สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ค

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ฎ

สารบัญภาพ ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 สับปะรด 3

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 3

2.1.2 พันธุ์สับปะรด 4

2.1.3 สถานการณ์การผลิตและการตลาดสับปะรดไทย 7

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด 9

2.1.5 ประโยชน์ของสับปะรด 11

2.2 เส้นใยอาหาร 12

2.2.1 ชนิดของเส้นใยอาหาร 12

2.2.2 ประโยชน์ของเส้นใยอาหาร 16

2.2.3 ปริมาณเส้นใยอาหารที่ควรได้รับต่อวัน 19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

2.3 การผลิตเส้นใยอาหารผง 20

2.4 การประยุกต์ใช้เส้นใยอาหารผงในผลิตภัณฑ์อาหาร 23

บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 25

3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมี 25

3.1.1 วัตถุดิบ 25

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 25

3.1.3 สารเคมี 27

3.1.4 เครื่องประมวลผลทางสถิติ 27

3.2 วิธีการศึกษา 28

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 37

4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ การสกัด และการแยกเส้นใยอาหาร จากกากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย 37

4.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบ และการสกัดเส้นใยอาหาร จากเปลือกและแกนสับปะรด 37

4.1.2 ผลของวิธีเชิงกลที่ใช้ในการแยกกากเส้นใยอาหารจากสารละลาย ของเปลือกและแกนสับปะรดในเอทานอลก่อนการอบแห้ง 46

4.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการระเหยต่อความเข้มข้นของสารละลายเส้นใยอาหาร ที่ละลายน้ำได้ในกระแสของเหลว 46

4.3 สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสารละลายเส้นใยอาหารละลายน้ำได้และเส้นใย ไม่ละลายน้ำเพื่อผลิตเป็นเส้นใยอาหารผง 50

4.3.1 ผลของอุณหภูมิขาเข้าต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย 50

4.3.2 ผลของอุณหภูมิและความดันในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 60

4.3.3 ผลของการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อน 68

4.3.4 ผลของการผันแปรอุณหภูมิในการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ 78

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ผลของปริมาณการเติมเส้นใยอาหารผงจากเปลือกและแกนสับปะรด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยอาหารต้นแบบ 90
4.4.1 ผลของการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงในคุกกี้เนย 90
4.4.2 ผลของการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงในน้ำมะม่วง 93
4.4.3 ผลของการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงในน้ำนม 95

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 98

5.1 สรุปผลการทดลอง 98
5.2 ข้อเสนอแนะ 100

เอกสารอ้างอิง 101

ภาคผนวก 113

ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบการผลิตเส้นใยอาหารละลายน้ำและไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกและแกนสับปะรด 113
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์คุณภาพ 118
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 128
ภาคผนวก ง ข้อมูลผลการทดลองเพิ่มเติม 131

ประวัติผู้เขียน 132

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	เนื้อที่เก็บเกี่ยวต่อไร่และผลผลิตสับปะรดในประเทศไทยปี 2551-2555	7
ตารางที่ 2	ปริมาณ มูลค่า และราคาส่งออกสินค้าสับปะรดกระป๋องของไทย ปี 2553-2557	8
ตารางที่ 3	ปริมาณ มูลค่า และราคาส่งออกน้ำสับปะรดของไทย ปี 2553-2557	9
ตารางที่ 4	คุณค่าโภชนาการของสับปะรด ต่อ 100 กรัม	10
ตารางที่ 5	แสดงปริมาณเส้นใยอาหารที่ควรได้รับต่อวัน	19
ตารางที่ 6	อัตราส่วนในการทำคุกกี้เนย	34
ตารางที่ 7	อัตราส่วนในการทำน้ำมะม่วง	35
ตารางที่ 8	ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ศึกษาในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างและการสกัดเส้นใยอาหารจากกากสับปะรด โดยแผนการทดลองแบบ Central Composite Design	38
ตารางที่ 9	ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (Crude fiber) และค่าผลได้ (yield) ของเส้นใยอาหารที่ได้จากเปลือกสับปะรด ที่สภาวะต่าง ๆ ในการศึกษา	38
ตารางที่ 10	ปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ (Crude fiber) และค่าผลได้ของเส้นใยอาหารที่ได้จากแกนสับปะรด ที่สภาวะต่าง ๆ ในการศึกษา	42
ตารางที่ 11	ผลจากวิธีการแยกเชิงกลต่อการแยกเส้นใยอาหารจากสารละลายของเปลือกและแกนสับปะรดในเอทานอล	46
ตารางที่ 12	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการเพิ่มความเข้มข้นของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกสับปะรด	47
ตารางที่ 13	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการเพิ่มความเข้มข้นของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากแกนสับปะรด	49
ตารางที่ 14	ผลของอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งแบบ Spray drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้	53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 15 ผลของอุณหภูมิขาเข้าในการทำแห้งแบบ Spray drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้ 58

ตารางที่ 16 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Freeze drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ 62

ตารางที่ 17 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Freeze drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้ 66

ตารางที่ 18 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ 71

ตารางที่ 19 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ 73

ตารางที่ 20 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้ 76

ตารางที่ 21 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Hot air drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้ 78

ตารางที่ 22 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ 82

ตารางที่ 23 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ 84

ตารางที่ 24 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้ 88

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 25 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบ Vacuum drying ต่อคุณสมบัติขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดที่ผลิตได้ 90

ตารางที่ 26 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใย อาหารจากเปลือกสับปะรด 91

ตารางที่ 27 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด 93

ตารางที่ 28 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด 94

ตารางที่ 29 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด 95

ตารางที่ 30 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำนมเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด 96

ตารางที่ 31 ค่าคะแนนความชอบในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำนมเสริมเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด เมื่อทำการผันแปรปริมาณเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรด 97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่	1	ส่วนประกอบของต้นสับปะรด	4
ภาพที่	2	สับปะรดพันธุ์อินทราชิต	4
ภาพที่	3	สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย	5
ภาพที่	4	สับปะรดพันธุ์ภูแล	5
ภาพที่	5	สับปะรดพันธุ์ภูเก็ต หรือ พันธุ์สวี หรือ พันธุ์ตราดสีทอง	6
ภาพที่	6	สับปะรดพันธุ์นางแล หรือ พันธุ์น้ำผึ้ง	6
ภาพที่	7	แสดงโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส	13
ภาพที่	8	แสดงโครงสร้างของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบในเฮมิเซลลูโลส	13
ภาพที่	9	แสดงโครงสร้างสารตั้งต้นของลิกนิน	14
ภาพที่	10	แสดงโครงสร้างทางเคมีของกัมอราบิค	15
ภาพที่	11	โครงสร้างทางเคมีของเพคติน	15
ภาพที่	12	กระบวนการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรด	30
ภาพที่	13	กระบวนการผลิตเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรด	31
ภาพที่	14	กราฟพื้นที่ตอบสนองของผลได้ (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด ปัจจัยคือ อุณหภูมิและเวลา	40
ภาพที่	15	กราฟพื้นที่ตอบสนองของผลได้ (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกสับปะรด ปัจจัยคือ ขนาดและอัตราส่วนของน้ำต่อกาก	40
ภาพที่	16	กราฟพื้นที่ตอบสนองของผลได้ (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากแกนสับปะรดปัจจัยคือ อุณหภูมิและเวลา	44
ภาพที่	17	กราฟพื้นที่ตอบสนองของผลได้ (%) ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากแกนสับปะรดปัจจัยคือ ขนาดและอัตราส่วนของน้ำต่อกาก	44
ภาพที่	18	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้ง แบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	52

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 19	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	52
ภาพที่ 20	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	52
ภาพที่ 21	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	52
ภาพที่ 22	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	67
ภาพที่ 23	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	57
ภาพที่ 24	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	57
ภาพที่ 25	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	57
ภาพที่ 26	ลักษณะของเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยวิธี Freeze drying ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ความดัน 0.2 kPa ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	65

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 27	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	70
ภาพที่ 28	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	70
ภาพที่ 29	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	70
ภาพที่ 30	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	75
ภาพที่ 31	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	75
ภาพที่ 32	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	75
ภาพที่ 33	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	81
ภาพที่ 34	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 35	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	81
ภาพที่ 36	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	87
ภาพที่ 37	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	87
ภาพที่ 38	ลักษณะของเส้นใยอาหารผงจากแกนสับปะรดโดยผ่านการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved