หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ผึ้ง

ผึ้งเป็นแมลงที่จัดอยู่ในอันดับ (Order) Hymenoptera ซึ่งได้แก่แมลงพวกผึ้ง ต่อ แตน และมด

ลักษณะของแมลงพวกผึ้งนี้จะมีปีก 2 คู่ ลักษณะของปีกเป็นแผ่นบาง มีเส้นปีกที่สำคัญเห็นได้ชัดเจน ซึ่งใช้เป็นลักษณะแตกต่างในการวินิจฉัยชนิดต่าง ๆ ของผึ้งได้ ปีกคู่หลังเล็กและมีเส้นปีกน้อยกว่าปีกคู่หน้า

ผึ้งเป็นแมลงสังคม มีการแบ่งระเบียบการทำงานเป็นวรรณะต่าง ๆ ตามหน้าที่การทำงาน ซึ่งในแต่ละรังจะประกอบด้วยผึ้ง 3 วรรณะ คือ

1. ผึ้งนางพญา (queen) เป็นผึ้งเพศเมียทำหน้าที่วางไข่เพียงตัวเดียวในรัง มีขนาดใหญ่ที่สุด ปีกสั้นเมื่อเทียบกับความยาวลำตัว เคลื่อนไหวได้ช้า แต่เมื่อจำเป็นมันจะเคลื่อนไหวค่อนข้างเร็ว ผึ้งนางพญามีความสำคัญต่อสังคมผึ้งโดยเป็นตัวผลิต queen pheromone ซึ่งจะควบคุมกลไกที่สำคัญของผึ้งและสมาชิกทุกตัวภายในรังเพื่อรักษาสมดุลของสังคมไว้ ปกติผึ้งนางพญาจะมีอายุ 2-3 ปี สามารถไข่ได้วันละประมาณ 3,000 ฟอง และจะไข่ไปได้ตลอดชีวิต (9,10)

2. ผึ้งงาน (worker) เป็นผึ้งเพศเมียแต่ถูกควบคุมด้วย queen pheromone ทำให้รังไข่ไม่เจริญเติบโต จึงไม่สามารถผสมพันธุ์กับผึ้งตัวผู้ได้ มีขนาดลำตัวเล็กที่สุดในบรรดาผึ้งทั้ง 3 วรรณะ แต่จะมีจำนวนมากที่สุดในรัง มีหน้าที่สร้างและซ่อมแซมรัง ทำความสะอาดรัง หาอาหารและน้ำตลอดจนป้องกันรัง ผึ้งงานมีอายุเฉลี่ยประมาณ 45-60 วัน (11,12)

3. ผึ้งตัวผู้ (drone) มีหน้าที่ผสมพันธุ์กับผึ้งนางพญาเท่านั้น มีลักษณะต่างจากผึ้งนางพญาและผึ้งงานอย่างเห็นได้ชัด ลำตัวอ้วนมีท้องสีดำไม่มีเหล็กในที่ปลายท้อง มีตารวมที่ใหญ่มาก ทำให้มีความสามารถในการมองเห็นได้ดี และมีหนวดที่พัฒนาเป็นพิเศษสามารถรับกลิ่นได้ดี ซึ่งลักษณะพิเศษทั้งสองประการนี้เป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้การผสมพันธุ์ของผึ้งตัวผู้กับผึ้งนางพญาประสพ

ความสำเร็จได้อย่างรวดเร็ว (13) ผึ้งตัวผู้ไม่มีหน้าที่ทำงานในรังนอกจากบินออกไปหาผึ้งนางพญาและทำการผสมพันธุ์ภายนอกรังสูงจากพื้นดิน 10-15 ฟุตขึ้นไป อายุของผึ้งตัวผู้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาผสมพันธุ์ และความสมบูรณ์ของอาหารภายในรัง ภายใต้การควบคุมของผึ้งงาน เมื่อผึ้งตัวผู้หมดความจำเป็นต่อรังมันก็จะถูกกำจัดไป โดยผึ้งงานหยุดป้อนอาหารและคาบออกมานอกรัง ผึ้งตัวผู้จะอดตายในที่สุด (11,12)

