สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
- ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
- วัตถุประสงค์	2
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
- ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
- วัสดุอุปกรณ์	48
- วิธีการทดลอง	52
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	66
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
- สรุปผลการทดลอง	115
- ข้อเสนอแนะ	119
เอกสารอ้างอิง	121

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบการทำน้ำผักผสมผลไม้ 130
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 137
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ 142
ภาคผนวก ง ข้อมูลและตัวอย่างการคำนวณ 163

ประวัติการศึกษา 171

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การประยุกต์ใช้เอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคตินในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้	13
2.2	การใช้เอนไซม์ชนิดอื่นในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้	14
2.3	คุณค่าทางโภชนาการของแครอทน้ำหนัก 100 กรัม	17
2.4	คุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศน้ำหนัก 100 กรัม	19
2.5	คุณลักษณะเฉพาะของกระบวนการแยกด้วย Unit Operation ต่าง ๆ	24
2.6	สารที่ใช้ในการผลิตเมมเบรน	29
3.1	สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experiment with 3 center points	57
3.2	ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของอัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้	58
3.3	สิ่งทดลองของ Mixture Design ที่ประกอบด้วยตัวแปร 4 ตัว	58
3.4	สูตรการผลิตสำหรับแผนการทดลอง 2^3 Factorial experiment with 3 center points	61
4.1	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	68
4.2	ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยของน้ำผักและน้ำผลไม้แต่ละชนิดเมื่อทำการสกัดด้วยเพคติเนสที่ความเข้มข้นต่างกัน	69
4.3	ความหนืดเฉลี่ยของน้ำผักและน้ำผลไม้แต่ละชนิดเมื่อใช้เพคติเนสความเข้มข้นต่างกัน	71
4.4	ปริมาณผลผลิตของน้ำผักและน้ำผลไม้เมื่อใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสและระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน	73
4.5	ความหนืดของน้ำผักและน้ำผลไม้เมื่อใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสและระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน	74
4.6	สมการปริมาณผลผลิตและความหนืดที่มีนัยสำคัญของของน้ำผักและน้ำผลไม้	76
4.7	สมการปริมาณผลผลิตและความหนืดที่ได้จากการ Decoding แล้ว	76
4.8	ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสและเวลาที่ใช้ในการบ่มที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำพลัม น้ำมะเขือเทศ น้ำบีท และน้ำแครอท	78

ตาราง หน้า

4.9	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จาก Mixture Design	81
4.10	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จาก Mixture Design	82
4.11	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของน้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จาก Mixture Design	82
4.12	อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำพลัม น้ำมะเขือเทศ น้ำบีท และน้ำแครอทที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น	84
4.13	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของน้ำผักผสมผลไม้เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้ที่เหมาะสมตามที่คำนวณได้	85
4.14	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำผักผสมผลไม้เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้ที่เหมาะสมตามที่คำนวณได้	85
4.15	ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของน้ำผักผสมผลไม้เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้ที่เหมาะสมตามที่คำนวณได้	85
4.16	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม	87
4.17	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม	88
4.18	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม	89
4.19	สมการที่มีนัยสำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม	93
4.20	สมการถอดรหัสของผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้ที่ได้จากการผันแปรปริมาณส่วนผสม	93
4.21	ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส	95
4.22	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่คำนวณได้เมื่อใช้ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม	95
4.23	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านการกรองด้วย MF	97

ตาราง หน้า

4.24	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านการกรองด้วย MF	98
4.25	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านการกรองด้วย MF	99
4.26	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการกรองด้วยเมมเบรนและกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	104
4.27	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการกรองด้วยเมมเบรนและกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	106
4.28	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการกรองด้วยเมมเบรนและกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	107
4.29	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการกรองด้วยเมมเบรนและกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	108
4.30	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้และ t value ของการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ กับค่าสัดส่วนอุดมคติ	112
ค.1	ตารางแมคคราดี	160
ง.1	อัตราส่วนของน้ำผักและน้ำผลไม้ที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองและ interaction	164
ง.2	ตัวอย่างการหาค่า Ideal ratio scores ของลักษณะด้านความหวานที่คำนวณได้เมื่อมีการผันแปรปริมาณส่วนผสม	167
ง.3	Flux ของน้ำที่ ΔP ต่าง ๆ ของ Sartobran P ก่อนใช้งาน	168
ง.4	Permeate flux ของน้ำผักผสมผลไม้ที่เวลาและ ΔP ต่าง ๆ	168
ง.5	Flux ของน้ำที่ ΔP ต่าง ๆ หลังการล้างเมมเบรน	169
ง.6	Flux ของน้ำก่อนและหลังการใช้งาน ร้อยละของ Flux ที่ลดลง (% Reduction) และร้อยละของ Flux เริ่มต้น (% of original rate)	170

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	ตำแหน่งของโมเลกุลเพคตินที่ถูกย่อยโดยเอนไซม์เพคติเนส	12
2.2	กลไกการตกตะกอนของเพคตินเมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนส	12
2.3	แผนภาพแสดงแนวคิดของเมมเบรน	21
2.4	แผนภาพการเกิด Concentration polarization	23
2.5	คุณลักษณะของกระบวนการแยกด้วยเมมเบรนแบบที่ใช้ความดัน	25
2.6	แผนภาพจำลองการกรองด้วย microporous membrane	26
2.7	โครงสร้างแบบ multilayered screen ของ microporous membrane	27
2.8	โครงสร้างของ asymmetric membrane ที่ผลิตจากโพลีซัลโฟน	28
2.9	ความสามารถในการทนต่อความเป็นกรด-ด่างของเซลลูโลสอะซิเตตและโพลีเอไมด์เมมเบรน	33
2.10	คุณสมบัติในการทนทานต่อคลอรีนของเมมเบรนชนิดต่าง ๆ	33
2.11	การเกิด biofouling ของโพลีเอไมด์และเซลลูโลสอะซิเตตเมมเบรน	34
2.12	ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิของเมมเบรนชนิดต่าง ๆ	34
2.13	แผนภาพการกรองแบบ Dead-end filtration	36
2.14	แผนภาพการกรองแบบ Cross-flow filtration	37
2.15	การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตน้ำแอปเปิ้ลด้วยวิธีแบบดั้งเดิมกับวิธีใช้ UF	39
4.1	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของน้ำผักผสมผลไม้ในท้องตลาด (ตรายูนิฟ)	68
4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตของน้ำผักและน้ำผลไม้เมื่อใช้เพคติเนสในระดับความเข้มข้นต่างกัน	69
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดเฉลี่ยของน้ำผักและน้ำผลไม้เมื่อใช้เพคติเนสในระดับความเข้มข้นต่างกัน	71
4.4	พื้นที่การตอบสนองของปริมาณผลผลิตน้ำพลัมเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนสและเวลาในการบ่มต่างกัน	78
4.5	พื้นที่การตอบสนองของปริมาณผลผลิตน้ำมะเขือเทศเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนสและเวลาในการบ่มต่างกัน	79

ภาพ หน้า

4.6	พื้นที่การตอบสนองของปริมาณผลผลิตน้ำบีทเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนสและเวลาในการบ่มต่างกัน	79
4.7	พื้นที่การตอบสนองของความหนืดของน้ำบีทเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนสและเวลาในการบ่มต่างกัน	80
4.8	พื้นที่การตอบสนองของความหนืดของน้ำแครอทเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนสและเวลาในการบ่มต่างกัน	80
4.9	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำผักและน้ำผลไม้ต่างกัน	83
4.10	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้สูตรที่ 1 ถึง 4 เมื่อทำการผันแปรปริมาณส่วนผสม	91
4.11	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้สูตรที่ 5 ถึง 8 เมื่อทำการผันแปรปริมาณส่วนผสม	91
4.12	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้สูตรที่ 9 ถึง 11 เมื่อทำการผันแปรปริมาณส่วนผสม	92
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง Flux ของน้ำกับ ΔP ของ Sartobran P ก่อนใช้งาน	100
4.14	Permeate flux ของน้ำผักผสมผลไม้ที่เวลาและ ΔP ต่าง ๆ	101
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่าง Flux ของน้ำกับ ΔP ของ Sartobran P หลังใช้งาน	102
4.16	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้ที่ผลิตด้วยกระบวนการผลิตที่ต่างกัน	108
4.17	แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำผักผสมผลไม้	111
4.18	กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต	113
ก.1	พลัมพันธุ์แดงบ้านหลวง (*Prunus salicina* variety Ban-luang Red)	131
ก.2	บีทรูท (*Beta vulgaris* variety ruba)	131
ก.3	แครอท (*Daucus carota*, Linn.)	132
ก.4	มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ (*Lycopersicon esculentum* Mill.)	132
ก.5	ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตน้ำผักผสมผลไม้	133
ก.6	เครื่องบด (Crusher)	133
ก.7	เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer)	134
ก.8	ไส้กรองเมมเบรน (Sartobran P)	134

ภาพ หน้า

ก.9	เครื่องกรองเมมเบรน (Sartorius) ในระบบ Dead-end ที่ใช้ในการทดลอง	135
ก.10	เครื่องกรองเมมเบรน (Sartorius) ในสภาวะปกติ (Cross-flow)	135
ก.11	น้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเมมเบรน	136
ก.12	น้ำผักผสมผลไม้เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการกรองด้วยเมมเบรนและกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	136
ค.1	เครื่องวัดความหนืดแบบ Ostwald viscometer	144

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University