1895

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผักสกัดที่ได้จากการย่อยเศษผักคะน้าด้วยเอนไซม์

(Vegetable extract from enzymatic hydrolysate of chinese vegetable residues)

โดย

นาย เกิดมี สุดตา

นางสาว จารุวรรณ พรรนิกร

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

2

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 25 **เดือน** ส.ค. **พ.ศ.** 2542

ฝพ.
ก 842 ผ
2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5762

ผักสกัดที่ได้จากการย่อยเศษผักคะน้าด้วยเอนไซม์

(Vegetable extract from enzymatic hydrolysate of Chinese vegetable residues)

T096555

นาย เกิดมี สุดตา

นางสาว จารุวรรณ พรรนิกร

ปพ.
ก842ผ
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....93555
วัน เดือน ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดมี สุดตา และ จารุวรรณ พรนิกร . 2542. ผักสกัดที่ได้จากการย่อยเศษผักคะน้าด้วยเอนไซม์ (Vegetable extract from enzymatic hydrolysate of Chinese vegetable residues) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 63 หน้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

บทคัดย่อ

เศษผักคะน้าที่ได้จากการตัดแต่งส่วนที่แก่ ซึ่งมักจะทิ้งหรือนำไปเป็นอาหารสัตว์ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ แนวทางหนึ่ง นำมาผลิตเป็นผักสกัดด้วยเอนไซม์ทางการค้า เพื่อใช้เป็นสารปรุงรสของอาหาร

ทำการสกัดเศษผักคะน้าโดยใช้เพคติเนสและเซลลูเลสในปริมาณร้อยละ 0.1 นำน้ำผักที่ได้มาทำแห้ง การทำแห้งจะมีการเติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 5 เพื่อเปรียบเทียบกับส่วนที่ทำแห้งโดยไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน จากนั้นนำมาทำแห้งซึ่งใช้วิธีการทำแห้ง 3 วิธี คือ การทำแห้งโดยใช้ตู้อบอากาศร้อน การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย และ การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด จากนั้นนำส่วนที่ได้จากการทำแห้งมาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติการละลาย และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยนำมาใช้เป็นสารปรุงรส ของขนมขบเคี้ยวที่ทำมาจากมันฝรั่งทอด

จากการทดลอง พบว่าการสกัดน้ำผักโดยใช้เอนไซม์ในการย่อย จะทำให้ได้ปริมาณน้ำผักเพิ่มมากขึ้น และจากการเติมมอลโตเดกซ์ตริน และการทำแห้งพบว่า การทำแห้งโดยการเติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 5 จะทำให้ลักษณะปรากฏ และการละลายดีกว่าไม่เติมมอลโตเดกซ์ตรินที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบอากาศร้อน และนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีความชื้นร้อยละ 12.75 , ไขมันร้อยละ 0.30 , โปรตีนร้อยละ 14.74 ,เถ้าร้อยละ 31.20 และมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.76 ส่วนคุณสมบัติการละลาย ส่วนที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินจะละลายได้ดีกว่าไม่เติม และเมื่อเทียบกับโปรตีนสกัดจากพืช (HVP) พบว่า ผักสกัดสามารถละลายได้ดีกว่าโปรตีนสกัดจากพืช ที่มีการผลิตทางการค้า ได้ประมาณ 1 – 3 เท่า ผลการยอมรับของผู้ชิมทางประสาทสัมผัส ผู้ชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ปรุงรสด้วยเศษผักคะน้าสกัดในระดับปานกลาง

จารุวรรณ พรนิกร
เกิดมี สุดตา

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
	.....	๒๒ มี.ค. ๔๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้นคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์บุญเทียม พันธุ์เพ็ง เป็นอย่างสูง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ ตลอดจนให้คำแนะนำด้านต่างๆ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาคอยอำนวยความสะดวกในการทดลองในระหว่างการปฏิบัติงานและขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือคอยเป็นกำลังใจในการทำงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เป็นอย่างสูงที่คอยเป็นกำลังใจที่ดี ให้ความอบอุ่น และคำปรึกษาตลอดมา

เกิดมี สุดตา

จารุวรรณ พรรนิกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญตารางภาคผนวก	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาพภาคผนวก	ช
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	2
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	47
ภาคผนวก ค	49
ภาคผนวก ง	53
ประวัติผู้เขียน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของผักคะน้าในส่วนที่กินได้ 100 กรัม	9
2.2 ประสิทธิภาพการสกัดผักคะน้าโดยใช้เอนไซม์เพคติเนสและเอนไซม์เซลลูเลส	19
4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเศษผักคะน้า	28
4.2 แสดงปริมาณน้ำเศษผักคะน้าสกัดจากวิธีการต่าง	28
4.3 แสดงปริมาณผงเศษผักคะน้าสกัด ที่ได้จากการทำแห้ง น้ำเศษผักคะน้าสกัด	31
4.4 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของผงเศษผักคะน้าสกัดกับโปรตีนสกัดจากพืช	32
4.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมี ของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จาก กรรมวิธีการทำแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน	33
4.6 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของการนำผักสกัดเคลือบมันฝรั่ง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ก1	คะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นและรสชาติ	41
ก2	คะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้าน สี และความชอบรวม	42
ก3	การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านกลิ่นของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ	43
ก4	การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านรสชาติของ เศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ	44
ก5	การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสีของ เศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ	45
ก6	การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านความชอบรวมของ เศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แผนภาพแสดงองค์ประกอบของเซลพืช	4
2.2	แสดงปฏิกิริยาการดึงหมู่เมทิลจากเพคตินโดยเอนไซม์เพคติเนส	11
2.3	กลไกการสลายพันธะไกลโคซิดิก Depomerizing enzyme	12
2.4	การย่อยสลายเซลลูโลสตามสมมติฐานของ Cowwling	14
3.1	แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำเศษผักคะน้าสกัด	24
3.2	แสดงวิธีการทดลองการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัด	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
ข1	ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของเพคติเนส (Polygalacturonase มีประสิทธิภาพการทำงานที่ 60 องศาเซลเซียส)	48
ข2	ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของเพคติเนส (Polygalacturonase มีประสิทธิภาพการทำงานที่พีเอช 3.5)	48
ง1	ผักคะน้าก่อนทำการตัดแต่ง	53
ง2	เศษผักคะน้าที่ได้จากการตัดแต่ง	53
ง3	เศษผักคะน้าลวก	54
ง4	เศษผักคะน้าบด	54
ง5	การย่อยเศษผักคะน้าด้วยเอนไซม์	55
ง6	น้ำเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการกรอง	55
ง7	น้ำเศษผักคะน้าที่ผ่านกระบวนการทำให้ใส	56
ง8	ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	56
ง9	ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	57
ง10	ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียส	57
ง11	ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมเข้า 200 องศาเซลเซียส	58
ง12	ผงผักสกัดจากเศาผักคะน้าสกัดที่ได้จากการทำแห้งแบบระเหิดที่อุณหภูมิของ Heating Plate ที่ 30 องศาเซลเซียส	58
ง13	ผงผักสกัดจากเศาผักคะน้าสกัดที่ได้จากการทำแห้งแบบระเหิดที่อุณหภูมิของ Heating Plate ที่ 40 องศาเซลเซียส	59
ง14	เครื่องคั้นน้ำผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง	59
ง15	เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	60
ง16	เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ	60
ง17	เครื่องอบแห้งแบบตู้อบ (Hot air oven)	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
ง18	เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry)	61
ง19	เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dry)	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ผักเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างหนึ่งที่จำเป็น เพราะเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ ที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ร่างกายย่อยไม่ได้เป็นใยอาหาร แต่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับคุณสมบัติในการบำบัดโรคของเส้นใยอาหาร ตัวอย่างเช่น การควบคุมการทำงานระบบทางเดินอาหาร ระบบการย่อย ระบบการดูดซึมของร่างกายและการควบคุมระดับและปริมาณโคเลสเตอรอลในกระแสเลือดรวมทั้งระดับน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดด้วย ดังนั้นการบริโภคผักจึงมีความสำคัญอย่างมาก และอีกอย่างในประเทศไทยเองก็เป็นประเทศเกษตรกรรม ผักก็เป็นผลผลิตหนึ่งของการเกษตรในประเทศ โดยในการเก็บเกี่ยวผักเพื่อนำมาบริโภคหรือนำมาจำหน่ายนั้น เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวผักโดยตัดส่วนที่แก่ของพืชติดมาด้วย เช่น ใบแก่หรือก้านของผัก เพื่อใช้เป็นส่วนที่ใช้ในการป้องกันการกระแทกซึ่งอาจทำให้เกิดการช้ำ การฉีกขาด และป้องกันการระเหยของน้ำซึ่งจะทำให้ผักเหี่ยวเฉาได้ในระหว่างขนส่งสู่ตลาดเพื่อจำหน่าย และเมื่อผักส่งถึงตลาดผู้ขายจะทำการตัดแต่งเอาส่วนที่แก่และรับประทานไม่ได้ออกทิ้ง จะทำให้มีส่วนที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งหรือเศษผักนี้ร้อยละ 10-20 ของน้ำหนักผัก (ดวงเดือนและคณะ , 2540) ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของผัก และจากส่วนที่เหลือทิ้งหรือเศษผักนี้เองทำให้มีการศึกษาเพื่อจะนำเศษผักนี้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีก โดยมีการศึกษาที่จะนำเศษผักนี้มาทำเป็นเครื่องดื่มใยอาหารเพื่อสุขภาพ แต่จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคยังมีในปริมาณต่ำ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้มีการคิดที่จะนำเศษผักในส่วนนี้ที่จะนำมาสกัดเป็นผักสกัด (Vegetable extract) โดยใช้เอนไซม์ในการช่วยย่อยเศษผัก เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารที่เกี่ยวกับเป็นสารที่ให้กลิ่นรสจากผัก นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านโภชนาการด้วย เพราะยังมีส่วนของเส้นใยอาหารผสมอยู่ ที่สำคัญคือเป็นการนำเศษผักที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เป็นการนำเศษผักหรือส่วนที่เหลือทิ้งจากผักคะน้ากลับมาใช้ประโยชน์
2. ศึกษาการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์
3. ศึกษาคุณสมบัติบางประการของเศษผักคะน้าสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

คะน้า (CHINESE VEGETABLE) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ บราสสิกา โอเลราซี วาร์. อัลโบกลาบรา ตระกูลครูซิเฟอร์อี (*Brassica oleracea* var. *albograbra Cruciferae*) เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น

2.1 โครงสร้างของผักคะน้า

ผักคะน้ามีโครงสร้างเช่นเดียวกับผักผลไม้ทั่วไป ซึ่งสารถแบ่งระบบเนื้อเยื่อออกเป็น 4 ชนิด คือ dermal , ground , vascular และ support โครงสร้างของระบบเนื้อเยื่อเหล่านี้เกี่ยวข้องกับหน้าที่ทางสรีรวิทยาและลักษณะเฉพาะในระหว่างการเติบโต และระยะความแก่ของผักผลไม้

2.2.1 **เนื้อเยื่อชั้นนอก (dermal tissue)**

เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อที่เรียงตัวอยู่ชั้นนอกทำหน้าที่ป้องกันเซลที่อยู่ภายใน อาจเรียกเซลชั้นนอก

2.2.1.1 เซลอิพิเดอร์มิส (epidermis) เป็นเซลที่มีความหนาเพียงชั้นเดียว เซลเหล่านี้ยังมีเซลที่ยังมีชีวิตและมีเมตตาบอลิซึมอยู่และอาจมีคลอโรพลาสท์และเม็ดสีอยู่ภายในแวคคิวโอล์

2.2.1.2 ชั้นของคิวติคูลาร์ สารประกอบไขมันเชิงซ้อนเรียกว่าคิวติน มักพบเป็นตาข่ายระหว่างผนังเซลล์ด้านนอกและบนผิวด้านนอกของเซลอิพิเดอร์มิส

2.2.1.3 สโตมาตา (stomata) เกิดร่วมกับอิพิเดอร์มิสซึ่งทำหน้าที่เป็นวาล์วเล็กๆ สำหรับการแลกเปลี่ยนกาซระหว่างเนื้อเยื่อกับสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.2.1.4 เลนติเคิล (lenticles) มักพบในลำต้น ราก และผลไม้ แต่ไม่พบในผักใบเลนติเคิลเป็นส่วนที่เปิดอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนกาซระหว่างเซลที่อยู่ถัดจากอิพิเดอร์มิสและสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.2.1.5 ไตรโครม (trichomes) เป็นส่วนของอิพิเดอร์มิสที่เพิ่มขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เนื้อเยื่อบุผิว (Ground tissues)

เซลพาเรนไคมา (parenchyma) มีโปรโตพลาสท์เป็นองค์ประกอบผนังเซลของพาเรนไคมาโดยทั่วไปจะบาง และภายในแวคิวโอล์ของเซลจะใช้เป็นที่เก็บสารต่างๆ เช่น กรด น้ำตาล แอนโทไซยานิน แทนนิน อิออนบางชนิด รวมทั้งสารต่างๆที่ละลายน้ำ ไขมันและโปรตีนจะอยู่ในของเหลวในเซล (cytoplasm) ซึ่งอยู่ระหว่างผนังเซลและแวคิวโอล์ โพลีแซคคาร์ไรด์อื่นๆ นอกจากสตาร์ช (strach) คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน จะรวมอยู่ในผนังเซล ระหว่างเซลแต่ละเซลจะเชื่อมติดกันด้วยชั้นบางๆ เรียกว่า middle lamella ในส่วนนี้ไม่มีเซลลูโลส แต่จะประกอบด้วยสารเพคตินที่เป็นโครงสร้างคล้ายเจล ส่วนของ middle lamella นี้ จะมีผลต่อความแข็งของการยึดเกาะระหว่างเซลจึงมีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ สารเพคตินนี้สามารถเกิดพันธะกับอิออนของโลหะที่มีประจุบวกสอง โดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียม ทำให้การละลายน้ำลดลง