2.2 ลักษณะและการผลิตรอยัลเยลลี

รอยัลเยลลี หรือที่เรียกว่า นมผึ้ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผึ้งในธรรมชาติ และจะเป็นอาหารของผึ้งนางพญาและตัวอ่อนของผึ้งทุกวรรณะ

รอยัลเยลลีถูกผลิตออกมาจากต่อมไฮโปฟาริงจ์ (hypopharyngeal gland) ซึ่งอยู่ในส่วนหัวของผึ้งงานที่มีอายุประมาณ 5-15 วัน โดยจะเรียกผึ้งในระยะนี้ว่าผึ้งพยาบาล (nurse bee) มีหน้าที่เลี้ยงดูตัวอ่อนทั้งหมดในรัง ผึ้งพยาบาลจะคายรอยัลเยลลีที่สร้างจากต่อมนี้ออกมาทางปากและป้อนให้แก่ตัวอ่อนของผึ้งทุกวรรณะและป้อนให้ผึ้งนางพญาในขณะที่รุมล้อมทำความสะอาด ซึ่งต่อมไฮโปฟาริงจ์นี้จะหดไปเมื่อผึ้งงานมีอายุมากกว่า 20 วัน

รอยัลเยลลีมีลักษณะเป็นครีมสีขาวคล้ายนมข้นหวาน มีกลิ่นเปรี้ยว รสค่อนข้างเผ็ดเล็กน้อย

การผลิตรอยัลเยลลีทำได้โดย (14)

1. จัดสภาพภายในหีบเลี้ยงผึ้งให้เหมาะสมที่จะใช้ผลิตโดย

   1.1 ผึ้งนางพญาต้องไข่เป็นปกติ สม่ำเสมอ

   1.2 ผึ้งในรังต้องแข็งแรง และมีผึ้งงานอยู่หนาแน่น

   1.3 แหล่งเกสรอุดมสมบูรณ์รวมถึงน้ำหวานที่จะให้แก่ผึ้งในรัง

2. นำคอนผลิตรอยัลเยลลีที่ติดถ้วยพลาสติกขนาดเล็กเท่าหลอดนางพญา (queen cells) ในธรรมชาติเอาไว้ (นิยมแบ่งเป็น 3 แถว แถวละ 25-30 ถ้วย) ใส่ลงไปในหีบเลี้ยงผึ้ง เพื่อให้ผึ้งงานทำความสะอาดและยอมรับอย่างน้อยครึ่งวันหรือทั้งไว้ 1 คืน

3. นำคอนที่ผลิตรอยัลเยลลีที่ใส่ไว้ออกมาเพื่อทำการย้ายตัวอ่อนลงไปในคอนผลิต โดยการย้ายครั้งแรกควรหยอดรอยัลเยลลีลงที่ก้นถ้วยผลิต 1 หยด ตัวอ่อนที่เหมาะสมในการย้ายลงถ้วยผลิตคือตัวอ่อนที่อายุ 12-18 ชั่วโมง

4. นำคอนที่ย้ายตัวอ่อนลงไปแล้วกลับไปใส่ในหีบเลี้ยงผึ้งตามเดิม

5. หลังจากย้ายตัวอ่อนลงครบ 3 วัน ยกคอนผลิตที่มีรอยัลเยลลีบรรจุอยู่เต็มถ้วยพลาสติกออกจากหีบเลี้ยงผึ้ง ปัดผึ้งที่ติดคอนออกให้หมด ตัดไขผึ้งที่ผึ้งงานสร้างต่อขอบถ้วยผลิตออก คีบตัวอ่อนที่อยู่บนรอยัลเยลลีออก ตักรอยัลเยลลีออกจากถ้วยให้หมดใส่ลงในภาชนะที่เตรียมเอาไว้ใต้ผ้ากรองที่สะอาด รอยัลเยลลีจะผ่านผ้ากรองขนาดเล็กลงภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจใช้ถุงพลาสติก high density polyethylene (HDPE) บรรจุแล้วแช่ไว้ในตู้แช่แข็ง เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสทันที

ในประเทศไทยผึ้งจะผลิตรอยัลเยลลีได้เพียงวันละ 1.5-3.3 กรัมต่อรังเท่านั้น โดยที่ใน 1 รัง จะมีผึ้งงานมากกว่า 60,000 ตัว (6) ผู้เลี้ยงผึ้งจะเก็บรอยัลเยลลีทุก 3 วัน ซึ่งจะเป็นระยะที่สามารถเก็บรอยัลเยลลีได้ปริมาณมากที่สุด ปริมาณของรอยัลเยลลีที่ผลิตได้นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความหนาแน่นของประชากรผึ้งงาน โดยเฉพาะผึ้งงานที่มีอายุ 5-15 วัน จะต้องมีจำนวนมากที่สุดก็จะทำให้มีผึ้งงานที่จะคอยป้อนรอยัลเยลลีให้ตัวอ่อนมากขึ้น นอกจากนี้ยังขึ้นกับอายุของตัวอ่อนด้วย ซึ่งตัวอ่อนที่มีอายุมากกว่า 3 วัน จะกินรอยัลเยลลีมากกว่าตัวอ่อนที่มีอายุน้อยกว่า ทำให้เหลือรอยัลเยลลีที่จะเก็บน้อยลง

2.3 ส่วนประกอบของรอยัลเยลลี

รอยัลเยลลีจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ มีประมาณ 65-70% ส่วนที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่จะเป็นพวกโปรตีน, คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของรอยัลเยลลี (15)

ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนักของรอยัลเยลลีสด
ความชื้น	65-70
โปรตีน	15-20
คาร์โบไฮเดรต	10-15
ไขมัน	1.7- 6
เกสรดอกไม้	เล็กน้อย
เถ้า	0.7-2.0
ฟอสเฟต	ไม่เกิน 0.5
ซัลเฟอร์	ไม่เกิน 0.6
โซเดียม, โปตัสเซียม, เหล็ก, แคลเซียม	เล็กน้อย
แมกนีเซียม, แมงกานีส	เล็กน้อย

2.4 วิตะมินในรอยัลเยลลี

รอยัลเยลลีจะมีวิตะมิน B อยู่มากที่สุด รองลงมาเป็นวิตะมิน C และจะมีปริมาณกรดแพนโธทีนิค (pantothenic acid) สูงมาก เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์จากผึ้งอื่น ๆ เช่น ในเกสรผึ้ง, น้ำผึ้ง นอกจากนั้นยังมีสารประกอบอื่น ๆ เป็นจำนวนน้อย เช่น ฮิสตามีน (histamine), สารที่มีฤทธิ์คล้าย acetylcholine และสารมีฤทธิ์คล้ายอินซูลิน (insulin) ด้วย ส่วนวิตะมิน A มีน้อยมากในรอยัลเยลลี (ตารางที่ 2.2)

