

## บทที่ 2

### เอกสารที่เกี่ยวข้อง

น้ำผึ้ง คือน้ำหวานที่ผึ้งเก็บมาจากต่อมน้ำหวานของดอกไม้ (nectar) โดยผึ้งจะกลืนน้ำหวานลงสู่กระเพาะน้ำหวาน ซึ่งจะมีเอนไซม์ช่วยย่อยน้ำหวานแล้วนำมาเก็บไว้ในหลอดรวงผึ้ง จากนั้นน้ำผึ้งจะค่อยๆ บ่มตัวเองโดยการระเหยน้ำออกไปจนน้ำผึ้งมีปริมาณน้ำที่เข้มข้นขึ้นจนได้ระดับที่เหมาะสมกับการเก็บรักษา ผึ้งงานก็จะปิดฝาหลอดรวง เรียกน้ำผึ้งนี้ว่า “น้ำผึ้งสุก” เป็นน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐาน คือมีน้ำอยู่ไม่เกินร้อยละ 20-21 (วิกิพีเดีย, 2550) ลักษณะเป็นของเหลวค่อนข้างข้น มีสีเหลืองจนถึงน้ำตาลเข้ม น้ำผึ้งประกอบด้วยน้ำตาลเชิงเดี่ยว 2 ชนิด คือ กลูโคส และฟรุกโตส (สุกัลยา, 2550)

น้ำผึ้งป่ามีความแตกต่างจากน้ำผึ้งที่ได้จากผึ้งเลี้ยง ตรงที่น้ำผึ้งป่าไม่สามารถจำแนกสัดส่วนของน้ำหวานจากดอกไม้หลาย ๆ ชนิดได้ ในขณะที่ผึ้งเลี้ยงสามารถบอกได้ทันทีว่าเป็นน้ำผึ้งจากดอกของพืชชนิดใด เช่น ทานตะวัน ลิ้นจี่ ลำไย นุ่น หรือยางพารา เนื่องจากได้เคลื่อนย้ายรังผึ้งเข้าไปตามระยะเวลาการบานของดอกพืชอย่างเฉพาะเจาะจง ภาษาผึ้งเรียกว่า ฤดูน้ำหวานไหลนอง หรือ Honey Flour ดังนั้น น้ำผึ้งจึงมีลักษณะ กลิ่น สี รส ต่างกันไปตามลักษณะของดอกไม้ ที่ผึ้งงานไปเก็บเอามาแล้วนำมาผ่านขบวนการภายในรังผึ้ง จนมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 17-20 น้ำผึ้งเป็นของเหลวที่สารแขวนลอย อยู่ในขวดที่มีลักษณะโปร่งแสง ในบางครั้งน้ำผึ้งที่จากน้ำหวานและเกสรดอกไม้บางชนิด เช่น ทานตะวัน ยางพารา ซึ่งเป็นน้ำผึ้งที่ดี เมื่อเก็บทิ้งไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง หรือ ถูกเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำนาน ๆ อาจมีการตกผลึกเป็นตะกอนได้ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคเข้าใจว่าเป็นน้ำผึ้งปลอม ถ้าสังเกตให้ดีและเปรียบเทียบการตกผลึกอย่างละเอียดระหว่างเกล็ดน้ำตาลกับน้ำผึ้งจะพบว่าไม่เหมือนกัน ซึ่งผู้บริโภคที่เป็นนักบริโภคน้ำผึ้งบางรายนิยมรับประทานน้ำผึ้งตกผลึก เพราะมีรสชาติอีกแบบหนึ่ง ง่ายต่อการดกน้ำผึ้งรับประทาน ด้านการตลาดบางบริษัทผลิตน้ำผึ้งในรูปแบบผึ้งครีมหรือน้ำผึ้งตกผลึกจำหน่ายเหมือนกัน แต่ถ้าผู้บริโภคไม่ชอบก็สามารถแก้ไขให้กลับคืนสภาพเดิมได้ โดยการนำภาชนะที่บรรจุน้ำผึ้งตกผลึกไปแช่ในน้ำอุ่นไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ถ้าเกินกว่านี้จะทำให้สารอินฮิบิน (inhibine) และอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำผึ้งสูญเสียไป น้ำผึ้งจากดอกไม้บางชนิดสามารถตกผลึกได้น้ำตาลที่ตกผลึกนี้คือกลูโคสที่มีประโยชน์เพราะเป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550)

