

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบด้วยความหมายของหม่อน อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟลาโวนอยด์ สารต้านจุลินทรีย์ที่พบในพืช พิษจากใบหม่อน ปลาสลิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ความหมายของหม่อน

##### 1. ลักษณะทั่วไปของหม่อน

หม่อน (mulberry) เป็นพืชยืนต้นอยู่ในตระกูล Moraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus spp.* หรือเลือกทั่วไปว่า หม่อน มอน (อิสาน) ซีมเฮียะ (จีน)

ลักษณะของหม่อน คือ มียางมีขนที่ใบ (บางพันธุ์อาจมีน้อยมาก) มีเส้นใย ใบมีรูปร่างแตกต่างกัน ทั้งที่เป็นแฉกและไม่เป็นแฉก ผลเป็นผลรวมออกเป็นพวงกลมเล็ก เมื่อสุกจะมีสีม่วงแดง หม่อนแต่ละพันธุ์จะมีเพียงเพศเดียว ไม่เพศผู้ก็เพศ หม่อนที่มีดอกเพศเมียจะมีเมล็ดสำหรับขยายพันธุ์แต่ไม่เป็นที่นิยมเพาะปลูก เนื่องจากจะได้ต้นที่ไม่เหมือนพันธุ์เดิม เพราะมีการผสมข้ามพันธุ์จึงนิยมขยายพันธุ์ด้วยการปักชำท่อนพันธุ์ หม่อนสามารถเจริญได้ดีตั้งแต่เขตอบอุ่นจนถึงเขตร้อน (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2538ก, หน้า 53)

หม่อนแต่ละพันธุ์จะเจริญเติบโตได้ดีขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่นำไปเพาะปลูกและดินแทบทุกชนิด ยกเว้นในที่ที่น้ำท่วมและดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี เจริญเติบโตได้ทั้งในเขตหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C ไปจนถึงเขตอากาศร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 25-30 °C แต่อย่างไรก็ตามหม่อนจะค่อย ๆ ปรับตัวเองไปตามสภาพแวดล้อมที่ปลูก (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2538ก, หน้า 53)

2. พันธุ์หม่อน หม่อนมีหลายพันธุ์ ในนี้จะกล่าวถึงเพียงพันธุ์ที่ปลูกทั่วไปในประเทศไทย ดังนี้

2.1 หม่อนน้อย เป็นหม่อนพันธุ์พื้นเมืองที่ให้ดอกตัวผู้ มีทรงต้นชะลูด กิ่งมีขนาดใหญ่ ลำต้นสีนวล มีตามาก ใบหนาเป็นมัน สีเขียวแก่รูปใบโพธิ์ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลมมีขนบนใบน้อยมาก ลักษณะที่ดีของพันธุ์นี้คือทนแล้ง ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งปักชำ ให้ผลผลิตประมาณ 1,500-2,000 กิโลกรัม/ไร่/ปี แต่ไม่ต้านทานต่อโรครากเน่า

2.2 หม่อนสร้อย เป็นหม่อนพันธุ์พื้นเมืองที่ให้ดอกตัวผู้ กิ่งมีขนาดใหญ่แตกแขนงมาก ใบมีทั้งขอบใบเรียบและขอบใบเว้า อยู่ในต้นเดียวกัน ใบบางเหยียดเร็ว ผิวใบสากมือ เป็นหม่อนที่ทนแล้ง ไม่ต้านทานโรครากเน่า ให้ผลผลิตประมาณ 2,000 กิโลกรัม/ไร่/ปี

2.3 หม่อนไผ่ เป็นหม่อนพันธุ์พื้นเมืองที่ให้ดอกตัวเมีย กิ่งมีขนาดปานกลาง ลำกึ่งอ่อนโค้ง น้ำตาลเขียวลักษณะใบเว้า มีพื้นที่ใบน้อย ใบบางสากมือ ผลผลิตต่ำ แต่มีข้อดีคือต้านทานโรครากเน่า จึงเหมาะสำหรับปลูกเป็นต้นตอ เพื่อติดตาหม่อนพันธุ์ดีหรือพันธุ์ลูกผสม

2.4 หม่อนคุณไพ เป็นหม่อนพันธุ์พื้นเมืองที่ให้ดอกตัวเมีย กิ่งมีขนาดใหญ่ ขอบใบไม่เว้า ใบมีลักษณะเป็นคลื่น ค่อนข้างบาง ให้ผลผลิตสูงและต้านทานต่อโรครากเน่า แต่ไม่ทนแล้งและเหยียดง่าย

2.5 หม่อนนครราชสีมา 60 เป็นหม่อนพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ชุกากุณชิ 18 (Shuukakuichi No.18) กับหม่อนแก้วขนบต เป็นหม่อนที่ให้ผลผลิตประมาณ 3,600 กิโลกรัม/ไร่/ปี สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพทั่วไป เป็นหม่อนที่ให้ดอกตัวเมีย ลำต้นตั้งตรง กิ่งสีเทา ใบเป็นรูปใบโพธิ์ ใบเลื่อมมัน หนาปานกลาง ผิวใบเรียบ เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรครากเน่า ขยายพันธุ์ด้วยวิธีติดตา มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับหม่อนน้อย

2.6 หม่อนบุรีรัมย์ 60 เป็นหม่อนลูกผสมระหว่างพันธุ์หม่อนจากประเทศจีนกับหม่อนน้อย เป็นหม่อนเพศเมียให้ผลผลิตสูง ประมาณ 4,300 กิโลกรัม/ไร่/ปี สามารถปลูกได้ในทุกสภาพพื้นที่ ลำต้นตั้งตรง หลังจากมีการตัดแต่งแล้วสามารถแตกกิ่งได้เร็ว กิ่งมีสีน้ำตาล ใบไม้แฉก ผิวใบเรียบ ใบใหญ่หนา อ่อนนุ่ม ผลผลิตดี ในสภาพที่มีน้ำ ขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์อายุ 6-10 เดือนในการปักชำ (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2538ก. หน้า 53; อัญชลี ชมพู, 2546, หน้า 46)

### 3. สารสำคัญในหม่อน

3.1 ใบหม่อน ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) หลายชนิด ได้แก่ เควอซิทิน (quercetin) เคมเพอรอล (kaempferol) แอสตรากาลิน (astragaline) รุทีน (rutin) โมราเซทิน (moracetin) ไอโซเควอซิทิน (isoquercetin) คูวานอน (kuwanon) เป็นต้น (ตาราง 1) พบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ในใบหม่อนที่สกัดได้ โดยเฉพาะสารเควอซิทินในปริมาณที่สูง (รัตติยา สำราญสกุล, 2544, หน้า 66)

3.2 ราก มีสารเอลคาลอยด์ คูมารินส์ เทอร์ปีน สเตโรลีน ฟลาโวนอยด์ เบนซินอยด์

3.3 กิ่งอ่อน มีสารมอร์ริน มัลเบอร์ริน มัลเบอร์โรโครมี

3.4 ผล มีน้ำมันหอมระเหย ฟลาโวนอยด์ น้ำตาลและวิตามินซี

ตาราง 1 สารต้านอนุมูลอิสระของสารฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ ในใบหม่อน  
(*Morus alba* L.)

สารประกอบ	มิลลิกรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม
เคอร์ควิติน (quercetin)	900
รูทีน (rutin)	573
ไอโซเคอร์ควิติน (isoquercetin)	194
แอสตรากาลิน (astragalín)	31

ที่มา Katsube et al. (2005, p.26)

สถาบันการแพทย์แผนไทย (ม.ป.ป., เว็บไซต์) กล่าวว่า นอกจากพบสารฟลาโวนอยด์และสารประเภทแอลคาลอยด์แล้ว ยังพบสารไฟโตสเตียรอล ไตรเทอร์ปีน เซราไมด์และน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้ยังมีสารอาหารต่าง ๆ ในปริมาณสูง เช่น คาร์โบไฮเดรต เพคติน โปรตีน เส้นใยอาหาร รวมทั้งวิตามินบี วิตามินซี และ แครอทินด้วย

#### 4. คุณสมบัติของหม่อน

4.1 หม่อนเป็นอาหารอย่างเดียวกับของหนอนไหม (*Bombyx mori*) โดยใบหม่อนมีปริมาณสารอาหารที่สูง เช่นปริมาณโปรตีนในใบอบแห้งสูงสุดถึงร้อยละ 21 ซึ่งมากกว่ามันสำปะหลัง (*Manihot glazisuit*) และกระถินสด (*Leucaena diversifolia*) (Liu, 2001) ตาราง 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของใบหม่อนที่มีความสำคัญต่อคุณภาพและปริมาณของรังไหมดิบ เนื่องจากหนอนไหมมีความสามารถในการเปลี่ยนโปรตีนจากใบหม่อนที่เป็นเส้นใยได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น โดยใบหม่อนประมาณ 108-120 กิโลกรัม สามารถเปลี่ยนเป็นรังไหมได้ประมาณ 6-7 กิโลกรัม เมื่อสาวเป็นเส้นไหมได้ประมาณ 1 กิโลกรัม (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2538ก, หน้า 53)

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของใบหม่อนแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม	
	ใบหม่อน	ผลหม่อน
<b>สารอาหาร</b>		
- โปรตีน	22.60	0.4-1.5
- คาร์โบไฮเดรต	42.25	7.8-9.2
- ไขมัน	4.57	0.4-0.5
- ความชื้น	6.55	85.0-88.0
- เถ้า	24.05	0.9-1.4
<b>แร่ธาตุ</b>		
- แคลเซียม	2.4611	80.0 mg
- โปแตสเซียม	2.1953	-
- โซเดียม	0.0589	-
- แมกนีเซียม	0.4075	-
- เหล็ก	0.0400	1.9 mg
- สังกะสี	0.0017	-
<b>วิตามิน</b>		
- วิตามินเอ	7,870.0	174.0 IU
- วิตามินบี 1	0.00128	9.0 µg
- วิตามินบี 2	0.00449	184.0 µg
- วิตามินซี	0.01573	13.0 mg

ที่มา สถาบันวิจัยหม่อนไหม (2541, หน้า 16); James (1983, n.p.)

## 2.สรรพคุณในการเป็นพืชสมุนไพร

2.1 ใบ มีรสขชาติฝาด ขมเล็กน้อย แก้ไข้ตัวร้อน กระจายน้ำ แก้ไอ เจ็บคอ ระวังปัสสาวะ ต้มเอาน้ำล้างตาแก้ตาแดง ตาแฉะ ตาฝ้าฝาง ลดน้ำตาลในเลือด บำรุงผิว แก้อาการปวดศีรษะตาลายเวียนศีรษะและขับปัสสาวะลดความดันโลหิต

2.2 ผล ทำให้ชุ่มคอ บำรุงไต ดับร้อน แก้อาการวิงเวียน หน้ามืด ตาลาย หูอื้อ ผมหงอกก่อนวัย แก้อ่อนแอ กระจายน้ำ ช่วยให้นอนหลับ ช่วยระบายท้องและแก้โรครูมาติก

2.3 ราก ลดปริมาณน้ำตาลในเส้นเลือด คือลดความรุนแรงและรักษาโรคเบาหวาน นอกจากนี้สาร 1-ดีออกซีโนจิรีโมซิน ที่ได้จากเปลือกรากมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกับกลูโคสจะเข้าไปทำลายเซลล์ของเชื้อไวรัสเอดส์ (HIV)

3. เป็นอาหารและเครื่องดื่มมนุษย์ เช่น แยม ไวน์ ผลรับประทานสดและชาใบหม่อน นอกจากนี้สารบางอย่างที่สกัดได้จากใบหม่อนนำมาใช้ในวงการเภสัชกรรมและวงการแพทย์อีกด้วย ด้วยและชาใบหม่อนมีสารคาเฟอีนน้อยกว่าใบชาทั่วไปถึง 200 เท่า หรือพบเพียงร้อยละ 0.01 (สถาบันวิจัยหม่อนไหม, 2541, หน้า 25)

4. เป็นสารป้องกันกำจัดโรคพืช พบว่าเนื้อเยื่อของกิ่งบริเวณ cortex และ xylem จะมีสารไฟโตอะลีสซิน (phytoalexins, PA) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านเชื้อราบางชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กิ่งแห้งตาย เช่น *Stigmina mori* และ *Fusarium solani* f. sp. และสารที่สกัดจากเปลือกของลำต้นและราก คือ สารประกอบฟีนีลฟลาวาน (prenylflavan compound) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Rosellinia necatrix* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรครากขาวของหม่อนไหม

5. คุณสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ แปรรูปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวไม่อิ่มตัวไม่อิ่มตัวไม่อิ่มตัว อาหารสัตว์ ใช้ประกอบพิธีกรรมทางศาสนา เป็นต้น (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2358ข, หน้า 56)

## 5. สรรพคุณทางยา

จากการศึกษาวิจัยสรรพคุณของหม่อน พบว่าสารสกัดหรือสารสำคัญของหม่อนมีฤทธิ์ทางยาหลายประการ ดังนี้

5.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยนำใบมาคั้นเป็นน้ำและสารสกัดจากใบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีสารสำคัญที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันชนิดคอเลสเทอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein: LDL) ได้

5.2 ฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเม็ดสีที่ผิวหนัง (melanin) โดยสาร 2-ออกซีเรสเวอโรเรทรอล (2-oxyresveratrol) จากกิ่งหม่อนและสารมัลเบอร์โรไซด์ (mulberroside) จากใบมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างเม็ดสีที่ผิวหนัง จึงมีการนำสารสกัดรากหม่อนมาใช้เป็น whitening agent ในเครื่องสำอาง (สถาบันการแพทย์แผนไทย, ม.ป.ป., เว็บไซต์)

5.3 ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด โดยนำใบหม่อนและเปลือกรากมาสกัดด้วยน้ำหรือเอทานอลหรือสารสกัดด้วยน้ำและสาร 1-ดีออกซีโนจิรีโมซิน จากใบหม่อนมีฤทธิ์ลดน้ำตาลใน

สัตว์ทดลองที่เป็นโรคเบาหวาน ทำให้ไบโหมอนมีศักยภาพในการนำมาใช้ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือใช้ควบคุมน้ำหนัก (Kim et al., 2003, p.93)

5.4 ฤทธิ์ลดความดันโลหิต สารสกัดด้วยเอทานอลจากใบและด้วยบิวทานอลจากเปลือกจาก มีสารฟลาโวนอยด์ชนิดกรดแกมมา-อะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) มีผลลดความดันโลหิตสูง (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2538ข, หน้า 56)

5.5 ฤทธิ์ยับยั้ง RNA คือ เอนไซม์รีเวิร์ทรานสคริปเทส (reverse-transcriptase) และยับยั้ง DNA คือ เอนไซม์โพลิเมอเรส (polymerase) ของเชื้อ HIV พบว่าเปลือกจากหมอนเมื่อนำมาสกัดจะได้สารมอร์ซิน (Morussin; Morusin-y-glucoside) และควาโนน เอช (Kuwanon H) (ดวงรัตน์ เชี่ยวชาญวิทย์, 2544, หน้า 71)

5.6 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอื่น ๆ เมื่อศึกษาในหลอดทดลองโดยสารสกัดและสารสำคัญจากเปลือกจากหมอนมีฤทธิ์ต้านเชื้อราและแบคทีเรีย *Mullberofuran A.* และต้านเชื้อไวรัสที่ก่อโรคเริ่มที่อวัยวะเพศ ส่วนการศึกษาในหนูทดลองพบว่ามีฤทธิ์แก้ไอ ขับปัสสาวะ ลดอาการบวมและระงับประสาท (ดวงรัตน์ เชี่ยวชาญวิทย์, 2544, หน้า 71)

#### อนุมูลอิสระ (free radicals)

อนุมูลอิสระ (free radicals) คือโมเลกุลหรืออิออนที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวอย่างน้อยหนึ่งตัวขึ้นไป มีคุณสมบัติเป็น highly electrophilic อยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมากประมาณ  $1$  หรือ  $10^{-3}$ - $10^{-10}$  วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยโมเลกุลหรืออิออนชนิดนี้ก่อให้เกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระจากระบบการขนส่งอิเล็กตรอนและกระบวนการเมตาบอลิซึม ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา Lipid peroxidation ขึ้น การหมิ่นหินหรือสีที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สาเหตุมาจากแสง ความร้อนและโลหะบางชนิด (Meda et al., 2005, p. 571) เมื่อสะสมในปริมาณสูงจะก่อให้เกิดความเสียหายและอันตรายต่อร่างกายทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง โรคข้ออักเสบ เป็นต้น

#### สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายเซลล์ โดยทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระจับตัวกับโลหะ เช่น เหล็กที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือลดการก่อตัวของซิงเกิลท์ออกซิเจน (singlet oxygen) ซึ่งเป็น

ออกซิเจนที่อยู่ในรูปที่พร้อมจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นวลศรี รักษาภิธรรม และอัญญา เชนวิทีสุข, 2546, หน้า 6) สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์

1. สารจากธรรมชาติ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) วิตามิน (vitamin) เอนไซม์ (enzyme) บางชนิด เช่น คาตาเลส (catalase) และโคเอนไซม์ (co-enzyme)
2. สารสังเคราะห์ ได้แก่ บีเอชเอ (BHA) บีเอชที (BHT) ไนไตรต์ (nitrite)

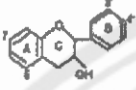
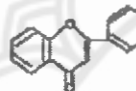
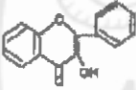
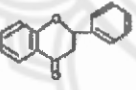
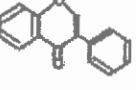
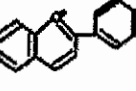
### สารประกอบฟลาโวนอยด์

สารประกอบฟลาโวนอยด์มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพื่อช่วยหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ จัดเป็นกลุ่มอาหารกลุ่มหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งเป็นกลุ่มของรงควัตถุที่พบในพืชมีสีเหลืองเขียว สูตรโครงสร้างของฟลาโวนอยด์คล้ายกับแอนโทไซยานิน (anthocyanins) เป็นฟลาโวน (flavones) หรือไอโซฟลาโวน (isoflavones) ที่มีหมู่ OH แทนที่ ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบที่ไม่มีสี มีความคงตัวต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าแอนโทไซยานิน แต่สามารถเปลี่ยนสีได้ง่าย เมื่อมีการรวมตัวกับโลหะ (นิธิยา รัตนานนท์, 2545, หน้า 431) ตาราง 3 แสดงการแบ่งสารฟลาโวนอยด์ตามโครงสร้าง แหล่งอาหารและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ (Trolox Equivalent Antioxidant Activities, TEAC)

สารประกอบฟลาโวนอยด์สามารถเป็นตัวกำจัดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันชนิดคอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) ซึ่งเป็นสารสำคัญในกระบวนการเกิดไขมัน ทำให้ลดระดับ LDL และไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) โดยมีระดับคอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นสูง (HDL) ในเลือดสูงและมีระดับ LDL ในเลือดต่ำ นอกจากนี้ยังลดระดับของเอนไซม์บางชนิดในตับ ทำให้ลดโอกาสที่จะเป็นโรคตับ (Heim, Tagliaferro and Bobilya, 2002, p. 572; Katsube et al., 2005, p.25) ฟลาโวนอยด์ยังทำหน้าที่ทั้ง 2 อย่างให้แก่พืช คือ รงควัตถุและสารจับอนุมูลอิสระ มีการกรองแสงที่มีความยาวคลื่นจำเพาะเจาะจงที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เป็นการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกฟลาโวนอยด์ในพืชได้มากกว่า 5,000 ชนิด แม้ว่าจะไม่พบในพืชที่รับประทานได้ทั้งหมดก็ตาม Heim, Tagliaferro and Bobilya (2002, p.573) กล่าวว่าอาหารที่มี ฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูงช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ โรคกระเพาะและโรคอื่นได้ อีกทั้งฟลาโวนอยด์มีคุณสมบัติคล้ายวิตามินซี (Changjiang et al, 2003, p.1720)

ตาราง 3 การแบ่งสารฟลาโวนอยด์ตามโครงสร้าง แหล่งอาหารและประสิทธิภาพ  
การต้านอนุมูลอิสระ (Trolox Equivalent Antioxidant Activities, TEAC)

Class	General structure	Flavonoid	Substitution Pattern	Dietary Sources	TEAC (mM)
Flavanol		(+)-catechin	3,5,7,3',4'-OH	Tea (camellia	2.40
		(-)-epicatechin	3,5,7,3',4'-OH	sinensis)	2.50
		Epigallocatechin gallate	3,5,7,3',4'-OH,	Tea	4.75
		3-gallate			
Flavone		Chrysin	5,7-OH	Fruit skins	1.43
		Apigenin	5,7,4'-OH	Parsley, celery	1.45
		Rutin	5,7,3',4'-OH,	Red wine,	2.40
		3-rutinoside		buckwheat	
Flavonol		kaempferol	3,5,7,4'-OH	Leek, broccoli,	1.34
		quercetin	3,5,7,3',4'-OH	endives, grapefruit,	4.70
				black tea	
				Onion, lettuce,	
Flavanone (dihydroflavone)				broccoli,	
				tomato,	
				olive oil, appleskin	
		naringin	5,4'-OH,	Citrus, grapefruit	0.24
		naringenin	7-hamnoglocose	Citrus fruits	1.53
		taxifolin	5,7,4'-OH	Citrus fruits	1.90
Isoflavone		eriodictyol	3,5,7,3',4'-OH	Lemons	1.80
		hesperidin	5,7,3',4'-OH	Orang	1.08
			3,5,3'-OH, 4'-OMe,		
			7-rutinoside		
		genistin	5,4'-OH,7-glucose	Soybean	1.24
		genistein	5,7,4'-OH	Soybean	2.90
Anthocyanidin		daidzin	4'-OH,7-glucose	Soybean	1.15
		daidzein	7,4'-OH	Soybean	1.25
		apigenidin	5,7,4'-OH	Colored fruit	2.35
		cyanidin	3,5,7,4'-OH,3-OMe	Cherry, raspberry,	4.42
		strawberry			

ที่มา Heim, Tagliaferro and Bobilya (2002, p.573)



## 1. กลไกการต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถทำลายอนุมูลอิสระโดยการให้หรือรับอิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระ ทำให้ปฏิกิริยาถูกชะงักลง และไม่กลายเป็นอนุมูลอิสระเพราะมีความเสถียร กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบ่งได้ 4 กลไก ตามลักษณะการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ คือ

1.1 การให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจน โดยฟลาโวนอยด์สามารถให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนโดยตรง ขึ้นอยู่กับศักยภาพการเกิดรีดักชันของฟลาโวนอยด์ และเกิดอนุมูลเปอร์ออกซิลที่ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

1.2 การจับกับโลหะ คือ ตำแหน่งโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ที่จะจับโลหะได้ กลุ่มคาเตคอล 3', 4'-ไดไฮดรอกซี (catechol 3',4'-dihydroxy) บนวงแหวนบี 3-ไฮดรอกซี (3-hydroxy) และ 4-คีโต (4-keto) บนวงแหวนซี และ 5-ไฮดรอกซี และ 4-คีโต ระหว่างวงแหวนเอและซี ซึ่งฟลาโวนอยด์ 4 ชนิดที่มีประสิทธิภาพในการจับกับทองแดง คือ เควอซิทิน รูทีน ลูทีโอลินและเคม เพอรอลช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง

1.3 การกำจัดไนโตรเจนว่องไว คือ เปอร์ออกซีไนไตรท์ (peroxynitrite) เป็นออกซิไดเซอร์ที่เป็นพิษ และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจากปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ ยับยั้งการเพิ่มทวีของลูกโซ่การเกิดอนุมูล โดยกำจัดอนุมูลไลปิดเปอร์ออกซิล

1.4 กำจัดอนุมูลไลปิดเปอร์ออกซิล (lipid peroxyl) โดยยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ (รัตติยา สํารายสกุล, 2544, หน้า 27)

## 2. การเกิดอนุมูลอิสระ (free radical production) (Decker, Faustman and Lopez - Bote, 2000, p.523 ; ศักดิ์ชัย แซ่เฮ้ง, 2541, เว็บไซต์)

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุล อะตอมที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว ๆ อยู่วงนอกสุด ซึ่งไม่เสถียร อนุมูลอิสระที่สำคัญคือ superoxide ( $O_2^-$ ) และ hydroxyl radical ( $OH^\cdot$ ) ซึ่งรุนแรงและเป็นพิษมากกว่า superoxide radical ในสภาวะปกติจะมีการสร้างอนุมูลอิสระในปริมาณน้อยมาก

นอกจากนี้ hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) ซึ่งโดยปกติไม่ใช่อนุมูลอิสระสามารถผ่านผนังเซลล์ได้ดี เนื่องจากเป็นสารไม่มีขั้ว และสามารถเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระได้โดยทำปฏิกิริยากับ  $O_2^-$  ได้เป็น  $OH^\cdot$  (จากปฏิกิริยา  $O_2^- + H_2O_2 \rightarrow O_2 + OH^\cdot + OH^\cdot$ ) หรืออาจถูกเร่งปฏิกิริยาโดยธาตุเหล็ก โดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันและทำลายโปรตีน (protein) กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ไขมัน (fat) กรดไฮยรูโรนิก (hyruronic acid) กรดอะมิโน (amino acid) และกรดไขมัน (fatty acid) ในสภาวะปกติร่างกายจะมีระบบกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านี้ ได้แก่

2.1 Low-molecular weight scavenger ได้แก่ วิตามินอี ( $\alpha$ -tocopherol) และ วิตามินซี (ascorbate) โดยทั้งวิตามินซีและวิตามินอีสามารถผ่าน blood brain barrier ได้ วิตามินอี เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้วจะให้ไฮโดรเจนอะตอม ( $H^+$ ) แก่อนุมูลอิสระ ส่วนวิตามินซีจะป้องกันปฏิกิริยา ลูกโซ่ (chain reaction) ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ และทำให้ธาตุเหล็กอยู่ในภาวะ reduced ( $Fe^{2+}$ )

2.2 Superoxide dismutase (SOD) พบมากในไมโทคอนเดรียและไซโตพลาซึมโดย ปกติ SOD จะเปลี่ยน  $O_2^-$  ให้เป็น  $H_2O_2$  แต่เนื่องจาก  $H_2O_2$  สามารถแปรสภาพเป็น  $OH^-$  radical ได้ ร่างกายจึงสร้าง glutathione peroxidase เพื่อเปลี่ยน  $H_2O_2$  ให้เป็น  $O_2$  และ  $H_2O$  นอกจากนี้ จะทำลาย  $H_2O_2$  แล้วยังสามารถยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ด้วย Nitric oxide (NO) พบมากใน ผังของหลอดเลือด (vascular endothelium) และเซลล์ประสาทโดยมีฤทธิ์ทำให้หลอดเลือด ขยายตัวออกอย่างรุนแรง (potent vasodilatation) NO ถูกสร้างโดย NO synthase มีหน้าที่ ควบคุม synaptic plasticity ต่าง ๆ โดยปกติ NO ไม่ใช่สารพิษ แต่ถ้าทำปฏิกิริยากับ oxygen free radical โดยเฉพาะ  $O_2^-$  จะเกิดเป็น oxidant peroxynitrite ( $ONOO^-$ ) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ ไขมัน, DNA, โปรตีนและโลหะ เกิดเป็น nitronium ion ( $NO_2^+$ ) ซึ่งเป็นสารพิษอย่างแรง ในภาวะ ปกติ  $O_2^-$  ที่เกิดขึ้นจะถูกจับโดยทำให้ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับ NO แต่ในภาวะที่มี  $O_2^-$  มากเกินไป SOD มีปริมาณไม่เพียงพอจะทำให้มีอนุมูลอิสระสะสมมาก

### สารต้านจุลินทรีย์ที่พบในพืช

สารต้านจุลินทรีย์ที่พบในพืชส่วนใหญ่เป็นประเภทน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่ได้จากพืชสมุนไพรและเครื่องเทศต่าง ๆ นอกจากนั้นเป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ที่มีโมเลกุลต่ำ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) รังควัตถุและไฟโตอะลีซิน (หยาดรุ่ง สุวรรณรัตน์, 2544) สารต้านจุลินทรีย์ที่พบสำคัญ ได้แก่

1. น้ำมันหอมระเหย พบในพืชสมุนไพร (อบเชย กานพลู ขมิ้น เป็นต้น) มีคุณสมบัติเป็น ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด เช่น สารสกัดจากขมิ้นสามารถยับยั้งเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และ *L. plantarum* และยับยั้งการเกิดแก๊สได้ อีกทั้งน้ำมันหอมระเหยยังสามารถ ยับยั้งทั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าจุกเสียดหรือท้องเสียได้ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นยาทา ภายนอก รักษาอาการเยื่อช่องปากอักเสบ ยากวาดคอ กลั้วคอ หลอดลมอักเสบหรือเป็นสาร ป้องกันการเน่าเสียในอาหาร (preservative)

2. กรดอินทรีย์ (organic acid)

- 2.1 กรดมาลิก (malic acid) พบในผลไม้และผัก สามารถยับยั้งยีสต์และแบคทีเรีย บางชนิด

2.2 กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) พบในผลไม้เช่น องุ่นและแอปเปิ้ล ฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของกรดนี้มาจากการลดค่าความเป็นกรด-ด่าง

2.3 กรดเบนโซอิก (benzoic acid) สามารถต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ โดยผลไม้พวกกราสเบอร์รี่ พลัม พรู่น อบเชย กานพลู ที่ใช้ในรูปโซเดียมเบนโซเอท เหมาะกับอาหารและเครื่องดื่มที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5

3. สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) รงควัตถุและสารประกอบที่เกี่ยวข้องได้แก่

3.1 แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง โดยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา นอกจากนี้สารแอนโทไซยานินยังช่วยยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ในระบบทางเดินอาหารเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ

3.2 คลอโรฟิลล์ a และ b พบในพืชสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้บางชนิดเท่านั้น แต่ประสิทธิภาพน้อยและอาจทำให้เชื้ออื่นๆ เติบโตขึ้นมาแทน เป็นสารที่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งมีประสิทธิภาพดีใกล้เคียงกับ retinol- $\beta$ -carotene วิตามินซีและวิตามินอี ( $\alpha$ -tocopherol)

3.3 อนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxy cinnamic acid derivative) พบในผัก ผลไม้ เมล็ดข้าวและถั่ว สามารถต้านแบคทีเรียแกรมลบ ยีสต์และราที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย

3.4 โอลิวโรพิน (oleuropein) เป็นสารประกอบฟีนอลิกของ ethyl acetate ที่สกัดจากมะกอกสามารถยับยั้งเชื้อ *L. plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides* และเชื้อราได้

3.5 คาเพนิน พบในกาแฟ โกโก้ ยับยั้งการเจริญของ *L. plantarum*, *Penicillium* spp. และ *Aspergillus* spp.

### พิษจากหม่อน

ผลการวิจัยความเป็นพิษ (อัญชลี ชมพู, 2546, หน้า 38; Kitamura et al., 2003, p. 1578) พบว่าเมื่อฉีดสารสกัดพืชทั้งต้นด้วยเอทานอลร้อยละ 50 เข้าช่องท้องของสัตว์ทดลองคือหนูถีบจักร พบว่าปริมาณสารสูงกว่า 1 กรัม/กิโลกรัม ของน้ำหนักสัตว์ทดลองทำให้สัตว์ทดลองตายจำนวนครึ่งหนึ่งของสัตว์ทดลองทั้งหมด สารสกัดจากเปลือกกรากที่สกัดด้วยบิวทานอลหรือน้ำ ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง เมื่อฉีดเข้าช่องท้องและฉีดเข้าทางหลอดเลือดดำในขนาด

10 กรัม/กิโลกรัม และ 5 กรัม/กิโลกรัม และพบว่าสารฟลาโวนอยด์ สารแอนโทไซยานินเป็นสารต่อต้านกระบวนการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษหรือการเกิดมะเร็งในหนูทดลอง

### ปลาสลิด

ปลาสลิด (Snake Skin Gourami) เป็นปลาน้ำจืด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Trichogaster pectoralis* อยู่ในวงศ์เดียวกับปลาหมอ ปลาแคด ปลากิม ปลากัด ปลาแรดและปลากระดี่ หรือเรียกว่า ปลาใบไม้ เนื่องจากสีของลำตัวทางด้านข้างมีสีเทาอมเขียวและมีสีเขียวเข้ม ทางด้านซ้ายมีแถบสีดำพาดขวางลำตัวจากหัวถึงโคนหางข้างละ 1 แถบ ลักษณะของปลาสลิดจะมีครีบอก (pectoral fin) ขนาดใหญ่และยาว ในช่วงระยะตัวโตเต็มวัยขนาดใหญ่มากประมาณ 20-25 เซนติเมตร หัวมีก้านครีบแข็ง 7 อัน และก้านครีบอ่อน 10-11 อัน ปลาสลิดมักพบตามน้ำนิ่ง เช่น คูน้ำ ร่องน้ำ ท้องนา เป็นต้น (วชิรา กะเตื่องงาน, 2546, หน้า 16)

ปลาสลิดเพศผู้ มีลำตัวยาวเรียว สันหลังและสันท้องเกือบเป็นเส้นตรงขนานกัน มีครีบทันหลังยาวจรดหางหรือเลยโคนหาง ลำตัวมีสีเข้มและสีสวดยกว่าตัวเมีย ส่วนปลาสลิดเพศเมีย ลำตัวจะสั้นและป้อม สันหลังไม่ขนานกัน เพราะตัวเมียมีสันท้องยาวกว่า มีครีบทันหลังมนและครีบทันหลังสั้นกว่าตัวผู้โดยไม่ยาวไปถึงโคนหาง ลำตัวมีสีจางกว่า ในฤดูวางไข่ท้องจะอูมเป่งออกทั้งสองข้าง (ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์ และ อารณ ภูนิยม, 2547, หน้า 3) ปลาสลิดมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจเรียกว่า ลาบรินธ์ (labyrinth organ) มีลักษณะคล้ายดอกไม้บานและมีกลีบเรียงซ้อนกันอยู่เหนือเหงือก ซึ่งช่วยให้ปลาสลิดใช้ออกซิเจนจากอากาศได้โดยตรงและปลาสลิดมีคุณสมบัติในการก่อกวน เพื่อลูกปลาวัยอ่อนจะสามารถเลี้ยงตัวหลบหลีกศัตรู ฤดูวางไข่ของปลาอยู่ระหว่างเดือนเมษายน ถึงสิงหาคมและอาจเลยไปถึงช่วงเดือนตุลาคม นิยมวางไข่ในน้ำนิ่ง

ปลาสลิดมีถิ่นกำเนิดในแถบอินโดจีน เช่น ไทย พม่า ลาว เวียดนาม โดยปลาสลิดที่พบในไทยอยู่ตามแม่น้ำ ลำคลองและแหล่งน้ำต่าง ๆ ตามเขตลุ่มแม่น้ำภาคกลาง บริเวณที่มีมากคือ ดินกำยาน จังหวัดสุพรรณบุรีและอำเภอบางบ่อและบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ปลาสลิดเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปัจจุบันการเลี้ยงปลาสลิดเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นปลาที่มีราคาดี จากสถิติราคาปลาสลิดในช่วงปี 2551 มีราคาต่ำสุดอยู่ที่ 20 บาท และราคาสูงสุดที่ 70 บาท (สะพานปลากรุงเทพ, 19 กุมภาพันธ์ 2551, เว็บไซต์) นอกจากขนาดของตัวปลาจะเป็นตัวกำหนดราคาปลา ฤดูกาลและปัจจัยอื่น ๆ ยังมีผลต่อราคาปลาด้วย โดยปลาสลิดมีราคาแพงในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน และมีการแก่งราคา ส่วนเดือนมีนาคม-เมษายน ปลาสลิดจะมีราคาถูกเพราะน้ำในแหล่งน้ำแห้งและวิดน้ำเข้านา ทำให้จับปลาได้ในปริมาณมาก

ส่งผลให้ราคาปลาตกต่ำ ราคาซื้อขายของตลาดขายส่งปลาสลิดสดในท้องถิ่นเคลื่อนไหวตามราคา ปลาสลิดเค็มตากแห้งในตลาดปลายทาง วิธีการรับซื้อ ใช้วิธีการรับซื้อแบบเหมายกป้อ โดยพ่อค้า ท้องถิ่นจะนัดหมายกับผู้เลี้ยงไว้ล่วงหน้า ปลาสลิดที่รับซื้อ ถ้าเป็นปลาสลิดที่มีชีวิต ราคาปลาจะ ตีกว่าปลาสลิดที่ตายแล้ว วิธีการตลาดมีเส้นทางทางจำหน่ายหลายประเภท โดยอาจมีการรับซื้อ จากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา คนกลาง ผู้รวบรวมปลาในท้องถิ่น ผู้แปรรูป (ในกรณีเป็นผู้ทำปลาสลิด เค็มตากแห้ง) พ่อค้าคนกลางในตลาดระดับจังหวัด พ่อค้าขายส่งตลาดปลายทาง (วชิรา กะเตื่องงาน, 2546, หน้า 3)

#### 1. คุณค่าทางอาหารของปลาสลิดสด คุณค่าทางอาหารของปลาสลิดสด (ตาราง 4)

ตาราง 4 คุณค่าทางโภชนาการของปลาสลิดสด

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณต่อ 100 กรัม
โปรตีน (กรัม)	17.2
ไขมัน (กรัม)	0.8
น้ำ (กรัม)	80.9
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	70.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	177.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.3
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.2
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	2.0
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	76.0

ที่มา กองโภชนาการ (2535, หน้า 47); วชิรา กะเตื่องงาน (2546, หน้า 4)

#### 2. การเน่าเสียของปลา การเน่าเสียของสัตว์น้ำมีสาเหตุดังนี้

2.1 เกิดจากน้ำย่อยของตัวสัตว์น้ำเอง (autolysis) เช่น กระบวนการเมทาบอลิซึม การปรับสภาพความเข้มข้นของสารละลายในเนื้อเยื่อให้เหมาะสมกับสภาพน้ำ ซึ่งเป็นผลให้เกิด การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบบางชนิดเช่น ยูเรียและไกลซีน และการเปลี่ยนแปลงทาง ชีวเคมีที่เกิดขึ้นในสัตว์น้ำ มี 3 ระยะ ดังนี้

2.1.1 การเน่าเสียในระยะก่อนการเกร็งตัว (pre-rigor mortis) เริ่มตั้งแต่สัตว์น้ำตาย การขนส่งออกซิเจนจะหยุดชะงัก ทำให้เนื้อเยื่อขาดออกซิเจน แต่เนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิตต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการหดตัว ซึ่งพลังงานนี้สะสมอยู่ในรูปของ ATP (adenosine triphosphate) และ ATP ถูกสร้างจากกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อซ่อมแซมหรือชดเชยพลังงานที่หายไป ส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างของเนื้อเยื่อลดต่ำลง เนื่องจากมีกรดแลคติกเกิดขึ้น

2.1.2 การเน่าเสียในระยะการเกร็งตัว (rigor mortis) เป็นระยะที่เกิดการเกร็งตัวและสูญเสียความสามารถในการยืดตัวการเกร็งของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย ทำให้เนื้อสัตว์เหนียวและแข็ง สาเหตุเกิดจากโปรตีนที่ประกอบอยู่ในเส้นใยเนื้อเยื่อ คือ แอคติน (actin) รวมตัวกับไมโอซิน (myosin) ซึ่งการรวมตัวนี้ต้องอาศัยพลังงาน ATP ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวจนหยิกงอ หลังจากนั้นเส้นใยกล้ามเนื้อบางส่วนถูกเอนไซม์ย่อยทำให้ขาดเป็นช่วง ๆ จึงค่อยคลายออกเป็นเส้นตรง เนื้อจะมีลักษณะนุ่มและจุลินทรีย์สามารถเข้าทำลายเนื้อเยื่อได้ (บุษกร อุดรวิชาติ, 2545. หน้า 139) ดังนั้นปลาที่อยู่ระยะการเกร็งตัวยาวจะเกิดการเสียช้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปลาและอุณหภูมิในขณะนั้น นอกจากนี้ปลาดำแบบยังมีระยะการเกร็งตัวสั้นกว่าปลาดำกลม (Belitz and Grosch, 1999, p.167)

2.1.3 การเน่าเสียในระยะหลังการเกร็งตัว (post-rigor mortis) เกิดจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่อยู่ภายในเนื้อ และการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ส่งผลทำให้เนื้อเยื่ออ่อนตัว ยุ่ยและเกิดสี กลิ่นและรสแตกต่างกันออกไป

2.2 ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่และจุลินทรีย์ปนเปื้อนจำนวนมากในเนื้อปลาสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เพราะเนื้อปลามีความชื้นและกรดอะมิโนอิสระสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเน่าเสีย ซึ่งชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาและลักษณะการเก็บรักษา โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรียในปลามีชีวิต จะพบทั่วไปบนผิวตัวปลา เมื่อก เหงือก และในอวัยวะภายในต่าง ๆ แต่แบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายเนื้อปลาได้ เนื่องจากปลายังมีความแข็งแรงและมีความต้านทานตามธรรมชาติไว้ช่วยป้องกันการทำลายจากแบคทีเรีย เนื้อปลาจึงปลอดภัย แต่หลังจากปลาตาย แบคทีเรียที่ติดมากับตัวปลาจะเริ่มเข้าย่อยสลายเนื้อเยื่อของปลาทันที โดยเข้าทางเหงือกและไต เข้าสู่เส้นเลือดแดงและเส้นเลือดดำ นอกจากนี้แบคทีเรียยังเข้าไปในเนื้อปลาโดยตรง โดยผ่านทางหนังปลาและทางเดินอาหาร อุณหภูมิยิ่งสูงจะยิ่งเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรียให้ทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ปริมาณของแบคทีเรียเริ่มต้นยิ่งมากก็จะเพิ่มจำนวนได้มากเป็นทวีคูณ ปริมาณของเอนไซม์ที่ปล่อยออกมามากตามไปด้วย ทำให้ปลาเน่าเสียได้เร็วยิ่งขึ้น (พาชวิญ ทองรักษ์, 2546, หน้า 11)

2.3 การเติมออกซิเจน (oxidation) แก่ไขมันในสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการเหม็นหืน เนื่องจากเกิดการเติมออกซิเจนแก่ไขมันปลา โดยน้ำย่อยจากแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ที่ติดมากับผิวปลาและน้ำย่อยจากปลาสามารถย่อยไขมันในตัวปลาได้

2.4 สภาพของตัวปลาในขณะนั้น ปลาที่กินอิมมักเกิดการเน่าเสียเร็วกว่าปลาไม่ได้กินอาหาร

2.5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ควรใช้อุณหภูมิต่ำประมาณ 0-1 °C และควรเก็บที่อุณหภูมินี้ทันทีหลังจากจับและทำความสะอาดแล้ว

### 3. ลักษณะปลาสลิดเค็มตากแห้งแฉดเดียวที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

3.1 มีกลิ่นผิดปกติ เนื่องจากเกิดจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อและเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ (บุษกร อุตริชาติ, 2545, หน้า 139)

3.2 เนื้อร่วนซุย เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและเกิดปฏิกิริยา autolysis

3.3 มีแมลงวันตอมอาจทำให้มีไข่แมลงวันปนเปื้อนอยู่

3.4 สีของเนื้อปลาเขียวคล้ำเริ่มมีกลิ่นเน่า (สุภาพัญญ นุชเฉย และ คณะ, 2547, หน้า 6)

### 4. ลักษณะการเน่าเสียของปลาและการตรวจวัดความสดของปลา

เชื้อจุลินทรีย์เมื่อปนเปื้อนในเนื้อเยื่อปลา จะใช้สารอาหารต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อ เช่น กรดอะมิโน วิตามิน แร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อการเจริญและเพิ่มจำนวน ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่มีกลิ่นหรือรสชาติผิดปกติไปจากธรรมชาติ ได้แก่

4.1 การผลิตแอมโมเนีย ได้จากการสลายยูเรียและสารประกอบที่มีไนโตรเจนเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานของแบคทีเรีย *Achromobacter thalassius*, *A. butyric*, *A. delicatulum*, *Pseudomonas geniculata*, *Flavobacterium funcaum* และ *Micrococcus* ทำให้เกิดกลิ่นฉุนในเนื้อปลา

4.2 ฮิสตามีน (histamine) เกิดจากแบคทีเรีย *A. histameneum* ผลิตเอนไซม์ ฮิสตามีนดีคาร์บอกซิเลส (histamine decarboxylase) ย่อยสลายฮิสติดีน (histidine) ให้กลายเป็นฮิสตามีน ซึ่งสารใช้เป็นดัชนีแสดงการเน่าเสียของปลา (spoilage index) วัดความสดของปลาได้ด้วย หากผู้บริโภครับประทานฮิสตามีน เข้าไปเป็นจำนวนมากจะก่อให้เกิดอันตรายได้

4.3 การเปลี่ยนแปลงของต่างที่ระเหยได้และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (total volatile base; TVB) เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนสามารถตรวจสอบปริมาณต่างที่ระเหยทั้งหมด (total volatile base; TVB) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย TMA และแอมโมเนีย ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำงานของเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปปริมาณ TVB และ TMA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณ TVB สามารถเป็น

ดัชนีบ่งบอกระดับการยอมรับของผู้บริโภค ถ้าปริมาณ TVB มากกว่า 30-40 มิลลิกรัม/100 กรัม จัดเป็นระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณภาพของสัตว์น้ำ (เขตหนาวและเขตอบอุ่น) (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2549)

4.4 ไตรเมทิลเอมีน (trimethylamine) ผลิตโดย *Micrococcus* และ *Achromobacter* สาระระเหยได้เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาสัตว์น้ำในสภาวะที่ไม่ใช้สภาวะแช่เยือกแข็งนี้พบมากในปลาที่เน่า โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกอาการเน่าเสียของสัตว์น้ำอันมีสาเหตุจากจุลินทรีย์ การเจริญของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนมีผลให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (anaerobic) หรือสภาวะที่มีอากาศปริมาณน้อย (microaerophilic) ในสัตว์น้ำ (ตาราง 5) อีกทั้งแบคทีเรียบางชนิดสามารถหายใจโดยใช้โมเลกุลอื่นเป็นตัวรับอิเล็กตรอน โดยทั่วไปแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียสามารถใช้ TMAO เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในการหายใจแบบไร้อากาศ ไตรเมทิลเอมีน (TMA) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จะให้กลิ่นคาว ปริมาณ TMA ซึ่งพบในปลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปปลาที่เก็บในสภาวะที่มีอากาศสามารถพบ TMA ประมาณ 10-15 มิลลิกรัม/100 กรัม (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2549, หน้า 57)

4.5 กรดอินทรีย์ต่าง ๆ ในปลาที่เน่าเสีย มีหลายชนิดเป็นผลผลิตจากแบคทีเรีย *Pseudomonas* กรดอินทรีย์ที่พบมากได้แก่ กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดซิตริก (citric acid) กรดบิวทิริก (butyric acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดวาเลอริก (valeric acid) กรดเหล่านี้ทำให้เนื้อปลามีกลิ่นและรสแตกต่างกันไป



ตาราง 5 สารประกอบที่ก่อให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติที่ผลิตขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์  
ระหว่างการเก็บรักษาภายใต้ สภาวะที่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิ 4°C

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย	สารประกอบที่สร้างกลิ่นผิดปกติ
<i>Shewanella putrefaciens</i>	TMA, H <sub>2</sub> S, CH <sub>3</sub> SH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S, Hx
<i>Photobacterium phosphoreum</i>	TMA, Hx
<i>Pseudomonas spp.</i>	Ketones, aldehydes, esters, non-H <sub>2</sub> S sulphide
Vibrionaceae	TMA, H <sub>2</sub> S
Anaerobic spoilage bacteria	NH <sub>3</sub> , acetic, butyric and propionic acid

หมายเหตุ TMA= trimethylamine, H<sub>2</sub>S=hydrogen sulphide, CH<sub>3</sub>SH=methylmercaptan,  
(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S=dimethylsulphide, Hx = hypoxanthine, NH<sub>3</sub>=ammonia

ที่มา สุทธิวัฒน์ เบนญกุล (2549, หน้า 57)

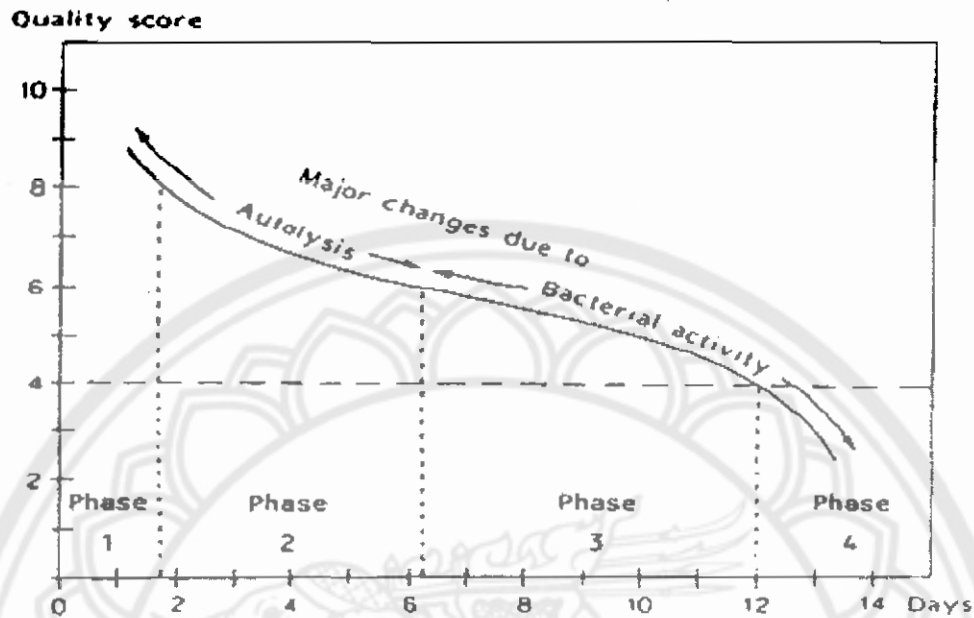
ลักษณะการเน่าเสียของปลาเมื่อเก็บรักษาภายใต้ น้ำแข็งแบ่งเป็น 4 ระยะ (ภาพ 1)

ระยะที่ 1 (phase 1): ปลายังคงมีความสดมาก เนื้อปลายังคงความหวาน รสชาติอร่อย และมีรสคล้ายโลหะ (metallic) เล็กน้อย ส่วนมากระยะนี้อยู่ในช่วง 1-2 วันหลังจากปลาทาย

ระยะที่ 2 (phase 2): เนื้อปลาเริ่มสูญเสียความสดและรสหวาน แต่ยังไม่มียกกลิ่นรสที่ผิดปกติและกลิ่นเหม็นเน่าเกิดขึ้น และเนื้อปลายังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ระยะที่ 3 (phase 3): สามารถสังเกตเห็นลักษณะการเน่าเสีย กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นรสที่ผิดปกติ และสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compound) ต่าง ๆ จะถูกผลิตขึ้น เช่น ไตรเมทิลเอมีน (Trimethylamine :TMA) เป็นต้น สำหรับปลาที่มีไขมันมากจะเริ่มมีกลิ่นหืนเกิดขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาจะเละและมีน้ำ เยิ้ม

ระยะที่ 4 (phase 4): ปลาเน่าจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



ภาพ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลา และคะแนนที่ได้จากการประเมินด้วยคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ที่มา เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน (2546, หน้า 6)

## 5. แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุในการเน่าเสียของปลา

### 5.1 จุลินทรีย์ทั่วไป (microflora)

ปลาสดสามารถที่จะปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ทั่วไป (microflora) ในส่วนต่าง ๆ ได้ เช่น ลำไส้ เนื้อ ผิวหนัง พบว่าจุลินทรีย์ที่แยกออกมาได้จากลำไส้เล็กและผิวหนังปลาส่วนใหญ่ คือ *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* และ เมื่ออกของปลาจะมีแบคทีเรียพวก *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Saricina*, *Serratia*, *Vibrio* และ *Bacillus* และมักพบว่าจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวปลามักจะเป็นชนิดเดียวกับที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่ปลาอาศัยอยู่ ซึ่งจำนวนและชนิดของ microflora จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ คุณภาพของน้ำและพันธุ์ปลา เช่น แบคทีเรียที่อยู่บนตัวปลาที่อาศัยอยู่ในเขตหนาวก็จะเป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (psychrotrophic) ปลาที่อยู่ในเขตน้ำอุ่นจะเป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) และถ้าเป็นปลาน้ำเค็มก็จะพบแบคทีเรียพวก *Aeromonas*, *Lactobacillus*, *Brevibacterium*,

*Alcaligenes* และ *Streptococcus* ซึ่งแบคทีเรียที่พบในเหงือกและผิวหนังของปลาจะมีจำนวนตั้งแต่  $10^3$ - $10^5$  CFU/g

## 5.2 จุลินทรีย์ก่อโรคทั่วไป (pathogen flora)

แบคทีเรียก่อโรค (pathogenic bacteria) ที่ปนเปื้อนในปลา เช่น *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophilla*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens* และ *C. botulinum* ซึ่งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในปลาจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะในการเก็บ พบว่าการเก็บรักษาปลาไว้ที่อุณหภูมิ  $<1^{\circ}\text{C}$  ตลอดเวลา การเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านี้จะถูกยับยั้ง ส่วนใหญ่ปลาและอาหารทะเลมักจำเป็นต้องพิจารณาถึงความปลอดภัย จากการเจริญและการสร้างสารพิษจากแบคทีเรียที่ไม่สามารถย่อยสลายโปรตีนของ *C. botulinum* โดยเฉพาะสายพันธุ์ E เพราะสารพิษที่ผลิตขึ้นก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาท และ *V. parahaemolyticus* ยังเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในลำไส้และระบบทางเดินอาหาร (gastroenteritis) นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาและขนส่ง ปลาอาจมีการปนเปื้อนกับแบคทีเรียก่อโรค อื่น ๆ เช่น *Salmonella typhimurium* และ *E. coli* (สุทธิวัฒน์ เบญจกุล, 2549, หน้า 78; บุษกร อุดรภิชชาติ, 2545, หน้า 28)

การตรวจวัดความสดของปลาใช้วิธีการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสทางเคมีและทางจุลชีววิทยา ดัชนีความสดของปลาแต่ละดัชนีไม่สามารถใช้กับปลาหรือสัตว์น้ำได้ทุกชนิด หลังจากปลาตายการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงของปลาแต่ละชนิดต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของปลา ฤดูกาล อาหารที่ปลากิน แหล่งที่อยู่อาศัย และสภาพการเก็บรักษา ดังนั้นในการตรวจวัดความสดของสัตว์น้ำแต่ละชนิดต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

วิธีการตรวจวัดความสดด้วยวิธีการทางประสาทสัมผัสจะพิจารณาลักษณะภายนอกได้แก่ ตา เหงือก กลิ่น ผิวหนัง เนื้อสัมผัส โดยวิธีประเมินความสด (ตาราง 6) สำหรับการวัดความสดด้วยวิธีการทางเคมี ได้แก่ วัดปริมาณ hypoxanthine, K-value, trimethyl amine (TMA), histamine, total volatile base-nitrogen (TVB-N), indole ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ส่วนการวัดความสดทางกายภาพ ได้แก่ ค่า redox potential ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-binding capacity; WHC) เนื้อสัมผัส (texture) และชนิดและจำนวนทางจุลินทรีย์ (A.O.A.C., 1990; จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร และ ดวงเดือน วาริระนิช, 2545, หน้า 9)

ตาราง 6 แบบและวิธีประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาสด

ระดับ คะแนน	คุณลักษณะ			
	ตา	ผิวหนังและเนื้อ สัมผัส	เหงือกและกลิ่น	การเสียหายทาง กายภาพ
4	สดใส ลูกตาดำ สนิทอยู่ในสภาพดี	มีสีตัวออกเขียว ด้านข้างของลำตัว เนื้อสัมผัสแน่น ยืดหยุ่นเป็นปกติ	สีแดงสดใส มีกลิ่น โคลนปลา	เนื้อแน่นอยู่ใน สภาพดี ไม่พบการ เสียหายทาง กายภาพ
3	จมนเล็กน้อย ตาดำ เริ่มขุ่นมัว สภาพ ตายังปกติ	สีและความเงา เหมือนระดับ 4 เนื้อสัมผัสแน่น ยืดหยุ่นเป็นปกติ	สีแดงสด มีกลิ่น โคลน มีเมือก เล็กน้อย	เนื้อแน่นและอยู่ใน สภาพดี มีการเสียหาย เล็กน้อย
2	จมนลึก ลูกตาดำ ขุ่นมัว	สีเริ่มซีด ขาวไม่มันเงา มีเมือกปลามาก	สีแดงคล้ำ มีกลิ่น โคลนแรงและมีเมือก มาก	นิ่มเล็กน้อย สภาพ ปลาเริ่มมีรอยแตก แยกของกล้ามเนื้อ
1	จมนลึก ทึบ ข้ำ เลือดและสีคล้ำ	สีซีดมากมีเมือก ปลามาก	สีแดงคล้ำจัด มีกลิ่นเน่ารุนแรง ไม่สามารถยอมรับได้	นิ่มเละและผนัง ท้องแตกมาก

ที่มา จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร และ ดวงเดือน วาริระนิช (2545, หน้า 9)

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมพบว่า สารสกัดที่ได้จากพืชสมุนไพร มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ได้

##### 1. สารต้านอนุมูลอิสระ

รัตติยา สำราญสกุล (2544) ได้ทดลองหาปริมาณฟลาโวนอยด์ชนิดเคอควิติน (quercetin) จากใบหม่อนที่แหล่งเพาะปลูก 4 จังหวัดในประเทศไทย ดังตาราง 7

ตาราง 7 ปริมาณเคอเวอซิตินในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่าง ๆ จากแหล่งเพาะปลูก 4 จังหวัดในประเทศไทย

ใบหม่อน		แหล่งที่ปลูก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)			
พันธุ์	อายุใบ	นครราชสีมา	อุดรธานี	ตาก	แพร่
นครราชสีมา 60	ยอด	1,506.51	2,069.75	368.31	635.70
	ใบอ่อน	777.31	1,295.96	382.85	647.17
	ใบแก่	718.69	944.60	338.80	486.07
บุรีรัมย์ 60	ยอด	1,334.07	1,888.41	366.56	436.12
	ใบอ่อน	669.87	997.61	300.26	499.88
	ใบแก่	685.11	1,155.61	217.45	723.84
คุณโพ	ยอด	1,437.19	1,539.31	286.19	568.86
	ใบอ่อน	1,287.48	557.25	324.47	596.39
	ใบแก่	1,071.59	674.63	157.45	267.79
น้อย	ยอด	1,145.75	1,432.62	238.25	525.36
	ใบอ่อน	859.34	754.37	330.57	560.34
	ใบแก่	643.59	708.88	225.67	461.43

ที่มา รัตติยา สำราญสกุล (2544, หน้า 53)

จะเห็นว่าแหล่งที่เพาะปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณ เคอเวอซิติน โดยพบว่ายอดของใบหม่อนทุกพันธุ์จะมีปริมาณเคอเวอซิตินมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์นครราชสีมา 60 และบุรีรัมย์ 60 และแหล่งที่ปลูกก็ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณสารเคอเวอซิตินในหม่อนพันธุ์เดียวกันอีกด้วย

Zhishen, Mengcheng and Jianming (1999) พบฟลาโวนอยด์ชนิดรูทีน (rutin) และเคอเวอซิติน (quecetin) ในกิ่งของต้นหม่อนในปริมาณมากกว่าใบอ่อน ส่วนเปลือกต้นหม่อนและใบแก่พบน้อยที่สุด

Heim, Tagliaferro and Bobilya (2002) รายงานว่า ฟลาโวนอยด์ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกที่มีผลต่อการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีคุณสมบัติเป็นสารประกอบที่ใช้รักษาโรค พบในอาหารและเครื่องดื่มทั่วไป เช่น ผลไม้ ผัก ไวน์ ชาและโกโก้ สารเหล่านี้สามารถยับ



ยังการเกิดโรคหัวใจ ยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน (lipid peroxidation) ยับยั้งอนุมูลอิสระและลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในโครงสร้างของฟลาโวนอยด์แบบพันธะคู่และตำแหน่งของคาร์บอนแบบ heterocyclic หรือ polymerization จะมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

Peng and Kuo (2003) รายงานว่า กระบวนการต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์ความสามารถในการป้องกันเซลล์ Caco-2 intestinal จากกระบวนการ lipid peroxidation ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ฟลาโวนอยด์ดังกล่าวประกอบด้วย quercetin, myricetin (flavonol), luteolin (flavone) และ (-)-epigallocatechin gallate (EGCG) ทำการทดลองโดยผสมกับสาร  $H_2O_2$  30  $\mu\text{mol/L}$  และ  $FeSO_4$  30  $\mu\text{mol/L}$  พบที่ระดับความเข้มข้นของสาร quercetin 0.1  $\mu\text{mol/L}$  สาร EGCG 1  $\mu\text{mol/L}$  และ luteolin 10  $\mu\text{mol/L}$  มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันโดยสารฟลาโวนอยด์สามารถลด  $H_2O_2$  และ  $Fe^{2+}$  ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิด lipid peroxidation

Peterson et al. (2004) ศึกษาเทคนิคการต้มชาดำ พบว่าปริมาณของ catechins, theaflavins และ thearubigins ในชาสีดำนี้อาจมีปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของชา น้ำหนักของชาที่ใช้และเทคนิคการต้ม ส่งผลทำให้ปริมาณสารเหล่านี้แตกต่างกัน โดยชาดำผสม (ได้มาจากหลายแหล่ง) มีปริมาณของ catechins ทั้งหมดและ theaflavins ต่ำกว่าชาที่ไม่ผสม (ได้มาจากแหล่งเดียว)

Tsimogiannis and Oreopoulou (2004) พบว่าสารฟลาโวนอยด์ที่มีโครงสร้าง 5, 7, 3', 4'-OH มีผลต่อการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทดสอบโดยใช้ควอร์เซติน (quercetin), รูทีโอลิน (luteolin), ทาซิโฟลีน (taxifolin), (+)-คาเทชิน ((+)-catechin) และ อิริโอดีคทีออล (eriodictyol) ซึ่งสารทั้ง 4 ชนิดมีโครงสร้างคล้ายกัน แตกต่างกันที่จำนวนคาร์บอนและพันธะคู่ที่ 2, 3 ที่มีการแทนที่ต่างกัน พบว่าควอร์เซตินให้ปริมาณเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value, P.V) และค่าของ DPPH radical-scavenging น้อยที่สุด เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (autoxidation) ได้ดีที่สุด

Chung (2005) รายงานว่า ไอโซฟลาโวน (isoflavones) ประกอบด้วย เจนิสติน (genistin) ดาอิดเซอิน (daizein) ไกลซิติน (glycitin) แมลโลนิว ไกลซิติน (malonyl glycitin) และ แมลโลนิว เจนิสติน (malonyl genistein) กับไกลโคไซด์ (glycosides) ที่แยกมาจากเมล็ดถั่วเหลืองไม่มีผลต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อเทียบกับ epicatechins และ วิตามินอี ( $\alpha$ -tocopherol) ที่ได้จากชาเขียว

Katsube et al. (2005) รายงานว่าใบหม่อนมีสารฟลาโวนอยด์ชนิดเคอเวอซิดินถึง 900 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมหรือ 260 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม เมื่อสกัดสารด้วยเอทานอลร้อยละ 60 พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่ากระเทียมสดที่มีปริมาณเคอเวอซิดิน 48-56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด และในหอมที่มีปริมาณเคอเวอซิดิน 40-100 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด อย่างไรก็ตามหอมและกระเทียมมีฤทธิ์ในการยับยั้งและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

Sakanaka, Tachibana and Okada (2005) พบว่าการสกัดสารจากใบชา persimmon โดยใช้ น้ำมีประสิทธิผลการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าสารสกัดจากเมทานอล โดย DPPH radical-scavenging แสดงการยับยั้งได้มากถึงร้อยละ 90 และกระบวนการ Scavenging against superoxide anion radicals แสดงการยับยั้งได้เพียงร้อยละ 50

## 2. สารต้านเชื้อจุลินทรีย์

หยาดรุ่ง สุวรรณรัตน์ (2544) พบว่าสารสกัดอย่างหยาบของพืชสมุนไพร 14 ชนิด สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella enteritidis*, *S. para*, *S. typhi*, *S. typhimurium*, *Vibrio cholerae* และ *V. parahaemolyticus* โดยวิธี paper disc diffusion พบว่าสารสกัดจากกระเทียมสดมีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด

พนมพร ภาณุทัต และ สาวิตริ วทัญญูไพศาล (2546) พบว่า สารสกัดจากหอมใหญ่ และกระเทียมยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E.coli* และ *S.aureus* ในขณะที่สารสกัดจากหอม และพริกยับยั้ง *S. aureus* เท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าการยับยั้งเชื้อ *E. coli* จากสารสกัดหอมใหญ่ ด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลจะเกิดการยับยั้งเป็นบริเวณใสแพร่ชนกันมีระยะกว้างมากขึ้น

กรรณิกา เนื่องภา ปรากรม ประยูรรัตน์ และ แสงมณี ชิงดวง (2548) ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพสมุนไพรบางชนิด (กระเทียม หอมแดง สدابเสื่อ มะกรูดและหอมหัวใหญ่) ที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Fusarium sp.* พบว่ากระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อ *C. gloeosporioides* และ *Fusarium sp.* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือหอมหัวใหญ่ หอมแดงและสดาบเสื่อ ที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Fusarium sp.* ได้และยับยั้งเชื้อ *C. gloeosporioides* ได้ดีที่น้ำหนัก 10 กรัม ถ้ามีการเพิ่มปริมาณสมุนไพรมากขึ้นจะทำให้สามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีขึ้น

ศศิธร วุฒินิษฐ์ และ สุพจน์ ศุภนันทร (2549) พบว่า การแยกส่วนสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมและผลสมอพิเภก โดยวิธี quick column chromatography ได้สาร 31 ลำดับส่วน ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ได้แก่ ลักษณะใสไม่มีสี สีเหลือง

อ่อน สีเหลืองเข้ม สีน้ำตาล สีน้ำตาลแดง สีดำ มีตะกอนและไม่มีตะกอน จึงนำสารแต่ละลำดับ การชะล้างมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Ralstonia solanacearum* โดยวิธี paper disc agar diffusion บนอาหาร double layer NGA พบว่า ส่วนของสารสกัดที่แยกได้จากเปลือกผลทับทิม ลำดับการชะล้างที่ 22, 23, 24, 25, 26, 27 และ 28 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ โดยให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณยับยั้งเฉลี่ย 0.88, 1.26, 1.50, 1.70, 1.60, 1.40 และ 1.18 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนของสารสกัดจากผลสมอพิเภกสามารถยับยั้งเฉลี่ย 0.09, 1.25, 1.05, 1.01, 1.21, 1.48, 1.55, 1.36 และ 1.13 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดที่แยกลำดับส่วนที่สามารถยับยั้งเชื้อ *R. solanacearum* ไปวิเคราะห์สารประกอบพฤษเคมี (phytochemical method) พบว่าสารออกฤทธิ์เป็นสารกลุ่ม Flavonoids และ tannin

Rauha et al. (2000) พบว่าฟลาโวนอยด์ที่สกัดมาจากพืช เช่น เคลาเบอร์รี่ (Cloudberry) เปลือกมันฝรั่ง (husk potato) ราสเบอร์รี่ (raspberry) บิลเบอร์รี่ (bilberry) ใช้เป็นสารกันเสียในอาหาร มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ที่เป็นสาเหตุต่อการทำให้อาหารเป็นพิษ (food poisoning) เช่น *Staphylococcus aureus* แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อยีสต์และรา ยกเว้นสารสกัดจากราสเบอร์รี่และบิลเบอร์รี่สามารถต้านเชื้อ *Candida albicans* ได้เพียงเล็กน้อย

Park et al. (2003) ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารควานอน จี ที่สกัดจากเปลือกของต้นหม่อน พบว่า สารควานอน จี สามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans*, *S. sobrinus*, *S. sanguis* และ *Porphyromonas gingivalis* ที่ระดับความเข้มข้น 8.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

Sohn et al. (2004) ศึกษากระบวนการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารประกอบฟลาโวนอยด์ 18 ชนิดที่สกัดจากรากต้นหม่อน พบว่าสารดังกล่าวสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะสาร kuwanon C, mulberrofuran G, albanol B, kenusanone A และ sophoraflavanone G สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 5-30 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สาร Morusin, sanggenon B และ D, kazinol B, kurarinone, kenusanone C และ isosophoranone มีผลต่อแบคทีเรียแกรมบวกบางชนิด อีกทั้งสาร brousochalcone A มีผลต่อเชื้อ *Candida albicans* และทดสอบหาปริมาณ  $IC_{50}$  ของสาร papyriflavonol A, kuraridin, sophoraflavanone D, sophoraisoflavanone A และ brousochalcone A มีค่าเท่ากับ 20.9, 37.8, 39.1, 22.1 และ 22.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร



Chacha, Moleta, and Majinda (2005) รายงานว่าสารสกัดฟลาโวนอยด์ชนิดไอโซฟลาโวน (Isoflavones) และฟลาวาโนน (flavanone) จากเปลือกไม้ของ *Erythrina latissima* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E.coli*, *S.aureus* และเชื้อยีสต์ *Candida mycoderma*

### 3. การประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์

McCarthy et al. (2001) รายงานว่า การนำสารสกัดจากเคลลาเบอร์รี่ (cloudberry) หัวบีท (beetroot) หลิว (willow herb) ชา (tea) โสม (ginseng) มาใช้ในการเก็บรักษาเนื้อหมูปด ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารสกัด 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก เนื้อปด 1 กิโลกรัม สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 6 วัน

Pazos et al. (2005) รายงานว่า การนำสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดใน กอญุ่นมาใช้เป็นวัตถุกันเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของไขมันในปลาและเนื้อปลาแช่เยือกแข็ง สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 3 เดือน