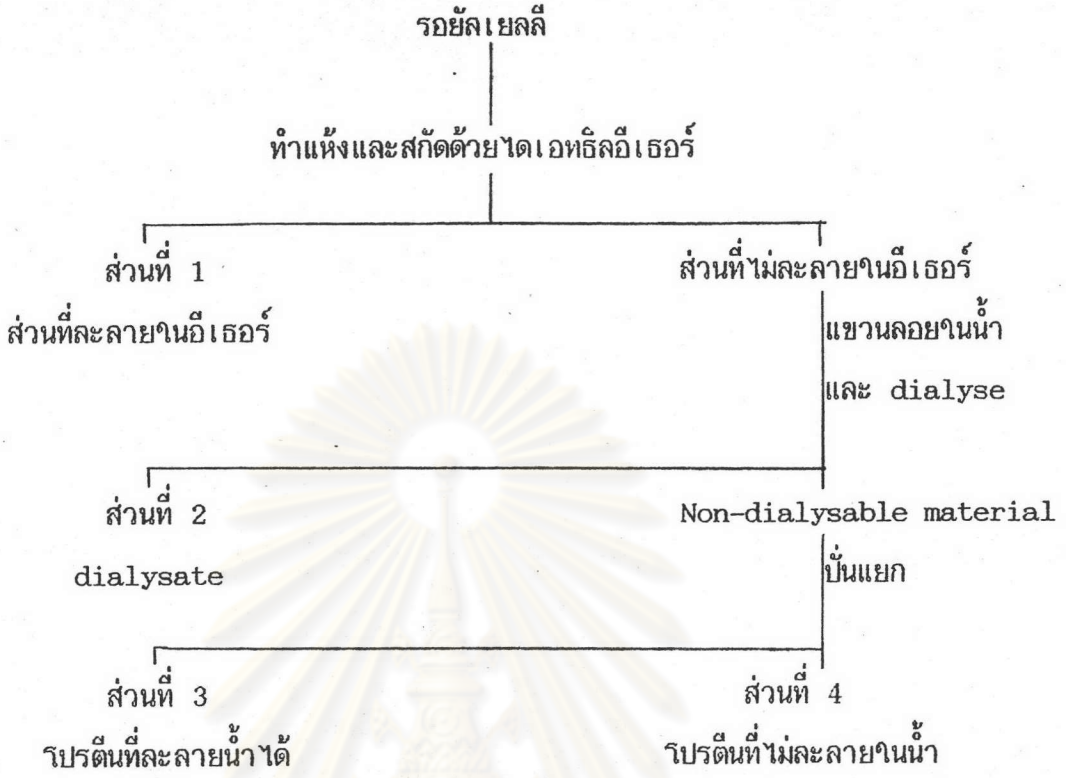
ตารางที่ 2.2 ปริมาณวิตะมินในรอยัลเยลลี (15)

วิตะมิน	ปริมาณ(ไมโครกรัมต่อกรัมของรอยัลเยลลีสด)
วิตะมิน A	น้อยมาก
วิตะมิน B	
ไทอามีน (thiamine)	2
ไรโบเฟลวีน (riboflavin)	10
ไพริดอกซิน (pyridoxin)	2
กรดนิโคทีนิค (nicotinic acids)	75
ไบโอติน (biotin)	2
กรดโฟลิค (folic acids)	0.3
กรดแพนโธทีนิค (panthothenic acids)	100
วิตะมิน C	3-5
วิตะมิน D และ E	เล็กน้อย

2.5 <u>การแยกรอยัลเยลลี</u> (Fractionation of Royal Jelly)

Townsend และ Lucus (16) ได้สกัดแยกรอยัลเยลลีเป็น 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 การแยกรอยัลเยลลี

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่ละลายในอีเธอร์มีอยู่ประมาณ 10-15% ของรอยัลเยลลีแห้งประกอบด้วยฟีนอล, ไข, สเตอรอล, ฟอสโฟไลปิด และกรดไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญ

ส่วนที่ 2 มีทั้งหมดประมาณ 55% โดยจะประกอบด้วยส่วนที่ละลายน้ำได้และพวก dialysate ซึ่งจะประกอบด้วย uronic acid 20% พวกสารประกอบที่มีไนโตรเจนในปริมาณเล็กน้อย และน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugars) อีกประมาณ 50% ซึ่งได้แก่ น้ำตาลกลูโคส, น้ำตาลฟรุคโตส, น้ำตาลไรโบส และแซคคาโรส

ส่วนที่ 3 ประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายน้ำ (water soluble protein) ซึ่งจะมี albumin และ globulin เป็นองค์ประกอบหลัก โดยในส่วนนี้จะมีทั้งหมดประมาณ 15%

ส่วนที่ 4 ประกอบด้วยโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble protein) มีประมาณ 10-15%

สำหรับในส่วนที่ 1 ซึ่งละลายในอีเธอร์นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3