2.1.3 เนื้อเยื่อค้ำจุน (Support tissues)

2.1.3.1 เซลคอลเลนไคมา (collenchyma) เซลนี้จะมีผนังเซลที่หนาและเป็นส่วนที่ให้โครงสร้างสำหรับพืช มีผนังเซลที่หนาไม่สม่ำเสมอซึ่งมีเพคตินและน้ำอยู่จำนวนมาก ผนังเซลมีลักษณะยืดหยุ่น ดังนั้น จึงทำหน้าที่ค้ำจุนส่วนของพืชที่ยังอ่อนและกำลังเจริญเติบโต การจัดเรียงตัวตามแนวยาวของสายเซลลูโลสมีผลต่อความยืดหยุ่นของความแข็งแรงของเซลด้วย

2.1.3.2 สเคอเรนไคมา (sclerenchyma) เซลชนิดนี้มีผนังหนาเท่ากันตลอด ผนังเซลประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

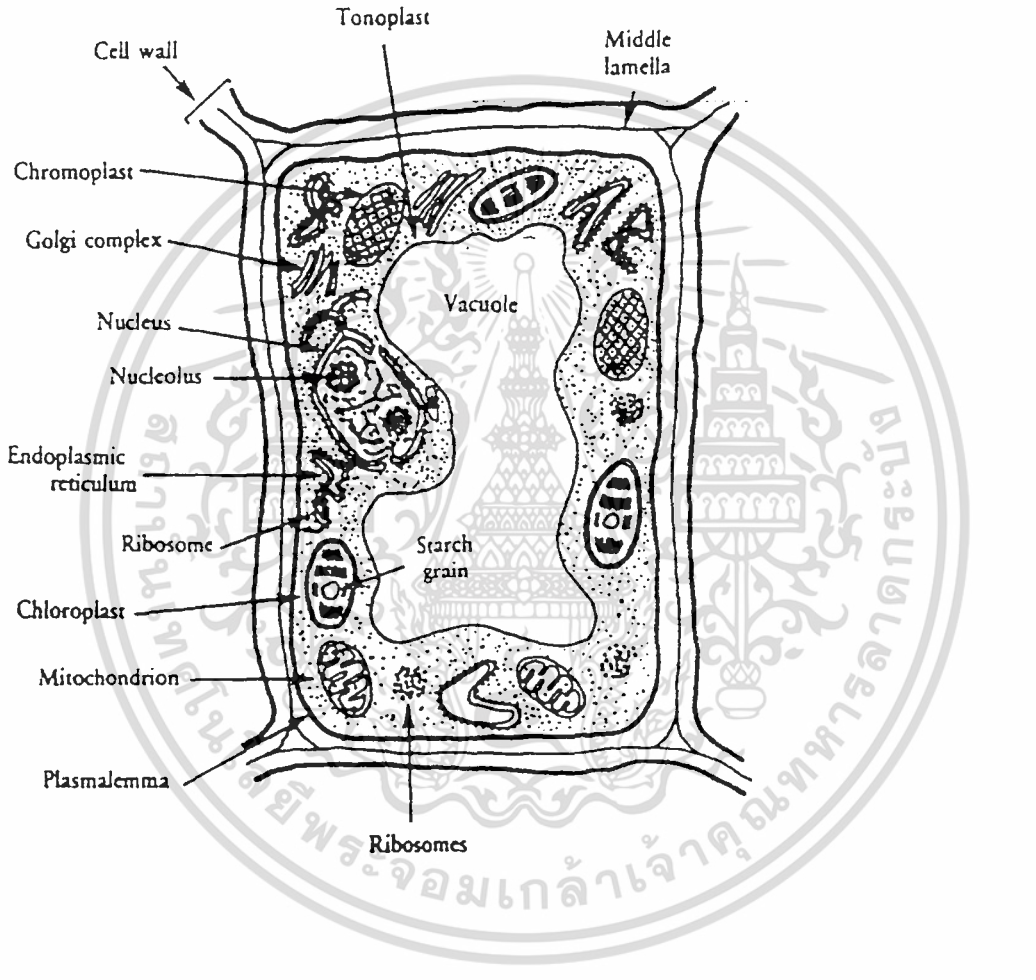
2.1.4 เนื้อเยื่อลำเลียง (Vascular system)

เนื้อเยื่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลัก 2 ชนิด คือ ไซเลม และโฟลเอม โดยไซเลมทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและสารอาหารเกลือแร่ที่ละลายน้ำได้ ขณะที่โฟลเอมลำเลียงอาหารที่สังเคราะห์ในใบ เนื้อเยื่อลำเลียงยังทำหน้าที่ให้ความค้ำจุน เนื่องจากมีผนังเซลที่หนาโดยเฉพาะไซเลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบของเซล

เซลของผักและผลไม้เป็นหน่วยโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตซึ่งรวมกันเป็นเนื้อเยื่อต่างๆ ดังภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบหลักของเซลพืช



ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของเซลพืช

ที่มา : Will และคณะ (1989)

2.2.1 ผนังของเซล (Cell wall and cell membrane)

2.2.1.1 ผนังเซล (Cell wall)

เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิต สร้างขึ้นมาเพื่อห่อหุ้มส่วนต่างๆของเซล เป็นส่วนที่แข็งแรงที่สุดของเซล ผนังเซลของพืชแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1.1 Middle lamella เป็นส่วนที่ประกอบด้วยแคลเซียมและแมกนีเซียม แพคเตท มีความยืดหยุ่น ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างผนังผนังปฐมภูมิของเซลเคียงข้างให้ติดต่อกันได้

2.2.1.1.2 ผนัง (Wall) เป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกของเซล แบ่งตามโครงสร้างและการเจริญออกเป็น 2 ชั้น คือ

(1) ผนังปฐมภูมิ (primary wall) ประกอบด้วยเส้นใยของเซลลูโลส ซึ่งเรียกว่า microfibril เรียงตัวพันกันไปมาไม่เป็นระเบียบ ผนังชนิดนี้เกิดขึ้นชั้นแรกสุดในระยะเริ่มเจริญเติบโต นอกจากเซลลูโลสแล้วยังประกอบด้วยสารพวก เฮมิเซลลูโลส และเพคติน

(2) ผนังทุติยภูมิ (secondary wall) ประกอบด้วยเซลลูโลส แต่ microfibril เรียงตัวกันเป็นระเบียบในแนวขนานกัน นอกจากนี้ยังประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และคิวตินผนังชนิดนี้มักเกิดขึ้นในเซลบางชนิดที่ต้องการความแข็งแรง และเกิดที่ด้านในของผนังปฐมภูมิ

2.2.1.2 เยื่อหุ้มเซล (Cell membrane)

เป็นผนังเยื่อบางๆที่ห่อหุ้มโปรโตพลาสซึมไว้เป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต มีความยืดหยุ่น ประกอบด้วย โมเลกุลของสารพวกโปรตีน และไขมัน เรียกเนื้อเยื่อนี้ว่า Differentially permeable membrane

2.2.2 โปรโตพลาสซึม (Protoplasm)

เป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งอยู่ภายในเซล มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความข้นและหนืดเป็นเมือกใส โปร่งแสง ไม่มีสี และยืดหยุ่นได้ โปรโตพลาสซึมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.2.2.1 ไซโทพลาสซึม (Cytoplasm)

เป็นส่วนของโปรโตพลาสซึมซึ่งอยู่รอบนอกของนิวเคลียส ภายในไซโตพลาสซึมประกอบด้วยออแกนเนล (organelle) และสารประกอบต่างๆ(inclusion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1.1 ออแกนเนล (organelle) เป็นสารประกอบหรือโครงสร้างที่มีชีวิตอยู่ภายในเซลไซโตพลาสซึม และมีเยื่อบางๆหุ้มอยู่

2.2.2.1.2 สารประกอบต่างๆ (inclusion) เป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตที่อยู่ในไซโตพลาสซึม ประกอบด้วยผลิตผลจากเมตตาบอลิซึม ได้อาหารที่สะสมไว้ ของเสียต่างๆ

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของผักและผลไม้

องค์ประกอบของผักและผลไม้เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคมองข้ามไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผักและผลไม้มีปริมาณน้ำอยู่เป็นส่วนใหญ่และให้พลังงานแก่ผู้บริโภคค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามผักและผลไม้ก็ให้รสชาติและมีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในด้านวิตามิน เส้นใย และแร่ธาตุต่างๆ ในอดีตเรามักไม่ค่อยสนใจกับเรื่องนี้มากนักแม้แต่ในอาหารประเภทอื่นๆ แต่ในปัจจุบันได้มีการตื่นตัวในเรื่องนี้เป็นอย่างมากโดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว

2.3.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบในผักไม้อาจแบ่งได้คร่าว ๆ เป็น 3 กลุ่มคือ ผักรับประทานต้นและใบมีคาร์โบไอเดรตประมาณร้อยละ 2-9 ผลไม้มีประมาณร้อยละ 5-20 และพืชหัวต่าง ๆ มีประมาณร้อยละ 15-25

2.3.1.1 น้ำตาลในผักและผลไม้ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิดคือ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุกโตส ซึ่งพบสะสมอยู่ในแวคิวโอล (vacuole) เป็นส่วนใหญ่

2.3.1.2 แป้ง มีสะสมอยู่ในผลิตผลภายใน plastid เมื่อผลไม้สุก แป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลทำให้ผลไม้มีรสหวานน่ารับประทาน

2.3.1.3 นอกจากแป้งและน้ำตาลแล้วผักและผลไม้ยังมีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ (cell wall) คือ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพกติน (pectin) คาร์โบไฮเดรตทั้งประเภทนี้แม้ว่าจะไม่เกี่ยวข้องกับรสชาติของผักและผลไม้โดยตรง แต่ก็มีส่วนอย่างสำคัญในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โปรตีน (Protein)

ผักและผลไม้ไม่ใช่แหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ทั้งนี้เพราะปริมาณโปรตีนในผักและผลไม้มีอยู่น้อย ผักส่วนใหญ่จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 1-2 ในขณะที่ผลไม้มีประมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 พืชหัวมีโปรตีนมากกว่าผักและผลไม้ คือมีประมาณร้อยละ 2-15 โปรตีนภายในผักและผลไม้จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นโปรตีนสำหรับการทำงานการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ

2.3.3 ไขมัน (Lipid)

สารประเภทไขมันในผลิตผลทางพืชสวนก็เช่นเดียวกับโปรตีน มีปริมาณอยู่น้อยมากยกเว้นในผลไม้บางชนิด เช่น อะโวกาโด และพวกเมล็ดเคี้ยวมันต่างๆ โดยทั่วไปในผักและผลไม้มีไขมันประมาณไม่เกินร้อยละ 1 ไขมันที่มีอยู่ในผลิตผลทางพืชสวนนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ อาหารสะสม สารปกคลุมผิว และองค์ประกอบของเยื่อหุ้มต่างๆ

2.3.4 กรดอินทรีย์ (Organic acid)

กรดที่พบในปริมาณมากในผักและผลไม้ก็คือ กรดซิตริกและกรดมาลิค กรดอินทรีย์มักจะถูกเก็บสะสมไว้ในแวคิวโอลในปริมาณมากและมีบทบาทอย่างสำคัญในการให้รสชาติของผลไม้ โดยทั่วไปในขณะที่ผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดอยู่สูง ทำให้ไม่เหมาะกับการรับประทาน

2.3.5 สารสี (Pigment)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลต่าง ๆ มักมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น โดยเฉพาะสีเขียวจะหายไปและมักปรากฏสีเหลืองหรือแดงขึ้นแทน สีต่าง ๆ ของผลิตผลที่เราเห็นนี้เกิดจาก pigment หรือสารสีต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเซลแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ พวกที่ละลายในน้ำพบในแวคิวโอล ได้แก่ สารสีแอนโทไซยานินต่าง ๆ และพวกที่ละลายในไขมันพบใน plastid มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น สารสีเขียวคลอโรฟิลล์เอ และ บี สารสีเหลืองคาโรทีนและสารสีแดงไลโคปีน สารสีเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้สีของผลิตผลเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบของสารสีเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 **สารประกอบฟีนอล** (Phenolic compound)

สารประกอบฟีนอลได้แก่สารประกอบที่มีฟีนอลเป็นองค์ประกอบสำคัญและอาจมีหมู่เคมีอื่น ๆ เข้ามาเกาะที่ตำแหน่งต่าง ๆ เช่น cinnamic acid , caffeic acid , chlorogenic acid , anthocyanins และ tannin

2.3.7 **สารระเหย** (Volatiles)

กลิ่นเฉพาะของผักและผลไม้แต่ละอย่างนั้น เกิดจากสารระเหย (volatiles) ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดในผักและผลไม้เป็นสารอินทรีย์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น ส่วนใหญ่มีโมเลกุลขนาดเล็ก

2.3.8 **ธาตุอาหาร** (Minerals)

ผักและผลไม้เป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญของมนุษย์อย่างหนึ่ง โดยเฉพาะโปแตสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี แต่ความสำคัญในแง่ที่เป็นแหล่งธาตุอาหารนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการบริโภคของบุคคลในแต่ละท้องถิ่นด้วย

2.3.9 **วิตามิน** (Vitamins)

ผักและผลไม้เป็นแหล่งวิตามินที่สำคัญสำหรับมนุษย์โดยเฉพาะวิตามินเอและซี ซึ่งร้อยละ48 ของวิตามินเอ และร้อยละ 91 ของวิตามินซีที่มนุษย์บริโภคเข้านั้นได้มาจากผักและผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของผักคะน้า ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	หน่วย	น้ำหนักขององค์ประกอบทางเคมีต่อผักคะน้า 100 กรัม
น้ำ	กรัม	86.9
แคลอรี่	กิโลแคลอรี่	40
ไขมัน	กรัม	0.7
แป้ง	กรัม	7.2
เส้นใย	กรัม	0.9
โปรตีน	กรัม	3.6
แคลเซียม	มิลลิกรัม	206
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม	63
วิตามิน บี 1	มิลลิกรัม	0.2
วิตามิน ซี	มิลลิกรัม	92

ที่มา : ชูโชคและคณะ (2541)

2.4 องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำผัก

2.4.1 เส้นใยอาหาร (Dietary Fiber)

คือ ส่วนประกอบของพืชที่น้ำย่อยในร่างกายคนไม่สามารถย่อยได้แต่จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้สามารถย่อยส่วนประกอบของเส้นใยอาหารได้เฉพาะส่วนที่เป็นเพคติน (Pectin) อาหารจากพืชทั่วไป ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเพคติน (Pectin) และส่วนที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต คือ ลิกนิน (Lignin) ส่วนของพืชที่เรียกว่า มิวซิเลจน์ (Mucilage) และกัม (Gum) ก็จัดเป็นเส้นใยอาหารด้วย (ไพโรจน์และคณะ :2539)

2.4.2 เยื่อใย (Crude Fiber)

คือส่วนของพืชที่ไม่ถูกย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประเภทของเส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 พวกตามลักษณะของเส้นใยคือ

2.5.1 **เส้นใยอาหารที่สามารถละลายในน้ำ (Water – Soluble Dietary Fiber)** ได้แก่ เพคติน เจล กัม และมิวซิเลจส์

2.5.2 **เส้นใยอาหารที่ไม่สามารถละลายในน้ำ (Water–Insoluble Dietary Fiber)** ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (ศิริธร :2540)

2.6 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดผัก

2.6.1 **เพคติกเอนไซม์ (pectic enzyme)**

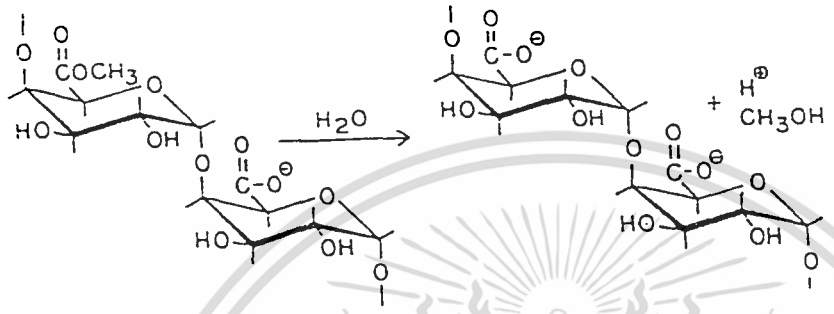
เพคติกเอนไซม์ เป็นเอ็นไซม์เร่งปฏิกิริยาที่มีสับสเตรทเป็นเพคติกสับสแตนซ์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

2.6.1.1 **Saponifying enzyme คือเอ็นไซม์ที่ทำหน้าที่ Deesterify หมู่เมธิลเอสเทอร์ออกจากโมเลกุลของเพคติน ที่พบมีชนิดเดียวคือ Pectinesterase**

Pectinesterase (PE)

PE มีชื่อเรียกได้อีกหลายชื่อ เช่น pectase , pectolipase เป็นต้น เป็นเอนไซม์ที่พบในพืชชั้นสูง รา และแบคทีเรีย PE ที่ได้จากรามีพีเอชที่เหมาะสม (optimun pH) 4.5 แต่ PE ที่ได้จากแบคทีเรียมีพีเอชที่เหมาะสมในช่วงที่เป็นกลาง สารที่มีสมบัติในการเร่งการทำงานของ PE คือ แคทไอออน ส่วนสารที่ยับยั้งการทำงาน คือ สารประกอบฟีนอล ดีเทอร์เจนต์ (detergents) และภาวะที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง การวัดแอคติวิตี (activity) ของ PE นี้ทำได้โดยวัดอัตราการเกิดเมธานอลหรือติดตามการลดลงของพีเอช การเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



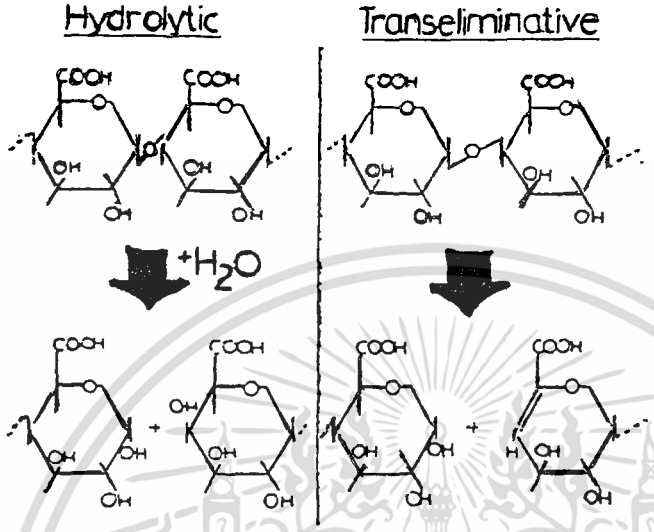
ภาพที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาการดึงหมู่เมทิลจากเพคตินโดยเอนไซม์เพคติเนส
ที่มา : ปราณี (2534)

2.6.1.2 Depolymerising enzyme คือเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สลายพันธะไกลโคดิก(glycosidic linkage) ของโมเลกุลเพคติกสับสแตนซ์ โดยแบ่งตามลักษณะปฏิกิริยาสลายพันธะได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.6.1.2.1 hydrolases เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่สลายพันธะไกลโคซิดิกโดยการไฮโดรไลซ์ ได้แก่ polygalacturonase

2.6.1.2.2 lyases เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่สลายพันธะไกลโคซิดิกโดยวิธี transelimination ได้แก่ pectate lyases และ pectin lyases

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 กลไกการสลายพันธะไกลโคซิดิก depomerizing enzyme
ที่มา : อรุณี (2534)

กลไกการสลายพันธะของเอนไซม์แต่ละชนิดแบ่งได้ 2 แบบ คือ endo – mechanism เป็นการสลายพันธะภายในสายของโพลีเมอร์ และ exo – mechanism เป็นการสลายพันธะจากปลายของสายโพลีเมอร์ด้านที่เป็นนอนรีดิวซิ่งเข้ามา

Polygalacturonases (PG)

สามารถไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดิกที่อยู่ถัดจากหมู่คาร์บอกซิลอิสระได้ ดังนั้นเอนไซม์นี้จะทำปฏิกิริยากับ low methoxyl pectin และ pectate ได้ดีกว่า high methoxyl pectin พีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของ PG คือ 4.0-5.5 สารที่มีสมบัติในการเร่งการทำงานของ PG คือ โซเดียมคลอไรด์ โดยจะช่วยป้องกันการถูกยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ การวัดแอคติวิตีของ PG ทำได้โดยวัดความหนืดที่ลดลงของสารละลายเพคตินหรือวัดอัตราการเกิดหมู่รีดิวซิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pectate lyases (PAL)

เป็นเอนไซม์ที่พบในแบคทีเรียและรา สามารถสลายพันธะไกลโคซิดิกที่อยู่ถัดจากหมู่คาร์บอกซิล ด้วยวิธี β-elimination ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนตัวที่ 4 และตัวที่ 5 ของโมเลกุล พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของ PAL คือ 8-9.5 สารที่มีสมบัติเร่งการทำงานของ PAL คือไอออนของ Ca Mn และ Mg ซึ่งสามารถวัดแอคติวิตีของ PAL ได้เช่นเดียวกับ PG

Pectin lyases (PL)

เป็นเอนไซม์ที่พบในรา ไม่พบในแบคทีเรียและพืชชั้นสูง สามารถสลายพันธะไกลโคซิดิกที่อยู่ถัดจากหมู่เมธิทเอสเทอร์ด้วยวิธี Trans – elimination สารตั้งต้นที่ดีที่สุดของ PL คือ high methoxyl pectin พีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของ PL คือ 5.0-6.0 บางครั้งการเติมแคลเซียมไอออนจะทำให้พีเอชเหมาะสมเป็น 8.0 และค่าพีเอชที่เหมาะสมจะน้อยกว่านี้เมื่อมี high methoxyl pectin อยู่น้อย

2.6.2 เซลลูเลส (cellulase)

เซลลูเลสเป็นกลุ่มของเอนไซม์ผสมซึ่งประกอบเอนไซม์ชนิดต่างๆ จากการใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีคและอิเลคโทรฟอรีซิส (chromatographic and electrophosis) พบว่ามีเอ็นไซม์อย่างน้อย 3 ชนิด ได้แก่

2.6.2.1 C_1 component เชื่อกันว่า C_1 ช่วยกระตุ้นหรือแยกสายเซลลูโลสเพื่อเตรียมสภาพให้เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอ็นไซม์อื่นๆต่อไป

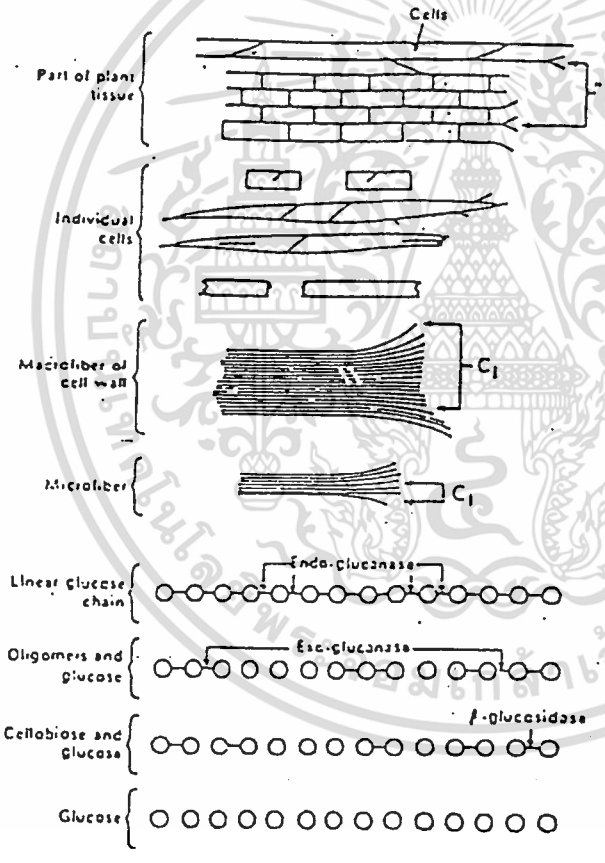
2.6.2.2 β- (1-4) glucanases หรือ C_x สามารถย่อยสลายอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่สามารถละลายได้ แต่ไม่สามารถย่อยสลายสับสเตรทที่ซับซ้อนมากๆได้ การตรวจสอบแอคติวิตีของเอนไซม์อาจวัดจากค่าความหนืดที่ลดลงหรือปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งที่ถูกปล่อยออกมา โดยปกติ β-(1-4) glucanases มีเอนไซม์เป็นองค์ประกอบย่อยๆคือ

2.6.2.2.1 endo - β- (1-4) glucanases ทำหน้าที่ตัดสายเซลลูโลสอย่างอิสระ ออกเป็น oligomer และน้ำตาลกลูโคสบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2.2 exo - β-(1-4) glucanases จะตัดสลาย oligomers ทำให้ได้เซลโลบิโอส(cellobiose) และน้ำตาลกลูโคส

2.6.2.2.3 β- Glucosidases ทำหน้าที่ย่อยสลายเซลโลบิโอสและเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้นๆได้น้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 2.4 การย่อยสลายเซลลูโลสตามสมมติฐานของ Cowling

ที่มา : ปราณี (2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การทำให้เข้มข้น

กรรมวิธีการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นนี้จะมีหลักการเช่นเดียวกับการผลิตน้ำผลไม้ ประกอบด้วย การสกัดน้ำผลไม้ การกรอง การให้ความร้อน การบรรจุ และการเก็บรักษา แต่จะมีบางขั้นตอนที่สำคัญเพิ่มมาคือ ขั้นตอนการทำให้เข้มข้นซึ่งเป็นกระบวนการแยกหรือระเหยน้ำออกจากน้ำผลไม้ สามารถทำได้หลายวิธี แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

2.7.1 การทำให้เข้มข้นโดยการแช่แข็งและเครื่องเหวี่ยง

วิธีนี้จะใช้อุณหภูมิต่ำทำให้น้ำบางส่วนในน้ำผลไม้กลายเป็นน้ำแข็งแล้วแยกน้ำแข็งเหล่านี้ออกไป ข้อดีของการทำให้เข้มข้นโดยการแช่แข็ง คือ สามารถรักษากลิ่นผลไม้ได้มากกว่าวิธีอื่นและไม่ทำให้สารที่ไม่ทนต่อความร้อนสูญเสียไป ส่วนข้อเสียทำให้น้ำเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็วของแข็งบางส่วนจะติดไปกับน้ำแข็งและหายไป เมื่อแยกน้ำแข็งออกจึงทำให้สีและกลิ่นของผลไม้เจือจางลง และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

2.7.2 การทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ

เป็นการระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ระเหยน้ำต่ำกว่าการใช้แบบบรรยากาศปกติ จึงไม่ทำให้น้ำผลไม้มีคุณภาพเสียไปเนื่องจากความร้อนวิธีนี้ช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงรสชาติและสี เพราะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนน้อยมาก ปกติจุดเดือดของน้ำจะต่ำลงภายใต้สุญญากาศมากกว่า 28 นิ้วปรอท เช่น ที่ภายใต้สุญญากาศ 29 นิ้วปรอท น้ำจะเดือดที่ 75 องศาฟาเรนไฮน์ เครื่องมือที่ใช้ระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศนี้ที่รู้จักกันคือ หม้อระเหยสุญญากาศ (Vacuum pan) ซึ่งมีลักษณะเป็นหม้อต้มที่มีฝาปิดสนิทและมีส่วนที่ต่อกับปั๊มสุญญากาศดูดเอาอากาศออกไปทำให้น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าสภาพปกติ

2.7.3 การระเหยโดยใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้น

วิธีนี้ใช้ความร้อนสูงประมาณ 105-205 องศาฟาเรนไฮน์ เช่น เครื่อง TASTE ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน และมีระบบการทำความเย็นด้วยสุญญากาศ (ไพบูลย์ : 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การทำให้แห้ง

2.8.1 การใช้ตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven)

เครื่องอบแห้งแบบตู้เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้การนำความร้อนของอากาศสู่อาหาร มีลักษณะเป็นชั้นซึ่งวางเรียง หรือแขวนอยู่ในห้องอบ ทำงานแบบเป็นกะ อาศัยการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน เมื่อใส่อาหารที่ต้องการทำแห้งไว้ในถาด หรือแขวนไว้ในตู้แล้วแต่กรณี แล้วให้ความร้อนแก่อาหารจนได้อาหารที่มีความชื้นที่พอเหมาะแล้วก็จะนำออกจากตู้อบ แล้วใส่อาหารชุดใหม่เข้าไปอบแห้งเป็นชุด ๆ ไป ตัวอย่างเครื่องอบแห้งแบบตู้หรือห้องอบ ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)

<u>การควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบตู้หรือห้องอบ</u>

2.8.1.1 ปริมาณอาหารที่ใส่ในตู้อบ (loading) โดยคิดเป็นปริมาณอาหารเปียกที่จะใส่ต่อพื้นที่ของตู้ หรือต่อพื้นที่ของถาด ในการอบแห้งพวกผักหรือผลไม้ในลักษณะที่เป็นชิ้น ๆ ทั่วไปจะควบคุมให้มีความหนาประมาณครึ่งนิ้วถึงหนึ่งนิ้วแต่หากเป็นผลไม้มีลักษณะการระเหยน้ำออกง่าย อาจจะวางซ้อน 2 ชั้น คือ หนาถึง 2 นิ้ว ก็ได้ และปริมาณที่ใส่ในถาดจะมีประมาณ 1 ถึง 3 ปอนด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุต ของถาด และปริมาณของอาหารจะไม่มีผลต่อการอบแห้งให้เห็นชัดเจน เมื่ออาหารนั้นมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 0.2

2.8.1.2 ระบบการหมุนเวียนของอากาศร้อน ภายในตู้อบอากาศร้อนของตู้อบควรจะไหลเวียนสัมผัสอาหารในถาดหรือในตู้อย่างทั่วถึง ระบบระบายอากาศร้อนขึ้นออกควรจะพอเหมาะ เพื่อทำให้การระบายไอน้ำที่ระเหยออกจากอาหารเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง และทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

2.8.1.3 ช่องว่างระหว่างถาด หรืออาหาร การวางอาหารควรจัดระยะห่างระหว่างถาด หรืออาหารให้มีช่องว่าง ให้อากาศร้อนไหลเวียนสัมผัสได้ทั่วถึง (ก่องกาญจน์ : 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry)

การอบแห้งแบบพ่นฝอยมีหลักการที่สำคัญ คือ สารที่ต้องการอบแห้งต้องสามารถทำเป็นของเหลวได้ อาจอยู่ในรูปของสารละลายเจล อีมัลชั่น หรือของเหลวข้น (slurry) มาทำให้แตกกระจายเป็นละออง หรือเป็นหยดเล็ก ๆ ภายในห้องอบที่มีก๊าซร้อนมาก ทำให้น้ำระเหยได้เร็ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสภาพเป็นเม็ดเล็ก ๆ หรือเป็นผง การอบแห้งแบบนี้จะได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือไม่ ขึ้นกับประสิทธิภาพในการทำให้ของเหลวแตกตัวเป็นละอองเล็ก ๆ เป็นสำคัญ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้ของเหลวแตกตัว คือ เครื่องฉีดอาหารให้เป็นฝอย (atomizer) ซึ่งใช้แรงดันจากเครื่องสูบอาหารเหลว หรือแรงดันจากหัวฉีดอัดอากาศ หรือแรงดันไอน้ำ บางทีใช้หัวเหวี่ยงรูปจาน (centrifugal disc atomizer)

อาหารผงที่จะทำโดยวิธีนี้ จะต้องคำนึงถึงลักษณะของอาหารสดก่อนโดยทั่วไป คุณสมบัติของอาหารที่จะทำแห้งควรเป็นของเหลวที่ไหลได้ มีเนื้ออาหารที่เป็นของแข็งอยู่สูงกว่าร้อยละ 20 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 หากของเหลวมีน้ำมากจะต้องเคี่ยวให้น้ำงวดบางส่วน ภายใต้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ เพื่อทำให้มีปริมาณของแข็งตามกำหนด ก่อนเข้าเครื่องควรอุ่นตัวอย่างให้ร้อนประมาณ 70 – 80 องศาเซลเซียส ยกเว้นอาหารโปรตีนที่ไม่ทนความร้อน เช่น ไข่ขาว ไม่ต้องอุ่นถ้าหากเก็บในตู้เย็นมาก่อน ให้วางไว้ข้างนอกจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยมีหลายแบบ โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบแบบแรกได้แก่

2.8.2.1 ชนิดกระแสสวนทางกัน (counter – current)

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสสวนทางกัน ของเหลวจะถูกพ่น (atomized) ใกล้กับส่วนบนของห้องอบแห้ง (Drying chamber) และตกลงมาขณะที่อากาศจะนำเข้าสู่เครื่องใกล้กับด้านล่างของห้องอบแห้ง และเคลื่อนสู่ด้านบนผ่านหยดของเหลว (Liquid droplets) ผลิตภัณฑ์ที่แห้งจะออกจากด้านล่างของห้อง ขณะที่อากาศจะถูกกำจัดใกล้ส่วนบนของห้องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
03555

2.8.2.2 **เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดกระแสตามกัน (Co-current spray dryer)**

จะมีการผสมอากาศที่เข้ากับของเหลวที่เกิดขึ้นใหม่ที่เครื่องอะตอมไมเซอร์ (atomizer) หลังจากการผสมตอนต้นแล้ว ผลิตภัณฑ์และอากาศเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันขณะที่กระบวนการทำแห้งดำเนินต่อไป ผลิตภัณฑ์และอากาศส่วนใหญ่จะออกจากห้องอบแห้งที่ทางด้านล่างและเคลื่อนไปยังระบบแยก (Separation system)

2.8.2.3 **การไหลของผลิตภัณฑ์และอากาศผ่านเครื่องอบแห้งพ่นฝอยชนิดที่มีการไหลผสมกัน (Mix Flow pattern)**

อากาศที่เข้าส่วนบนจะเคลื่อนลงมาด้านล่างของห้องอบแห้ง ซึ่งจะสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนไปยังช่องอากาศออก ผลิตภัณฑ์จะออกจากเครื่องทางออกใกล้กับส่วนล่างของห้องอบแห้ง ถ้าอุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องสูงอาจทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง นี้แต่ระบบนี้จะมีความสามารถในการระเหยต่อหน่วยปริมาตรสูง

2.8.2.4 **เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีการไหลขนานกัน (Parallel Flow)**

การไหลของผลิตภัณฑ์และอากาศค่อนข้างจะเป็นเส้นสม่ำเสมอจากด้านบนสู่ด้านล่างของห้องอบแห้งที่แคบ ผลิตภัณฑ์และอากาศจะออกจากห้องอบแห้งด้วยกัน แล้วเคลื่อนไปยังส่วนที่ใช้แยกของระบบ ลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบนี้จะแตกต่างจากชนิดกระแสไหลตามกัน คือความเร็วลมที่ใช้สูง ทำให้อุณหภูมิอากาศที่เข้าสูงความเร็วลมนี้ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 2-3 เมตรต่อวินาที

2.8.3 **การอบแห้งแบบการระเหิด (Freeze drying)**

ในการอบแห้งอาหารด้วยวิธีต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วมักจะมีปัญหาในเรื่องการใช้ความร้อนที่ทำให้อาหารแห้งทำให้คุณภาพที่ได้ลดลงหรือสูญเสียคุณค่าทางอาหารไปโดยเฉพาะพวกวิตามิน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze drying)หรือ Sublimation drying หรือ(Lyophilization) ซึ่งเป็นกระบวนการระเหิดน้ำในสถานะแข่แข็งโดยตรงไปเป็นสถานะไอ ข้อดี ของกระบวนการอบแห้งแบบการระเหิด คือ การกำจัดความชื้นสามารถกระทำได้โดยไม่จำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิสูงเกินไป นอกจากนี้ยังสามารถรักษาโครงสร้างของผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัณฑ์ในสภาพที่ยอมรับทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง องค์ประกอบพื้นฐานของเครื่องอบแห้งแบบการระเหิดได้แก่ เครื่องระเหยซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เป็นแหล่งพลังงานของการอบแห้ง และเครื่องคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะรวบรวมไอจากผลิตภัณฑ์ทั้งเครื่องระเหยและเครื่องคอนเดนเซอร์จะวางอยู่ในห้องสุญญากาศและสภาวะสุญญากาศเกิดขึ้นโดยการใช้ปั๊มสุญญากาศ (รุ่งนภา : 2535)

2.9 มอลโตเดกซ์ตริน (Maltodextrin)

มอลโตเดกซ์ตรินเป็นส่วนผสมของแซคคาไรด์ ที่มีคุณค่าทางอาหารและทำให้บริสุทธิ์แล้วโดยได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์แป้ง และมีค่าสมมูลย์เดกซ์โตส (dextrose equivalent หรือDE) ต่ำกว่า 20

มอลโตเดกซ์ตรินมักจะผลิตออกมาในรูปที่แห้ง มากกว่าจะเป็นสารละลายโดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 3 ถึง 5 มีสีขาวเป็นผงร่วน มี bulk density อยู่ในช่วง 32 ถึง 36 ปอนด์ต่อตารางฟุต และมีความหวานเล็กน้อยหรืออาจไม่หวานเลยขึ้นกับค่า DE เมื่อมอลโตเดกซ์ตรินไปละลายน้ำอาจจะให้สารละลายใสหรือขุ่น ขึ้นกับชนิดของมอลโตเดกซ์ตรินที่นำมาใช้ นอกจากนี้มอลโตเดกซ์ตรินยังสามารถละลายในอาหารที่เป็นของเหลวเช่น นม น้ำผลไม้ ซุป และผลิตภัณฑ์อื่นๆที่เป็นสารละลายน้ำได้เป็นอย่างดี โดยอาจใส่เป็นผงโดยตรง หรือนำมาละลายในน้ำก่อน ซึ่งความสามารถในการละลายขึ้นกับค่า DE และชนิดของอาหารที่นำไปใช้ สามารถละลายมอลโตเดกซ์ตรินที่มี DE ต่ำๆจะมีแนวโน้มที่ไม่ละลายถ้าในสารละลายมีปริมาณของแข็งมากเกินไป

มอลโตเดกซ์ตรินมีคุณสมบัติที่จะไม่ดูดความชื้น เมื่อเทียบกับแบะแซ (com syrup) โดยเฉพาะที่มีค่า DE ต่ำ จะมีความสามารถในการดูดความชื้นได้น้อยที่สุด มอลโตเดกซ์ตรินมีความหนืดลดลงเมื่อมีค่า DE สูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาตรของแข็งด้วย หากปริมาณของแข็งสูงความหนืดจะสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้มอลโตเดกซ์ตรินยังมีคุณสมบัติให้ลักษณะความเป็นเนื้อ (body) แก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายประเภท (Whistler et .al. , 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ประสิทธิภาพของการสกัดผักโดยใช้เอนไซม์ในการย่อย

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพการสกัดผักคะน้าโดยใช้เอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลส

ชนิดผัก	ประสิทธิภาพการสกัด (กรัม ต่อ 100 ml.)		ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	
	ไม่ใช้เอนไซม์	ใช้เอนไซม์	ไม่ใช้เอนไซม์	ใช้เอนไซม์
ผักคะน้า	70.66	93.28	1.9360	3.1420

ที่มา : ชูโชคและคณะ (2541)

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการสกัดผักคะน้าโดยการใช้เอนไซม์เพคติเนสและเอนไซม์เซลลูเลสนั้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงขึ้น โดยจากปริมาณผักคะน้า 100 กรัม โดยในส่วนที่ไม่ใช้เอนไซม์ในการสกัดจะได้น้ำผักคะน้า 70.66 กรัม แต่ถ้าใช้เอนไซม์ในการสกัดจะได้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 93.28 กรัม นอกจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นหลังจากการใช้เอนไซม์ในการย่อยแล้ว ยังส่งผลให้ปริมาณของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นในการใช้เอนไซม์ในการย่อยผักเพื่อสกัดน้ำนั้นจะทำให้ปริมาณ น้ำที่สกัดได้จะมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีบางอย่าง เช่นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15762

บทที่ 3
อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เศษผักคะน้า

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องปั่น (Blender)

3.2.2 เครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH meter)
ยี่ห้อ SUNTEX รุ่น SP - 701

3.2.3 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Evaporation)
ยี่ห้อ JANKE of KUNKEL KIKA – Labortechnik รุ่น RV05

3.2.4 เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer)
ยี่ห้อ VIRTIS รุ่น UNITOP 200SL

3.2.5 เครื่องทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
ยี่ห้อ MEMERT รุ่น MODELL 400

3.2.6 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)
ยี่ห้อ BUCHI รุ่น MINI – SPRAY B -109

3.2.7 เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.2.8 ผ้าขาวบาง

3.2.9 เครื่องแก้ว

3.2.10 หลอดเซนติฟิวส์ และเครื่องหมุนเหวี่ยง
ยี่ห้อ CENTRIKON รุ่น T-42K และJOUAN รุ่น GR 4.11

3.2.11 ชุดย่อยโปรตีน

3.2.12 ชุดสกัดไขมัน

3.2.13 ครูซิเบิล

3.2.14 เตาเผา

3.2.15 โถดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.3 สารเคมีและเอนไซม์

3.3.1 เอนไซม์เซลลูเลส (Culluclast – 1.5 L ของบริษัท NOVO)

3.3.2 เอนไซม์เพคติเนส (Pectinex Ultra SP – L ของบริษัท NOVO)

3.3.3 โปแตสเซียมซัลเฟต

3.3.4 คอปเปอร์ซัลเฟต

3.3.5 กรดซัลฟิวริก

3.3.6 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.3.7 สารละลายกรดบอริค

3.3.8 เมทธิลีนบลู

3.3.9 สารมอลโตเด็กซ์ตริน

3.3.10 โปรตีนพืชสกัด (Hydrolyzed Vegetable Protein , HVP)
ของบริษัท Basic Food Flavor Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมน้ำเศษผักคะน้า

1) นำเศษผักมาคัดเลือก ตัดแต่งส่วนที่หนาให้มีขนาดสม่ำเสมอโดยไม่ให้ชิ้นผักมีความหนาเกิน 0.5 เซนติเมตร
2) ล้างผักด้วยน้ำสะอาด
3) ลวกน้ำร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที แล้วทำให้เย็นทันที
4) นำมาลดขนาดด้วยเครื่องปั่น
5) นำผักที่เตรียมได้ มาปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5-6.5 เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคติเนส
6) เติมเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคติเนส จำนวน 0.1 – 0.2 % จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง
7) เมื่อครบกำหนดนำน้ำผักที่ได้ต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
8) นำน้ำผักที่ผ่านการต้มมากรองด้วยผ้าขาวบางหรือใช้กระดาษเบอร์ 4 โดยใช้ระบบสุญญากาศช่วยกรอง
9) ทำน้ำผักให้ใสโดยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงหมุนเพื่อทำให้น้ำผักใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ภาพที่ 3.1</u> แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำผักเศษคะน้าสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การศึกษากรรมวิธีการทำแห้งที่เหมาะสม

นำน้ำผักคะน้าสกัดที่สกัดที่ได้ มาทำการศึกษากรรมวิธีการทำแห้งที่เหมาะสม โดยการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RBC โดยศึกษา

(1) การปรับปริมาณของแข็ง

เปรียบเทียบระหว่างการเติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 5 ลงไปในน้ำผักสกัดกับส่วนที่ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน จากนั้นระเหยน้ำออกบางส่วน ในเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ จนกระทั่งน้ำผักคะน้ามีปริมาณของแข็งร้อยละ 10 หรือวัดโดยใช้ Refractometer ที่ 10 องศาบริกซ์

(2) การศึกษาการทำแห้ง

(2.1) ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิลมเข้า 2 ระดับ คือ 150 และ 200 องศาเซลเซียส

(2.2) ใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 2 ระดับได้แก่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

(2.3) ใช้เครื่องอบแห้งแบบระเหิดที่อุณหภูมิของการระเหิดของ Heating plate ที่ 2 ระดับ ได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

(2.4) ศึกษาคุณสมบัติบางประการของผักคะน้าสกัด ที่ได้จากการทำแห้งแต่ละวิธี

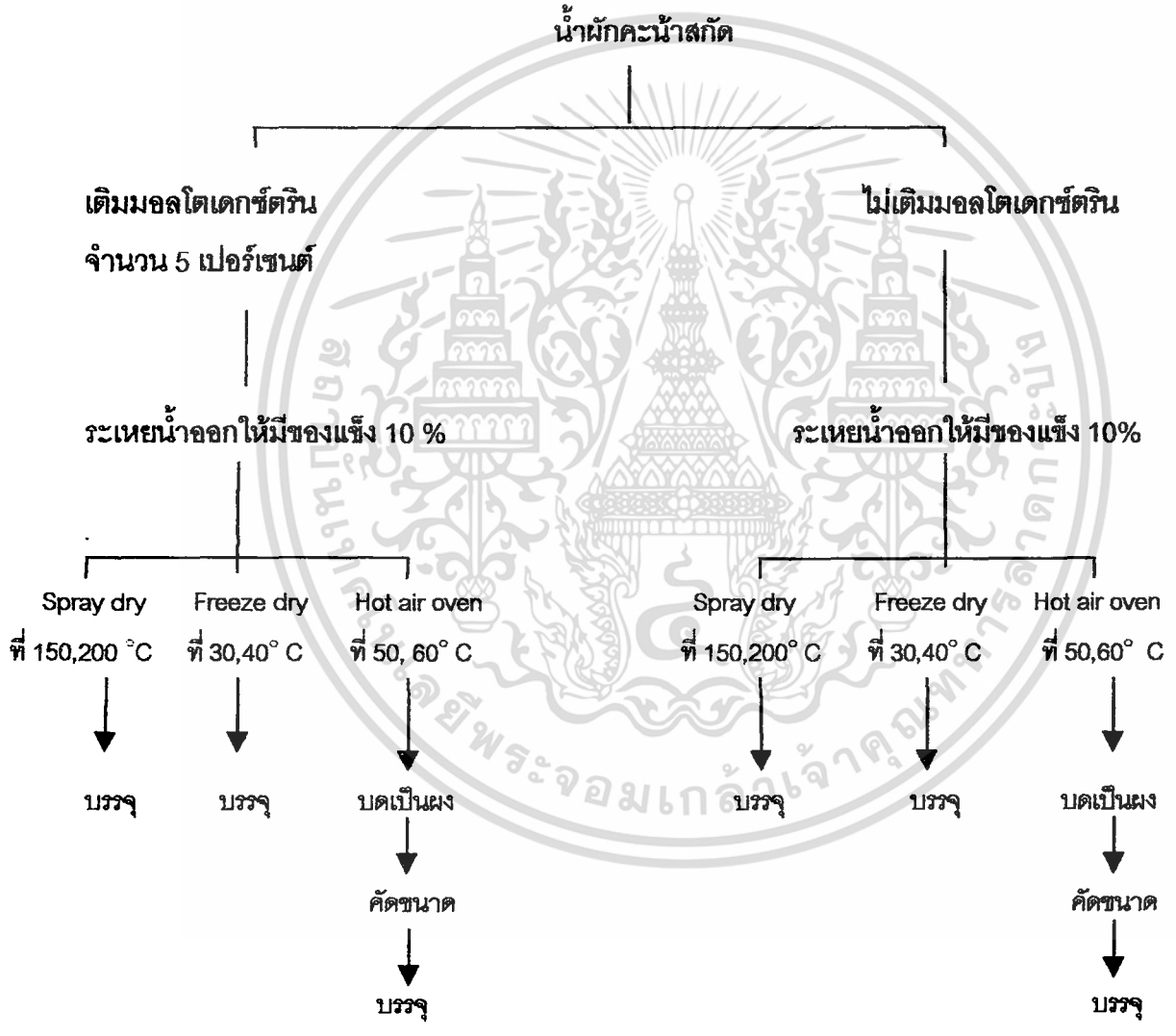
(ก) ศึกษาคุณสมบัติการละลายของผักสกัดโดยใช้น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (20 –30 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลายและใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 กรัม ของผักสกัด จากนั้นจับเวลาที่ใช้ในการละลายเปรียบเทียบแต่ละวิธี

(ข) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Proximate Analysis ซึ่งเป็นวิธีของ A.O.A.C. ปี 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทดสอบประสาทสัมผัส

การศึกษาแนวทางการนำน้ำสกัดผักผงไปใช้ประโยชน์โดยการทดลองการนำน้ำสกัดผักผงที่ได้จากขบวนการอบแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน มาเป็นส่วนผสมโดยใช้เป็นตัวให้กลิ่น ในการเคลือบมันฝรั่งทอด จากนั้นนำมาทดสอบชิมเพื่อหาความแตกต่างทางด้าน กลิ่น สี รสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์น้ำเศษผักคะน้าสกัดได้



ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการทดลองการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ของเศษผักคะน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเศษผักคะน้า (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	90.70*
ไขมัน	2.32
โปรตีน	11.57
เถ้า	18.22
คาร์โบไฮเดรตและเยื่อใย	67.89

* ร้อยละของน้ำหนักสด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษผักคะน้าที่นำมาทำการทดลองพบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและเป็นประโยชน์ อยู่ในปริมาณที่มาก เช่น มีปริมาณโปรตีนถึงร้อยละ 11.57 โดยน้ำหนักแห้ง มีปริมาณเถ้าร้อยละ 18.22 ซึ่งจะเป็นส่วนของวิตามินและเกลือแร่ นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยรวมกันร้อยละ 67.89 ดังนั้นจากองค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์เศษผักคะน้านั้นยังมีส่วนที่มีประโยชน์และมีคุณค่า น่าที่จะนำเศษผักคะน้ากลับมาใช้ประโยชน์อีก

4.2 การเตรียมน้ำเศษผักคะน้าสกัด

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำเศษผักคะน้าสกัดจากวิธีต่างๆ

วิธีสกัด	ปริมาณ (กรัม)
คั้นโดยใช้เครื่อง	560
การใช้เอนไซม์	850
การหมุนเหวี่ยงหลังจากการย่อย	740

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเศษผักคะน้า 1000 กรัม (น้ำหนักสด) เมื่อนำมาผ่านการคั้นโดยใช้เครื่องคั้นน้ำซึ่งไม่ใช้เอนไซม์ช่วยในการย่อย พบว่าจะได้น้ำเศษผักคะน้าประมาณ 560 กรัม แต่เมื่อนำส่วนของน้ำเศษผักคะน้าและกากของเศษผักคะน้ามาผสมกันแล้วเติมเอนไซม์เซลลูเลสและเพคติเนสในอัตราร้อยละ 0.1 ร่วมกัน จะทำให้น้ำเศษผักคะน้าเมื่อนำมากรองแล้วมีปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปผ่านขั้นตอนการทำให้ใสโดยการหมุนเหวี่ยงจะทำให้ได้ปริมาณน้ำเศษผักคะน้าประมาณ 740 กรัม

4.3 ผลจากการศึกษากรรมวิธีการทำแห้งที่เหมาะสม

4.3.1 ผลของการปรับปริมาณของแข็ง

จากการศึกษาการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัด เพื่อผลิตเป็นผักคะน้าสกัดผง พบว่าจำเป็นต้องเติมสารตัวกลาง ซึ่งจากการศึกษาการทำแห้งน้ำผักคะน้าสกัดนี้ได้ทดลองเติมมอลโตเด็กซ์ตริน ในปริมาณร้อยละ 5 โดยเติมในรูปของแห้ง ซึ่งสาเหตุที่ต้องเติมมอลโตเด็กซ์ตริน เนื่องจากในขั้นตอนการทำให้น้ำเศษผักคะน้าสกัดเข้มข้น โดยการระเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศนั้น ถ้าหากไม่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตริน น้ำเศษผักคะน้าสกัดที่มีปริมาณของแข็งร้อยละ 10 (10 องศาบริกซ์) จะมีลักษณะข้นหนืดมาก จะทำให้มีผลต่อขั้นตอนของการทำแห้ง เช่นในการอบแห้งแบบพ่นฝอย ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตริน จะมีลักษณะที่สามารถดูดความชื้นได้ดี จนทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียว ติดกับเครื่องอบแห้ง ยากต่อการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์ ส่วนในการทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้งแบบใช้ตู้อบอากาศร้อนเช่นกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดูดความชื้นได้เร็ว ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปัญหาในการนำผลิตภัณฑ์มาบดให้เป็นผง โดยผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาบดจะดูดความชื้นและละลายติดกับเครื่องบด

4.3.2 ผลของการศึกษาการทำแห้ง

4.3.2.1 ผลการทำแห้งโดยใช้ตู้อบอากาศร้อน

ผลการทำแห้งโดยใช้ตู้อบอากาศร้อนนั้นได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลเข้มสามารถดูดความชื้นได้ง่าย แต่การเติมมอลโตเด็กซ์ตริน จะช่วยให้การดูดความชื้นช้าลง ส่วนในผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินจะดูดความชื้นได้เร็ว จนทำให้มีปัญหาในการบดให้เป็นผง ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ไม่มีผลต่อลักษณะผลิตภัณฑ์แต่จะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง โดยการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 ผลการทำแห้งแบบพ่นฝอย

จากการทดลองการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัดโดยใช้การทำแห้งแบบพ่นฝอย ผลปรากฏว่า ในส่วนที่ไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินจะมีผลเช่นเดียวกับการอบแห้ง คือผลิตภัณฑ์ที่ดูดความชื้น ได้เร็วกว่าส่วนที่เติมมอลโตเด็กซ์ตริน ส่วนอุณหภูมิที่ใช้มีผลคือ การใช้อุณหภูมิลมเข้าที่ 200 องศาเซลเซียสนั้น จะได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มกว่า การใช้อุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส และยังมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ เกิดการไหม้เกาะติดที่ผนังของห้องอบแห้ง ทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้อย

