

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 องค์ประกอบทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด

ไข่น้ำมีลักษณะเป็นเม็ดรีเล็กๆ คล้ายไข่ปลา มีสีเขียวเป็นมันวาว เป็นพืชน้ำที่มีความชื้นสูง องค์ประกอบทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด (ตารางที่ 13)

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำสด

ไข่น้ำมีปริมาณความชื้นร้อยละ 95.01 (น้ำหนักสด) จัดเป็นอาหารที่มีความชื้นสูง ประกอบด้วยไข่น้ำมีผนังเซลล์บางมีผลให้เซลล์แตกได้ง่าย และจุลินทรีย์สามารถเข้าทำลายได้จึงเกิดเสื่อมเสียได้ง่าย ไข่น้ำประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 24.31 ไขมันร้อยละ 3.04 เส้นใยหยาบร้อยละ 12.68 และเถ้าร้อยละ 19.97 (น้ำหนักแห้ง) และมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็น 6.13 ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของไข่น้ำต่างกันตามแหล่งน้ำที่พบ (ศิริภาวี ศรีเจริญ และคณะ 2544) ในทำนองเดียวกัน Marinho-Sariano and others (2006) อธิบายว่าองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีเขียว *Gracilaria cervicornis* และสาหร่ายสีน้ำตาล *Sargassum vulgare* มีความแตกต่างกันขึ้นกับสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต เช่น ปริมาณฝน แสงสว่าง อุณหภูมิ น้ำ ความเค็มของน้ำ ซึ่งมีผลต่อกลไกการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล

ไข่น้ำยังมีรงควัตถุในกลุ่มคลอโรฟิลล์และเบต้าแคโรทีน จากการศึกษาพบว่า ไข่น้ำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 30.17 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) หรือ 1.51 มก./100 ก. (น้ำหนักสด) ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำกว่าผักสีเขียวอื่นๆ เช่น ผักคะน้า ปวยเล้ง วอเตอร์เครส บรอกโคลี และผักกาดหอม (230.4, 102.4, 82.4, 13.9 และ 10.7 มก./100 ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ ; Izaki and others 1986) ไข่น้ำมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 3.43 มก./100 ก. ทั้งนี้ไข่น้ำมีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำกว่าโมโรเฮยะ ผักชีฝรั่ง แครอท และสาหร่าย *G.changgi* (10.83, 7.5, 7.3, และ 5.2 มก./100 ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ; ชาญวิทย์ รัตนราศรี 2547; Norziah and Ching 2000) อย่างไรก็ตามปริมาณเบต้าแคโรทีนที่พบในไข่น้ำมีปริมาณสูงกว่า ปวยเล้ง มะเขือยาว ฟักทอง มะระจีน มะเขือเทศ กระเจี๊ยบเขียว กะหล่ำปลี ฟักแม้ว และกะหล่ำดอก (3.10, 2.35, 1.64, 1.09, 0.92, 0.66, 0.32, 0.027 และ 0.02 มก./100 ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ; Kandlakunta and others 2008)



ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละน้ำหนักสด)	95.01±0.02
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.13±0.01
คลอโรฟิลล์ทั้งหมด* (มก./ 100 ก.)	30.17±0.00
เบต้าแคโรทีน* (มก./ 100 ก.)	3.43±0.16
ไรโบฟลาวิน* (มก./ 100 ก.)	0.40±0.00
เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ* (ร้อยละ)	11.05±0.24
เส้นใยที่ละลายน้ำ* (ร้อยละ)	3.82±0.01
เส้นใยทั้งหมด* (ร้อยละ)	14.87±0.25
สารฟีนอลิกทั้งหมด* (มก./ ก.)	21.14±0.54
กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน* (IC ₅₀ ; มก./ มล.)	
วิธี ABTS	4.39±0.04
วิธี DPPH	13.91±0.10
ทางกายภาพ	
ความสว่าง (L*)	48.07±0.03
ความเป็นสีเขียว (a*)	-7.55±0.32
ความเป็นสีเหลือง (b*)	22.81±0.72
มุมสี (hue angle)	71.70±0.18
เนื้อสัมผัส (กรัมแรง)	9,741.19±38.28
ปริมาณจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้น (ก่อนการล้าง; log cfu /g)	7.00±0.04
จุลินทรีย์ทั้งหมด (หลังการล้าง; log cfu /g)	5.54±0.09
โคลิฟอร์ม (หลังการล้าง; MPN/g)	ไม่พบ

* ผลการวิเคราะห์ทางเคมีคิดเทียบจากน้ำหนักแห้ง

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย (±SD) ที่ได้จากการวิเคราะห์ 6 ซ้ำ (2 ซ้ำการทดลอง × 3 ซ้ำการวิเคราะห์)

ใข้ น้ำมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 21.14 มก./ก. (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าผักคะน้า รูบาร์บ ปวยเล้ง บรอกโคลี ถั่วเขียว มะเขือเทศ มันฝรั่ง และแครอท (16.3-18.8, 13.2, 9.3-13.0, 9.4-10.6, 6.0-7.0, 2.9-5.0, 0.9-2.6 และ 1.2-1.6 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ; Zhou and Yu 2006) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Maisuthisakul and others (2007) พบว่า ใข้ น้ำมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าผักปลัง ผักหนาม และผักก้านจอบ (15.5, 6.4 และ 5.4 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) แต่มีปริมาณต่ำกว่าผักต้ว ผักเม็ก กระโดน กระถิน มะระจีนก ดอกแค และยอดมะกอก (63.4, 57.3, 54.5, 52.2, 50.9, 50.6, และ 42.6 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) และสารสกัดใข้ น้ำมีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (รายงานเป็น ความเข้มข้นที่มีผลในการยับยั้งอนุมูลอิสระลงได้ร้อยละ 50; IC_{50}) วิเคราะห์โดยวิธี ABTS 4.39 มก./มล. และ วิธี DPPH 13.91 มก./มล. ซึ่งสารสกัดใข้ น้ำมีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (IC_{50}) วิธี DPPH สูงกว่าสาหร่ายสีน้ำตาล *Padina antillarum* 0.34 มก./มล. และสาหร่ายสีแดง *Kappaphycus alvarezzi* 11.8 มก./มล. แต่ต่ำกว่าสาหร่ายสีเขียว *Caulerpa racemosa* 14.3 มก./มล. (Chew and others 2008) ทั้งนี้ค่า IC_{50} ต่ำ ชี้บ่งว่ามีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันสูง นั่นหมายความว่า ใข้ น้ำมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันมากกว่าสาหร่ายสีเขียว แต่ต่ำกว่าสาหร่ายสีน้ำตาลและสาหร่ายสีแดง โดย Adedapo and others (2008) อธิบายว่า กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS มีค่าสูงกว่าวิธี DPPH เนื่องจากวิธี ABTS สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งสารต้านออกซิเดชันที่ละลายน้ำหรือสารต้านออกซิเดชันที่ละลายในไขมัน ในขณะที่วิธี DPPH วิเคราะห์กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันของสารที่ละลายน้ำได้

ใข้ น้ำมีปริมาณโรโบฟลาวิน 0.40 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบรอกโคลี ผักชีฝรั่ง ปวยเล้ง กระเจี๊ยบมอญ ฟักทอง และแครอท (0.27, 0.24, 0.23, 0.10, 0.08 และ 0.05 มก./100 ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ; นิลุบล ทวีกุล 2546) ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าโรโบฟลาวินที่พบในสาหร่ายสไปรูลิน่า คลอเรลล่า และผักโมโรเฮยะ (2.4-3.5, 4.8 และ 4.95 มก./100 ก. น้ำหนักแห้ง ; มูลนิธิเพื่อผู้บริโภค 2546; ชาญวิทย์ รัตนราศรี 2547)

ใข้ น้ำมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 11.05 เส้นใยที่ละลายน้ำร้อยละ 3.82 และเส้นใยทั้งหมดร้อยละ 14.87 (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งใข้ น้ำมีปริมาณเส้นใยทั้งหมด และเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่าที่พบในหอมหัวใหญ่ (ร้อยละ 13.37 และ 8.45 ตามลำดับ) และใข้ น้ำมีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำสูงกว่าผักกาดหอม (ร้อยละ 2.21) แต่มีปริมาณเส้นใยทั้งหมด เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยที่ละลายน้ำต่ำกว่าบรอกโคลี ปวยเล้ง ดอกกะหล่ำ แดงกวา แครอท กะหล่ำปลี และพริก (Li and others 2002)

4.1.2 องค์ประกอบทางกายภาพของไข่น้ำสด

ลักษณะปรากฏของไข่น้ำสดมีลักษณะเป็นเมิร์รี มีสีเขียว เป็นมันวาว ค่าสีที่วัดได้โดยมีความสว่าง (L^*) ความเป็นสีเขียว (a^* เป็นลบ) ความเป็นสีเหลือง (b^* เป็นบวก) และมุมสี (hue angle) เป็น 48.07, -7.55, 22.81 และ 71.70 ตามลำดับ ซึ่งมุมสีเข้าใกล้ 90 องศา หมายความว่าไข่น้ำมีเฉดสีเขียว ไข่น้ำมีผนังเซลล์บางทำให้มีความคันต่งภายในเซลล์สูงก่อให้เกิดแรงต้านเมื่อบีบหรือบดเคี้ยว ให้เนื้อสัมผัสแน่นกรอบโดยมีความแน่นเนื้อ 9,741.19 กรัม_{แรง} (ตารางที่ 13)

4.1.3 ปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด

ไข่น้ำสดก่อนผ่านขั้นตอนการล้างมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้น $7 \log \text{ cfu/g}^1$ ซึ่งมีปริมาณสูงเกินกว่าเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาสำหรับอาหารพร้อมบริโภคที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (2536) กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า $6 \log \text{ cfu/g}$ และเมื่อนำไข่น้ำมาผ่านขั้นตอนการล้างด้วยน้ำคลอรีน (ข้อ 3.2.1) พบว่าหลังการล้างจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำเป็น $5.54 \log \text{ cfu/g}$ กล่าวคือ ขั้นตอนการล้างสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลง $1.46 \log \text{ cfu/g}$ และไม่พบปริมาณโคลิฟอร์มในตัวอย่างไข่น้ำสด (ตารางที่ 13) ดังนั้นการล้างเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในไข่น้ำซึ่งเป็นปัจจัยคุณภาพสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและอายุการเก็บรักษาของไข่น้ำสด นอกจากนี้ความสะอาดของแหล่งน้ำจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของไข่น้ำด้านจุลินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากไข่น้ำเป็นพืชที่อาศัยอยู่ในน้ำ ไม่มีท่อลำเลียงน้ำและอาหาร การดำรงชีวิตของไข่น้ำอาศัยหลักการแพร่ด้วยแรงดันออสโมติก ในการนำน้ำและสารอาหารเข้าสู่เซลล์ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ (Dorpan 1999)

จะเห็นได้ว่า ไข่น้ำเป็นพืชน้ำธรรมชาติที่พบได้ทั่วไป สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย มีการนำมาประกอบอาหารพื้นบ้านในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไข่น้ำมีศักยภาพในการนำมาบริโภคเป็นอาหารมนุษย์ มีองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ เช่น โปรตีน คอลโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน สารฟีนอลิก ไรโบฟลาวิน และเส้นใย ซึ่งสามารถเทียบเคียงได้กับพืชผักเศรษฐกิจบางชนิด โดยไข่น้ำมีปริมาณเบต้าแคโรทีน ไรโบฟลาวิน สารฟีนอลิกทั้งหมด สูงกว่าปวยเล้ง บรอกโคลี ฟักทอง และมะเขือเทศ แต่ไข่น้ำมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดต่ำกว่าผักดังกล่าว นอกจากนี้ไข่น้ำยังให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นกรอบ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้บริโภค

¹ $\log \text{ cfu/g}$ หมายถึง หน่วยที่เป็นเลขยกกำลังของจำนวนโคโลนีต่อกรัม (colony forming unit per gram)