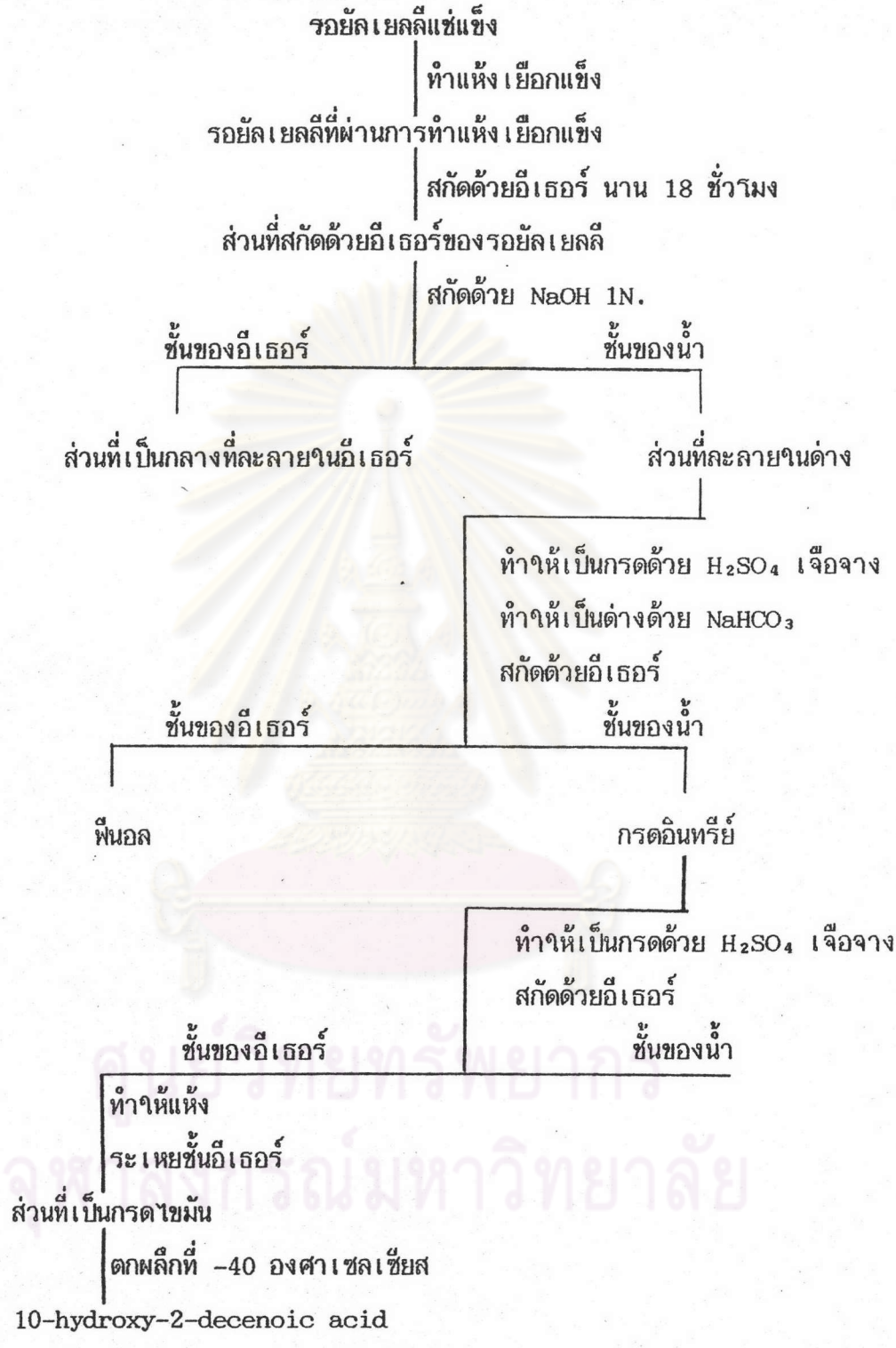
ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของส่วนที่ละลายในอีเธอร์ของรอยัลเยลลี (15)

ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนที่ละลายในอีเธอร์
กรด	80
ฟีนอล	4-10
ไข	5-6
สเตอรอล	3-4
ฟอสโฟไลปิด	0.4-0.8

Barker และคณะ (17) รายงานว่ากรดไขมันที่สำคัญและมีอยู่ในปริมาณมากที่สุดคือ 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้คือ $HO-CH_2-(CH_2)_6-CH = CH-COOH$ กรดตัวนี้จะพบเฉพาะในรอยัลเยลลีเท่านั้นจึงสามารถกำหนดเป็นเอกลักษณ์ของรอยัลเยลลีได้ นอกจากนี้ยังพบกรดอื่น ๆ ในปริมาณเล็กน้อยได้แก่ 7-hydroxyheptanoic acid, 8-hydroxyoctanoic acid, octanedioic acid, 9-hydroxynonanoic acid, methyloctanedioic acid, 9-hydroxydecanoic acid, methyloctenedioic acid, 9-hydroxydecenoic acid, 10-hydroxydecanoic acid, decanedioic acid และ decenedioic acid เป็นต้น

