

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ค
ABSTRACT	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมุติฐานของปัญหาวิจัย	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.5 คำสำคัญ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
2.1 มะเขือเทศ	4
2.2 ไลโคปิน	5
2.3 การสกัดไลโคปินจากมะเขือเทศด้วยเอนไซม์	9
2.4 อายุการเก็บรักษาไลโคปินจากเนื้อมะเขือเทศ	12
2.5 ผลกระทบที่เส้นบะหมี่	14
บทที่ 3 อิทธิพลของสายพันธุ์และวิธีการผลิตไลโคปินสดจากมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง	25
บทนำ	25

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
อุปกรณ์และวิธีการ	27
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	27
3.2 อิทธิพลของสายพันธุ์และวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตไลโคปีนสด	27
3.2.1 การคัดเลือกมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองเพื่อใช้ในการผลิตไลโคปีนสด	27
3.2.2 ศึกษากรรมวิธีการแยกสกัดส่วนประกอบของมะเขือเทศ	28
3.2.3 ผลของการสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองด้วยวิธีการย่อย	29
แบบต่อเนื่องด้วยการใช้เอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลส	29
3.2.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาไลโคปีนสด (lycopene cakes) โดยวิธี	30
การเก็บในสภาวะเร่ง (Accelerated Shelf – life Testing; ASLT)	30
ผลการทดลอง	32
3.1 ผลการคัดเลือกมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองเพื่อใช้ในการผลิตไลโคปีนสด	32
3.1.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของมะเขือเทศ	32
3.2 ผลการศึกษากรรมวิธีการแยกส่วนประกอบมะเขือเทศ	34
3.3 ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากเนื้อมะเขือเทศด้วย	39
เอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลส	39
3.3.1 ผลของการใช้เอนไซม์เพคตินเนส	39
3.3.2 ผลการใช้เอนไซม์เซลลูเลส	42
3.3.3 ผลของการสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองด้วยวิธีการ	42
ย่อยต่อเนื่องด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลส	42
3.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บไลโคปีนสดที่ผลิตจากเนื้อมะเขือเทศ	45
วิจารณ์	47
สรุป	51
บทที่ 4 การผลิตเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสด	52
บทนำ	52

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
อุปกรณ์และวิธีการ	54
4.1 วัสดุและอุปกรณ์	54
4.2 ศึกษาอิทธิพลของระดับการใช้ไลโคปีนที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่แห้ง	54
4.2.1 ส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิต	54
4.2.2 การตรวจสอบสมบัติของเส้นบะหมี่แห้ง	54
4.2.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค	55
4.2.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีน	57
ผลการทดลอง	59
4.1 ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มสุก	59
4.1.1 สมบัติทางเคมีของเส้นบะหมี่	59
4.1.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่	59
4.1.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	64
4.2 การยอมรับของผู้บริโภค	65
4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีน	67
4.3.1 ผลการทำนายอายุการเก็บเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีน	67
4.3.2 ผลของการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีน	69
วิจารณ์	82
สรุป	85
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	86
บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง	88

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ	99
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	109
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ	113
ภาคผนวก ง แบบทดสอบและแบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษาในงาน วิทยานิพนธ์	123
ภาคผนวก จ ภาพประกอบกิจกรรมระหว่างทำการทดลอง	130
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลเอนไซม์ย่อยเนื้อมะเขือเทศ	135
ภาคผนวก ช ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	140
ประวัติผู้เขียน	155

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของมะเขือเทศต่อน้ำหนัก 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)	6
3.1	ส่วนประกอบทางเคมีของมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์	32
3.2	อัตราส่วนของเปลือก: เนื้อ: เมล็ด ของมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์	33
3.3	ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ ปริมาณไลโคปีนของมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์	34
3.4	ผลของอุณหภูมิ เวลา และเครื่องมือที่ใช้ในการสกัดไลโคปีนที่มีผลต่อร้อยละผลผลิต ความชื้น ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และร้อยละการกลับคืนได้ของไลโคปีน	36
3.5	ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสและระยะเวลาการย่อยที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อมะเขือเทศที่สกัดได้	40
3.6	ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสและระยะเวลาการย่อยที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี	43
3.7	สมบัติทางเคมีกายภาพของไลโคปีนจากเนื้อมะเขือเทศย่อยด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลส (ย่อยแบบต่อเนื่อง)	45
3.8	ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บที่มีผลต่อคุณภาพไลโคปีนสด นาน 3 สัปดาห์	46
4.1	สิ่งทดลองและส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่แห้ง	56
4.2	ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อปริมาณความชื้นและปริมาณไลโคปีนของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20	59
4.3	ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อสมบัติทางกายภาพในด้านขนาดของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มสุกที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20	60
4.4	ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อลักษณะเนื้อ (texture) ด้านความแข็งและความเปราะของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20	61
4.5	ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อค่าสีของเส้นบะหมี่แห้งและหลังต้มสุกที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20	62