4.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด

ไข่น้ำสดมีปริมาณน้ำสูงเสื่อมเสียได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่น้ำที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C และระยะเวลาในการเก็บรักษา (0-16 วัน) พบว่า ไข่น้ำสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C มีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วันเท่านั้น เนื่องจากไข่น้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏมีสีเขียวคล้ำ มีลักษณะแฉะน้ำ และมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน 7 log cfu/g ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบอิทธิพลของอุณหภูมิ 3 ระดับ (28°C, 10°C และ 4°C) ในช่วงการเก็บรักษา 0-4 วันแรก ในขณะที่การเก็บรักษาหลังจาก 4 วัน จะวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 2 ระดับ (40°C และ 4°C)

4.2.1 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำสดในระหว่างการเก็บรักษา

อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ (28°C, 10°C และ 4°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษา 4 วันแรกต่อคุณลักษณะของไข่น้ำแสดงดังตารางที่ 14 พบว่า ปัจจัยด้านอุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่าสังเกตที่วิเคราะห์ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมด ($p > 0.05$) และมีเพียงปัจจัยด้านระยะเวลาเท่านั้นที่มีผลต่อปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำ ($p \leq 0.05$) และผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ (10°C และ 4°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อคุณลักษณะของไข่น้ำแสดงดังตารางที่ 15 พบว่า ปัจจัยด้านอุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่าสังเกตที่วิเคราะห์ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ เส้นใยทั้งหมด และความเป็นสีเขียว ($p > 0.05$) และมีเพียงปัจจัยด้านระยะเวลาเท่านั้นที่มีผลต่อความเป็นสีเขียว ($p \leq 0.05$) ขณะที่ไม่มีเพียงปัจจัยด้านอุณหภูมิเท่านั้นที่ไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง ($p > 0.05$)

4.2.1.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้นของไข่น้ำสด

จากการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อปริมาณความชื้นของไข่น้ำสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ

($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นของไผ่ที่อุณหภูมิ 28°C สูงกว่า 10°C และ 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้นของไผ่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา (ภาพที่ 18; ตารางผนวก ข ที่ 1)

ตารางที่ 14 อิทธิพลของอุณหภูมิ (28, 10 และ 4°C) และระยะเวลาการเก็บรักษา (0-4 วัน)

ต่อคุณลักษณะทางเคมี ภายนอก และปริมาณจุลินทรีย์ของไผ่

คุณสมบัติของไผ่	อุณหภูมิ	ระยะเวลา	ผลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลา
ความชื้น (ร้อยละ)	*	*	*
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	*	*	*
คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มก./ก.)	*	*	*
สารฟีนอลิกทั้งหมด (มก./ก.)	*	*	*
กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน			
วิธี ABTS (ร้อยละการยับยั้ง)	*	*	*
วิธี DPPH (ร้อยละการยับยั้ง)	*	*	*
เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	ns	ns	ns
เส้นใยละลายน้ำ (ร้อยละ)	ns	*	ns
เส้นใยทั้งหมด (ร้อยละ)	ns	ns	ns
ความสว่าง (L*)	*	*	*
ความเป็นสีเขียว (a* เป็นลบ)	*	*	*
ความเป็นสีเหลือง (b*)	*	*	*
มุมสี (hue angle)	*	*	*
ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*)	*	*	*
เนื้อสัมผัส (กรัม _{แรง})	*	*	*
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	*	*	*

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 15 อิทธิพลของอุณหภูมิ (10 และ 4°C) และระยะเวลาการเก็บรักษา (5-16 วัน)
ต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำ

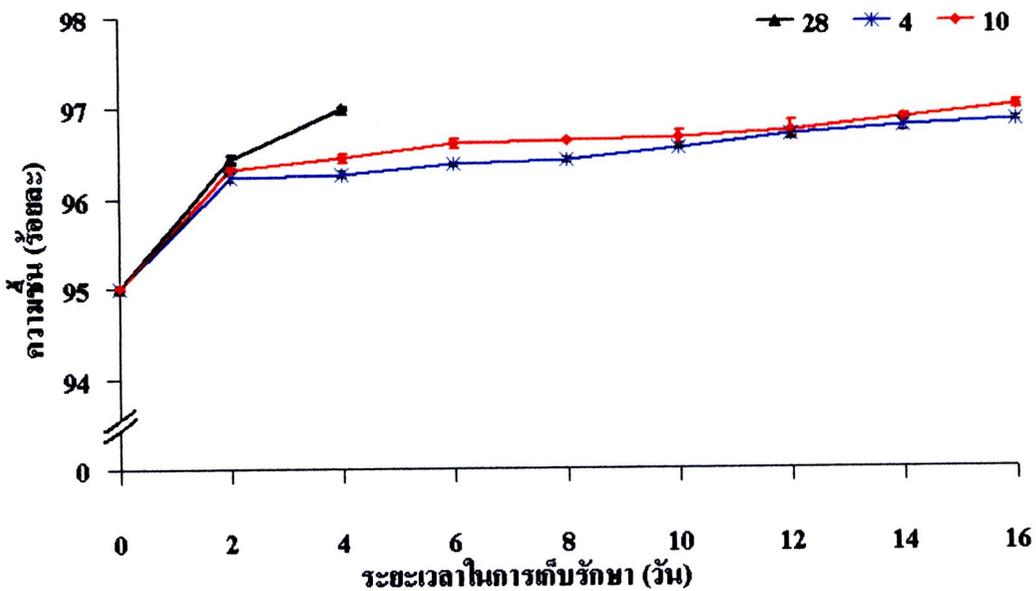
คุณสมบัติของไข่น้ำ	อุณหภูมิ	ระยะเวลา	ผลร่วมระหว่าง อุณหภูมิและระยะเวลา
ความชื้น (ร้อยละ)	*	*	*
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ns	*	*
คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มก./ก.)	*	*	*
สารฟีนอลิกทั้งหมด (มก./ก.)	*	*	*
กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน			
วิธี ABTS (ร้อยละการยับยั้ง)	*	*	*
วิธี DPPH (ร้อยละการยับยั้ง)	*	*	*
เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	*	*	ns
เส้นใยละลายน้ำ (ร้อยละ)	*	*	ns
เส้นใยทั้งหมด (ร้อยละ)	*	*	ns
ความสว่าง (L*)	*	*	*
ความเป็นสีเขียว (a* เป็นลบ)	ns	*	ns
ความเป็นสีเหลือง (b*)	*	*	*
มุมสี (hue angle)	*	*	*
ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*)	*	*	*
เนื้อสัมผัส (กรัม _{แรง})	*	*	*
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	*	*	*

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

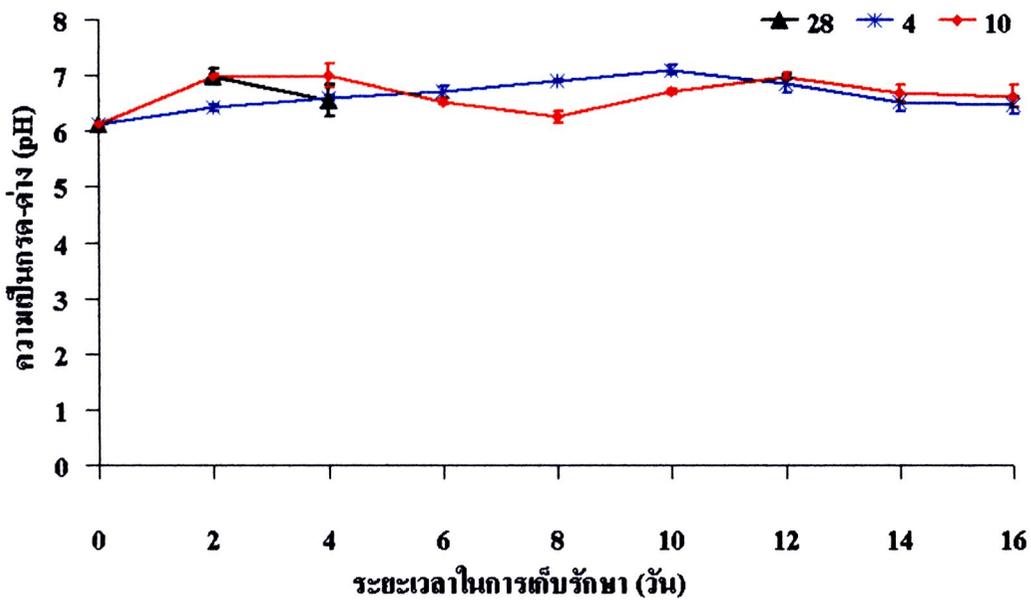
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C พบว่า ปริมาณความชื้นของไข่น้ำที่อุณหภูมิ 10°C สูงกว่า 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้นของไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และ 10°C มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 18)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อปริมาณความชื้นของไขน้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า อุณหภูมิระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การเก็บรักษาไขน้ำที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากไขน้ำยังคงมีการหายใจและคายน้ำ ทำให้ปริมาณไอน้ำภายในถุงพอลิโพรพิลีนที่บรรจุไขน้ำสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา (0-2 วัน) ซึ่งปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นนี้หากมากเกินไปจะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำได้ อย่างไรก็ตามปริมาณไอน้ำที่สูงขึ้นนี้ทำให้ค่าสัมมูลของความชื้นในอากาศรอบไขน้ำสูงขึ้นมีผลให้อัตราการคายน้ำของไขน้ำลดลงในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานกว่า 2 วัน ปริมาณไอน้ำที่เกาะค้างอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์มีผลให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ตามมา (บุษบา โกมลณี และคณะ 2008) ตลอดจนชนิดของถุงที่ใช้ คือ ถุงพอลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติในการต้านทานต่อการซึมผ่านของไอน้ำและอากาศ (ไพศาล นาคพิพัฒน์ 2547)



ภาพที่ 18 ปริมาณความชื้นของไขน้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C



ภาพที่ 19 ความเป็นกรด-ด่างของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C

4.2.1.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาต่อความเป็นกรด-ด่างของไข่น้ำสด

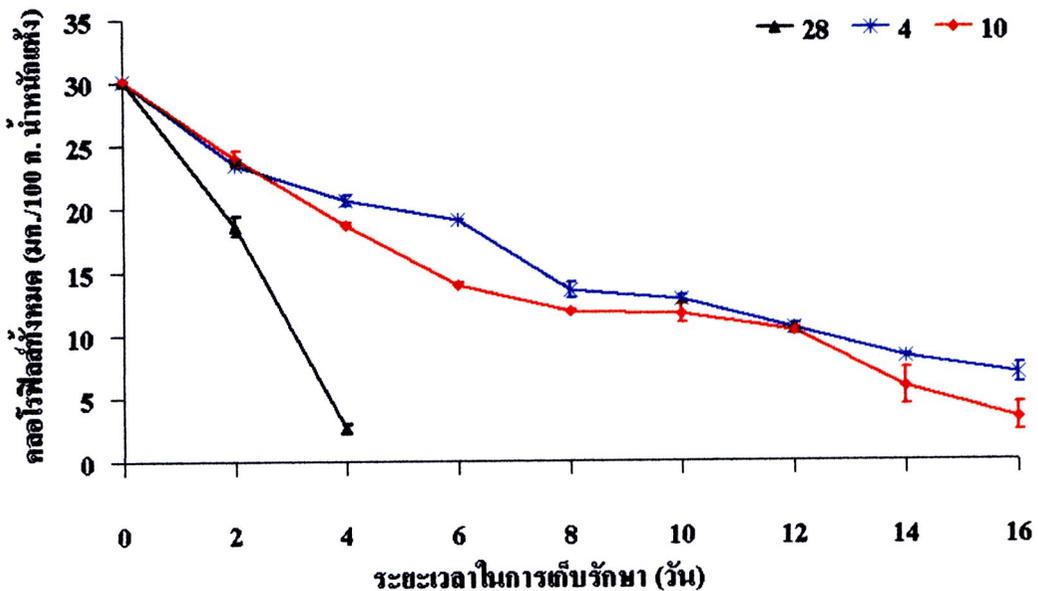
จากการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อความเป็นกรด-ด่างของไข่น้ำสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ภาพที่ 19 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C มีความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันในช่วง 0-4 วันแรกของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ตารางผนวก ข ที่ 1) โดยการเก็บรักษานาน 4 วัน ไข่น้ำที่อุณหภูมิ 10°C มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าที่อุณหภูมิ 28 และ 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ไข่น้ำที่อุณหภูมิ 4°C มีความกรด-ด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อความเป็นกรด-ด่างของไข่น้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ปัจจัยหลักด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อความเป็นกรด-ด่างของไข่น้ำสด ($p > 0.05$) การเก็บรักษาไข่น้ำที่อุณหภูมิ 4°C มีปริมาณความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างจากอุณหภูมิ 10°C ในช่วง 12-16 วันของการเก็บรักษา ($p > 0.05$) และความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.47-6.98 (ตารางผนวก ข ที่ 2)

