

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



208856



การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรม

ในการต้านออกซิเดชันของไข่ไก่

THE POSTHARVEST CHANGES OF COMPOSITION AND ANTIOXIDANT
ACTIVITY OF *Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm

นางสาวอุมาพร นิษนุช

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

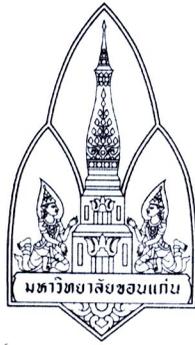
พ.ศ. 2553

600257143

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



208856



การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรม
ในการต้านออกซิเดชันของไช้หน้า

THE POSTHARVEST CHANGES OF COMPOSITION AND ANTIOXIDANT
ACTIVITY OF *Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm



นางสาวอุมพร นิยะนุช

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรม
ในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

นางสาวอุมพร นิยะนุช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

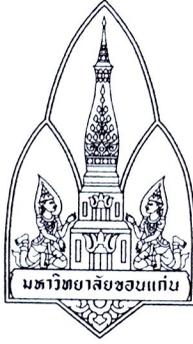
พ.ศ. 2553

**THE POSTHARVEST CHANGES OF COMPOSITION AND ANTIOXIDANT
ACTIVITY OF *Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm**

MISS UMAPORN NIYANUCH

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FOOD TECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

2010



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

ชื่อวิทยานิพนธ์: การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันของไขมัน

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นางสาวอุมาพร นิยะนุช

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ชนกร โรจนกร	ประธานกรรมการ
	ดร. สุริยฉันท์ สุภาพวานิช	กรรมการ
	ผศ.ดร. อารยา อารมณฤทธิ	กรรมการ
	ผศ.ดร. รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกษม นันทชัย)

คณบดีคณะเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

อุมาพร นิยะนุช. 2553. การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน
ของใข้่น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ.ดร. รัชฎา คั่งวงศ์ไชย

บทคัดย่อ

208856

ใข้่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm) เป็นพืชลอยน้ำขนาดเล็ก มีลักษณะเมล็ดรีเล็ก สีเขียว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของใข้่น้ำสด พบว่า ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 24.31 ไขมันร้อยละ 3.04 เส้นใยหยาบร้อยละ 12.68 และเถ้าร้อยละ 19.97 (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ใข้่น้ำสดยังมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน ไรโบฟลาวิน สารฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (IC₅₀ โดยวิธี ABTS และ DPPH) เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดเป็น 30.17 มก/100ก, 3.43 มก/100ก, 0.40 มก/100, 21.14 มก/ก, 4.39 มก./มล. (ABTS), 13.91 มก./มล. (DPPH), ร้อยละ 11.05, ร้อยละ 3.82 และร้อยละ 14.87 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ในการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของใข้่น้ำสดในระหว่างการเก็บรักษา โดยนำใข้่น้ำสด 150 กรัม บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนและเก็บรักษาที่ 28, 10 และ 4°C แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบของใข้่น้ำทุก 2 วัน พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น ความเป็นสีเขียว (a*) ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) มุมสี และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของใข้่น้ำในระหว่างการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ความสว่าง (L*) ความเป็นสีเหลือง (b*) ความแน่นเนื้อ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด สารฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ลดลง ($p \leq 0.05$) และอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมด ($p > 0.05$) และตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม ใข้่น้ำสดหลังผ่านการล้างมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเป็น 5.54 log cfu/g และเพิ่มจำนวนเกินกว่า 7 log cfu/g (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2536) ในวันที่ 4, 12 และ 14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C ตามลำดับ ซึ่งใข้่น้ำมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 28°C และไม่เกิน 6 วัน ที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C เนื่องจากมีลักษณะและน้ำ มีสีคล้ำขึ้น และมีกลิ่นผิดปกติ (คล้ายกลิ่นโคลน) จะเห็นได้ว่าใข้่น้ำมีอายุการเก็บรักษาสั้น เมื่อนำใข้่น้ำสดมาทำแห้งแบบลดด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 5 ชม. และการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น -37°C นาน 3 ชม. เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของใข้่น้ำ พบว่า ใข้่น้ำแห้งและใข้่น้ำแช่เยือกแข็งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ไรโบฟลาวิน เบต้าแคโรทีน เส้นใยที่ละลายน้ำ สารฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับใข้่น้ำสด ($p \leq 0.05$) ใข้่น้ำแห้งมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น ใข้่น้ำแช่เยือกแข็งมีปริมาณไรโบฟลาวินลดลง อย่างไรก็ตามการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยทั้งหมด และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ($p > 0.05$) กระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งมีผลต่อการลดลงของสารสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ใข้่น้ำแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารสำคัญคงเหลือสูงกว่าใข้่น้ำแห้ง และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีของใข้่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

Umaporn Niyanuch. 2010. **The Postharvest Changes of Compositions and Antioxidant**

Activity of *Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm. Master of Science Thesis in Food Technology, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor: Asst. Dr. Ratchada Tangwongchai

ABSTRACT

208856

Water meal (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.) is a very tiny light green free-floating plant. This study was to investigate the chemical and physical properties including microbial content of fresh water meal. It was composed of 24.31% protein, 3.04% fat, 12.68% crude fiber and 19.97% ash (dry matter). The water meal also contained total chlorophyll (30.17 mg/100g), beta-carotene (3.43 mg/100g), riboflavin (0.40 mg/100g), total phenolic compound (21.14 mg/g), antioxidant activity (IC_{50} 4.39 mg/ml by ABTS assay and IC_{50} 13.91 mg/ml by DPPH assay), insoluble dietary fiber (11.05%), soluble dietary fiber (3.82%) and total dietary fiber (14.87%). The 150g fresh water meal was packed in a polypropylene bag and stored at 28 °C, 4 °C and 10 °C to investigate the changes in compositions every 2 days. It was found that storage temperature and time caused the increase of moisture content, green value (a^*), total color difference (ΔE^*), hue angle and total plate count ($p \leq 0.05$) while the lightness (L^*), yellow value (b^*), firmness, total chlorophyll content, total phenolic content, antioxidant activity by using ABTS and DPPH methods decreased ($p \leq 0.05$) during storage. However, the storage temperature and time did not affect on the insoluble dietary fiber, soluble dietary fiber, total dietary fiber ($p > 0.05$). There was no coliform bacteria in the fresh water meal washed however it had a initial microbial load of 5.54 log cfu/g which increased to more than 7 log cfu/g on day 2, 12 and 14 stored at 28 °C, 10 °C and 4 °C, respectively. Therefore, the fresh water meal had shelf-life of about 2 days at 28 °C and 6 days at 10 °C and 4 °C. Fresh water meal at room temperature (*ca.* 28 °C) had a short shelf-life due to the soaking appearance, dark-green colour and muddy smell. Thus the water meal was dried at 50 °C for 5 hour using tray dryer and frozen at -37 °C using air blast freezer, then the changes in compositions were investigated. It was found that the drying and freezing-thawing caused reduction in the contents of total chlorophyll, beta-carotene, total phenolic compound, antioxidant activity by ABTS and DPPH assays and soluble dietary fiber ($p \leq 0.05$). The insoluble dietary fiber content increased after the drying. The riboflavin content decreased after the freezing. However, drying and freezing did not affect on the total dietary fiber content and the total plate count ($p > 0.05$). Therefore, freezing have a more important substance retain than drying. The storage temperature affected on the changes in composition of water meal ($p \leq 0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สนับสนุนช่วยเหลือให้ความรู้ แนวความคิด และให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาวิจัย รวมถึงความรักและความเมตตาที่มีต่อศิษย์ ตลอดระยะเวลาในการศึกษาและการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ สำหรับความรัก ความเอาใจใส่ และกำลังใจที่มีให้ โดยตลอด

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยี การอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาและการ วิจัยครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัย ขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

อุมาพร นิษะนุช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย	3
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1. ความรู้เกี่ยวกับไข่น้ำ	5
2. รังควัตถุ	9
3. สารต้านออกซิเดชัน	21
4. ไโรโบฟลาวิน	37
5. โยอาหาร	39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	43
1. วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ	43
2. วิธีดำเนินการวิจัย	47
3. สถานที่ทำการวิจัย	51
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	53
1. องค์ประกอบทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด	53
2. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ผลของกระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำ	78
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	89
ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารอ้างอิง	91
ภาคผนวก	99
ภาคผนวก ก การเตรียมสารละลายและวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์	101
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง	131
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	147
ภาคผนวก ง การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์	175

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1	ปริมาณสารอาหารในไข่น้ำ 100 กรัม (น้ำหนักสด)	7
ตารางที่ 2	องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของไข่น้ำแห้ง	8
ตารางที่ 3	ปริมาณเบต้าแคโรทีนในผักชนิดต่าง ๆ	19
ตารางที่ 4	ผลของการลวกและการทำแห้งต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนในเปลือกแครอท	20
ตารางที่ 5	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในสาหร่าย <i>Kappaphycus alvarezii</i> ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ	29
ตารางที่ 6	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันในผักชนิดต่าง ๆ	30
ตารางที่ 7	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันในผักชนิดต่าง ๆ	31
ตารางที่ 8	ผลของการลวกและการทำแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันในเปลือกแครอท	32
ตารางที่ 9	กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน และร้อยละการสูญเสียกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันในผัก 25 ชนิด	35
ตารางที่ 10	ปริมาณไรโบฟลาวินในผักชนิดต่าง ๆ	38
ตารางที่ 11	ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดในผักชนิดต่าง ๆ (กรัม/ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	40
ตารางที่ 12	ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดในเปลือกแครอท (กรัม/ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	41
ตารางที่ 13	องค์ประกอบทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด	54
ตารางที่ 14	อิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิ (28, 10 และ 4°C) และระยะเวลาการเก็บรักษา (0-4 วัน) ต่อคุณลักษณะทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำ	58
ตารางที่ 15	อิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิ (10 และ 4°C) และระยะเวลาการเก็บรักษา (5-16 วัน) ต่อคุณลักษณะทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำ	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการ ต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ของใข่น้ำสดระหว่างการเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 4°C	66
ตารางที่ 17 คุณลักษณะด้านสีของ ใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลาย น้ำแข็งเปรียบเทียบกับใข่น้ำสด	79
ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของ ใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลาย น้ำแข็งเปรียบเทียบกับใข่น้ำสด	82

สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1	ลักษณะทางกายภาพของไข่ไก่ ก) ลักษณะไข่ไก่ภายนอก และ ข) ภาพขยายของไข่ไก่	6
ภาพที่ 2	ตัวอย่างอาหารจากไข่ไก่ ก) แองคั่วไข่ไก่ปลาหาคอย่าง และ ข) แองคั่วไข่ไก่กับหมู	8
ภาพที่ 3	ตัวอย่างขนมจากไข่ไก่ ก) แซนวิชหน้าไข่ไก่ ข) ซอสจิ้มไข่ไก่ ค) มัฟฟินไข่ไก่ และ ง) พายแอบเปิดหน้าไข่ไก่	9
ภาพที่ 4	โครงสร้างของคลอโรฟิลล์	10
ภาพที่ 5	การสลายตัวของคลอโรฟิลล์	11
ภาพที่ 6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และระยะเวลาการเก็บรักษาในผักกาดหอม	12
ภาพที่ 7	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของยอดมันเทศ ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 20, 6 และ 2°C	13
ภาพที่ 8	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ก) ใบปออายุ 30 วัน และ ข) ใบปออายุ 45 วัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 8, 15, 20 และ 30°C	15
ภาพที่ 9	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบและต้นของผักซีฟรังที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ -20°C และ -30°C ระหว่างการเก็บรักษานาน 12 เดือน	16
ภาพที่ 10	โครงสร้างเบต้าแคโรทีน	17
ภาพที่ 11	โครงสร้างทางเคมีของกรดพีนอลิก ก) สารกลุ่มกรดไฮดรอกซีซินนามิก และ ข) สารกลุ่มกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก	22
ภาพที่ 12	กลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบพีนอลิก	23
ภาพที่ 13	กลไกการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารประกอบพีนอลิก	26
ภาพที่ 14	การรีดิวซ์ของสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe ³⁺ -TPTZ ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์รัส Fe ²⁺ -TPTZ	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและระยะเวลา การเก็บรักษาในผักกาดหอม	33
ภาพที่ 16 โครงสร้างไรโบฟลาวิน	37
ภาพที่ 17 การเตรียมตัวอย่างไข่น้ำ	48
ภาพที่ 18 ปริมาณความชื้นของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	60
ภาพที่ 19 ความเป็นกรด-ด่างของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	61
ภาพที่ 20 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	62
ภาพที่ 21 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	64
ภาพที่ 22 กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	65
ภาพที่ 23 กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี DPPH ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	65
ภาพที่ 24 เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	68
ภาพที่ 25 เส้นใยที่ละลายน้ำของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	68
ภาพที่ 26 เส้นใยทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	69
ภาพที่ 27 ความสว่าง (L*) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
ภาพที่ 28	ความเป็นสีเขียว (a^* เป็นลบ) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ	71
ภาพที่ 29	ความเป็นสีเหลือง (b^*) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ	71
ภาพที่ 30	มุมสี (hue angle) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ	72
ภาพที่ 31	ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ	72
ภาพที่ 32	ไข่น้ำระหว่างการเก็บรักษา ก) ไข่น้ำสด ข) อุณหภูมิ 28°ซ นาน 4 วัน ค) อุณหภูมิ 10°ซ นาน 16 วัน และ ง) อุณหภูมิ 4°ซ นาน 16 วัน	73
ภาพที่ 33	เนื้อสัมผัสของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ	75
ภาพที่ 34	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ	76
ภาพที่ 35	ไข่น้ำระหว่างการเก็บรักษา ก) ไข่น้ำสด ข) อุณหภูมิ 28°ซ นาน 2 วัน ค) อุณหภูมิ 10°ซ นาน 6 วัน และ ง) อุณหภูมิ 4°ซ นาน 6 วัน	77
ภาพที่ 36	ลักษณะปรากฏของไข่น้ำ ก) ไข่น้ำสด ข) ไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลาย น้ำแข็ง ค) ไข่น้ำแห้ง และ ง) ไข่น้ำแห้งหลังการคืนรูป	80
ภาพที่ 37	โครงสร้างเซลล์ไข่น้ำ ก) ไข่น้ำสด ข) ไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลาย น้ำแข็ง ค) ไข่น้ำแห้ง และ ง) ไข่น้ำแห้งหลังการคืนรูป ลูกศรชี้แสดง โครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไป (กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า)	81