4.3.2.3 ผลการทำแห้งแบบระเหิด

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ ทั้งสองวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตริน จะสามารถดูดความชื้นได้เร็วมาก ซึ่งอาจจะถือได้ว่า เร็วกว่าการทำแห้งแบบวิธีอื่น ก็ได้ ส่วนในเรื่องของความแตกต่าง ของอุณหภูมิของ Heating plate นั้น จะไม่มีผลมากนักต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็นทางด้านสี หรือการละลายแต่จะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง

จากผลการศึกษาการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัด โดยใช้น้ำเศษผักคะน้าสกัดที่มีปริมาณของแข็งเริ่มต้นประมาณ 4 องศาบริกซ์ วัดโดยใช้ Refractometer ซึ่งจากตารางที่ 4.3 ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัดด้วยวิธีการต่างๆ จะเห็นได้ว่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกัน โดยจะขึ้นกับกรรมวิธีในการทำแห้งและปริมาณความชื้นที่เหลือในผลิตภัณฑ์ วิธีการทำแห้งที่ทำให้ได้เศษผักคะน้าสกัดผงมากที่สุดคือ การทำแห้งแบบระเหิด รองลงมาคือการทำแห้งแบบใช้ตู้อบ และการทำแห้งแบบพ่นฝอยตามลำดับ แต่สำหรับวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาเป็นวิธีการที่ใช้ในการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัด คือการใช้วิธีการทำแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน เพราะเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนน้อย และปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณผงเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการทำแห้งน้ำเศษผักคะน้าสกัด ปริมาณ 1000 กรัม

วิธีการทำแห้ง	อุณหภูมิ (°ซ)	เติมมอลโตเด็กซ์ตริน ร้อยละ 5	ปริมาณผักสกัดผง (กรัม)
แบบตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven)	50 *	ไม่เติม	34.2
		เติม	74.7
	60 *	ไม่เติม	28.2
		เติม	77
แบบพ่นฝอย (Spray dryer)	150**	ไม่เติม	23.4
		เติม	56.9
	200**	ไม่เติม	24.5
		เติม	58.2
แบบระเหิด (Freeze dryer)	30***	ไม่เติม	44.1
		เติม	76.5
	40***	ไม่เติม	38.1
		เติม	75.6

* อุณหภูมิของตู้อบอากาศร้อน

** อุณหภูมิลมร้อนที่เข้าเครื่องอบแห้ง

*** อุณหภูมิของ Heating plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการศึกษาความสามารถในการละลายของผักสกัดจากเศษผักคะน้า

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการละลายของผักสกัดจากเศษผักคะน้ากับโปรตีนสกัด

วิธีการทำแห้ง	อุณหภูมิ (°ซ)	เติมมอลโตเด็กซ์ตริน ร้อยละ 5	เวลาการละลาย (วินาที)	ประสิทธิภาพในการละลาย****
แบบตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven)	50 *	ไม่เติม	47	1.2
		เติม	21	2.6
	60 *	ไม่เติม	55	1.0
		เติม	28	2
แบบพ่นฝอย (Spray dryer)	150**	ไม่เติม	35	1.6
		เติม	25	2.2
	200**	ไม่เติม	24	2.3
		เติม	20	2.8
แบบระเหิด (Freeze dryer)	30***	ไม่เติม	25	2.2
		เติม	16	3.5
	40***	ไม่เติม	35	1.6
		เติม	16	3.5

* อุณหภูมิของตู้อบอากาศร้อน

** อุณหภูมิลมร้อนที่เข้าสู่เครื่องอบแห้ง

*** อุณหภูมิของ Heating plate

**** เปรียบเทียบกับเวลาในการละลายของ HVP (Vegetable Protein Hydrolysate) เท่ากับ 56 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการละลายของเศษผักคะน้าสกัด ที่ผ่านการทำแห้งแล้วพบว่า วิธีการทำแห้งแบบระเหิดจะได้ เศษผักคะน้าสกัดผงที่มีประสิทธิภาพในการละลาย สูงสุด คือ ละลายได้เร็วเป็น 3.5 เท่า ของโปรตีนพืชสกัด (HVP) ที่ผลิตเป็นการค้า ส่วนผักสกัดที่ท่านการทำแห้งโดยวิธีแบบพ่นฝอย และตู้อบอากาศร้อนจะมีประสิทธิภาพในการละลาย 2.8 และ 2 ตามลำดับ แต่การทำแห้ง แบบตู้อบอากาศร้อน ใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูก และสะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการทำแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ทั้งที่เติมและไม่เติมมอลโตเดกซ์ตรินมาทำการทดลองในขั้นต่อไป

4.3.4 ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ของเศษผักคะน้าสกัดผง

ตารางที่ 4.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากกรรมวิธีการทำแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	12.75*
ไขมัน	0.30
โปรตีน	14.74
เถ้า	31.20
คาร์โบไฮเดรต	53.76

*ร้อยละของน้ำหนักสด

จากตารางที่ 4.5 เนื่องจากเศษผักคะน้าสกัดที่ได้ โดยนำมาผ่านการหมุนเหวี่ยง เพื่อทำให้ใสโดยนำกากออก นำน้ำเศษผักคะน้าที่สกัดได้มาผ่านการทำแห้ง ดังนั้น เมื่อนำเศษผักคะน้าสกัดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี จึงถือได้ว่าไม่มีเยื่อใย (Crude fiber) ซึ่งในองค์ประกอบทางเคมี ของเศษผักคะน้าสกัดผงที่ได้ส่วนใหญ่จะมี คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.76 แต่มีโปรตีนเพียงร้อยละ 14.74 เมื่อนำมาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี จากตารางที่ 4.1 กับตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าโปรตีนที่ได้จากเศษผักคะน้าสกัดค่อนข้างสูง เนื่องจากมีการใช้เอนไซม์ในการช่วยย่อย จะสามารถทำให้การสกัดโปรตีนที่มีอยู่ในเศษผักคะน้าออกมาได้ค่อนข้างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.6 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ชิม โดยนำผักสกัดมาใช้ในการปรุงรสเพื่อเคลือบมันฝรั่งทอด

ชนิดผลิตภัณฑ์	กลิ่น	รสชาติ	สี	ความชอบรวม
ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตรินที่ 50 องศาเซลเซียส	3.30[a]	2.15[a]	3.25[a]	2.45[a]
เติมมอลโตเดกซ์จตรินที่ 50 องศาเซลเซียส	2.15[b]	1.95[a]	2.50[b]	2.50[a]
ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตรินที่ 60 องศาเซลเซียส	3.95[a]	2.95[a]	3.80[a]	2.80[a]
เติมมอลโตเดกซ์จตรินที่ 60 องศาเซลเซียส	3.05[a]	2.15[a]	3.65[a]	2.65[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง (columm) หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

จากตารางที่ 4.6 การทดสอบด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้ง ผลของผู้ชิมให้การยอมรับกลิ่นและสี ของผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วย เศษผักคะน้าสกัดผงที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตรินและที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทั้งที่เติมและไม่เติมมอลโตเดกซ์ตรินและส่วนที่ไม่รับเนื่องจากกลิ่นผักน้อยและมีสีจางกว่า ส่วนผลของการยอมรับในด้านความชอบรวม ผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในระดับปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดลองเตรียมน้ำผักคะน้าจากเศษผักคะน้านั้น การใช้เอนไซม์จะช่วยให้มีประมาณของน้ำคะน้าที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส และเอนไซม์เพคติเนสร่วมกัน ร้อยละ 0.1 ใช้เวลาในการย่อย 3 ชั่วโมง

5.1.2 เศษผักคะน้าสกัด ที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด มีคุณภาพดีที่สุด และมีประสิทธิภาพในการละลายสูงกว่า การทำแห้งแบบพ่นฝอย และการทำแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน โดยละลายได้เร็ว 3.5 เท่าของโปรตีนพืชสกัดที่ผลิตทางการค้า อย่างไรก็ตาม วิธีการอบแห้งที่นำมาใช้ คือ การอบแห้งแบบตู้อบอากาศร้อน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ มีราคาถูก สะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ และ ผักสกัดที่ได้มีประสิทธิภาพ ในการละลายต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ เพียงเล็กน้อย การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเติมมอลโตเดกซ์ตริน จะทำให้ได้ผักสกัดที่มีคุณภาพดีกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และที่ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน

5.1.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ เศษผักคะน้าสกัดนั้นผลที่ได้ มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ โปรตีนร้อยละ 14.74 เถ้าร้อยละ 31.20 และ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.76

5.1.4 การทดสอบด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการทำแห้ง ผลปรากฏว่าการทดสอบในด้านกลิ่น และ สี มีการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส และเติมสารมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 5 นั้นแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และในด้านความชอบรวมและรสชาติไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การที่จะเลือกใช้เอนไซม์แต่ละชนิดจะต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่นราคาของเอนไซม์ แหล่งที่ผลิตหรือจำหน่ายเอนไซม์เป็นต้น

5.2.2 ผักซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบควรจะได้จากแหล่งที่ผลิตผัก เพราะจะต้องใช้ในปริมาณมาก ดังนั้นควรคำนึงถึงปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบด้วย

5.2.3 ในการเลือกใช้กระบวนการทำแห้งควรคำนึงถึงต้นทุนที่ใช้ในการทำงาน และต้นทุนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแห้งด้วย

5.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส จะใช้ผู้ชิมเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน ซึ่งอาจจะยังเป็นตัวแทนที่ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนทั้งหมดของผู้บริโภคได้

5.2.5 ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ควรจะทำการทดสอบเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้กับผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด เพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภค

5.2.6 นอกจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแล้วควรจะมีการตกตะกอนแยกโปรตีน หรือ สกัดเฉพาะโปรตีนเพื่อให้มีกลิ่นรสของผักคงอยู่ และมีรสชาติ กลิ่นที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ . 2537. ผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ก่องกาญจน์ ยังสุภานิช . 2536. การศึกษากรรมวิธีการผลิตว่านหางจระเข้ผง . ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ .อุตสหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์

คณาอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2533. วิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร . คณะอุตสาหกรรมเกษตร . มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์

จริงแท้ ศิริพานิช . 2541.สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.พิมพ์ครั้งที่2. ภาควิพืชสวน,คณะเกษร,มหาวิทยาลัยเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน.396หน้า

ดวงเดือน ไตรสรณกุลชัยและคณะ. 2540. การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลิตเป็นเครื่องดื่มใยอาหารโดย ใช้เซลลูโลสและเพคติเนส , ปัญหาพิเศษ . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เทพกัญญา ตันตโยทัย และปิยะ หาญศีลวัต . 2541. การศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ , ปัญหาพิเศษ . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2534. เอนไซม์ทางอาหาร ตอนที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ . 2539. เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร. 7(2) : 22-31

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะทรัพยากรธรรมชาติ , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ , กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต . 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ . ,โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์

รุ่งนภา วิสิทธอุดรการและระติพร หาเรือนกิจ. 2539. วิศวกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2534. เคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ

วิไลวรรณ ช่วยยก . 2540 . การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารและองค์ประกอบอื่นๆในเห็ด , สัมมนา . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เสาวนีย์ เอี่ยมอังกูร และสุนิศา ปิ่นสุวรรณคุปต์. 2541. ปัจจัยที่มีผลต่อมาซีเรชั่นในการผลิตน้ำแครอทโดยใช้เอนไซม์เพคติเนส. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ

ศิริอร ตั้งเต็มจิตร . 2540. บทบาทของเส้นใยอาหารในอาหาร , สัมมนา . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

A.O.A.C. 1995. Association of official Analytical Chemists.16th ed. Arlington,Verginia : Association of official Analytical Chemists.inc

Whistler , R.L. , J.N Bemiller and E.F. Paschall , 1984 Starch : Chemistry and Technology . 2nd ed. Academic Press , inc, USA . 345 P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ .....

ชื่อผู้ชิม .....

วันที่..... ชุดที่.....