4.2.1.3 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้าสด

จากการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้าสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยใข้หน้าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำที่สุดในช่วง 0-4 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้าที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C ไม่แตกต่างกันในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้าที่อุณหภูมิ 28°C ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0-4 วันแรกของการเก็บรักษา (ภาพที่ 20; ตารางผนวก ข ที่ 1)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้าสด (ตารางที่ 15) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้าที่อุณหภูมิ 4°C สูงกว่า 10°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษานานกว่า



ภาพที่ 20 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้หน้า ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C , 10°C และ 4°C

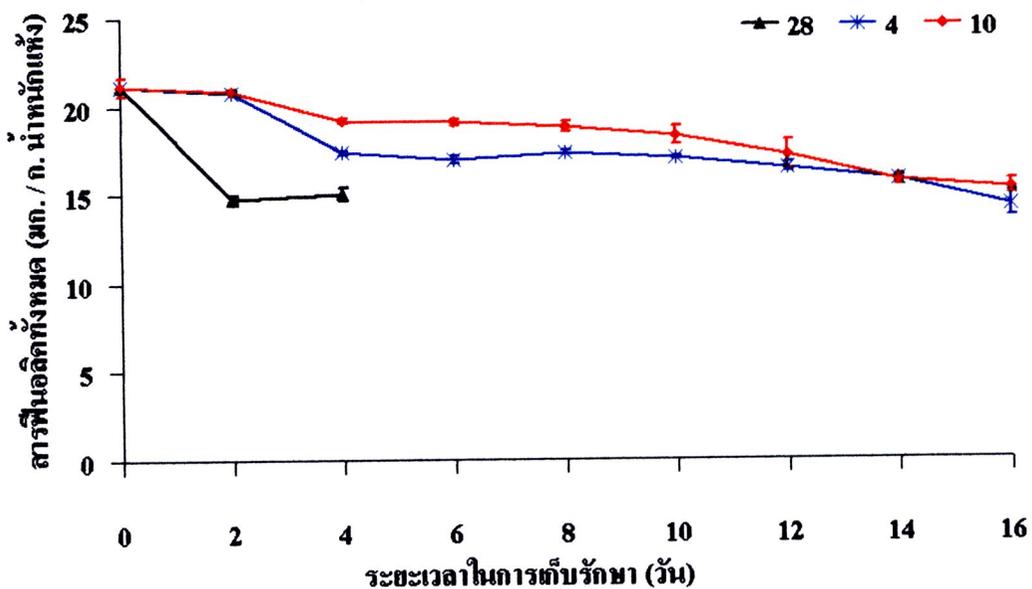
4 วัน และเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบน้ำที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 20; ตารางผนวก ข ที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferrante and Maggiore (2007) ที่รายงานว่า ผักกาดหอม (*Valeriana locusta*) ที่เก็บรักษาที่ 4°C และ 10°C มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) หลังวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณลดลงเป็นร้อยละ 22 และร้อยละ 35 ตามลำดับ ซึ่ง Yamauchi and others (1997) อธิบายว่าการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ไปเป็นคลอโรฟิลล์ไลด์ เนื่องจากเอนไซม์คลอโรฟิลเลส โดยเอนไซม์คลอโรฟิลเลสสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ก็ต่อเมื่อเชื้อหุ้มเซลล์โปรโตพลาซึมถูกทำลาย ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสจึงสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพหรือการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ (Ferrante and others 2004) และอาจเกิดจากเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ซึ่งได้รับความกดดันจากความเย็น (chilling stress) จึงช่วยเร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ หรืออาจเกิดจากกระบวนการเสื่อมสลาย (senescence process) ของพืชตามธรรมชาติ (Yan and others, 2009)

4.2.1.4 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ของใต้น้ำสด

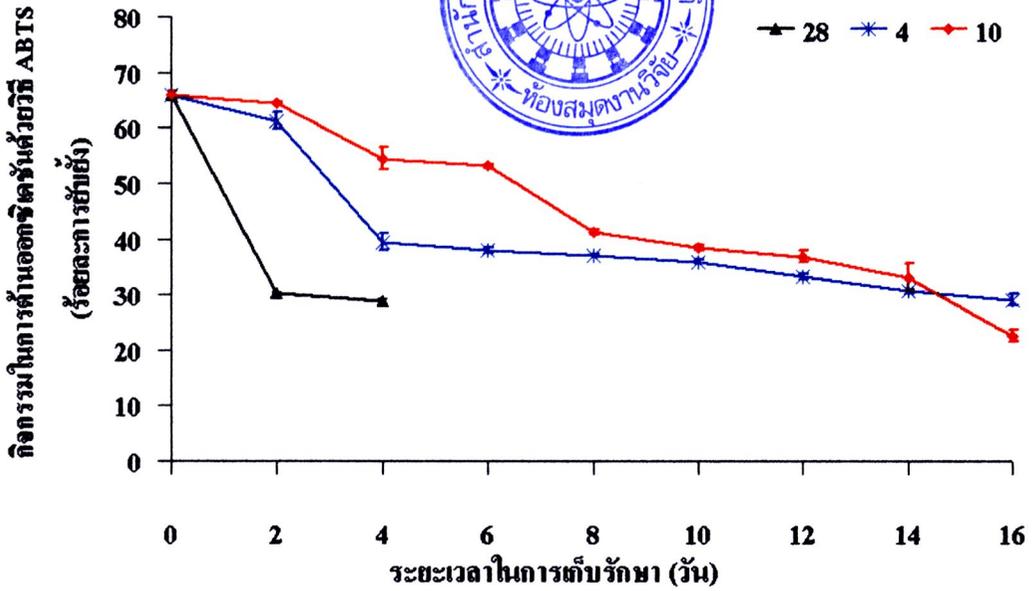
จากการวิเคราะห์หัตถิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ของใต้น้ำสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยใต้น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา และมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 21) และในทำนองเดียวกันกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS ของใต้น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C สูงกว่า 4°C และ 28°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 22) ตามลำดับ และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH ของใต้น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°C ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 23; ตารางผนวก ข ที่ 3)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์หัตถิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ของใต้น้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณสารฟีนอลิก

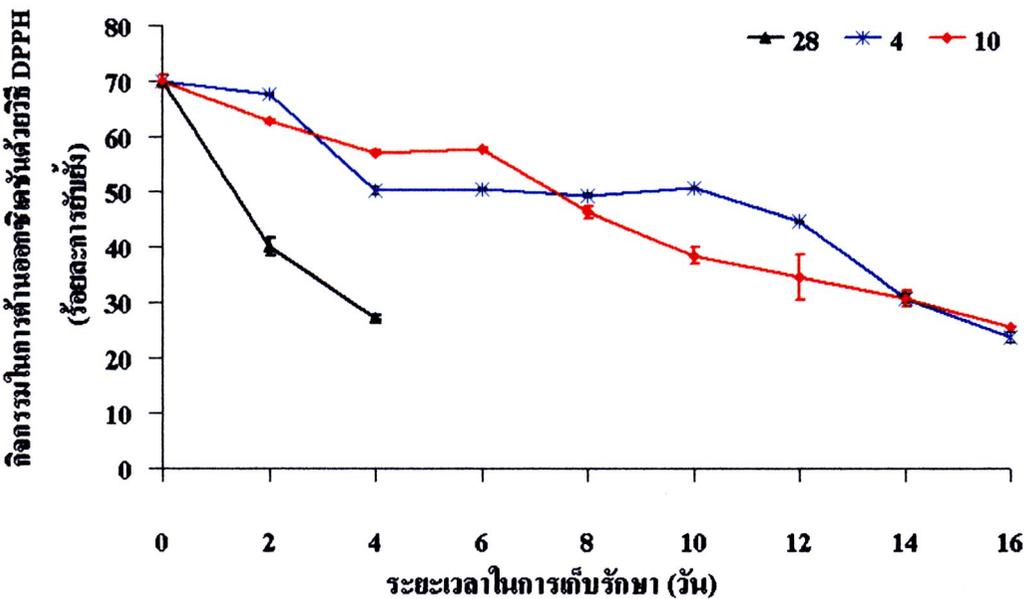
ทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C สูงกว่า 4°C และเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 6-10 วันของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 21) และการเก็บรักษาที่นานกว่า 10 วัน ไข่น้ำที่อุณหภูมิ 4°C และ 10°C มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และในทำนองเดียวกันกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH ของไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C สูงกว่า 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C มีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 22-23; ตารางผนวก ข ที่ 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bunea and others (2008) ที่รายงานว่า ปวยเล้งสดมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 2,088.9 มก./กก. (น้ำหนักสด) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 1 และ 3 วัน มีผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในผักปวยเล้งลดลงร้อยละ 7.6 และร้อยละ 11.2 (1929.7 และ 1854.7 มก./กก.) ตามลำดับ การลดลงของสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 4°C ยังไม่ทราบกลไกแน่นอนซึ่งยังต้องการการศึกษาวิจัยเพื่ออธิบายกลไกในปรากฏการณ์นี้



ภาพที่ 21 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C , 10°C และ 4°C



ภาพที่ 22 กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C



ภาพที่ 23 กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี DPPH ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH ของไข่น้ำสศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย (r) เท่ากับ 0.967 และ 0.951 ตามลำดับ และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี ABTS มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับวิธี DPPH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย (r) เท่ากับ 0.897 (ตารางที่ 16) นั่นคือ ปริมาณสารฟีนอลิกที่ลดลงส่งผลให้กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH ลดลงเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ พงศธร ลือสุวรรณ และคณะ (2551) พบว่า สารฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกมะม่วงสายพันธุ์มหาชนก มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และวิธี DPPH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย (r) เท่ากับ 0.93 และ 0.96 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเกิดจากความสามารถในการเป็นสารออกซิไดซ์ของสารฟีนอลิก ส่งผลให้อนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH เกิดความเสถียร และ พลกฤษณ์ มณีระ และคณะ (2551) พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิก ในผักบร็อกโคลี ผักบร็อกโคลีผล และผักบร็อกโคลีส่วนราก จำนวน 25 ชนิด มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย (r) เท่ากับ 0.90

ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ของไข่น้ำสศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C

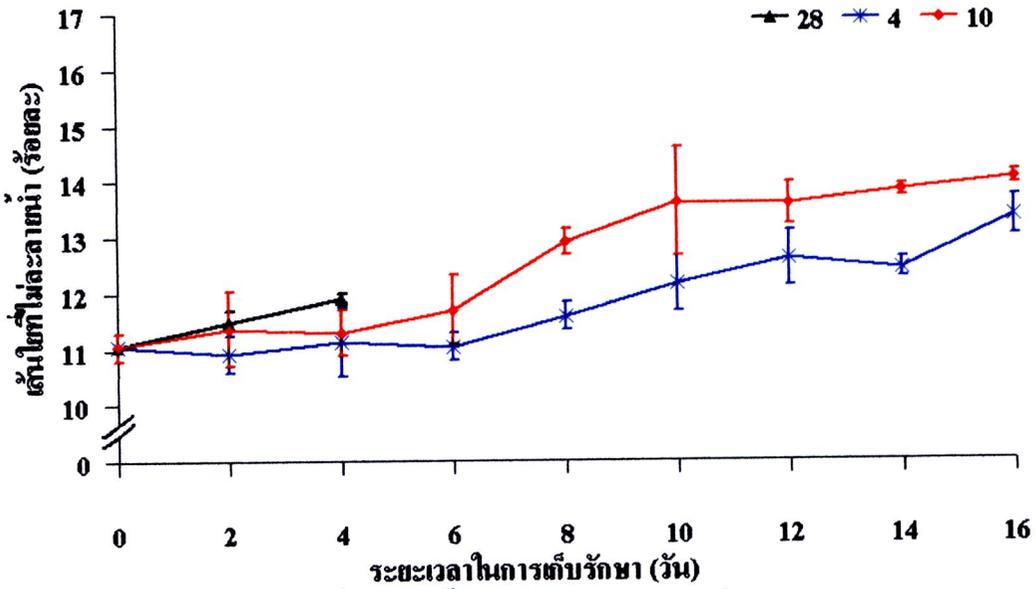
	สารฟีนอลิกทั้งหมด	วิธี ABTS	วิธี DPPH
สารฟีนอลิกทั้งหมด	1		
วิธี ABTS	0.967*	1	
วิธี DPPH	0.951*	0.897*	1

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

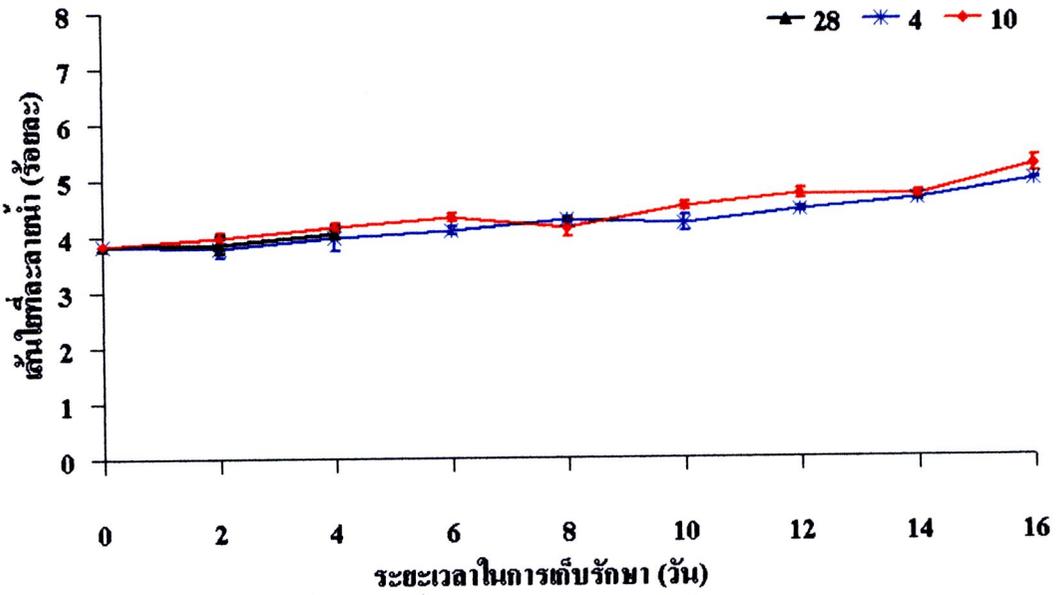
4.2.1.5 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณเส้นใยของไชน้ำสด

จากการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดของไชน้ำสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ขณะที่ปัจจัยหลักด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ไชน้ำมีเส้นใยที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$; ตารางผนวก ข ที่ 5)

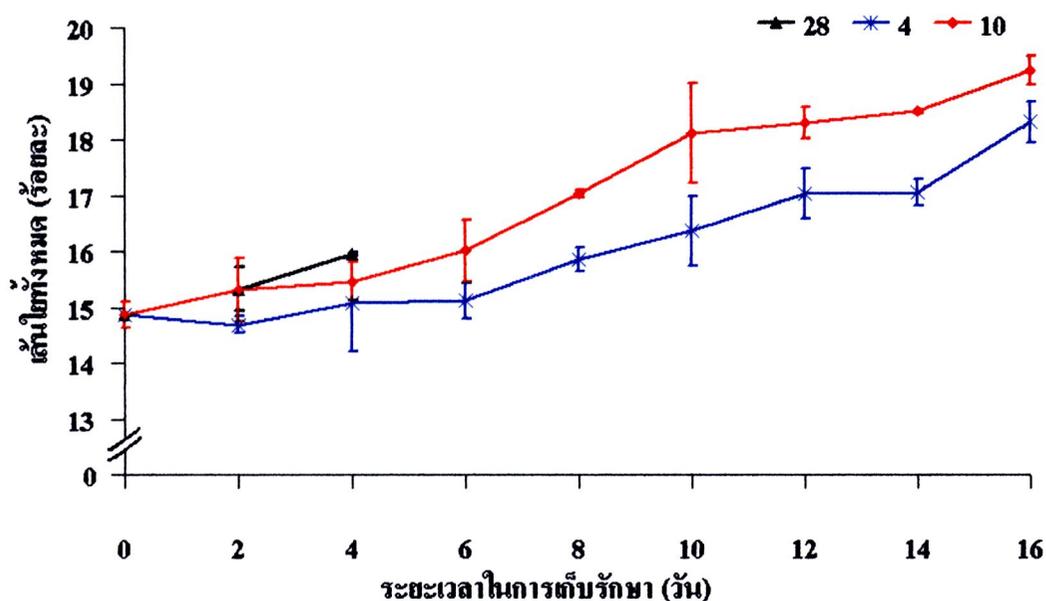
ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดของไชน้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า ผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ขณะที่ปัจจัยหลักด้านอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา มีอิทธิพลต่อปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำและเส้นใยทั้งหมดของไชน้ำสดในช่วง 5-16 วันของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) โดยไชน้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C มีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมด สูงกว่าที่อุณหภูมิ 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$; ภาพที่ 24-26) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดของไชน้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C สูงกว่า 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$; ตารางผนวก ข ที่ 6) อาจเนื่องจากหลังการเก็บเกี่ยวไชน้ำยังคงมีเมแทบอลิซึมที่สามารถที่จะสร้างเนื้อเยื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยหรือแม้แต่การแตกหน่อเพื่อเพิ่มจำนวนในสภาวะการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ทั้งนี้วงจรชีวิตของไชน้ำใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ในการแตกหน่อ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schreiner and others (2003) ที่รายงานว่า ผักกาดหอมที่หุ้มฟิล์มโปรตีนที่ย่อยสลายได้ (biodegradable protein film) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18°C มีปริมาณเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble pectin) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) หลังการเก็บรักษานาน 4 วัน เนื่องจากผักกาดหอมที่หุ้มฟิล์มมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นแต่มีก๊าซออกซิเจนลดลง อาจนำไปสู่การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เพกโตไลติก (pectolytic enzyme) ขณะที่ปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำและเพกตินทั้งหมด ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$)



ภาพที่ 24 เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำของไข่ไก่ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C



ภาพที่ 25 เส้นใยที่ละลายน้ำของไข่ไก่ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C



ภาพที่ 26 เส้นใยทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C

4.2.2 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อองค์ประกอบทางกายภาพของไข่น้ำสด ในระหว่างการเก็บรักษา

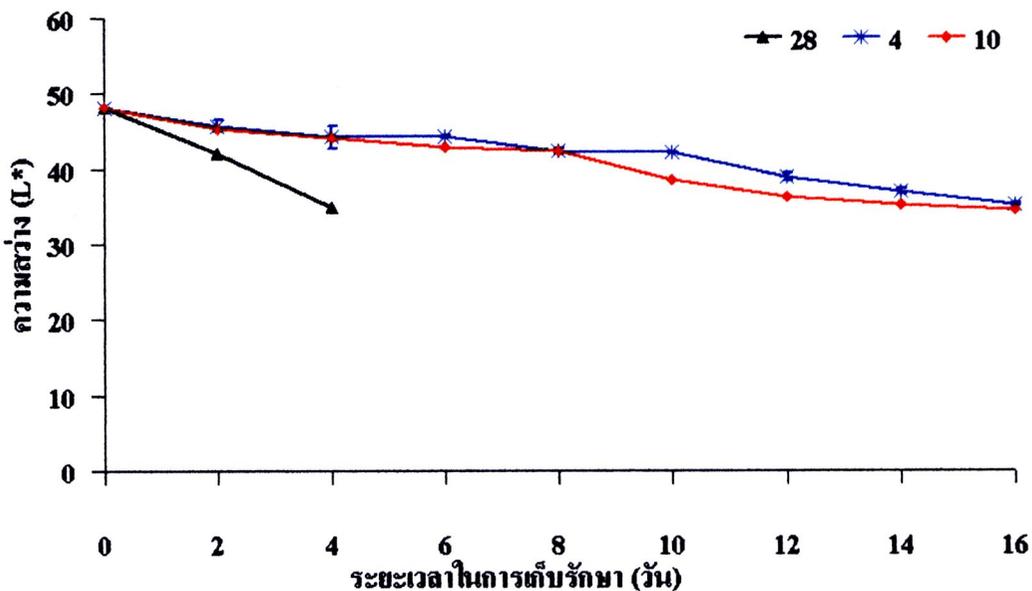
อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ (28°C, 10°C และ 4°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษา 4 วันแรก ต่อคุณลักษณะของไข่น้ำ แสดงดังตารางที่ 14 และผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ (10°C และ 4°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อคุณลักษณะของไข่น้ำ แสดงดังตารางที่ 15

4.2.2.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าสีของไข่น้ำ

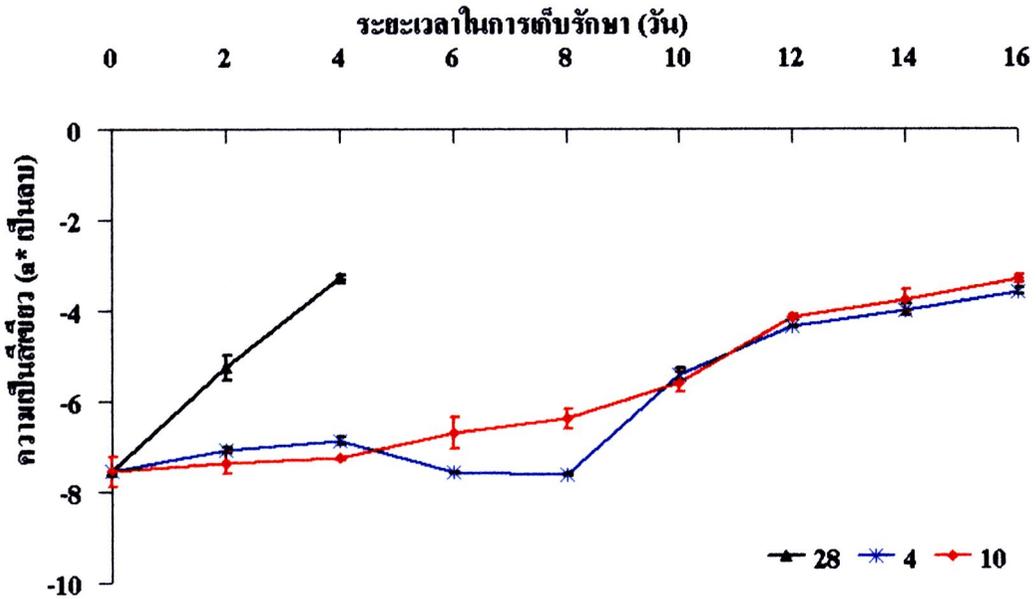
จากการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสว่าง ความเป็นสีเขียว ความเป็นสีเหลือง ความแตกต่างของสีรวม และมุมสีของไข่น้ำสดในช่วง 0-4 วันแรกของการเก็บรักษา (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อความสว่าง ความเป็นสีเขียว ความเป็นสีเหลือง ความแตกต่างของสีรวม และมุมสีของไข่น้ำสดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากภาพที่ 27-31 (ตารางผนวก ข ที่ 7) พบว่า ไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C มีความสว่าง และความเป็นสีเหลือง สูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C มีความเป็นสีเขียว และความแตกต่างของสีรวม น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 28°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C มีมุมสีในช่วง 2 วันแรกไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วันต่อความสว่าง ความเป็นสีเขียว ความเป็นสีเหลือง ความแตกต่างของสีรวม และมุมสีของไข่น้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อความสว่าง ความเป็นสีเหลือง ความแตกต่างของสีรวม และมุมสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่มีเพียงปัจจัยหลักด้าน ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อความเป็นสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากภาพที่ 27-31 (ภาคผนวก ข ที่ 8) พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความสว่าง และความเป็นสีเหลืองของไข่น้ำสดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยหลังวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C สูงกว่า 10°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และมุมสีของไข่น้ำหลังผ่านการเก็บรักษานาน 8 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C สูงกว่า 10°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

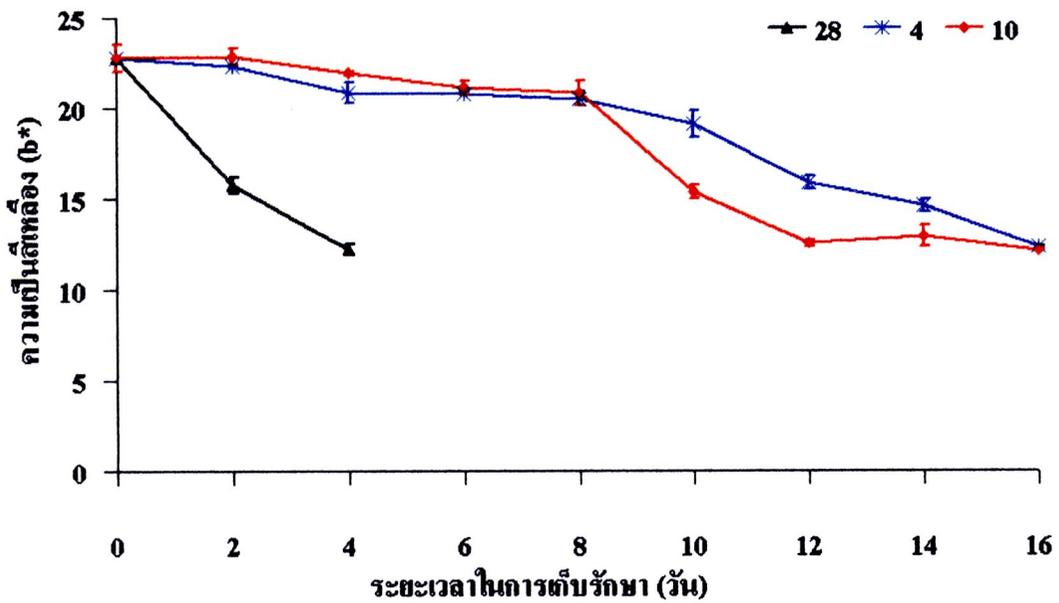
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าสีของไข่น้ำที่ผ่านการเก็บรักษา กับค่าสีของไข่น้ำสดเริ่มต้น (ความแตกต่างของสีรวม) พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C มีความแตกต่างของสีรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และหลังวันที่ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C ไข่น้ำมีความแตกต่างของสีรวมสูงกว่า 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามตัวอย่างไข่น้ำที่เก็บรักษานาน 16 วันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C ไม่มีความแตกต่างของสีรวม ($p > 0.05$) จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ไข่น้ำที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C มีสีเขียวคล้ำ (ภาพที่ 32) สอดคล้องกับความสว่างของไข่น้ำที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาจาก 48.07 เป็น 34.96, 35.20 และ 34.61 ตามลำดับ



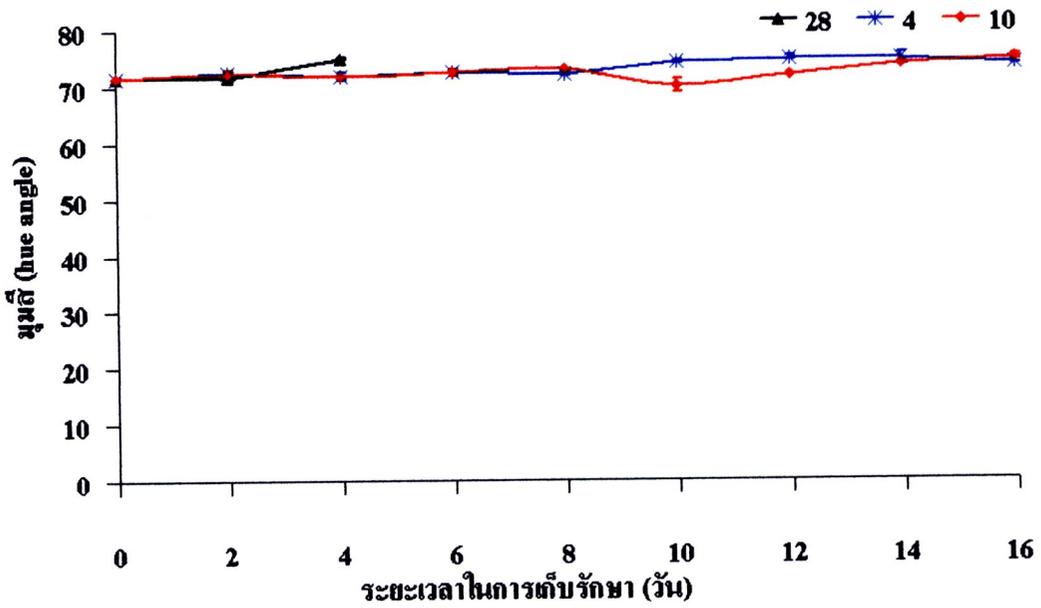
ภาพที่ 27 ความสว่าง (L*) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C



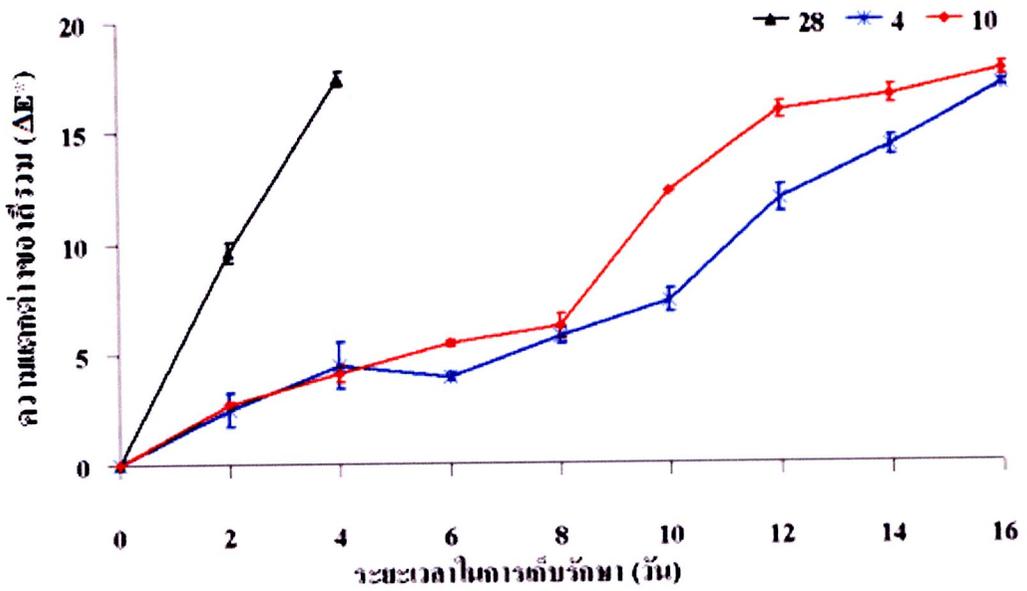
ภาพที่ 28 ความเป็นสีเขียว (a^* เป็นลบ) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C , 10°C และ 4°C



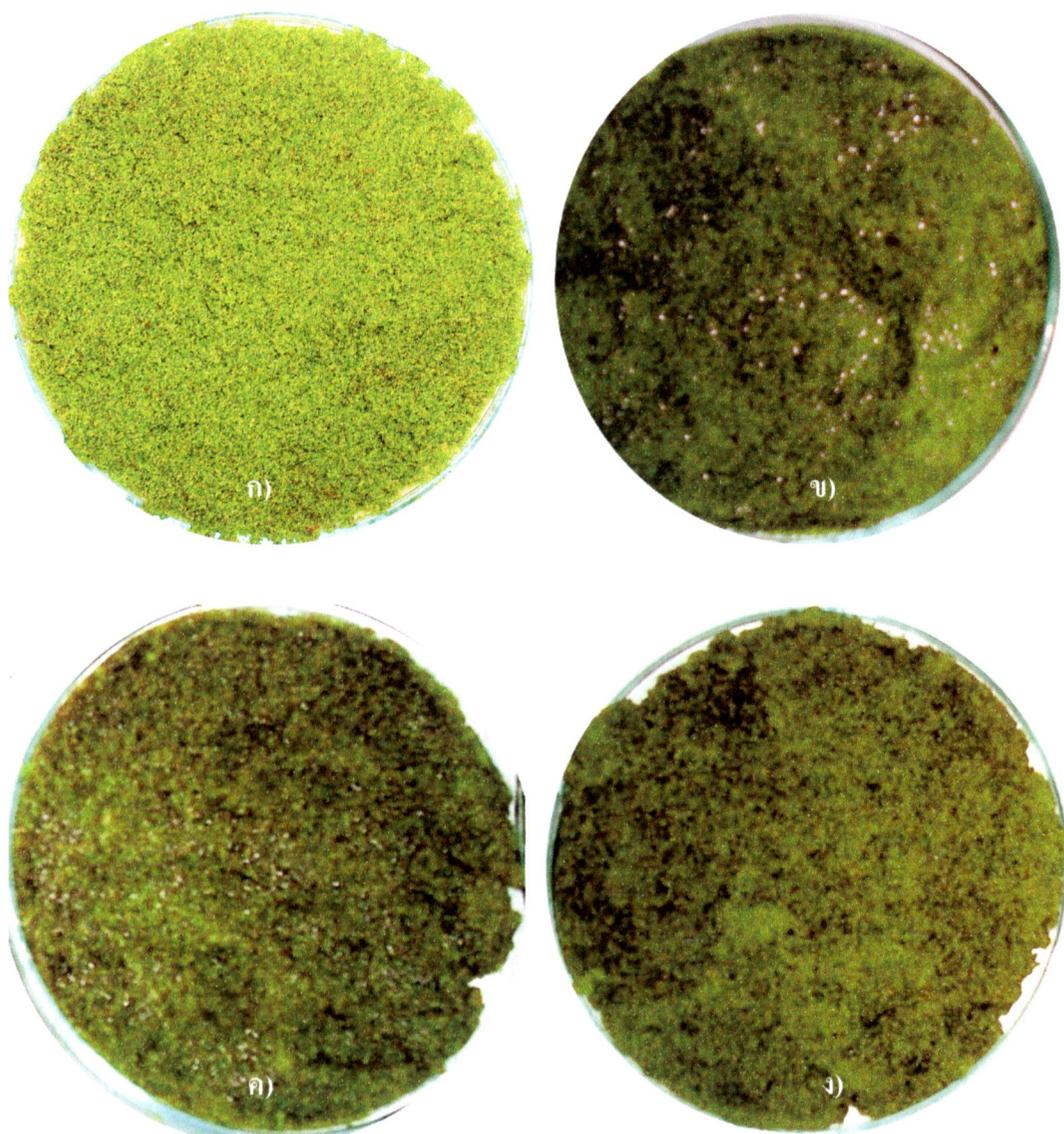
ภาพที่ 29 ความเป็นสีเหลือง (b^*) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C , 10°C และ 4°C



ภาพที่ 30 มุมสี (hue angle) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ



ภาพที่ 31 ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) ของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ, 10°ซ และ 4°ซ



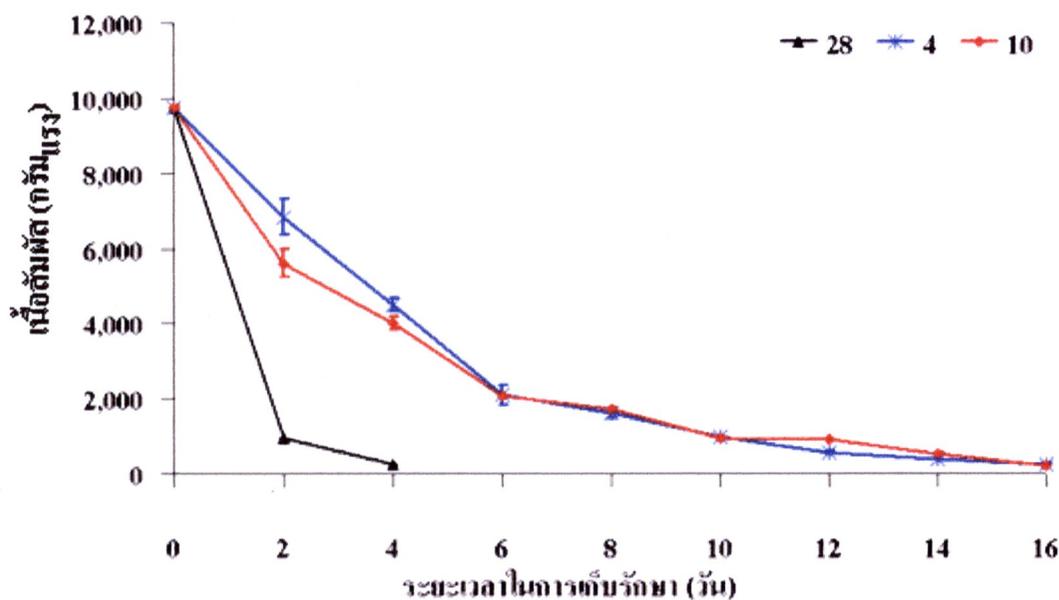
ภาพที่ 32 ไข่น้ำระหว่างการเก็บรักษา ก) ไข่น้ำสด ข) อุณหภูมิ 28°ซ นาน 4 วัน ค) อุณหภูมิ 10°ซ นาน 16 วัน และ ง) อุณหภูมิ 4°ซ นาน 16 วัน

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี ซึ่งไข่น้ำที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°ซ มีลักษณะปรากฏด้านสีดีกว่า 10°ซ และ 28°ซ ตามลำดับ และไข่น้ำแสดงลักษณะปรากฏเสื่อมเสีย คือ สีเขียวคล้ำ และน้ำ และมีกลิ่นผิดปกติ (คล้ายกลิ่นโคลน) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°ซ และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ และ 4°ซ

4.2.2.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อเนื้อสัมผัสของไข่น้ำสด

จากการวิเคราะห์หัตถิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อเนื้อสัมผัสของไข่น้ำสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อสัมผัสของไข่น้ำที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C สูงกว่า 28°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ไข่น้ำมีความแน่นกรุปของเนื้อสัมผัสลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา โดยไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีความแน่นกรุปของเนื้อสัมผัสสูงกว่าที่อุณหภูมิ 10°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $28, 4$ และ 10°C มีความแน่นกรุปของเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 33; ภาคผนวก ข ที่ 9)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์หัตถิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อเนื้อสัมผัสไข่น้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C มีความแน่นกรุปของเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 33; ภาคผนวก ข ที่ 10) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการเก็บรักษาอาจก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ส่งผลให้สูญเสียความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน น้ำ และสารอาหารสามารถออกจากเซลล์ได้ มีผลให้แรงดันเต่งของเซลล์ลดลงจึงเป็นเหตุให้สูญเสียความแน่นกรุปของเนื้อสัมผัสในที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tulio and other (2002) รายงานว่า ไบपोที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1°C และ 8°C เกิดอาการการสะท้านหนาว (chilling injury) ทำให้ไบपोมีสีน้ำตาล (browning symptoms)



ภาพที่ 33 เนื้อสัมผัสของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C

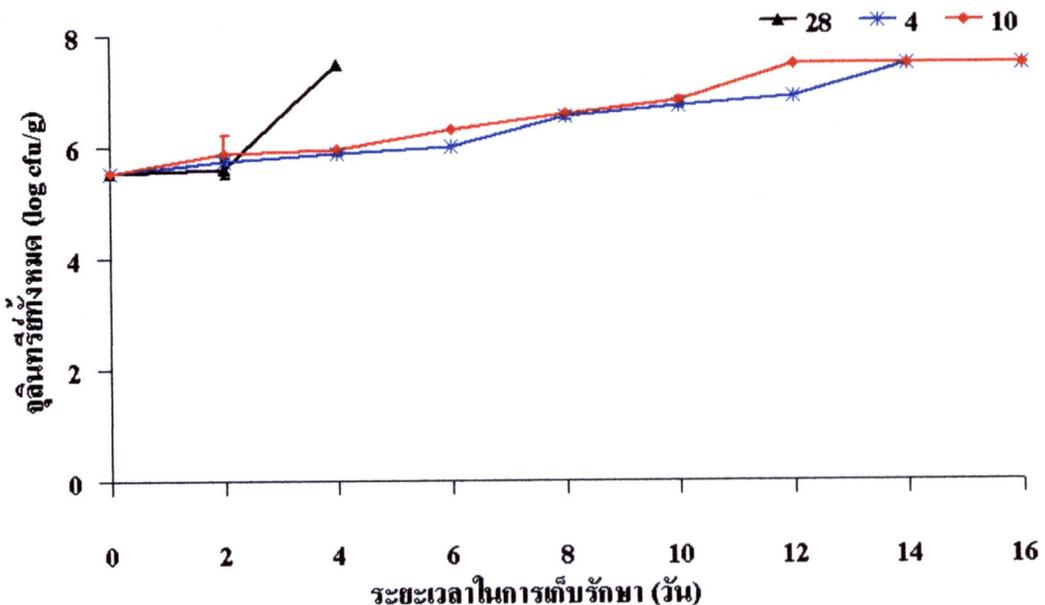
4.2.3 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำสดในระหว่างการเก็บรักษา

อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ (28°C, 10°C และ 4°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษา 4 วันแรก ต่อคุณลักษณะของไข่น้ำ แสดงดังตารางที่ 14 และผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ (10°C และ 4°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อคุณลักษณะของไข่น้ำ แสดงดังตารางที่ 15

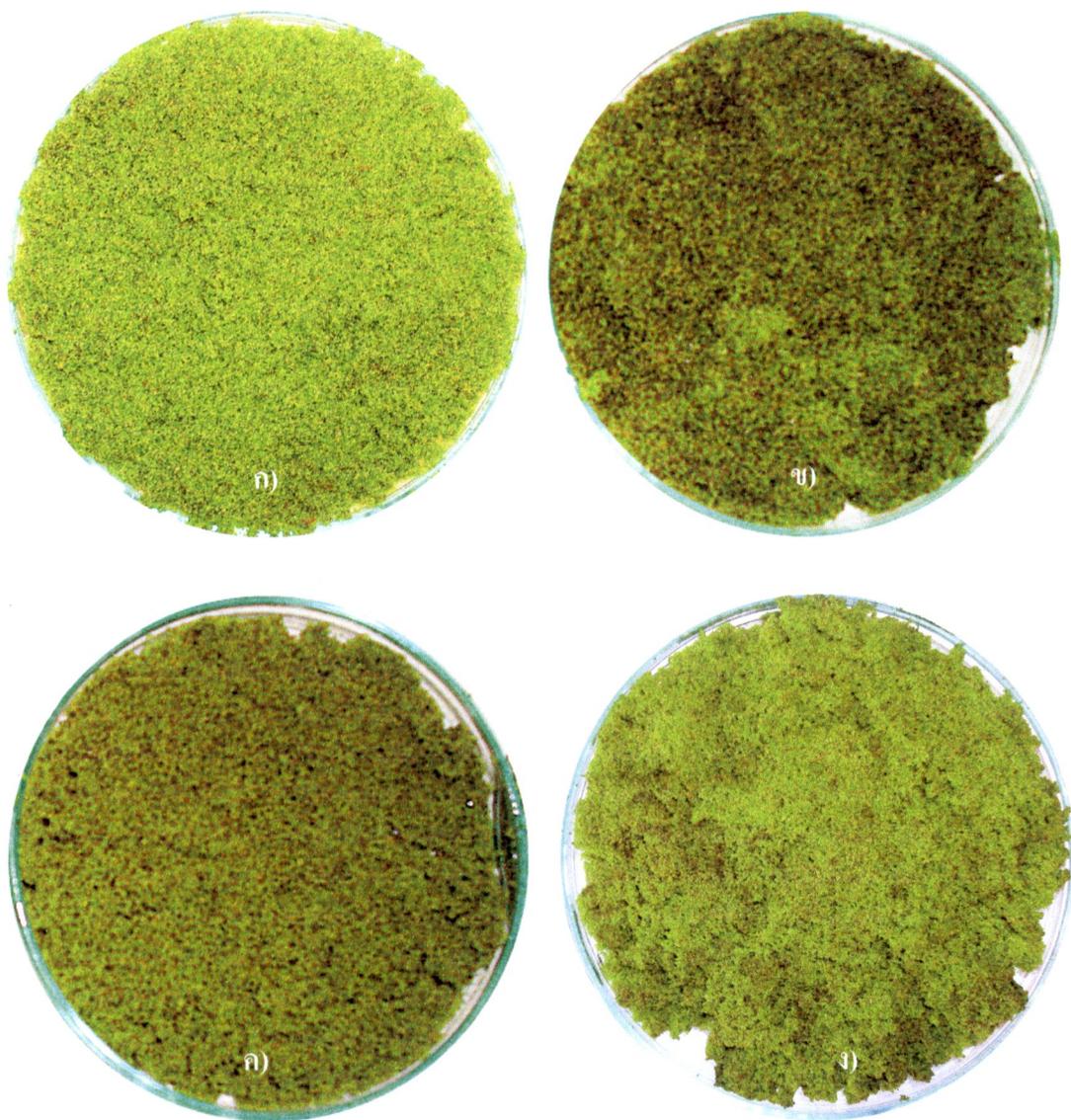
จากการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 0-4 วันแรก ต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำสด (ตารางที่ 14) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลรวมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C หลังวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ไข่น้ำมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 34; ตารางผนวก ข ที่ 9)

ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิ 10°C และ 4°C และระยะเวลาการเก็บรักษาช่วง 5-16 วัน ต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำสด (ตารางที่ 15) พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และผลรวมระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำที่เก็บ

รักษาที่อุณหภูมิ 10°C สูงกว่า 4°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 34; ตารางผนวก ข ที่ 10) โดยไข่น้ำมีการเสื่อมเสียเนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์เกินกว่า 7 log cfu/g ในวันที่ 4, 12 และ 14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28, 10 และ 4°C ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ และตรวจไม่พบโคลิฟอร์มในไข่น้ำ ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไข่น้ำมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 18) ซึ่งปริมาณความชื้นในบรรจุภัณฑ์ที่สูงเกินไปจะ ควบแน่นเป็นหยดน้ำอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์เป็นผลให้มีปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น จุลินทรีย์สามารถเพิ่ม จำนวนได้ นอกจากนี้การเสื่อมสภาพของเซลล์ไข่น้ำมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเยื่อ หุ้มเซลล์ ส่งผลให้น้ำและสารอาหารสามารถออกจากเซลล์ได้เป็นเหตุให้เกิดการเน่าเสียเนื่องจาก จุลินทรีย์ได้ (บุษบา โกมลณี และคณะ 2008) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาไข่น้ำที่อุณหภูมิ 28°C มี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาสูง จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 4°C สอดคล้องกับงานวิจัยของ Conte and others (2008) พบว่า ปวยเล้งมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในกลุ่ม mesophiles 5 log cfu/g เมื่อปวยเล้งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเกิน 8 log cfu/g ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา



ภาพที่ 34 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C, 10°C และ 4°C



ภาพที่ 35 ใข่น้ำระหว่างการเก็บรักษา ก) ใข่น้ำสด ข) อุณหภูมิ 28°ซ นาน 2 วัน
ค) อุณหภูมิ 10°ซ นาน 6 วัน และ ง) อุณหภูมิ 4°ซ นาน 6 วัน

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่าง ความเป็นสีเหลือง ความเป็นสีเขียว ความแตกต่างของสีรวม มุมสี ปริมาณความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำได้ เส้นใยทั้งหมด และจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา ใข่น้ำมีการเสื่อมเสียเนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์เกินกว่า $7 \log \text{cfu/g}$ ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C และในวันที่ 12 และ 14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C ($p < 0.05$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของใข่น้ำระหว่างการเก็บรักษา มีผลต่อการเสื่อมเสียของใข่น้ำด้านลักษณะปรากฏ คือ สีเขียวคล้ำ และน้ำ และมีกลิ่นผิดปกติ (คล้ายกลิ่นโคลน) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C (ภาพที่ 35) เป็นผลให้ใข่น้ำมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วัน ที่อุณหภูมิ 28°C และที่อุณหภูมิ 10°C และ 4°C ใข่น้ำมีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน ซึ่ง Robert and Nancy (2008) อธิบายว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาช่วยคงคุณภาพของสาหร่ายสีเขียว (*Gracilaria* spp.) แต่ไม่สามารถยืดอายุการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

4.3 ผลของกระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของใข่น้ำ

ใข่น้ำสดมีอายุการเก็บสั้นแม้จะเก็บในอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

4.3.1.1 สีของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

ความสว่าง (L^*) ความเป็นสีเขียว (a^* เป็นลบ) ความเป็นสีเหลือง (b^*) ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) และมุมสี (hue angle) ของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง แสดงดังตารางที่ 17 จากภาพที่ 36 จะเห็นได้ว่าใข่น้ำสด ใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง ใข่น้ำแห้ง และใข่น้ำแห้งหลังการคืนรูป มีลักษณะปรากฏด้านสีแตกต่างกัน คือ ใข่น้ำสดมีสีเขียวอ่อน เป็นมันวาว ใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีสีเขียวคล้ำ ใข่น้ำแห้งมีสีเขียวอมน้ำตาล และใข่น้ำทำแห้งหลังการคืนรูปมีสีเขียวสด โดยใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีความสว่าง ความเป็นสีเหลือง และมุมสีลดลง

($p \leq 0.05$) ใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีค่าความสว่างต่ำที่สุด คือ 29.69 ซึ่งบอกลึกลงสีที่เข้มคล้ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ และมีความเป็นสีเขียวมากที่สุด คือ -2.85 ขณะที่ใข้ น้ำสดมีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด คือ 22.81 ทั้งนี้ใข้ น้ำแห้งมีความแตกต่างของสีรวมน้อยกว่าใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

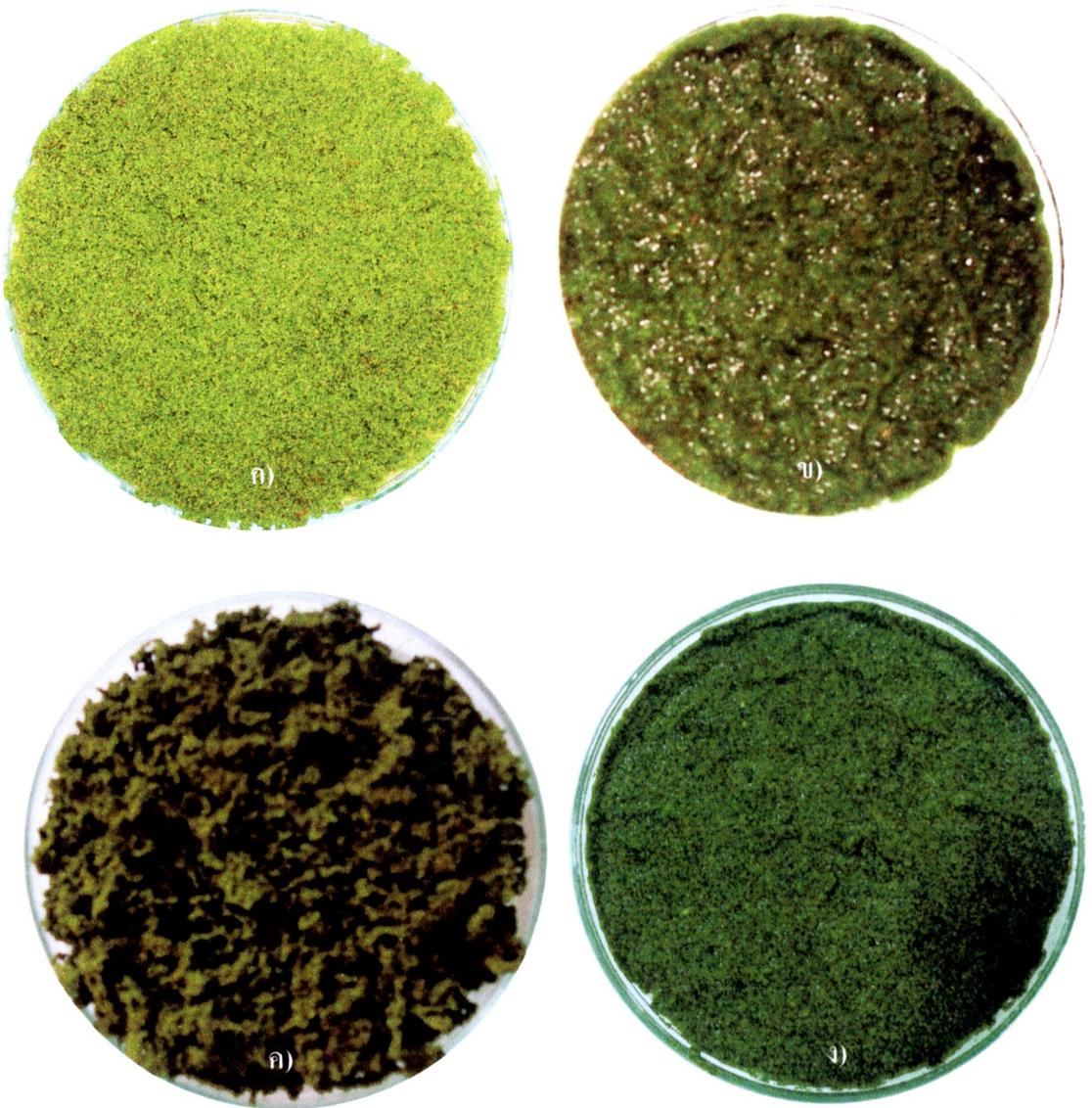
ตารางที่ 17 คุณลักษณะด้านสีของใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด

	ใข้ น้ำสด	ใข้ น้ำแห้ง	ใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง
ความสว่าง (L*)	48.07±0.03 ^a	32.52±0.20 ^b	29.69±0.21 ^c
ความเป็นสีเขียว (a*)	-7.55±0.32 ^c	-4.72±0.01 ^b	-2.85±0.06 ^a
ความเป็นสีเหลือง (b*)	22.81±0.72 ^a	11.48±0.01 ^b	6.75±0.08 ^c
ความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*)	0 ^c	19.45±0.16 ^b	24.86±0.22 ^a
มุมสี (hue angle)	71.70±0.18 ^c	67.67±0.06 ^b	67.10±0.18 ^a

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย (\pm SD) ที่ได้จากการวิเคราะห์ 6 ซ้ำ (2 ซ้ำการทดลอง \times 3 ซ้ำการวิเคราะห์)

^{a,b}...ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



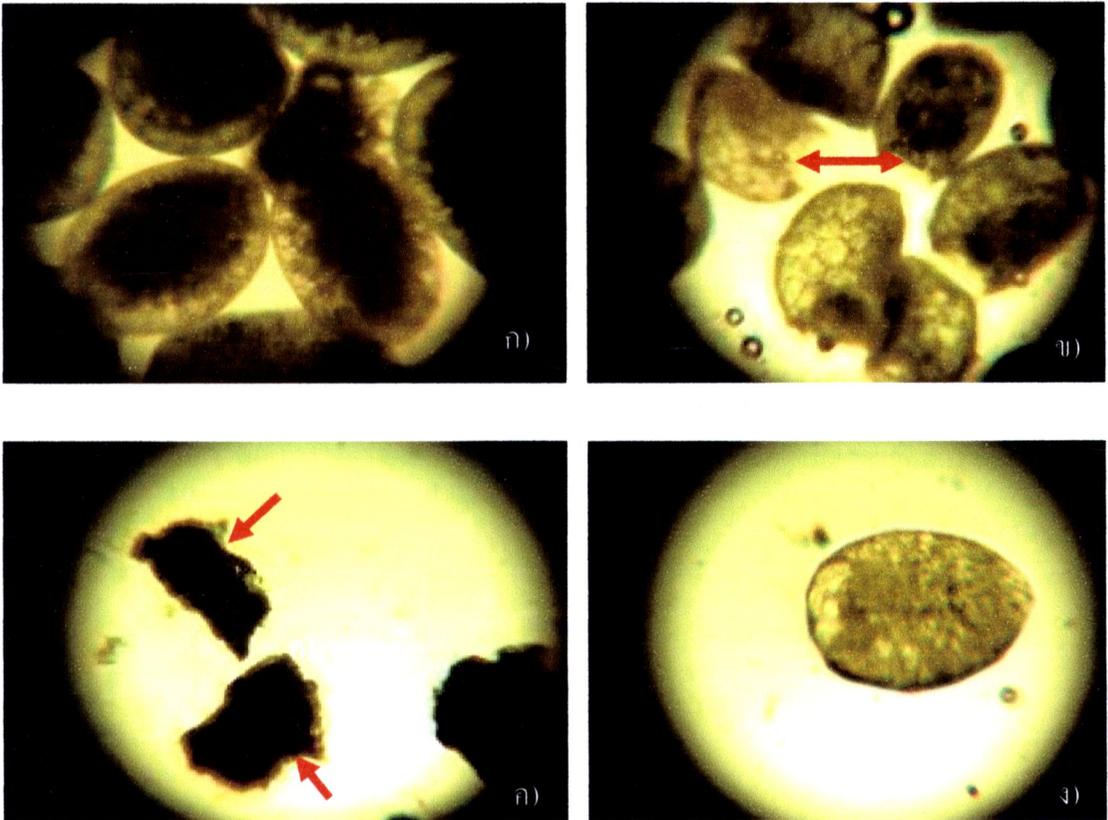


ภาพที่ 36 ลักษณะปรากฏของไผ่น้ำ ก) ไผ่น้ำสด ข) ไผ่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง
ค) ไผ่น้ำแห้ง และ ง) ไผ่น้ำแห้งหลังการคืนรูป

4.3.1.2 เนื้อสัมผัสของไผ่น้ำแห้งและไผ่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

ไผ่น้ำสด ไผ่น้ำแห้ง และไผ่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง มีเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไผ่น้ำสด โดยไผ่น้ำสดมีเนื้อสัมผัส 9,741.19 กรัม_{แรง} เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็ง ไผ่น้ำมีเนื้อสัมผัสลดลงเป็น 446.30 และ 231.71 กรัม_{แรง} ตามลำดับ ซึ่งความแน่นกรอบของเนื้อสัมผัสไผ่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งน้อยกว่าไผ่น้ำแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แม้ว่าไผ่น้ำ

แซ่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งยังคงมีปริมาณความชื้นสูงกว่าไขน้ำแข็ง แต่ผนังเซลล์มีความเสียหายและถูกทำลายระหว่างการละลายน้ำแข็ง (ภาพที่ 37ข) ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันคั่นเต่งของเซลล์ ขณะที่ไขน้ำแข็งมีการยุบตัวของโครงสร้างเซลล์ไขน้ำแข็ง เนื่องจากน้ำในไขน้ำแข็งถูกเหวี่ยงออกไปทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อของไขน้ำแข็งเกิดการหดตัวและมีรูปร่างไม่แน่นอน (ภาพที่ 37ค) เมื่อนำไขน้ำแข็งมาแห้งผ่านการคั่นรูป (ภาพที่ 37ง) ลักษณะโครงสร้างของผนังเซลล์ไขน้ำแข็งอาจเกิดความผิดปกติจากความร้อนที่ได้รับระหว่างกระบวนการทำแห้ง โดยความร้อนเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็นรูพรุน ทำให้สูญเสียคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ และสูญเสียสารอาหาร ส่งผลให้มีความแน่นกรอบของเนื้อสัมผัสลดลง จึงทำให้ไขน้ำแข็งและไขน้ำแซ่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีความแน่นกรอบของเนื้อสัมผัสลดลง



ภาพที่ 37 โครงสร้างเซลล์ไขน้ำ ก) ไขน้ำสด ข) ไขน้ำแซ่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง
 ค) ไขน้ำแข็ง และ ง) ไขน้ำแข็งหลังการคั่นรูป
 ลูกศรชี้แสดง โครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไป (กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า)

4.3.2 คุณลักษณะทางเคมีของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

องค์ประกอบทางเคมีของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของใข่น้ำแห้งและใข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง เปรียบเทียบกับใข่น้ำสด

คุณสมบัติ	ใข่น้ำสด	ใข่น้ำแห้ง	ใข่น้ำแช่เยือกแข็ง หลังการละลายน้ำแข็ง	
ความชื้น (ร้อยละ)	95.01±0.02 ^b	6.15±0.07 ^c	96.75±0.08 ^a	
ความเป็นกรด-ด่าง	6.13±0.01 ^c	6.39±0.01 ^a	6.22±0.03 ^b	
คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มก./100ก.*)	30.17±0.00 ^a	13.96±0.08 ^{bc} (46.27)	13.98±0.71 ^{bc} (46.34)	
เบต้าแคโรทีน (มก./100ก.*)	3.43±0.16 ^a	0.52±0.01 ^c (15.16)	1.73±0.01 ^b (50.44)	
ไรโบฟลาวิน (มก./100ก.*)	0.40±0.00 ^a	0.28±0.02 ^b (70.00)	0.05±0.00 ^c (12.50)	
เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ*)	11.05±0.24 ^{bc}	13.04±0.03 ^a (118.01)	10.58±0.35 ^{bc} (95.75)	
เส้นใยที่ละลายน้ำ (ร้อยละ*)	3.82±0.01 ^a	2.11±0.10 ^{bc} (55.24)	1.97±0.04 ^{bc} (51.57)	
เส้นใยทั้งหมด (ร้อยละ*)	14.86±0.25 ^{ab}	15.15±0.07 ^{ab} (101.95)	12.55±0.39 ^c (84.45)	
สารฟีนอลิกทั้งหมด (มก./ก.*)	21.14±0.54 ^a	13.02±0.18 ^c (61.59)	14.50±0.15 ^b (68.59)	
กิจกรรมในการ ต้านออกซิเดชัน (IC ₅₀ : มก./มล.*)	วิธี ABTS	4.39±0.04 ^c	6.50±0.06 ^a	5.82±0.06 ^b
	วิธี DPPH	13.91±0.10 ^b	14.70±0.11 ^a	14.08±0.08 ^b

* ผลการวิเคราะห์คิดเทียบจากน้ำหนักแห้ง

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย (±SD) ที่ได้จากการวิเคราะห์ 6 ซ้ำ (2 ซ้ำการทดลอง × 3 ซ้ำการวิเคราะห์)

ตัวเลขในวงเล็บหมายถึง ร้อยละของปริมาณคงเหลือ (percentage retention) เมื่อเทียบกับใข่น้ำสด

^{a,b}...ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

4.3.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

จากตารางที่ 18 ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) แต่ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากหลังการละลายน้ำแข็งอาจเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ไปเป็นคลอโรฟิลล์ไลด์เนื่องจากเอนไซม์คลอโรฟิลเลส โดยเอนไซม์คลอโรฟิลเลสสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ก็ต่อเมื่อเชื้อหุ้มเซลล์โปรโตพลาซึมถูกทำลาย ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสจึงสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพหรือการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ (Ferrante and others 2004) ซึ่งใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งผนังเซลล์มีความเสียหายและถูกทำลาย (ภาพที่ 37ข) และความร้อนในกระบวนการทำแห้งใข้ น้ำจะทำให้คลอโรฟิลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาฟิโอฟีไทเนสชัน คลอโรฟิลล์จะถูกเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิตินซึ่งมีสีน้ำตาล (Fennema 1996) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Negi and Roy (2000) พบว่า การทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 32°C ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผัก savoy beet, amaranth และ fenugreek ลดลงจาก 13.1, 8.9 และ 15.7 มก./ก. เป็น 9.0, 4.2 และ 7.0 มก./ก. ตามลำดับ ทั้งนี้การทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 32°C มีการสูญเสียคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งในตู้อบแสงอาทิตย์ การทำแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 65°C การตากแดด และการผึ่งในร่ม การคงเหลือของคลอโรฟิลล์จึงขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้ง เนื่องจากคลอโรฟิลล์สูญเสียได้ด้วยความร้อน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lisiewska and others (2004) พบว่า ผักชีฝรั่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผักชีฝรั่งสด ($p \leq 0.05$) และระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20°C และอุณหภูมิ -30°C มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) มีแนวโน้มว่าการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30°C มีปริมาณคลอโรฟิลล์คงเหลือสูงกว่าที่อุณหภูมิ -20°C

4.3.2.2 ปริมาณเบต้าแคโรทีนของใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีน้ำแข็ง

จากตารางที่ 18 ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) โดยใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าใข้ น้ำแห้ง ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tein and others (1998) พบว่า การทำแห้งแครอทด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C มีผลทำให้ปริมาณของเบต้าแคโรทีนลดลงมากที่สุด (ร้อยละ 19.2 ; $p \leq 0.05$) เนื่องจากระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน ออกซิเจนและความร้อนเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบต้าแคโรทีน และสอดคล้องกับ Negi and Roy (2000) ที่รายงานว่า การทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 32°C ทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนของผัก savoy beet, amaranth และ fenugreek ลดลงจาก 84.2, 59.4 และ 36.3 มก./100 ก. เป็น 33.4, 28.8 และ 30.9 มก./100 ก. ตามลำดับ

4.3.2.3 ปริมาณไรโบฟลาวินของใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

จากตารางที่ 18 ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณไรโบฟลาวินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) โดยใข้ น้ำแห้งมีปริมาณไรโบฟลาวินมากกว่าใข้ น้ำแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็ง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไรโบฟลาวินเป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ เมื่อใข้ น้ำแช่เยือกแข็งผ่านการละลายน้ำแข็งซึ่งทำให้ผนังเซลล์มีความเสียหายและถูกทำลายเนื่องจากผลึกน้ำแข็ง (ภาพที่ 38ข) ส่งผลให้ไรโบฟลาวินละลายออกจากเซลล์และสัมผัสกับแสงได้มากขึ้น นอกจากนี้ไรโบฟลาวินทนความร้อนได้ ซึ่งความร้อนที่มีผลต่อการลดลงของไรโบฟลาวิน คือ 90°C (Hashmi 1972) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nisha and others (2005) ที่รายงานว่า ชุปปวยเล้งและสารละลายบริสุทธิ์ของไรโบฟลาวินที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C นาน 60 นาที มีปริมาณไรโบฟลาวินลดลงร้อยละ 22.8 และร้อยละ 27.5 ตามลำดับ

4.3.2.4 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันวิธี ABTS และวิธี DPPH ของใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

จากตารางที่ 18 พบว่า ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) โดยใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าใข้ น้ำแห้ง ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lemoine and others (2009) อธิบายว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงหลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 48°C นาน 3 ชม. เนื่องจากเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ซึ่งมีบทบาทในการสังเคราะห์สารฟีนอลิก ถูกยับยั้งด้วยความร้อน นอกจากนี้ Shih and others (2009) พบว่า การแช่เยือกแข็งระเหิดแห้ง และการทำแห้งด้วยลมร้อน มีผลให้มันเทศสีส้มมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากความร้อนและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเซลล์หลังการทำแห้ง อาจมีผลให้สารฟีนอลิกแพร่ออกมาได้ง่าย และวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อนมีผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลง ซึ่งการทำแห้งด้วยลมร้อนที่ใช้อุณหภูมิมากกว่า 60°C มีผลต่อการลดลงของปริมาณสารฟีนอลิกเนื่องจากเกิดปฏิกิริยา oxidative condensation หรือ การเปลี่ยนแปลงสารฟีนอลิกที่ไม่ทนความร้อน เช่น คาเทชิน และเมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยลมร้อนกับการแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งและการแช่เยือกแข็ง จะเห็นได้ว่าการทำแห้งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดลดลงได้มากกว่าวิธีการแช่เยือกแข็งและการแช่เยือกแข็งระเหิดแห้ง

ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (IC_{50}) วิธี ABTS และวิธี DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) โดยใข้ น้ำแห้งมีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (IC_{50}) วิธี ABTS และวิธี DPPH สูงกว่าใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง ($p \leq 0.05$) ซึ่งสารสกัดใข้ น้ำแห้งและแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (IC_{50}) วิธี ABTS เป็น 6.50 และ 5.82 มก./มล. และวิธี DPPH เป็น 14.70 และ 14.08 มก./มล. ตามลำดับ (ตารางที่ 18) กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (IC_{50}) สูงซึ่งบ่งถึงการมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันต่ำ นั่นหมายความว่า ใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าใข้ น้ำแห้ง และใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งและใข้ น้ำแห้งมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันต่ำกว่าใข้ น้ำสด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park and others (2006) พบว่า กระบวนการทำแห้งลูกพลับ (persimmons) โดยการตากแดด นาน 1 เดือน และการทำแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 12 ชั่วโมง มีปริมาณสารฟีนอลิกและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันน้อยกว่าลูกพลับสด ($p \leq 0.05$)

4.3.2.5 ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ เส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยทั้งหมดของ ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

จากตารางที่ 18 ใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง มีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) โดยใข้ น้ำแห้งมีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำไม่แตกต่างจากใข้ น้ำแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็ง ($p > 0.05$) เนื่องจากการทำแห้งใข้ น้ำที่อุณหภูมิ 50°C ใข้ น้ำสัมผัสกับความร้อนนาน เนื่องจากมีอัตราการ ทำแห้งต่ำกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิที่สูงกว่า มีผลให้สูญเสีย pectic polymers จึงทำให้สารประกอบ เพกตินสลายตัวได้ง่ายด้วยเอนไซม์หรือความร้อน ซึ่งอุณหภูมิมากกว่า 37°C ส่งผลให้กิจกรรมของ cell wall hydrolase ลดลง (Garau and others 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chantaro and others (2008) รายงานว่า เปลือกแครอทที่ผ่านการทำแห้ง ($60, 70$ และ 80°C) มีปริมาณเพกตินลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกแครอทสด ($p \leq 0.05$) โดยระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณ เพกติน ($p > 0.05$) และ Femenia and others (2008) รายงานว่า กิ่วที่ผ่านการทำแห้ง ($30, 40, 50, 60, 70$ และ 80°C) มีปริมาณสารประกอบเพกตินลดลง เช่นเดียวกัน ใข้ น้ำแห้งมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่าใข้ น้ำแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งและใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) และใข้ น้ำแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำไม่แตกต่างจากใข้ น้ำสด ($p > 0.05$) เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งใข้ น้ำ มีผลให้เกิดการจับตัวกันระหว่างเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ กับโปรตีนหรือสารประกอบฟีนอลิกในใข้ น้ำ (Colin-Henrion and others 2009) นอกจากนี้ใข้ น้ำแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดต่ำกว่าใข้ น้ำแห้งและใข้ น้ำสด ($p \leq 0.05$) และใข้ น้ำแห้งมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดไม่แตกต่างจากใข้ น้ำสด ($p > 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chantaro and others (2008) รายงานว่า เปลือกแครอทที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ $60, 70$ และ 80°C มีปริมาณเส้นใยทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และ Shih and others (2009) รายงานว่า มันเทศที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นาน 1 ชั่วโมง มีปริมาณเส้นใยทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามใข้ น้ำสด ใข้ น้ำแห้ง และใข้ น้ำแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่าเส้นใยที่ละลายน้ำ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน ไรโบฟลาวิน สารฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (โดยวิธี ABTS และ DPPH) และเส้นใยที่ละลายน้ำได้ ตลอดจนยังมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับไข่น้ำสด ($p \leq 0.05$) ขณะที่ไข่น้ำแห้งมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้น และไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง มีปริมาณเส้นใยทั้งหมดลดลง ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณไรโบฟลาวิน เส้นใยที่ละลายน้ำไม่ได้ และเส้นใยทั้งหมดในไข่น้ำแห้งสูงกว่าไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณเบต้าแคโรทีน สารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน (วิธี DPPH และ ABTS) ในไข่น้ำแห้งต่ำกว่าไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ไข่น้ำแห้งและไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และเส้นใยที่ละลายน้ำไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน สารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันมากกว่าไข่น้ำแห้ง และให้ลักษณะปรากฏที่คล้ายไข่น้ำสด

4.3.2 ปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำแห้งและไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง

ไข่น้ำแห้งและไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างจากไข่น้ำสด ($p > 0.05$) โดยไข่น้ำแห้งและไข่น้ำแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $5.58 \log \text{ cfu/g}$ และ $5.54 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ และไม่พบโคลิฟอร์ม โดยกระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งนี้อาจเกิดจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งไม่สูงพอในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และการแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการทำให้ไข่น้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง น้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็งเล็กๆ จึงหยุดการหายใจและเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ได้ จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์ 2545)

ไข่น้ำมีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน ไรโบฟลาวิน สารฟีนอลิกทั้งหมด และเส้นใย รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นกรอบ มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารทั้งอาหารคาว และอาหารหวาน หากมีการเพาะเลี้ยงก็สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงสั้น สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย และเพาะเลี้ยงได้ตลอดทั้งปี อาจพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจได้ไม่ยากนัก