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.6	ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่และแรงดึงขาดที่ระดับ ร้อยละ 0 ถึง 20	63
4.7	ผลของระดับการใช้ไลโคปีนสดที่มีต่อค่าโครงสร้างเนื้อของเส้นบะหมี่หลังต้มสุกที่ ระดับร้อยละ 0 ถึง 20	64
4.8	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดหลังต้มที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20	65
4.9	ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค	66
4.10	แสดงข้อมูลที่ใช้สร้างกราฟไอโซเทอร์มของความชื้น	68
ตารางผนวกที่		
1	ผลของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้น ร้อยละการสูญเสียของแข็ง ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม และแรงดึงขาด	100
2	ผลของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเปราะของเส้นบะหมี่แห้ง	101
3	ผลของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไลโคปีนและค่าสีของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสด	102
4	ผลของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดหลังต้มสุก	103
5	การเปลี่ยนแปลงของค่าโครงสร้างเนื้อ (TPA Profile) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดหลังต้มสุก	104
6	ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ในกลุ่มผู้บริโภค	105
7	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค	106
8	การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์	107
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของระยะเวลาและสภาวะการเก็บที่มีผลต่อค่าความสว่างของไลโคปีนสด	110

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของระยะเวลาและสภาวะการเก็บที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดงของไลโคปีนสด	110
11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของผลของระยะเวลาและสภาวะการเก็บที่มีต่อค่าความเป็นสีเหลืองของไลโคปีนสด	111
12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของผลของระยะเวลาและสภาวะการเก็บที่มีต่อค่าความชื้นของไลโคปีนสด	111
13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของผลของระยะเวลาและสภาวะการเก็บที่มีต่อปริมาณ ไลโคปีนของไลโคปีนสด	112
14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของผลของระยะเวลาและสภาวะการเก็บที่มีต่อปริมาณไลโคปีนของไลโคปีนสด	112

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	โครงสร้างทางเคมีของ all- <i>trans</i> lycopene	6
2.2	กรรมวิธีการผลิตเส้นบะหมี่ตามแบบชาวเอเชีย	20
2.3	แผนภาพเชิงเส้นแสดงไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น	24
3.1	กรรมวิธีการผลิตไลโคปีนสดจากเนื้อมะเขือเทศ	31
3.2	มะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์	32
4.1	กรรมวิธีการทำเส้นบะหมี่แห้ง	57
4.2	กราฟไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น	68
4.3	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	69
4.4	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคปีนของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	70
4.5	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	71
4.6	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเปราะของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	71
4.7	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	72
4.8	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส)	73
4.9	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลืองของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	73



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	74
4.11 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	74
4.12 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลืองของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	75
4.13 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณที่สูญเสียระหว่างการต้มของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	76
4.14 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้มของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	76
4.15 ผลการเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่อการดึงขาดของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ หลังต้มสุก	77
4.16 ผลการเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่อการดึงขาดของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ หลังต้มสุก	78
4.17 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	79
4.18 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่น (Gumminess) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $30\pm 5$ องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.19 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความทนทานต่อการเคี้ยว (Chewiness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	80
4.20 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	80
4.21 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความหยุ่น (Springiness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์	81
<b>ภาพผนวกที่</b>	
1 การให้ความร้อนแก่มะเขือเทศ	131
2 เครื่องมือที่ใช้ในการแยกส่วนมะเขือเทศ	131
3 การย่อยเนื้อเยื่อมะเขือเทศด้วยเอนไซม์เพื่อสกัดไลโคปีนระดับการทดลอง	132
4 การย่อยเนื้อเยื่อมะเขือเทศด้วยเอนไซม์เพื่อสกัดไลโคปีนระดับปฏิบัติการ	132
5 ไลโคปีนสด	132
6 การทำเส้นบะหมี่ (ขั้นตอนการตัดเส้นบะหมี่)	133
7 เส้นบะหมี่แห้งที่เสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 0 (control) 5 10 15 และ 20	133
8 เส้นบะหมี่เสริมไลโคปีนสดร้อยละ 15 ที่ได้รับการคัดเลือก	134
9 การเปลี่ยนแปลงของเส้นบะหมี่ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแสงส่องผ่านที่อุณหภูมิห้อง	134

**สัญลักษณ์และอักษรย่อ**

L*	=	Lightness
a*	=	Redness
b*	=	Yellowness
wb.	=	Wet basis
db.	=	Dry basis
°C	=	Degree Celsius
°Brix	=	Degree Brix
a <sub>w</sub>	=	Water activity
N	=	Newton
g/sec.	=	gram/second
ns	=	non significant
CRD	=	Completely Randomized Design
RCBD	=	Randomized Complete Block Design

สถาบันวิจัยเทคโนโลยี