รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา (Xylooligosaccharides production from rubber wood sawdust)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันทัด วิเชียรโชติ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2555 รหัสโครงการ AGR550073S-0

ชื่อโครงการเดี่ยว

(ภาษาไทย) การผลิตไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

(ภาษาอังกฤษ) **Xylooligosaccharides production from rubber wood sawdust**

คณะนักวิจัยและคณะ/หน่วยงานต้นสังกัด

ผู้รับผิดชอบและหน่วยงาน

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันทัด วิเชียรโชติ

สถานวิจัยผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

หน่วยงานวิจัยหลัก

สถานวิจัยผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

โทรศัพท์ 0-7428-9494 โทรสาร 0-7421-2889

หน่วยงานวิจัยสนับสนุน

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(9)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(10)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
1. ยางพารา	4
1.1 พฤกษศาสตร์ของยางพารา	4
1.2 คุณสมบัติของไม้ยางพารา	10
1.3 อุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทย	9
1.4 การใช้ประโยชน์จากอุตสาหกรรมไม้ยางพารา	11
2. พรีไบโอติก	13
2.1 ชนิดของพรีไบโอติกและการผลิต	13
2.2 คุณสมบัติของพรีไบโอติก	23
3. ประโยชน์ของพรีไบโอติกต่อสุขภาพ	24
4. ทฤษฎีการสกัด	26
5. เทคโนโลยีเมมเบรนและการทำบริสุทธิ์โอลิโกแซคคาไรด์	30
5.1 อัลตราฟิลเตรชัน	30
5.2. ทฤษฎีของกระบวนการเมมเบรน	38
5.3 พารามิเตอร์ของสภาวะดำเนินการ: ค่าการกักกัน (rejection)	39
5.4 การทำบริสุทธิ์โอลิโกแซคคาไรด์	40
วิธีการทดลอง	42
1. การเตรียมตัวอย่างขี้เลื่อย	42
2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	42
3. ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้แช่ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	42
4. ขั้นตอนการแยกและสกัดไซแลนจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา	43
4.1 การสกัดด้วยด่างศึกษาชนิดตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การสกัดด้วยกรดอ่อนภายใต้ความร้อนชื้นและความดัน	43
5. ขั้นตอนการย่อยไซแลนด้วยเอนไซม์	45
5.1 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์	46
5.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยไซแลนด้วยเอนไซม์	46
6. การแยกไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเมมเบรน	46
6.1 ผลของแรงดันในการกรองแยกด้วยเมมเบรนชนิดอัลตรา ขนาด 10 กิโลดาตัล	47
6.2 ศึกษาผลของแรงดันในการกรองแยกด้วยเมมเบรนชนิดอัลตรา ขนาด 1 กิโลดาลตัน	47
7. การทำแห้งไซโลโอลิโกแซคคาไรด์	47
8. การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ	47
9. วิธีวิเคราะห์การหาปริมาณเซลลูโลส และลิกนิน	48
10. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	49
11. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	50
ผลการทดลองและวิจารณ์	51
1. องค์ประกอบทางเคมีของขี้เลื่อยไม้ยางพารา	51
2. ผลของอุณหภูมิที่ใช้แช่ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	52
3. ผลของการแยกและสกัดไซแลนจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา	53
3.1 ผลของชนิดตัวทำละลายด่าง	53
3.2 ผลของการสกัดด้วยกรดอ่อนภายใต้ความร้อนชื้นและความดัน	55
4. ผลของการย่อยไซแลนด้วยเอนไซม์	66
4.1 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ไซแลนเนส	66
4.2 ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์ไซแลนเนส	68
5. การทำบริสุทธิ์ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์	69
5.1 ผลของการกรองแยกด้วยเมมเบรนชนิดอัลตราขนาด 10 กิโลดาลตัล	69
5.2 ผลของการกรองแยกด้วยเมมเบรนชนิดอัลตราขนาด 1 กิโลดาลตัน	71
สรุปผลการทดลอง	72
เอกสารอ้างอิง	73

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	82
ภาคผนวก	83

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงชุดการทดลองที่วางแผนการทดลองโดยใช้โปรแกรม Design Expert เวอร์ชั่น 6.0	45
2	องค์ประกอบทางเคมีของขี้เลื่อยไม้ยางพารา	51
3	ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในขี้เลื่อยไม้ยางพารายาง	51
4	ผลของสภาวะที่ใช้สกัดขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยกรดอ่อนภายใต้ความร้อนชื้นและความดัน ต่อน้ำหนักโมเลกุลของไซแลน	57

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพขยายเนื้อไม้ยางพาราในด้าน cross section, tangential section และ radial section โดยใช้กล้องจุลทรรศน์	6
2	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ยางพารา	7
3	องค์ประกอบของเซลลูโลส	7
4	สูตรโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส	8
5	สูตรโครงสร้างของน้ำตาลที่ประกอบกันเป็นเฮมิเซลลูโลส	9
6	องค์ประกอบของไซแลน	10
7	โครงสร้างทางเคมีของอะราบิโนไซแลน	20
8	กลไกการย่อยไซแลนที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ	22
9	กลไกการผลิตไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากวัตถุดิบที่มีไซแลนในทางการค้า	23
10	ชุดสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช (a), ชุดสกัดน้ำตาลจากบีทรูท (b)	28
11	ส่วนประกอบและระบบกรองระดับอัลตรา	31
12	เปรียบเทียบการกรองแบบ dead-end และการกรองแบบไหลขวาง	34
13	เมมเบรนแบบท่อ	35
14	เมมเบรนแบเส้นใยกลวง	36
15	เมมเบรนแบบแผ่นหรือแบบมีกรอบ	37
16	เมมเบรนแบบท่อม้วน	38
17	แสดงอัตราการพองตัวของขี้เลื่อยไม้ยางพารา เมื่อแช่น้ำที่อุณหภูมิต่างๆ; (×) 30°C, (■) 40°C, (▲) 50°C, (◆) 60°C, (∗) 70°C, (●) 80°C	52
18	ผลของชนิดสารละลายด่างต่อปริมาณไซแลนที่สกัดได้ ที่ระยะเวลาต่างๆ; (●) 24% KOH + 1% $NaBH_4$, (■) 24% KOH	54
19	ผลของชนิดสารละลายด่างต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ที่สกัดได้ที่ระยะเวลาต่างๆ; (●) 24% KOH + 1% $NaBH_4$, (■) 24% KOH	54
20	ผลของชนิดสารละลายด่างต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่ได้ที่ระยะเวลาต่างๆ; (●) 24% KOH + 1% $NaBH_4$, (■) 24% KOH	55
21	โครมาโตแกรมแสดงน้ำหนักโมเลกุลของไซแลนที่สกัดได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยกรดอะซิติกร้อยละ 0 อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที	58

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
22	โครมาโตแกรมแสดงน้ำหนักโมเลกุลของไซแลนที่สกัดได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา ด้วยกรดอะซิติกร้อยละ 2.5 อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที	58
23	โครมาโตแกรมแสดงน้ำหนักโมเลกุลของไซแลนที่สกัดได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา ด้วยกรดอะซิติกร้อยละ 5 อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที	59
24	โครมาโตแกรมแสดงน้ำหนักโมเลกุลของไซแลนที่สกัดได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา ด้วยกรดอะซิติกร้อยละ 5 อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที	59
25	ผลของสภาวะที่ใช้สกัดขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยกรดอ่อนภายใต้ความร้อนชื้นและความดัน ต่อน้ำหนักโมเลกุลของไซแลน ด้วยโปรแกรม Design expert แสดงในรูปแบบ RSM	61
26	ผลของสภาวะที่ใช้สกัดขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยกรดอ่อนภายใต้ความร้อนชื้นและความดัน ต่อปริมาณไซแลน (mg/ml) ด้วยโปรแกรม Design expert แสดงในรูปแบบ RSM	62
27	ผลของสภาวะสกัดด้วยกรดอะซิติกต่อปริมาณไซแลน	63
28	ผลของสภาวะที่ใช้สกัดขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยกรดอ่อนภายใต้ความร้อนชื้นและความดัน ต่อน้ำหนักโมเลกุลของไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ ด้วยโปรแกรม Design expert แสดงในรูปแบบ RSM	64
29	ผลของสภาวะสกัดด้วยกรดอะซิติกต่อปริมาณไซโลโอลิโกแซคคาไรด์	65
30	โครมาโตแกรมแสดงปริมาณไซแลนและไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ที่สภาวะสกัดด้วยด่าง 24% KOH + 1% $NaBH_4$ สกัดที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง	66
31	โครมาโตแกรมแสดงปริมาณไซแลนและไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ที่สภาวะสกัดด้วยกรดภายใต้ความร้อนและความดัน	66
32	ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ไซแลนเนสที่ใช้ย่อยไซแลนเป็นไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง; ( ) XGO, ( ) XPE, ( ) XTR, ( ) XBI, ( ) Xylose	67
33	ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของไซแลนเนส (100 U/ml) เพื่อย่อยไซแลนเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง; ( ) XGO, ( ) XPE, ( ) XTR, ( ) XBI, ( ) Xylose	68

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

34 ผลของค่าความแตกต่างของความดันต่อค่าฟลักซ์ของการกรองแยกไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเมมเบรนชนิดอัลตราขนาด MWCO 10KDa ที่อุณหภูมิห้อง; (◆) 1 bar, (■) 2 bar, (▲) 3 bar 69

35 ปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆ ในส่วน permeate เมื่อกรองผ่านเมมเบรนชนิดอัลตราฟิลเตรชัน ขนาด 10KDa ที่ระดับ diafiltration ต่างๆ; ( ) เริ่มต้น, ( ) ครั้งที่2, ( ) ครั้งที่4, ( ) ครั้งที่6, ( ) ครั้งที่8 70

36 ปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆ ในส่วน retentate เมื่อกรองผ่านเมมเบรนชนิดอัลตราฟิลเตรชัน ขนาด 10KDa ที่ระดับ diafiltration ต่างๆ; ( ) เริ่มต้น, ( ) ครั้งที่2, ( ) ครั้งที่4, ( ) ครั้งที่6, ( ) ครั้งที่8 70

37 ปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆ ในส่วน retentate เมื่อกรองผ่านเมมเบรนชนิดอัลตราฟิลเตรชัน ขนาด 1KDa ที่ระดับ diafiltration ต่างๆ; ( ) เริ่มต้น, ( ) ครั้งที่2, ( ) ครั้งที่4, ( ) ครั้งที่6, ( ) ครั้งที่8 71