ข้อปฏิบัติในการชิม

1. ชิมตัวอย่างโดยเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา
2. ในระหว่างการชิมแต่ละตัวอย่างใช้น้ำล้างปากเพื่อป้องกันการสับสนในระหว่างตัวอย่าง
3. คุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ คือ กลิ่น รสชาติ สี ความชอบรวม
4. พิจารณาคะแนนจาก 1 – 5 โดยแบ่งคะแนนตาม

    1. ไม่ชอบ
    2. ชอบเล็กน้อย
    3. ชอบ
    4. ชอบมาก
    5. ชอบมากที่สุด

ลำดับ	รหัสตัวอย่าง	กลิ่น	รสชาติ	สี	ความชอบรวม
1					
2					
3					
4					

ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ .....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่น

1. ไม่มีกลิ่น
2. มีกลิ่นเล็กน้อย
3. มีกลิ่น
4. แรงมาก
5. แรงที่สุด

รสชาติ

1. ไม่ขม
2. ขมน้อย
3. ขม
4. ขมมาก
5. ขมมากที่สุด

สี

1. ไม่มีสี
2. มีสีเล็กน้อย
3. สีเข้ม
4. สีเข้มมาก
5. สีเข้มมากที่สุด

ความชอบรวม

1. ไม่ชอบ
2. ชอบเล็กน้อย
3. ชอบ
4. ชอบมาก
5. ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ ก1. คะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นและรสชาติ

ผู้ชิม	กลิ่น				รสชาติ			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	3	3	3	3	2	2	1	3
2	2	1	2	3	2	3	4	3
3	5	3	5	3	4	4	5	3
4	4	3	5	3	4	3	5	3
5	2	1	5	4	1	1	5	3
6	3	3	5	3	2	2	2	2
7	4	1	3	2	4	1	3	1
8	4	3	5	3	5	3	2	1
9	3	2	3	2	3	2	3	2
10	5	2	4	4	1	1	1	1
11	4	2	3	2	1	2	3	2
12	3	2	5	3	1	1	1	1
13	4	3	4	4	1	1	1	1
14	3	2	3	2	1	1	2	2
15	4	4	5	3	1	1	2	1
16	3	2	4	5	1	1	2	2
17	3	2	5	4	4	4	5	4
18	2	2	3	3	2	2	4	3
19	2	1	1	3	1	1	3	2
20	3	1	5	2	2	3	5	3
$\sum X$	66	43	78	61	43	39	59	43
$\bar{X}$	3.3	2.2	3.9	3.1	2.2	2.0	3.0	2.2
	243	**107**	**332**	**199**	**127**	**97**	**217**	**109**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก2 คะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีและความชอบรวม

ผู้ชิม	สี				ความชอบรวม			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	3	3	3	5	3	3	4	3
2	3	2	3	3	2	3	1	2
3	4	3	4	4	4	3	5	3
4	4	3	3	5	3	3	5	4
5	2	2	5	4	3	3	1	5
6	2	2	5	4	1	1	1	1
7	4	1	3	4	1	2	3	1
8	4	2	5	4	1	3	2	2
9	3	2	5	4	2	1	1	3
10	3	5	4	4	4	5	3	2
11	2	4	4	2	4	2	3	2
12	5	1	5	3	3	3	4	2
13	4	2	3	3	2	3	2	2
14	4	2	2	5	1	2	3	1
15	2	2	3	2	2	2	1	3
16	3	2	4	5	4	2	5	2
17	4	3	4	5	3	3	5	4
18	2	3	4	4	2	3	4	4
19	3	3	2	2	1	2	2	3
20	4	3	5	3	3	1	1	4
$\sum X$	65	50	76	73	49	50	36	53
$\bar{X}$	3.3	2.5	3.8	3.7	2.5	2.5	2.8	2.7
	227	**142**	**308**	**289**	**143**	**142**	**202**	**165**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก3 การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านกลิ่นของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Source of Variation	df	SS	MS	F
TOTAL	79	103.2		11.24*
Treatment	3	31.7	10.57	2.74**
Error	76	71.5	0.94	

Significant at 5 % level

* Fcal = เป็นค่า F ที่ได้จากการคำนวณ

** Ftable = เป็นค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง

เพราะฉะนั้น Fcal > Ftable แสดงว่าสูตร 1,2,3,และ4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Duncan ' s Multiple Range Test

สูตร 1	2	3	4
อบที่ 50 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 50 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน
3.3_a	2.2_b	3.9_a	3.1_a

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก4 การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านรสชาติของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Source of Variation	df	SS	MS	F
TOTAL	79	126.8		2.60*
Treatment	3	11.8	3.93	2.74**
Error	76	115	1.51	

Significant at 5 % level

* Fcal = เป็นค่า F ที่ได้จากการคำนวณ

** Ftable = เป็นค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง

เพราะฉะนั้น Fcal < Ftable แสดงว่าสูตร 1,2,3,และ4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Duncan ' s Multiple Range Test

สูตร 1	2	3	4
อบที่ 50 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 50 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน
2.2_a	2.0_a	3.0_a	2.2_a

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก5 การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสีของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Source of Variation	df	SS	MS	F
TOTAL	79	94.8		6.91*
Treatment	3	20.3	6.77	2.74**
Error	76	74.5	0.98	

Significant at 5 % level

* Fcal = เป็นค่า F ที่ได้จากการคำนวณ

** Ftable = เป็นค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง

เพราะฉะนั้น Fcal > Ftable แสดงว่าสูตร 1,2,3,และ4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Duncan ' s Multiple Range Test

สูตร 1	2	3	4
อบที่ 50 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 50 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน
3.3_a	2.5_b	3.8_a	3.7_a

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ก6 การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านความชอบรวมของเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Source of Variation	df	SS	MS	F
TOTAL	79	111.2		0.35*
Treatment	3	1.5	0.5	2.74**
Error	76	109.7	1.44	

Significant at 5 % level

* Fcal = เป็นค่า F ที่ได้จากการคำนวณ

** Ftable = เป็นค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง

เพราะฉะนั้น Fcal < Ftable แสดงว่าสูตร 1,2,3,และ4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับโดยวิธี Duncan ' s Multiple Range Test

สูตร 1	2	3	4
อบที่ 50 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 50 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C ไม่เติม มอลโตเด็กซ์ตริน	อบที่ 60 °C เติม มอลโตเด็กซ์ตริน
2.5_a	2.5_a	2.8_a	2.7_a

ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Pectinex Ultra SP-L เป็นเพคโตไลติกเอนไซม์ (pectolytic enzyme) ที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งเตรียมได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* ที่ผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ polygalacturonase , pectintraneliminase , pectinesterase และ hemicellulase รวมทั้งสารที่สามารถทำลายเพคติกสับสแตนท์ในเนื้อเยื่อของพืชได้

ชนิดผลิตภัณฑ์

Pectinex Ultra SP-L เป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นเล็กน้อย เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหมักที่มีพีเอชประมาณ 4.5 แอคติวิตี 26000 Pg (pH 3.5)

Pectinex Ultra SP-L ได้รับการยอมรับจาก FAO/WHO JECFA และ FCC เป็น Food grade enzyme โดยมีข้อจำกัดคือ Total aviable count ไม่เกิน $5*10^4$ / g และมีราไม่เกิน 10^2 /g ในขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังจากการเติมแบบสเตอริไลซ์

แอคติวิตีมาตราฐาน (standard activity) กำหนดโดยการวัดการลดลงของความหนืดของสารละลายกรดเพคติก ที่พีเอช 3.5 , 20 องศาเซลเซียส

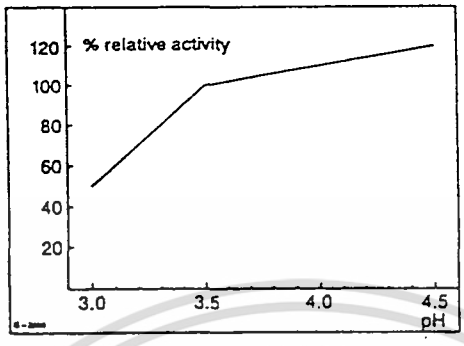
การใช้ประโยชน์ของ Pectinex Ultra SP-L

Pectinex Ultra SP-ได้ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับกระบวนการเนื้อผลไม้ตีปน และทำให้เนื้อผลไม้นมล นอกจากนี้ Pectinex Ultra SP-L ยังสามารถใช้ในการทำลายเพคตินทั้งที่ละลายและไม่ละลาย และย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ที่ทำให้เกิดความขุ่นในน้ำผลไม้

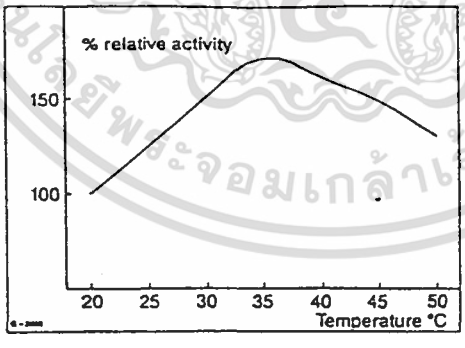
การเก็บรักษา

เมื่อเก็บรักษา Pectinex Ultra SP-L ที่อุณหภูมิ 10 องศเซลเซียส จะยังคงแอคติวิตีของเอนไซม์ได้นานถึง 3 เดือน แต่ในกรณีที่ต้องการเก็บรักษาในระยะเวลายาวนานจะมีการสูญเสียแอคติวิตีในอัตรา 1-2 เปอร์เซนต์ต่อเดือน หากเก็บรักษาที่ 5-10 องศาเซลเซียสผลิตภัณฑ์จะยังคงรักษาแอคติวิตีไว้ได้นานอย่างน้อย 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ข1 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการทำงานของเพคติเนส
(polygalacturonase มีประสิทธิภาพการทำงานที่ 20 องศาเซลเซียส)



ภาพภาคผนวกที่ ข2 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการทำงานของเพคติเนส
(polygalacturonase มีประสิทธิภาพการทำงานที่พีเอช 3.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

1. วิธีวิเคราะห์ความชื้น

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ในกระป๋องอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝากระป๋องอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นเอาออกจากตู้อบแล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถกันความชื้น จึงชั่งน้ำหนัก ทดลองอบซ้ำอีกประมาณครึ่งชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นจาก

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละ (Wet Basis)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. วิธีวิเคราะห์โปรตีน

ชั่งตัวอย่าง 1-5 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ลงในขวด Kjeldahl โดยไม่ให้เปื้อนคอขวด เติมโปแตสเซียมซัลเฟต 2 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟิวริค 4 มิลลิลิตร นำขวด Kjeldahl ไปตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดควันที่ดี ใช้ความร้อนต่ำประมาณ 5 นาที ก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส จะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะๆ จากนั้นรอให้สารละลายสีฟ้าเย็นและหมดควันของไอกรดก่อนเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร โดยแยกเติมที่ละ 5 มิลลิลิตร พร้อมกับเขย่าขวด เทสารละลายทั้งหมดลงใน Volume flask 100 มิลลิลิตร ล้างขวดย่อยโปรตีนด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีด เปิดชุดกลั่นโปรตีนและผ่านน้ำเย็นเข้าออก condenser เปิดสวิทช์เตาของชุดกลั่นให้มีความร้อนเพียงพอในขณะเริ่มต้นกลั่น และป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บแอมโมเนีย ดูดกรดบอริค 10 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyor flask 250 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาด หยด mixed indicator 4 หยด เขย่าให้ดีก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่นโดยให้ปลาย condenser จุ่มใน l สารละลาย เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 % จำนวน 30 มิลลิลิตร ลงในขวด Kjeldahl ทำการกลั่น แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะผ่าน condenser ลงสู่สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายบอริค สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากม่วงน้ำเงิน การเปลี่ยนสีจะเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ประมาณ 20 –30 วินาที เมื่อสารละลายบอริคเปลี่ยนสีประมาณ 5 นาที ให้ลดระดับของ Erlenmeyor flask ให้ปลาย condenser อยู่เหนือระดับของของเหลวประมาณ 1 เซนติเมตร ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปอีประมาณ 1-2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริค 0.01 N จนสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี ทำ blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง แต่เปลี่ยนตัวอย่างเป็นน้ำกลั่นแทน

ข้อแนะนำ อาจไตเตรทจนเป็นสีชมพู ลบปริมาณไฮโดรคลอริคออก 0.02 มิลลิลิตร จะทำให้สังเกตเห็นจุดยุติได้ง่ายขึ้น

$$\text{คำนวณเปอร์เซนต์ไนโตรเจน (Dry basis)} = \frac{(A-B) \times CD \times 100}{W \times 1000}$$

$$\text{เปอร์เซนต์โปรตีน} = (\%\ \text{ไนโตรเจน}) \times 6.25$$

A = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์

C = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค

D = 14

W = น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **วิธีวิเคราะห์ไขมัน**

ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้วประมาณ 5-10 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรอง เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง จากนั้นบรรจุลงในthimble ใส่ในชุดสกัดไขมัน soxhlet โดยให้ thimble อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่างต่อกับ Round bottom flask ขนิด 2 หรือ 3 คอ แล้วตวง anhydrous ether จำนวน 15 มิลลิลิตร ในขวดแก้วก้นกลม ต่อสายยางนำน้ำเข้าและออกจาก condenser ก่อนปิดสวิทช์ของเตา heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม (150 หยดต่อนาที) เพื่อให้ไอของ anhydrous ether ควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง จะใช้เวลาการสกัดประมาณ 16 ชั่วโมง จากนั้นแยก anhydrous eher ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อไล่ ether จนหมดนำไปทำให้เย็นในโถกันความชื้น ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของ crude fat

$$\text{คำนวณเปอร์เซนต์ไขมัน (Dry basis)} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

4. **วิธีวิเคราะห์เถ้า**

ล้าง platinum หรือ porcelain dish ทำให้แห้งก่อนเผา ใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถกันความชื้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนักให้แน่นอน จากนั้นชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ลงใน platinum หรือ porcelain dish แล้วเผาตัวอย่างด้วยตะเกียงบุนเซนช้าๆ จนเผาไหม้หมด จึงนำ dish วางในเตาเผา จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว โดยใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 550-600 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

$$\text{คำนวณเปอร์เซนต์เถ้า (Dry basis)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิธีวิเคราะห์เส้นใย

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัมใน digestion flask (500-700 มิลลิลิตร) ซึ่งเป็นขวดแก้วก้นกลมเติมกรดซัลฟิวริคที่ผ่านการต้มเดือดแล้ว จำนวน 200 มิลลิลิตร และ boiling chip 2-3 ชิ้นก่อน condenser มาประกอบตอนบนของขวด จากนั้นนำไปต้มบนเตาของชุดย่อย crude fiber โดยให้สารละลายเดือดนาน 3 นาที ต่อเนื่องกัน เขย่าขวดเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะบนผนังขวด กรองกากด้วยผ้ากรองบน Buchner funnel และใช้ปั๊มช่วยในการกรอง ล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์กรด โดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส เทกากกลับไปใน digestion flask เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ผ่านการต้มเดือด จำนวน 200 มิลลิลิตร ต้มส่วนผสมนาน 30 นาที กรองทันทีและล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่าง ล้างกากด้วยสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตร้อน จากนั้นเทกากกลับใน digestion flask ผ่านไปใน sintered glass crusible ล้างกากด้วยน้ำเดือดหลายๆครั้ง ล้างกากด้วยแอลกอฮอล์จำนวน 30 มิลลิลิตร อบ Crusible พร้อมกากที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นลง แล้วนำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อขจัดสาร Volatile organic จากนั้นนำ crucible มาทำให้เย็นในโถกันความชื้น ก่อนชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณเส้นใยร้อยละ (Dry basis)} = \frac{(A - B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักครูซิเบิล และตัวอย่างก่อนเผา เป็นกรัม
B = น้ำหนักครูซิเบิล และตัวอย่างหลังเผา เป็นกรัม
W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

6 . วิธีวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ (Dry basis)} = 100 - (\text{ปริมาณโปรตีน} + \text{ปริมาณไขมัน} + \text{ปริมาณเถ้า} + \text{ปริมาณเส้นใย})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ภาพภาคผนวกที่ ง1 ผักคะน้าก่อนทำการตัดแต่ง

ภาพภาคผนวกที่ ง2 เศษผักคะน้าที่ได้จากการตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศษผักกะน้ำที่ลวกแล้ว

ภาพภาคผนวกที่ ง3 เศษผักกะน้ำลวก

เศษผักกะน้ำบด

ภาพภาคผนวกที่ ง4 เศษผักกะน้ำบด

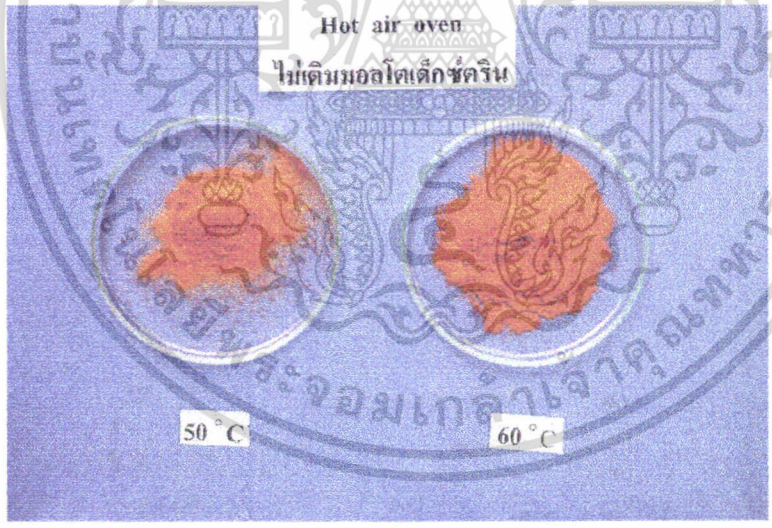
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ง5 การย่อยเศษผักคะน้าด้วยเอนไซม์

ภาพภาคผนวกที่ ง6 น้ำเศษผักคะน้าสกัดที่ได้จากการกรอง

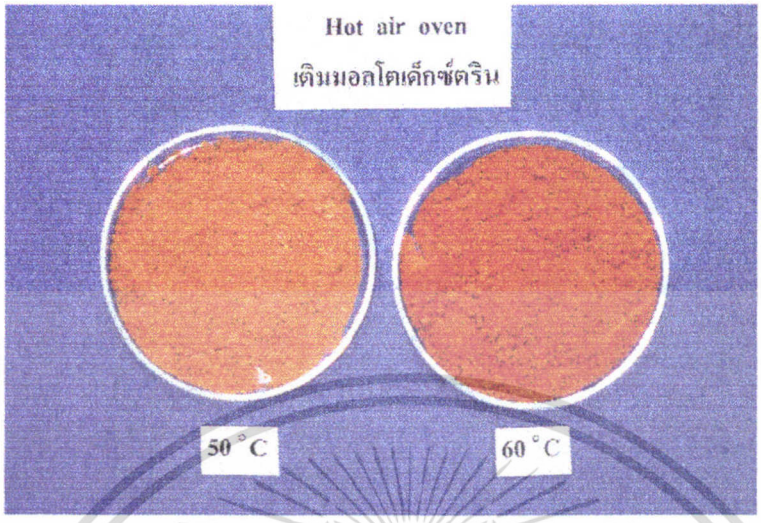
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ง7 น้ำเศษผักคะน้าที่ผ่านกระบวนการทำให้ใส

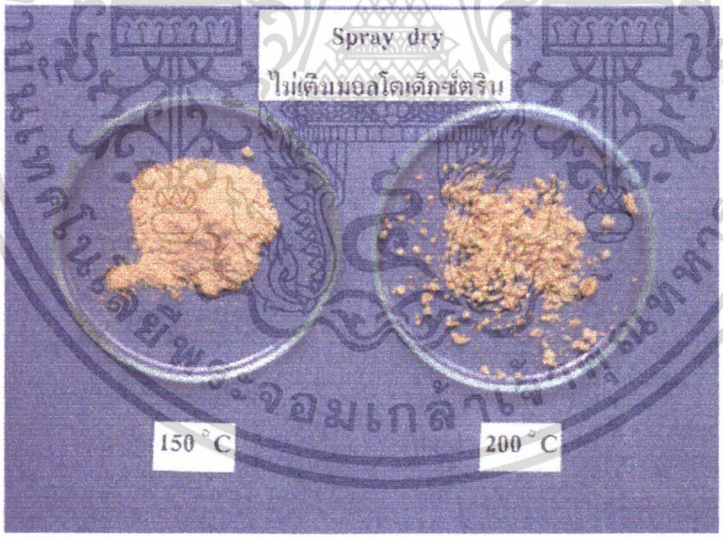


ภาพภาคผนวกที่ ง8 ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบตู้อบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส (ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

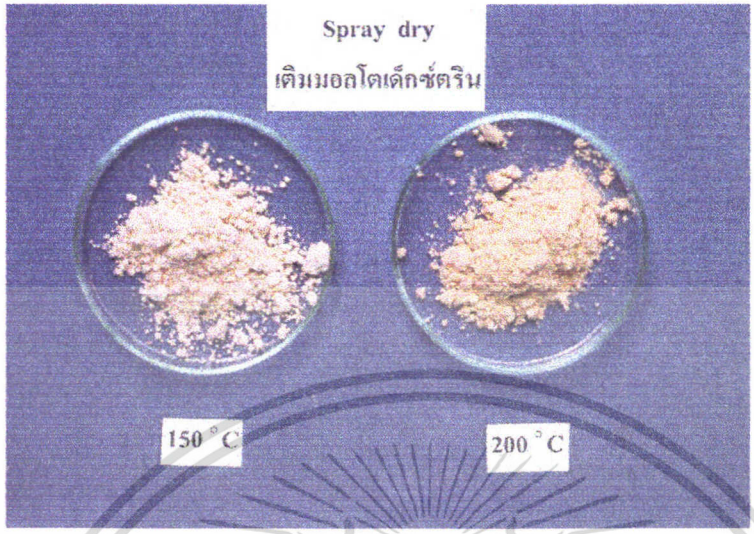


ภาพภาคผนวกที่ ง9 ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบตู้อบที่อุณหภูมิ 50 แล 60 องศาเซลเซียส (เติมมอลโตเดกซ์ตริน)

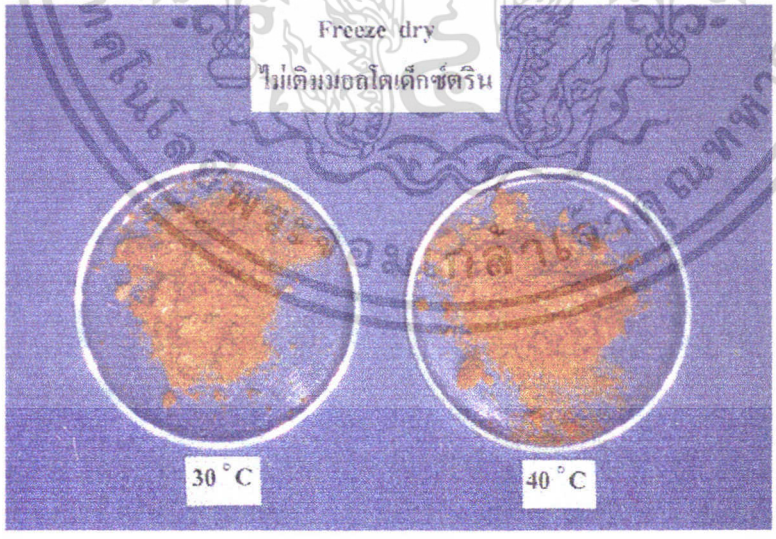


ภาพภาคผนวกที่ ง10 ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ ลมเข้า 150 และ 200 องศาเซลเซียส (ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

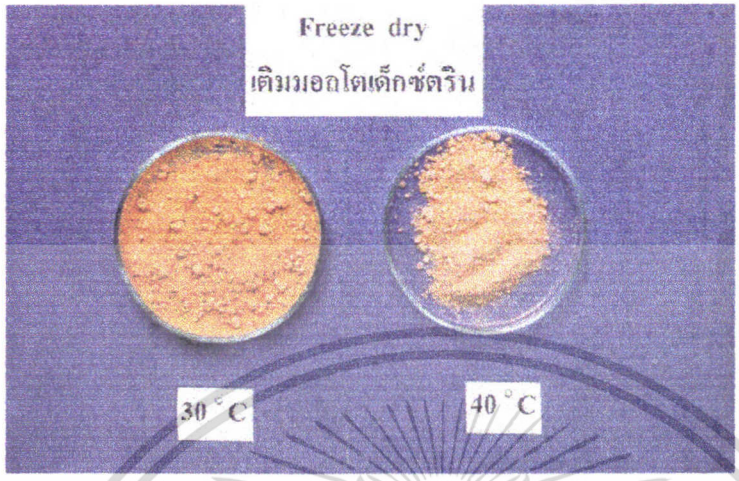


ภาพภาคผนวกที่ ง11 ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมเข้า 150 และ 200 องศาเซลเซียส (เติมมอลโตเดกซ์ตริน)



ภาพภาคผนวกที่ ง12 ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดที่อุณหภูมิของ Heating Plate ที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส (ไม่เติมมอลโตเดกซ์ตริน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ง13 ผงผักสกัดจากเศษผักคะน้าที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด ที่อุณหภูมิของ Heating Plate ที่ 30 และ40 องศาเซลเซียส (เติมมอลโตเดกซ์ตริน)

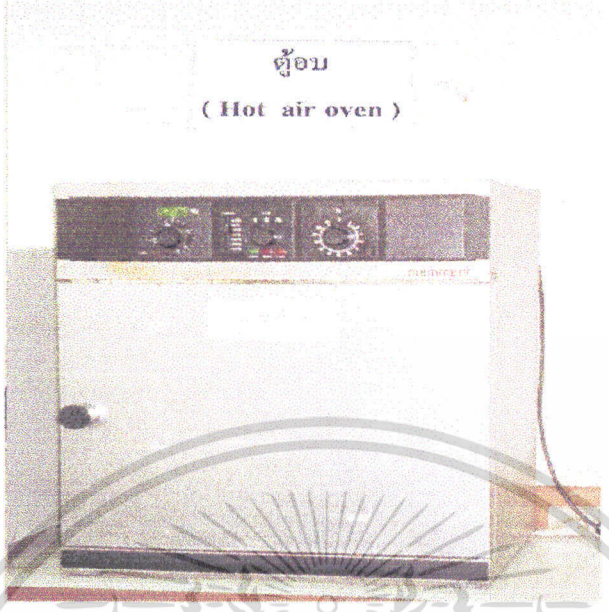
ภาพภาคผนวกที่ ง14 เครื่องคั้นน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ง15 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

ภาพภาคผนวกที่ ง16 เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ

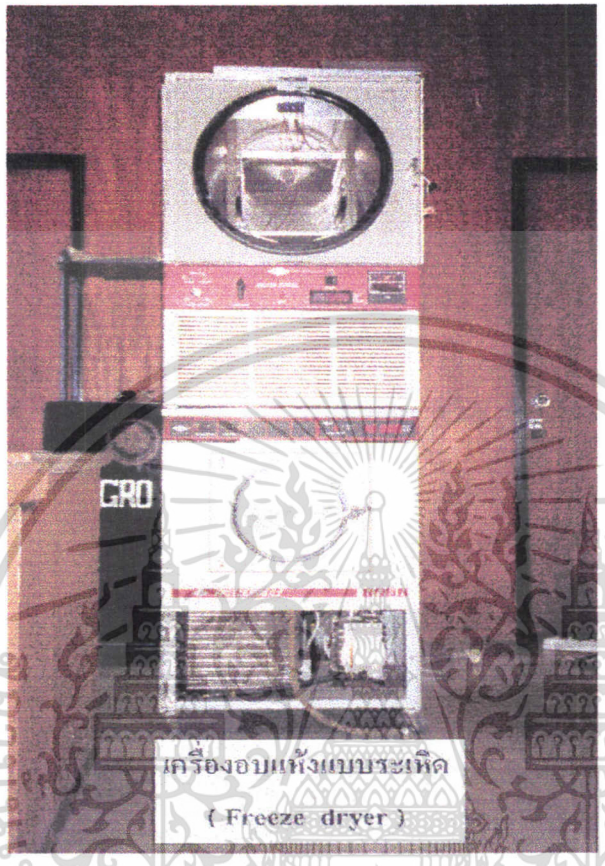
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ง17 เครื่องอบแห้งแบบตู้อบ (Hot air oven)

ภาพภาคผนวกที่ ง18 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ง19 เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายเกิดมี สุดตา เกิดเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2519 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียน ชุมแพศึกษา เมื่อปีพุทธศักราช 2538 และสำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตสุรินทร์ เมื่อปี พุทธศักราช 2540 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเมื่อปีพุทธศักราช 2542

นางสาว จารุวรรณ พรรนิกร เกิดเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียน ราชวินิต มัธยม เมื่อปีพุทธศักราช 2535 และสำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช เมื่อปีพุทธศักราช 2540 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเมื่อปีพุทธศักราช 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้