## 2.1 องค์ประกอบและปริมาณสารอาหารในน้ำผึ้ง

องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้ง คือ ฟรุกโตสและกลูโคส รองลงมาคือน้ำ และสารอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ส่วนปริมาณสารอาหารในน้ำผึ้งแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบโดยประมาณของน้ำผึ้ง

องค์ประกอบ	ปริมาณโดยเฉลี่ย (ร้อยละ)
ฟรุกโตส	38.5
กลูโคส	31.0
น้ำ	17.1
มอลโตส	7.2
น้ำตาลโมเลกุลและคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ	4.2
ซูโครส	1.5
แร่ธาตุ วิตามิน และเอนไซม์	0.5

ที่มา : The Nation Honey Board (2007)

### 2.1.1 เอนไซม์ในน้ำผึ้ง

น้ำผึ้งมีเอนไซม์ประกอบอยู่หลายชนิด เอนไซม์สำคัญที่สุดที่พบในน้ำผึ้ง คือ อินเวอร์เทส (invertase) มีหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสในน้ำหวานเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต ได้แก่ กลูโคส และฟรุกโตส ส่วนไดแอสเทส (diastase) หรือ อะไมเลส (amylase) จะทำหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล และเอนไซม์คะตะเลส (catalase) ซึ่งเปลี่ยนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำและออกซิเจน นอกจากนี้ กลูโคสออกซิเดส (glucose oxidase) ยังทำหน้าที่เปลี่ยนกลูโคสเป็นกลูโคโนแลคโตน กรดกลูโคนิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเชื่อว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญและทำลายเชื้อโรคได้ (The Nation Honey Board , 2007)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารอาหารในน้ำผึ้ง 1 ช้อนโต๊ะ (15 มิลลิลิตร หรือ 21 กรัม)

องค์ประกอบ	ปริมาณ โดยเฉลี่ย (ร้อยละ)
น้ำ	3.62 กรัม
พลังงาน	64 แคลอรี
คาร์โบไฮเดรต (โดยรวม)	17.64 กรัม
- ฟรุกโตส	8.16 กรัม
- กลูโคส	6.57 กรัม
- มอลโตส	1.53 กรัม
- ซูโครส	0.32 กรัม
- อื่นๆ	0.88 กรัม
ใยอาหาร	0.04 กรัม
ไขมัน	0.00 กรัม
โปรตีน	0.06 กรัม
วิตามิน	
- ไรโบฟลาวิน	0.01 มิลลิกรัม
- ไนอาซิน	0.03 มิลลิกรัม
- กรดเพนทาโทเทนิค	0.01 มิลลิกรัม
- บี 6	0.01 มิลลิกรัม
- โฟเลต	0.42 ไมโครกรัม
- ซี	0.11 มิลลิกรัม
เกลือแร่	
- แคลเซียม	1.27 มิลลิกรัม
- ฟอสฟอรัส	0.85 มิลลิกรัม
- โซเดียม	0.85 มิลลิกรัม
- โพแทสเซียม	1.02 มิลลิกรัม
- เหล็ก	0.09 มิลลิกรัม
- สังกะสี	0.05 มิลลิกรัม
- แมกนีเซียม	0.42 มิลลิกรัม
- ซีลีเนียม	0.17 มิลลิกรัม
- ทองแดง	0.01 มิลลิกรัม
- แมงกานีส	0.02 มิลลิกรัม

ที่มา : The Nation Honey Board (2007)

## 2.2 สมบัติของน้ำผึ้ง

### 2.2.1 สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้ง

น้ำผึ้งแต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมีแตกต่างกันตามชนิดของดอกไม้ที่ให้น้ำหวาน ฤดูกาลที่ทำการเก็บน้ำผึ้ง และสภาพแวดล้อมของบริเวณที่เลี้ยง (Mizrahi, 1997) สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งแสดงดังตารางที่ 2.3 น้ำผึ้งได้ถูกแบ่งเป็นเกรดที่แตกต่างกันโดยใช้ปริมาณความชื้นเป็นเกณฑ์ โดยที่น้ำผึ้งที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 21 แสดงว่าเป็นน้ำผึ้งเกรดเอ แต่ถ้าปริมาณความชื้นของน้ำผึ้งยิ่งมากคุณภาพของน้ำผึ้งยิ่งลดลง ดังนั้นความเชื่อที่ว่าน้ำผึ้งที่ดีที่สุดคือน้ำผึ้งเดือน 5 อาจเนื่องมาจากในเดือน 5 นั้นเป็นหน้าแล้งซึ่งฝนยังไม่ตก และเป็นช่วงที่ดอกไม้หลายชนิดกำลังบาน น้ำผึ้งที่ได้จึงเป็นน้ำผึ้งเกรดดีเนื่องจากมีความชื้นน้อย (หลวงบุรเศรษฐ, 2528) การจัดเกรดของน้ำผึ้งตามปริมาณของแข็งและความชื้นแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้ง

สมบัติทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	15.7 – 26.7
เถ้า	0.04 – 0.93
ไนโตรเจน	0.05 – 0.38
น้ำตาลรีดิวิซ์	85.0 – 94.9
กรดอิสระ	12.9 – 58.0
ความเป็นกรดค่า (pH)	3.6 – 5.6

ที่มา : ลักษณะและนิธิยา (2544)

ตารางที่ 2.4 การจัดเกรดของน้ำผึ้งตามปริมาณของแข็งและความชื้น

เกรดของน้ำผึ้งสูงสุด	ปริมาณของแข็งต่ำสุด (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
เกรด A	81.4	18.6
เกรด B	81.4	18.6
เกรด C	80.0	20.0

ที่มา : The Nation Honey Board (2007)

## 2.2.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้ง

### สมบัติด้านการไหล

น้ำผึ้งส่วนใหญ่จะมีการไหลแบบ Newtonian แต่ก็ยังมีบางชนิดที่มีสมบัติการไหลแบบ thixotropic เช่น น้ำผึ้ง manuka จากประเทศนิวซีแลนด์ โดยปริมาณโปรตีน และน้ำหนักโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรต จะมีผลต่อสมบัติการไหล (The National Honey Board, 2007)

### ความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำผึ้งขึ้นกับแหล่งที่มาของน้ำหวานที่ผึ้งมาผลิตเป็นน้ำผึ้ง ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำผึ้ง เช่น น้ำผึ้งที่มีความชื้นร้อยละ 15 และ 18 จะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสที่ 1.435 และ 1.417 ตามลำดับ (The National Honey Board, 2007)

### ค่าความหนืด

ความหนืดเป็นลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่สามารถแสดงถึงคุณลักษณะของน้ำผึ้ง น้ำผึ้งเป็นของเหลวที่มีการไหลเป็นไปตามกฎของนิวตัน (Newtonian fluid) Yanniotis, Skaltisi and Karaburnioti (2006) และ Sopade *et al.* (2002) ได้ศึกษาผลของความชื้นที่มีผลต่อความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าความหนืดมีผลมาจากอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น ผลึก สารแขวนลอยในน้ำผึ้ง และชนิดของน้ำผึ้งด้วย ดังนั้นถ้าเป็นน้ำผึ้งชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกัน ความหนืดจะสัมพันธ์กับความชื้น ในทางกลับกันน้ำผึ้งชนิดเดียวกันและความชื้นมีค่าเท่ากัน อุณหภูมิจะมีผลต่อความหนืด ความหนืดจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อมีความชื้นสูงความหนืดจะมีค่าต่ำลง ดังนั้นค่าความหนืดจะไม่ขึ้นกับอัตราเงื่อนไข (ความเร็วที่ใช้วัด) โดยทั่วไปค่าความหนืดจะอยู่ในเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความหนืดของน้ำผึ้งที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ความหนืด (cP)
15.5	13800
17.1	6900
18.2	4810
19.1	3490
20.2	2040

ที่มา : The National Honey Board (2007)

ตารางที่ 2.6 ความหนืดของน้ำผึ้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 16.1

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความหนืด (cP)
13.7	6000
29.0	6840
39.4	2140
48.1	1070
71.1	260

ที่มา : The Nation Honey Board (2007)

ตารางที่ 2.7 ความหนืดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ต่างชนิดกัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นร้อยละ 16.1

ชนิดดอกไม้	ความหนืด (cP)
เสจ (sage)	11500
สวีท โคลเวอร์ (sweet clover)	8750
ไวท์ โคลเวอร์ (white clover)	9400

ที่มา : The Nation Honey Board (2007)

### 2.2.3 สมบัติการต้านจุลินทรีย์ของน้ำผึ้ง

งานวิจัยในหลายประเทศยืนยันว่าน้ำผึ้งมีสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ น้ำผึ้งที่มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีนั้นมักเป็นน้ำผึ้งจากแหล่งที่มีภูมิประเทศใกล้เคียงกัน และยังพบว่าน้ำผึ้งที่ได้จากน้ำหวานของดอกไม้บางชนิดเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้สูง (Bogdanov, 1997) น้ำผึ้งที่ได้จากแหล่งที่มาแตกต่างกันมีผลต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้แตกต่างกัน และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยน้ำผึ้งขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ด้วยเช่นกัน (ชลดา, 2547)

#### ปัจจัยที่มีผลต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำผึ้ง

น้ำผึ้งมีสมบัติ 4 ประการในการเป็นสารต่อต้านแบคทีเรีย

1. ความเป็นกรดต่ำ เนื่องจากน้ำผึ้งมีความเป็นกรดต่ำที่ค่า คือ เท่ากับ 3.2 – 4.5 ซึ่งส่งผลให้สามารถต้านจุลินทรีย์ได้หลายชนิด จุลินทรีย์ที่พบในบาดแผลส่วนใหญ่ที่ค่าความเป็นกรดต่ำ 7.2 – 7.4 ดังนั้นน้ำผึ้งที่ไม่ได้เจือจางจึงสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ (Russell et al., 1988)

2. ความสามารถดูดซับน้ำได้สูงมาก (Hyperosmosis) ดึงดูดน้ำออกจากเซลล์แบคทีเรีย น้ำผึ้งเป็นของเหลวที่อิ่มตัวด้วยน้ำตาล โดยมีองค์ประกอบของน้ำตาลสูงถึงร้อยละ 84 ซึ่งมีกลูโคส และฟรุกโตสเป็นองค์ประกอบหลัก และมีน้ำเพียงร้อยละ 15-21 โดยน้ำหนัก เป็นผลทำให้ปริมาณ น้ำอิสระต่ำ โดยเฉลี่ยมีปริมาณน้ำอิสระประมาณ 0.56 – 0.62 ทำให้จุลินทรีย์โดยทั่วไปไม่สามารถ เจริญในน้ำผึ้งที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 17.1 ได้ มีเพียงออสโมฟิลิกยีสต์เท่านั้น ที่สามารถเจริญได้ ในน้ำผึ้งที่มีความชื้นค่อนข้างสูง (Molan, 1992)

3. ความสามารถในการเกิดสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ซึ่งมีฤทธิ์ใน การฆ่าเชื้อแบคทีเรียสารนี้เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารที่ ผลิตโดยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสในน้ำผึ้ง โดยเอนไซม์ชนิดนี้หลั่งออกมาจากต่อม hypopharyngeal ของผึ้ง ทำหน้าที่เปลี่ยนกลูโคสเป็นกลูโคโนแลคโตน และกรดกลูโคนิก ซึ่งถูก สร้างขึ้นเพื่อป้องกันการเสียของน้ำผึ้งในช่วงการสะสมน้ำผึ้ง น้ำผึ้งที่มีความเข้มข้นมากจะพบว่ามี ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อย เนื่องจากสารดังกล่าวสลายตัวได้ง่าย และไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์มีสมบัติสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Molan, 1992)

4. ไฟโตเคมีคัล เป็นสารที่มีสมบัติต้านจุลินทรีย์ที่พบอยู่ในน้ำผึ้ง สารฟีนอลิกที่พบใน น้ำผึ้งได้แก่ pinocembrin , chrysin , pinobanksin , acacetin , quercetin และ kaemferol เป็นต้น โดย พบว่า pinocembrin สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด (Bogdanov, 1997)

### 2.3 ประโยชน์ของน้ำผึ้งในด้านต่างๆ

น้ำผึ้งได้ถูกนำไปใช้ในอาหารมากมายหลายชนิดซึ่งนอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการ แล้วยังมีสมบัติทางยาให้กับผู้บริโภคได้ด้วย ในระดับครัวเรือน ใช้เป็นส่วนประกอบทำอาหารอย่าง แพร่หลาย ส่วนในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำผึ้งได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตขนมอบต่างๆ ผลิตภัณฑ์อาหารเข้า ลูกกวาด มามาลัด แยม ขนมนึ่ง เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีม ดังแสดง ในตารางที่ 2.8 และรวมถึงการนำไปใช้ในด้านกรณอมอาหาร

ตารางที่ 2.8 การใช้น้ำผึ้งในผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	การประยุกต์ใช้
1. อาหาร	ใช้เป็นอาหาร โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูป
2. ส่วนผสมของอาหาร	เป็นสารเพิ่มความหวาน
- ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ	เนื่องจากเป็นสารให้ความหวานที่ได้จากธรรมชาติ
- ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	ใช้น้ำผึ้งเป็นส่วนประกอบจะให้ลักษณะของเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรสที่ดี และช่วยรักษาความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้แห้งช้า
- ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดขนมหวาน	ใช้ในขบวนการผลิตคาราเมลที่มีลักษณะนุ่มที่ผิวนอก และทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน
- ผลิตภัณฑ์รัฐพีช	ช่วยเพิ่มกลิ่นรสและลักษณะที่ดี
3. เครื่องสำอางและยา	เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางและส่วนประกอบของยา
4. ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยาสูบ	รักษาความชื้นและกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์

ที่มา : Food and Rural Revitalization (2004)

น้ำผึ้งยังมีสรรพคุณในทางยาหลายประการ (ฝ่ายวิชาการ, 2546) เช่น แก้ท้องเดิน แก้ท้องเดิน ช่วยเร่งให้ลำไส้ที่อักเสบให้มีการฟื้นตัวเร็วขึ้น แก้ช่องคลอดอักเสบจากเชื้อรา (เชื้อแคนดิดา) บำรุงร่างกาย บรรเทาอาการไอ หลอดลมอักเสบ มีเสมหะ ท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องผูก ท้องเสียรุนแรง กล้ามเนื้อเป็นตะคริว ใช้น้ำผึ้งปิดบริเวณแผล จะช่วยให้มีเนื้อใหม่ขึ้นมาเร็วขึ้น โรคกระเพาะ ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของน้ำผึ้งในด้านอื่นๆ อีกมากมาย

Hermosin *et al.* (2003) ได้ศึกษาชนิดของกรดอะมิโนอิสระในน้ำผึ้งที่มีอยู่ในท้องถิ่นของประเทศสเปน เพื่อใช้ชนิดของกรดอะมิโนเป็นตัวแบ่งแยกแหล่งที่มาของน้ำผึ้งในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งพบว่าในเกสรผึ้งเป็นแหล่งที่มีกรดอะมิโนอยู่หลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย

Johnston *et al.* (2005) ใช้น้ำผึ้งในการยับยั้ง lipid oxidation ในขนมปังไส้เนื้อวัวบด (ground beef patties) โดยเติม capabilities of clover และน้ำผึ้งดอกไม้ป่า เพื่อชะลอการเกิด lipid oxidation ในขนมปังไส้เนื้อวัวบด ทำการเปรียบเทียบกันโดยเติมที่ร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่าการเติมน้ำผึ้งลงในส่วนผสมสามารถชะลอการเกิด lipid oxidation ได้ โดยการเติมที่ร้อยละ 15 ให้ผลการยับยั้งดีที่สุด ดังนั้นน้ำผึ้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมายับยั้งการเกิด lipid oxidation แทนการใช้สารประเภทฟอสเฟต

Turkmen *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสีในน้ำผึ้ง ทำการทดลองที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ ที่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสีมากที่สุด โดยการใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีผลให้สารต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพมนุษย์ แต่สีของน้ำผึ้งจะเข้มขึ้นจึงไม่เป็นที่น่าพอใจสำหรับผู้บริโภค

Buratti *et al.* (2007) ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำผึ้ง โพรโพลิส และรอยัล เจลลี่ จากตัวอย่างน้ำผึ้ง 12 ตัวอย่าง รอยัล เจลลี่ 4 ตัวอย่าง และโพรโพลิสอีก 6 ตัวอย่าง ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากผึ้งในท้องถิ่นประเทศอิตาลี พบว่าโพรโพลิสมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอยู่มากที่สุด รองลงมาคือรอยัล เจลลี่และน้ำผึ้ง ตามลำดับ

Abarca *et al.* (2007) ได้ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จากเกสรผึ้งด้วย ethanolic แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดดังกล่าวสามารถยับยั้ง lipid peroxidation ที่พบได้ในร่างกาย ดังนั้นเกสรผึ้งจึงเป็นแหล่งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอีกแห่งหนึ่งที่มีในธรรมชาติ

Popek (2002) ได้ศึกษาถึงวิธีการจำแนกน้ำผึ้งแต่ละชนิดโดยใช้สมบัติทางด้านกายภาพ เคมี มาเป็นตัวกำหนดและแยกน้ำผึ้งออกเป็นกลุ่มๆ ตามสมบัติทางด้านความหนืด ปริมาณเถ้า และปริมาณกรดทั้งหมด ซึ่งก็สามารถแยกน้ำผึ้งทั้ง 73 ตัวอย่าง และได้ผลถึงร้อยละ 98.67

Ahmed (2007) ได้ศึกษาถึงสมบัติทางเคมีกายภาพ การไหลของน้ำผึ้ง สี และความเป็นฉนวนของน้ำผึ้งในประเทศอินเดียทั้งหมด 7 ชนิด พบว่าน้ำผึ้งบางชนิดมีการไหลแบบ non-Newtonian และอุณหภูมิในการละลายของน้ำผึ้งทั้ง 7 ชนิดอยู่ระหว่าง 203-221 องศาเซลเซียส และความเป็นฉนวนของน้ำผึ้งมีผลมาจากความชื้นและเถ้าที่มีอยู่ในตัวอย่าง ถ้ามีปริมาณความชื้นและเถ้ามากจะส่งผลให้มีความเป็นฉนวนมากขึ้นด้วย

## 2.4 การตกผลึกของน้ำผึ้งในระหว่างการเก็บรักษา

น้ำผึ้งตกผลึก (crystallized honey) คือ น้ำผึ้งที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวมาเป็นของแข็ง หรือเป็นผลึก สาเหตุมาจากน้ำผึ้งชนิดนั้นมีความหวานมาก หรือกลูโคส มากชัคนำมาก่อผลึก หมายความว่าปริมาณกลูโคสมาก แต่น้ำหรือความชื้นในน้ำผึ้งมีน้อยก็จะตกผลึกได้ง่ายและจะ ตกผลึกเร็วขึ้น เมื่อเก็บน้ำผึ้งในอุณหภูมิที่ต่ำ โดยปกติ น้ำผึ้งทั่วไปไม่ค่อยตกผลึก เพราะมีฟรุก โทสมากกว่าน้ำกลูโคส ถ้ามีฟรุกโทสมากกว่ากลูโคสถึง 1.5 เท่า น้ำผึ้งจะไม่เกิดการตกผลึก รูปร่าง ของผลึกกลูโคสในธรรมชาติจะอยู่ในรูป D-enantiomer และเป็นรูปที่พบได้โดยทั่วไปในผลึกน้ำผึ้ง ซึ่งมีสามแบบ คือ  $\alpha$ -Monohydrate,  $\alpha$ -Anhydrous และ  $\beta$ -Anhydrous (Yong, 2003)

การตกผลึกของน้ำผึ้ง อาจะตกผลึกเป็นบางส่วน ตกเพียงหนึ่งในสี่ สองในสาม หรือตก ทั้งหมด แล้วแต่ค่าของสัดส่วนระหว่างกลูโคสกับน้ำในน้ำผึ้ง น้ำผึ้งที่ตกผลึกไม่ใช่เสีย หรือบูดแต่ อย่างไม่ใด เพียงแต่เปลี่ยนสถานะไป น้ำผึ้งที่ตกผลึกง่าย คือ น้ำผึ้งดอกกลิ่นจืด น้ำผึ้งดอกทานตะวัน และ น้ำผึ้งจากยางพารา น้ำผึ้งเหล่านี้ควรบรรจุในขวดปากกว้าง เพื่อที่สามารถนำไปใช้บริโภคได้สะดวก สำหรับวิธีแก้ น้ำผึ้งตกผลึกให้เป็นของเหลว นั้นทำได้โดยนึ่งที่อุณหภูมิในน้ำผึ้งไม่เกิน 60 องศา เซลเซียส จนละลายหมด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550)

การตกผลึกในน้ำผึ้งทำให้เกิดความขุ่น ซึ่งส่งผลให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง อย่างไรก็ตามหากการตกผลึกเกิดขึ้นภายใต้การควบคุม เช่น ในกระบวนการผลิตครีมน้ำผึ้ง (cream honey) ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำผึ้งที่มีผลึกขนาดเล็กจำนวนมาก และไม่ส่งผลในเชิงลบต่อเนื้อสัมผัส ของน้ำผึ้ง (Comforti *et al.*, 2006)

Comforti *et al.* (2006) รายงานว่าการตกผลึกในน้ำผึ้งมีสาเหตุจากการเกิดสภาวะอิ่มตัว ของกลูโคสซึ่งมีความสามารถในการละลาย (solubility) ต่ำกว่าฟรุกโทสมาก ผลึกของน้ำตาลที่ เกิดขึ้นในน้ำผึ้งจึงเป็นผลึกของกลูโคสโมโนไฮเดรต ซึ่งการตกผลึกของน้ำตาลจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ มีความเข้มข้นสูงกว่าจุดอิ่มตัว (equilibrium saturation) ความสามารถในการละลายของกลูโคส และฟรุกโทส ณ สภาวะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 103.3 กรัม/100 กรัม น้ำ และ 405.1 กรัม / 100 กรัม น้ำ (Pancoast and Junk, 1980; Bubnik *et al.*, 1995) ตามลำดับ

### 2.4.1 ปัจจัยการตกผลึกของน้ำผึ้ง

#### 1. องค์ประกอบของน้ำผึ้ง

องค์ประกอบน้ำตาลหลักในน้ำผึ้งได้แก่ กลูโคส และฟรุกโทส น้ำผึ้งที่มีกลูโคสปริมาณ มากจะเกิดการตกผลึกได้เร็ว เนื่องจากมีความสามารถในการละลายต่ำกว่าฟรุกโทส (Zamora and

Chirife, 2006) อัตราส่วนระหว่างฟรุกโตสต่อกลูโคส สัดส่วนกลูโคสต่อน้ำ ปริมาณเดกตริน ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และผลึกของแข็งขนาดเล็กที่มีอยู่ในน้ำผึ้ง จากรายงานการวิจัยพบว่าน้ำผึ้ง จะเกิดการตกผลึกได้ดีเมื่อมีปริมาณกลูโคสมากกว่า 280-300 กรัม/กิโลกรัม น้ำผึ้ง (Bogdanov, 1993) มีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคส น้อยกว่า 1.14 (White *et al.*, 1974) และมีอัตราส่วนกลูโคส ต่อน้ำ มากกว่าหรือเท่ากับ 2.1 (White *et al.*, 1974) แต่ถ้าหากมีสิ่งปนเปื้อนที่ละลายน้ำได้ เช่น สารคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน หรือ โปรตีน ผสมอยู่ในน้ำผึ้งจะทำให้สามารถชะลอหรือยับยั้งการ ตกผลึกของกลูโคสในน้ำผึ้งได้ (Zamora and Chirife, 2006)

## 2. สภาพการเก็บ

การเก็บรักษาน้ำผึ้งที่อุณหภูมิต่ำ จะเร่งให้เกิดการตกผลึกของกลูโคสและยังมีผลต่อความ หนืด เนื่องจากความสามารถในการละลายของน้ำตาลจะลดลงตามอุณหภูมิ นอกจากนั้นการคน หรือ เขย่าน้ำผึ้งจะช่วยให้เกิดการตกผลึกได้ดีขึ้น เนื่องจากการสัมผัสกันของโมเลกุลน้ำตาลใน สารละลายที่หนืดจะมีมากขึ้น (Yong, 2003)

## 3. สารชักนำอื่นๆที่อยู่ในน้ำผึ้ง

ละอองเกสร ผุ่น ไขผึ้ง โปรโปลิส ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผึ้ง การมีผลึก (nuclei) อนุภาคเล็กๆ หรือฟองอากาศที่มีอยู่ในน้ำผึ้งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการตกผลึก (The Nation Honey Board, 2007) โดย Escobedo *et al.* (2006) ได้รายงานว่าน้ำผึ้ง tajonal สามารถเกิดการตกผลึกได้ที่อุณหภูมิ การเก็บรักษา 27.8 องศาเซลเซียส โดยเริ่มตกผลึกในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งการตกผลึกเริ่มจากการเกิด nuclei และหลังจากนั้นการตกผลึกจะสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว รูปร่างของผลึกที่พบในครั้ง แรกมีลักษณะเป็นรูปวงรี หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 8 ผลึกน้ำผึ้งมีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม โดยการ ตกผลึกที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความอึดตัวของกลูโคส, อุณหภูมิ และความเป็นกรดต่าง ซึ่งมีผลต่อ อัตราการขยายขนาดและรูปร่างของผลึก

Tosi *et al.* (2004) ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนแบบ High Temperature Short Time (HTST) ต่อคุณภาพของน้ำผึ้งและการตกผลึก พบว่าการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสเป็น เวลาทั้งหมด 90 วินาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของน้ำผึ้งโดยมีผลต่อ คุณภาพของน้ำผึ้งน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถยืดระยะเวลาของการตกผลึกได้อีกอย่างน้อย 4 สัปดาห์

Zamora and Chirife (2006) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระ เนื่องจากการ ตกผลึกในน้ำผึ้ง พบว่าการตกผลึกส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในน้ำผึ้งลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้

ปริมาณน้ำอิสระ ของน้ำผึ้งเพิ่มขึ้น และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระนี้อาจจะส่งผลให้เกิด การเจริญของเชื้อยีสต์ที่มีอยู่ในน้ำผึ้ง และเกิดกระบวนการหมักโดยเชื้อยีสต์ที่ทนความเข้มข้นของ น้ำตาลสูงๆได้ เช่น *Saccharomyces* spp. จากการตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองของสารละลายน้ำตาล บริสุทธิ์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระที่เกิดขึ้น ( $\Delta a_w$ ) เนื่องจากการตกผลึกจะอยู่ ในช่วง 0.03-0.04 ถ้าหากมีการนำเอาน้ำผึ้งที่ตกผลึกแล้วมาละลายโดยการให้ความร้อน ปริมาณน้ำ อิสระจะลดลงเมื่อเทียบกับน้ำผึ้ง เช่น อาจลดลงต่ำกว่า 0.61 ซึ่งเป็นระดับที่ป้องกันการหมักได้

Gleiter *et al.* (2006) ศึกษาชนิดและการตกผลึกที่มีต่อปริมาณน้ำอิสระของน้ำผึ้ง พบว่า น้ำผึ้งที่ตกผลึกจะมีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าน้ำผึ้งปกติและใช้ตู้บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในการละลายผลึกในน้ำผึ้ง พบว่ามีปริมาณความชื้นลดลง

กรมส่งเสริมการเกษตร (2007) รายงานว่าน้ำผึ้งที่ตกผลึกแล้วหากนำมาละลายในน้ำอุ่น อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จะส่งผลน้อยต่อการสูญเสียคุณภาพ ถ้าเกินกว่านี้จะทำให้สาร อินฮิบิน (inhibine) และอื่นๆที่มีอยู่ในน้ำผึ้งสูญเสียไป และยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved