.625	Biely และ Poutanen, 1989.
Aspergillus oryzae	3.50	Viikari และคณะ, 1991.
Aspergillus terreus	0.43	Biely และ Poutanen, 1989.
Aureobasidium pullulans	0.30	Tenkanen และคณะ, 1993.
Aureobasidium pullulans	0.90	Dobberstein และ Emeis, 1991.
Bacillus circulans	2.736	Ratto และคณะ, 1992.
Clostridium acetobutyricum ATCC824	0.11	Lee และ Forsberg, 1987.
Cryptococcus albidus	0.0218	Biely และคณะ,1980.

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สายพันธุ์จุลินทรีย์	แอคติวิตีจำเพาะ (U/mg)	เอกสารอ้างอิง
Emericella nidulans	0.095	Matsuo และ Yasui, 1984b.
Fibrobacter succinogenes	0.064	Smith และ Forsberg, 1991.
Neurospora crassa	0.0018	Desphande และคณะ, 1985.
Penicillium wortmanni IF07237	4.80	Matsuo และคณะ, 1987.
Shizophyllum commune	0.057	Tenkanen และคณะ, 1993.
Streptomyces lividans 1326	0.37	Kluepfel และคณะ, 1986.
Streptomyces olivochromogenes	0.055	Tenkanen และคณะ, 1993.
Thermomonospora fusca	0.56	Bachmann และ McCarthy, 1989.
Thermomyces lanuginosus	0.003	Gomes และคณะ, 1993a.
Trichoderma lignorum	0.632	Defaye และคณะ, 1985.
Trichoderma reesei	0.66	Poutanen และ Puls, 1988.
Trichoderma reesei	0.64	Tenkanen และคณะ, 1993.
Trichoderma viride	0.437	Matsuo และ Yasui, 1984a.

ตารางที่ 11 แอคติวิตีของบีตาไซโลซิเดสจาก Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 กับจุลินทรีย์อื่นๆ ที่สามารถสร้างบีตาไซโลซิเดสได้ ในหน่วย "หน่วยต่อมล."

สายพันธุ์จุลินทรีย์	แอคติวิตี (U/ml)	เอกสารอ้างอิง
Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4	1.40	งานวิจัยนี้
Aspergillus awamori AANTG 19	3.50	Smith และ Wood, 1991a.
Aspergillus niger NCIM 1207	4.20	Gokhale และคณะ, 1986.
Aspergillus ochraceus	2.40	Biswas และคณะ, 1987.
Aspergillus terreus	2.65	Ghosh และ Kunda, 1980.
Bacillus stearothermophilus	0.455	Nanmori และคณะ, 1990.
Cellulomonas uda	0.21	Rapp และ Wagner, 1986.
Dictyoglomus sp.	0.12	Ratto และคณะ, 1994.
Penicillium funiculosum	0.40	Mishra และคณะ, 1985.
Phaneochaete chrysosporium	0.057	Copa-Patino และคณะ, 1993.
Pullularia pullulans	1.40	Pou-Llinas และ Driguez,1987.
Rhodobacter marinus	1.122	Dahlberg และคณะ, 1993.
Streptomyces sp.	0.45	Nakanishi และคณะ, 1987.
Thermoanaerobacterium saccharolyticum	0.272	Lee และคณะ, 1993.
Thermomonospora strain LL	0.005	Ristroph และ Humphreyt, 1985.
Trichoderma reesei QM9414	0.08	Dekker, 1983.

ตารางที่ 12 แอคติวิตีของไซแลเนสจาก Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 กับจุลินทรีย์อื่นๆ ที่สามารถสร้างไซแลเนสได้ ในหน่วย "หน่วยต่อมล."

สายพันธุ์จุลินทรีย์	แอคติวิตี (U/ml)	เอกสารอ้างอิง
Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4	9.4	งานวิจัยนี้
Amycolata autotrophica	0.4	Ball และ McCarthy, 1989.
Aspergillus niger	5.7	John และคณะ, 1979.
Bacillus sp.	29.5	Uchino และ Nakane, 1981.
Bacillus sp. No.C-125	0.83	Honda และคณะ, 1985.
Fibrobacter succinogenes	0.113	Smith และ Forsberg, 1991.
Melanocapus albomyces	12.0	Maheskwari และ Kamalam, 1985.
Micromonospora sp.	3.0	Ball และ McCarthy, 1989.
Rhodothermus marinus	1.9	Dahlberg และคณะ, 1993.
Streptomyces badius	1.0	Ball และ McCarthy, 1989.
Streptomyces fradiae SCF5 mutant strain	0.2	Harich และ Joseph, 1978.
Streptomyces KT-23	4.4	Nakajima และคณะ, 1984.
Streptomyces lividans	50.0	Kluepfel และคณะ, 1986.
Streptomyces exfoliatus	3.6	Screenath และ Joseph, 1982.
Streptomyces sp. EC1	12.0	Ball และ McCarthy, 1989.
Streptomyces sp. EC22	9.0	Ball และ McCarthy, 1989.
Thermomonospora fusca	8.0	Ball และ McCarthy, 1989.
Trichodema reesei QM9194	1.5	Dekker, 1983.
Trichosporon cutaneum	0.82	Shuttgen และ Sahm, 1982.

ตารางที่ 13 แอคติวิตีของแอลฟา-แอล-อะราบิโนฟิวราโนซิเดส จาก Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 กับจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่สามารถสร้างแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดสได้ ในหน่วย "หน่วยต่อมก.โปรตีน"

สายพันธุ์จุลินทรีย์	แอคติวิตีจำเพาะ (U/mg)	เอกสารอ้างอิง
Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4	1.58	งานวิจัยนี้
Aspergillus oryzae	2.60	Viikari และคณะ, 1991.
Bacillus circulans	1.9	Viikari และคณะ, 1991.
Bacillus circulans	0.202	Ratto และคณะ, 1992.
Fibrobacter succinogenes	0.099	Wong และคณะ, 1988b.
Streptomyces flavogriseus	0.034	Mackenzie และคณะ, 1987.
Streptomyces olivochomogenes	0.07	Mackenzie และคณะ, 1987.
Trichoderma lignorum	1.08	Defaye และคณะ, 1985.

จากตารางที่ 10, 11 และ 12 พบว่าปริมาณบีตาไซโลซิเดส และไซแลเนส จาก Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 อยู่ในระดับดีพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์สายพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังได้ตรวจสอบความสามารถในการสร้างแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดส จาก Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 เนื่องจากเป็นเอนไซม์ในกลุ่มย่อยสลายไซแลนเช่นกัน และมีรายงานที่แสดงว่าจุลินทรีย์ที่สร้างไซแลเนส และบีตาไซโลซิเดสได้จะสามารถสร้างแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดส ได้เช่นกัน เช่น *Aspergillus* sp. (Biely and Poutanen,1989) *Bacteroides xylanolyticus* X5-1 (Schyns and Stams, 1992) หรือ *Thermomonospora fusca* (McCarthy and Bachmann, 1992)

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดสกับจุลินทรีย์สายพันธุ์อื่นๆ ดังตารางที่ 13 พบว่าปริมาณแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดส ที่สร้างจาก *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งถ้ามีการปรับปรุงวิธีการเลี้ยงจุลินทรีย์ องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ระยะเวลา และอุณหภูมิในการเลี้ยงตลอดจนภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงาน ของแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดส จาก *Streptomyces* sp. สายพันธุ์นี้ ซึ่งคาดว่าน่าจะทำให้ปริมาณเอนไซม์ที่สร้างมีระดับที่สูงยิ่งขึ้น

จากงานวิจัยนี้ สามารถหาองค์ประกอบที่เหมาะสมและมีราคาถูกของอาหารเลี้ยงเชื้อ และ ภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยง *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 เพื่อสร้าง บีตา ไซโลซิเดสภายใต้ภาวะดังกล่าว จุลินทรีย์สามารถสร้างบีตา-ไซโลซิเดสได้ 1.53 หน่วยต่อมก.โปรตีน หรือ 1.4 หน่วยต่อมล. สร้างไซแลเนสได้ 9.4 หน่วยต่อมล. และสร้างแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดส ได้เท่ากับ 1.58 หน่วยต่อ มก.โปรตีน จะเห็นว่าปริมาณเอนไซม์ทั้งสามชนิดที่ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 สร้างขึ้นมาอยู่ในระดับที่สูงพอสมควร ดังนั้นถ้าได้มีการนำสายพันธุ์ดังกล่าวไปปรับปรุงสายพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ หรือทางพันธุวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยปรับปรุงพันธุ์ของจุลินทรีย์ให้สร้างเอนไซม์ในกลุ่มย่อยสลายไซแลนให้เพิ่มขึ้นได้อีก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเลี้ยง *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 กับจุลินทรีย์สายพันธุ์อื่นๆ ดังแสดงในบทที่ 1 ตารางที่ 2 พบว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 ใช้เวลาในการสร้างบีตาไซโลซิเดส ค่อนข้างสั้นกว่าจุลินทรีย์จำพวกรา ที่ต้องใช้เวลาในการเลี้ยงที่นานกว่า เช่น *Aspergillus ochraceus* (Biswas et al., 1987) จะใช้เวลาในการเลี้ยง 6-14 วัน *Phanerochaete chrysosporium* (Copa-Patino et al., 1993) ใช้เวลา 8 วัน เป็นต้น ในขณะที่ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 ใช้เวลาเพียง 3 วัน และเมื่อเปรียบเทียบกับ *Streptomyces* spp. อื่นๆ ที่มีผู้รายงานไว้ พบว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 สามารถสร้างบีตาไซโลซิเดสได้ในระดับที่สูงกว่า เช่น *Streptomyces lividans* 1326 (Kluepfel et al.,1986) ซึ่งสร้างบีตาไซโลซิเดสได้เท่ากับ 0.37 หน่วยต่อมก.โปรตีน หรือ *Streptomyces olivochromogenes* (Tenkanen et al., 1993) ซึ่งสร้างบีตา-ไซโลซิเดสได้เท่ากับ 0.055 หน่วยต่อมก.โปรตีน ในขณะที่ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 สามารถสร้างบีตาไซโลซิเดสได้เท่ากับ 1.53 หน่วยต่อมก.โปรตีน นอกจากนี้ยังพบว่า

Streptomyces sp. สายพันธุ์ 43-4 ยังสามารถสร้างไซแลเนสและแอลฟา-แอล-อะราบิโน-ฟิวราโนซิเดส ได้ในระดับที่ค่อนข้างสูงโดยไม่ต้องใช้ไซแลนบริสุทธิ์ซึ่งเป็นสารที่มีราคาค่อนข้างแพงเป็นสารชักนำการสร้างเอนไซม์ทำให้เป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้ จึงคาดว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 น่าจะมีประโยชน์ในการนำมาใช้ในการผลิตเอนไซม์ในกลุ่มย่อยสลายไซแลนในอนาคต หรือใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์อื่นที่มีความสำคัญเชิงพาณิชย์ เช่น กลูโคสไอโซเมอเรส ซึ่งการสร้างเอนไซม์ชนิดนี้จำเป็นต้องใช้ไซโลสเป็นสารชักนำ ดังนั้นถ้ามีการนำเอาเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การหลอมรวมโปรโตพลาสต์ (protoplast fusion) หรือการทำพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) ปรับปรุงสายพันธุ์ ก็สามารถทำให้ลดต้นทุนการผลิตเอนไซม์ชนิดนี้ลงได้มาก

จากการจัดหมวดหมู่ของ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 โดยศึกษาตามหลักของ Bergey's Manual Systematic of Bacteriology (Locci, 1989) เมื่อแบ่งตามกลุ่มของสีของสปอร์ พบว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 อยู่ในกลุ่มที่มีสปอร์สีเทา (grey series) และมีลักษณะบางประการที่คล้ายคลึงกับ *S. torulosus* sp.N. และ *S. cinerochromogenase* แต่ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 มีข้อแตกต่างจาก *S. torulosus* sp.N. ที่ลักษณะของผิวสปอร์ และลักษณะการจัดเรียงตัวของสปอร์ ส่วน *S. cinerochromogenase* แตกต่างจาก *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 ตรงที่ *S. cinerochromogenase* ไม่สร้างสารสีเมลานิน และมีลักษณะของผิวสปอร์ที่ต่างกันออกไป เมื่อศึกษาลักษณะของผิวสปอร์และการเรียงตัวของสปอร์ที่รวมกันเป็นสายสปอร์ พบว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 ไม่สามารถจัดเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งตามที่จำแนกไว้โดย Dietz และ Mathews (1971) หรือลักษณะผิวสปอร์แบบใหม่ที่จำแนกโดย Lyons และ Pridham (1971) ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ 43-4 เป็น *Streptomyces* สายพันธุ์ใหม่ที่ยังไม่ได้จัดจำแนกไว้