การสกัด 10-hydroxy-2-decenoic acid จากรอยัลเยลลีอาจทำได้โดยวิธีการดังแสดงในรูปที่ 2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 การสกัด 10-hydroxy-2-decenoic acid จากรอยัลเยลลี (18,19)

2.6 ประโยชน์ของรอยัลเยลลี

เนื่องจากรอยัลเยลลีประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน และวิตะมิน จึงมีการนำเอารอยัลเยลลีมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทางอาหารและรับประทานเป็นอาหารเสริมเป็นการเพิ่มสารอาหาร วิตะมิน ให้กับร่างกายทำให้สุขภาพแข็งแรง ดังนั้นจึงนิยมใช้ในผู้สูงอายุที่ประสาทอ่อนเพลีย สุขภาพทรุดโทรม เบื่ออาหาร หรือเด็กที่อยู่ในภาวะขาดอาหาร (malnutrition) ซึ่งนอกจากจะใช้กับผู้สูงอายุและเด็กขาดอาหารแล้วยังใช้ได้กับคนทุกวัยได้ด้วย (20)

Townsend และคณะ (3) ได้รายงานว่า 10-hydroxy-2-decenoic acid สามารถต่อต้านการขยายตัวของเซลมะเร็งได้ โดยทดลองกับเซลมะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งในต่อมน้ำเหลือง และมะเร็งเต้านม พบว่าหนูที่เป็นมะเร็งแล้วได้รับรอยัลเยลลีสามารถยืดอายุได้ 1 ปี ในขณะที่หนูไม่ได้รับรอยัลเยลลีจะมีชีวิตอยู่เพียง 21 วันเท่านั้น นอกจากนี้ในรอยัลเยลลียังมีสารที่มีฤทธิ์คล้าย acetylcholine ซึ่งจะมีผลต่อการขยายหลอดเลือดชั่วคราว ทำให้ความดันโลหิตลดลงได้ชั่วคราวในเวลาสั้น (21)

สมบัติที่สำคัญอีกประการของรอยัลเยลลีคือ รอยัลเยลลีสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิด ซึ่งจะสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบได้ (1,2) เช่น Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Escherichia coli., Micrococcus pyogenes, Neurospora sitophila, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhi, Shigella flexneri, Staphylococcus aureus, Trichophyton rubrum

Yatsunami และ Echigo (1) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดกับส่วนต่าง ๆ ที่สกัดจากรอยัลเยลลี โดยใช้แบคทีเรีย 3 ชนิด คือ B. subtilis Marburg 168, S. aureus FDA 209 P, E. coli W 3110 และได้รายงานว่าส่วนที่ละลายได้ใน อีเธอร์ ของรอยัลเยลลีจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดีกว่าส่วนที่ไม่ละลายในอีเธอร์ สำหรับส่วนที่เป็นโปรตีนและ non-dialysable fraction ของรอยัลเยลลีจะมีประสิทธิภาพต่ำในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

ส่วนที่ละลายในอีเธอร์ได้ของรอยัลเยลลีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าส่วนอื่น ๆ นั้นจะมี 10-hydroxy-2-decenoic acid เป็นองค์ประกอบสำคัญ แต่ถ้าทำให้ 10-hydroxy-2-decenoic acid นี้ อยู่ในสภาพที่เป็นกลาง เป็นด่าง หรืออยู่ใน

รูปเกลือ จะสูญเสียประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียไป (2)

อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรอยัลเยลลีจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียจะสูงสุดเมื่อเก็บรอยัลเยลลีที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นประสิทธิภาพในการเจริญของแบคทีเรียจะค่อย ๆ ลดลงแล้วคงที่ในที่สุด (22) สำหรับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรอยัลเยลลีนั้นจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยรอยัลเยลลีที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (0-2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-18 องศาเซลเซียส) จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดีกว่ารอยัลเยลลีที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (22)

เนื่องจาก 10-hydroxy-2-decenoic acid ใช้เป็นตัวกำหนดคุณภาพของรอยัลเยลลี และการที่ 10-hydroxy-2-decenoic acid มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดี ดังนั้นประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนี้จะเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของรอยัลเยลลีในทางอ้อมได้

การวิเคราะห์ค่า MIC (Minimum Inhibition Concentration) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของรอยัลเยลลีที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนี้จะสามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ (23) ดังนั้นการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า MIC ของรอยัลเยลลีจะสามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของรอยัลเยลลีได้

2.7 มาตรฐานของรอยัลเยลลี

กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศกำหนดมาตรฐานของรอยัลเยลลี (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก.) โดยความร่วมมือระหว่างเกษตรกรผู้ผลิตรอยัลเยลลี, ภาคเอกชนผู้ลงทุนรวบรวมรอยัลเยลลีส่งตลาดทั้งและต่างประเทศและส่วนราชการที่เกี่ยวข้องในการกำหนดมาตรฐานรอยัลเยลลีซึ่งมาตรฐานของรอยัลเยลลีนี้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานของรอยัลเยลลีที่ใช้เป็นอาหารของประเทศญี่ปุ่น (ตารางที่ 2.4) ซึ่งใช้อ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานของรอยัลเยลลี่ที่ใช้เป็นอาหารของประเทศญี่ปุ่น

	รอยัลเยลลี		
	สด	แห้ง	ผลิตภัณฑ์
ความชื้น	62.50-68.50%	ไม่เกิน 5.00%	
		(ไม่เกิน 5.00%)	
โปรตีน	11.00-14.50%	30.00-41.00%	
	(ไม่น้อยกว่า 11.00%)	(ไม่น้อยกว่า 30.00%)	
ความเป็นกรด	32.00-53.00มิลลิลิตร		
	ของ 1 N.NaOH ต่อ		
	รอยัลเยลลี 100 กรัม		
10-hydroxy-2-	ไม่น้อยกว่า 1.40%	ไม่น้อยกว่า 3.50%	ไม่น้อยกว่า 0.16%
decenoic acid	(ไม่น้อยกว่า 1.50%)	(ไม่น้อยกว่า 3.50%)	(ไม่น้อยกว่า 0.16%)

ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง มาตรฐานรอยัลเยลลีไทยของกระทรวงสาธารณสุข

นอกจากนี้กระทรวงสาธารณสุขของญี่ปุ่นได้ควบคุมคุณภาพของรอยัลเยลลี่ที่จะใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์ โดยวางมาตรฐานของรอยัลเยลลีดังนี้ (25)

1. pH อยู่ระหว่าง 3.5-4.5
2. ส่วนประกอบของไนโตรเจน 1.9-2.5%
3. ส่วนประกอบของน้ำตาล 9-13%
4. เถ้า น้อยกว่า 1.5%
5. ส่วนที่สกัดโดยใช้น้ำ 22-31%
6. ส่วนที่สกัดโดยใช้แอลกอฮอล์ 14-22%
7. สิ่งแปลกปลอม
   7.1 ไม่มีตัวอ่อนผึ้งหรือไขผึ้งปนอยู่

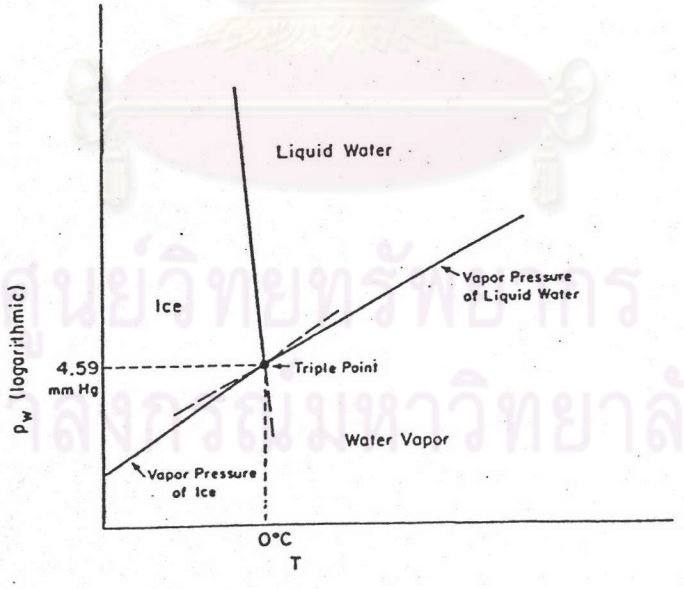
7.2 โลหะหนัก ต้องน้อยกว่า 5 ส่วนใน 1 ล้านส่วน

7.3 สารหนูต้องน้อยกว่า 1 ส่วนใน 1 ล้านส่วน

7.4 ไม่มีพวกสารปฏิชีวนะ เช่น tetracycline

2.8 <u>การทำแห้งเยือกแข็ง</u> (Freeze Drying)

การทำแห้งเยือกแข็งเป็นกระบวนการที่เอาน้ำออกจากอาหารโดยอาศัยหลักการระเหิด (sublimation) ของน้ำจากสภาพน้ำแข็งกลายสภาพเป็นไอน้ำ โดยอาหารที่ต้องการทำแห้งโดยวิธีนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็ง และไอน้ำจะถูกแยกออกมาโดยไม่ผ่านการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันไอ (vapour pressure) และอุณหภูมิของผิวหน้าน้ำแข็งมีค่าต่ำกว่าจุดซึ่งวัฏภาคของก๊าซ ของเหลว และของแข็งอยู่ในภาวะสมดุลหรือ Triple point ที่ 4.59 มิลลิเมตรปรอท และอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (26)



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงอุณหภูมิและความดันในการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ

การทำแห้งเยือกแข็ง มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. การทำอาหารให้อยู่ในภาวะเยือกแข็ง

2. การให้ความร้อนแก่อาหารที่อยู่ในสภาวะเยือกแข็ง ความร้อนส่วนนี้คือความร้อนที่ใช้ในการระเหิดไอน้ำจากอาหารในภาวะเยือกแข็งมีค่าเท่ากับความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (latent heat of fusion) รวมกับค่าความร้อนของของเหลว (sensible heat of liquid) และค่าความร้อนแฝงของการระเหย

การให้ความร้อนแก่อาหารในภาวะเยือกแข็งเป็นกระบวนการที่สำคัญเนื่องจากต้องระมัดระวังไม่ให้ความร้อนสูงเกินไปจนทำให้น้ำแข็งละลาย และไม่ต่ำเกินไปจนอัตราการระเกิดเกิดได้ช้า ความร้อนที่ได้นั้นสามารถได้มาจากการนำความร้อนโดยการสัมผัสกับผิวความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน การใช้ไมโครเวฟ หรือโดยการใช้ก๊าซที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี เช่น ก๊าซฮีเลียม หรือก๊าซเบาอื่น ๆ

3. การรักษาภาวะให้คงที่ โดยต้องรักษาให้ค่าความดันไอของอาหารในภาวะเยือกแข็งให้มีค่าต่ำอยู่เสมอเพื่อให้เกิดการระเหิดดังกล่าว การทำแห้งในสภาพสุญญากาศนั้นต้องรักษาสภาพสุญญากาศให้คงที่ ประมาณ 0.3-0.5 มิลลิเมตรปรอท หรือต่ำกว่านี้

การทำแห้งเยือกแข็งนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่สามารถทำงานที่อัตราการอบแห้งสูงได้เนื่องจากค่าความดันไอที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ดังนั้นการทำแห้งแบบเยือกแข็งนี้จึงเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์มีคุณค่าสูง และต้องการลดการสูญเสียของสารที่ระเหยได้ (volatile substances) และสารที่ทนต่อความร้อนสูง ๆ ไม่ได้ ซึ่งเมื่อใช้วิธีอื่น ๆ แล้วจะทำให้คุณภาพด้อยลงไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย