บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

แมงลัก (Hairy basil หรือ Hoary basil) เป็นพืชล้มลุกในวงศ์ Laminaceae (Labiatae) มีชื่อเรียกเป็นภาษาพื้นบ้านว่า ก้อมก้อขาว (komko khoa) หรือ มังลัก (mang lak) (เต็ม สมิตินันท์, 2523) จัดเป็นพืชชนิดเดียวกับโหระพา โดยกรมป่าไม้ (2491) ได้จัดให้ใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ร่วมกันว่า *Ocimum basilicum* Linn. รวมทั้งยังมีชื่อพ้องอีกหลายชื่อ ได้แก่ *Ocimum canum* Sims. และ *Ocimum americanum* Linn. โดยในการทดลองนี้ใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum canum* Sims. เนื่องจาก ผู้ทดลองในประเทศไทยนิยมใช้ชื่อนี้เป็นชื่อวิทยาศาสตร์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแมงลัก

แมงลักเป็นพืชที่พบในเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกา และเอเชีย เป็นพันธุ์ไม้ล้มลุกขนาดเล็ก (ภาพที่ 2.1) มักปลูกไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรุงอาหาร ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 65 เซนติเมตร มีกลิ่นหอม ดอกออกเป็นช่อที่ปลายกิ่งหรือยอด กลีบดอกมีสีขาว ดอกออกโดยรอบก้านช่อเป็นชั้นๆ (พยอม ตันติวัฒน์, 2521) ขอบใบเรียบหรือหยักเป็นฟันเลื่อย มีขนตามขอบใบและเส้นใบ ใบกว้างประมาณ 0.9-2.5 เซนติเมตร ยาว 2.5-5.0 เซนติเมตร ก้านใบยาว 1.0-2.5 เซนติเมตร ผลของแมงลักเป็นผลแห้งแบบ nutlet มีสีน้ำตาลเกือบดำ รูปรี มี 4 เมล็ดติดกันในหนึ่งดอก มักเรียกผลของแมงลักว่าเมล็ด (สมชาย ประยูรรักษ์, 2535; วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2536)

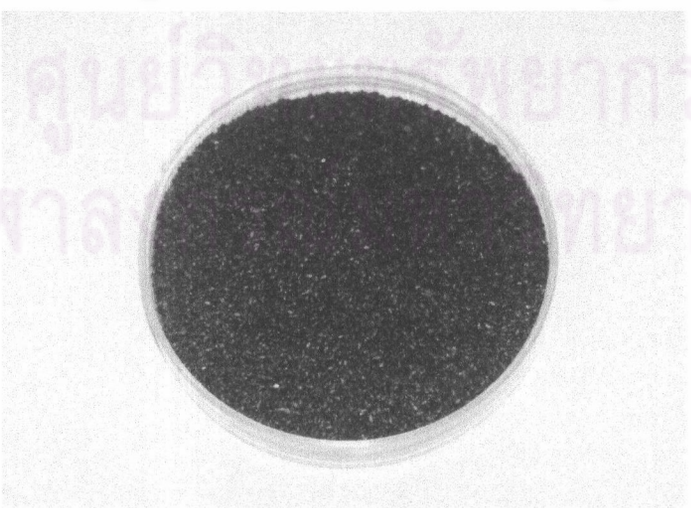
(ที่มา : สมชาย ประยูรรักษ์, 2535)

ภาพที่ 2.1 ต้นแมงลัก

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดแมงลัก

เมล็ดแมงลักเป็นเมล็ด รูปร่างรี สีดำ มีขนาดเฉลี่ย 2.0x1.0x0.8 มิลลิเมตร เมื่อนำมาแช่น้ำจะเกิดการพองตัว (ภาพที่ 2.2) เปลือกนอกจะพองออกเป็นเมือกสีขาว หนา และโปร่งแสง ส่วนเมล็ดในคงเดิม เมล็ดที่พองเต็มที่แล้วมีขนาดประมาณ 4.5x3.0x2.7 ถึง 5.0x4.0x3.0 มิลลิเมตร โดยพบว่า เมล็ดแมงลักหนัก 1 กรัม สามารถพองตัวในกระบอกตวงได้จนมีปริมาตรถึง 35-40 มิลลิลิตร (ป่วน เจริญพานิช, 2518) การพองตัวของเมล็ดแมงลักในน้ำส่วนใหญ่จะเกิดภายในช่วงเวลา 10-60 นาที จากนั้นจะพองตัวได้ต่อไปอีก โดยจะพองตัวเต็มที่ภายใน 12 ชั่วโมง โดยที่เมล็ดแมงลักที่ผ่านการบดสามารถดูดน้ำได้ดีกว่าเมล็ดแมงลักปกติในเวลาเท่ากัน อีกทั้งการพองตัวของเมล็ดแมงลักยังขึ้นกับอุณหภูมิด้วย โดยการแช่เมล็ดแมงลักที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้เมล็ดแมงลักพองตัวได้เร็วขึ้น (อวย เกตุสิงห์ และ อุไร อรุณลักษณ์, 2493)

Mathews , Singhal และ Kulkarni (1993) ทำการศึกษาการพองตัวของเมล็ด *Ocimum basilicum* ในน้ำและน้ำนม พบว่า เมล็ดจะพองตัวในน้ำได้ดีกว่าในน้ำนม เนื่องจากในน้ำนมมีองค์ประกอบต่างๆ และแร่ธาตุอยู่มาก จึงอาจเกิดการขัดขวางการพองตัวของสารเมือก โดยจะพองตัวเต็มที่ภายในเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยสามารถดูดน้ำได้สูงถึง 22.0 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม แต่การดูดน้ำจะลดลงหลังจาก 26 ชั่วโมง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการคายน้ำของสารเมือก หรือการแยกตัวเนื่องจากเกิดการหมักของสารเมือก เห็นได้จากฟองแก๊สที่เกิดขึ้นหลังจาก 22 ชั่วโมง และพบว่า การพองตัวของเมล็ด *Ocimum basilicum* ในอุณหภูมิต่ำประมาณ 10 องศาเซลเซียส จะช้ากว่าที่อุณหภูมิห้อง



<u>ภาพที่ 2.2</u> เมล็ดแมงลัก

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมงลัก

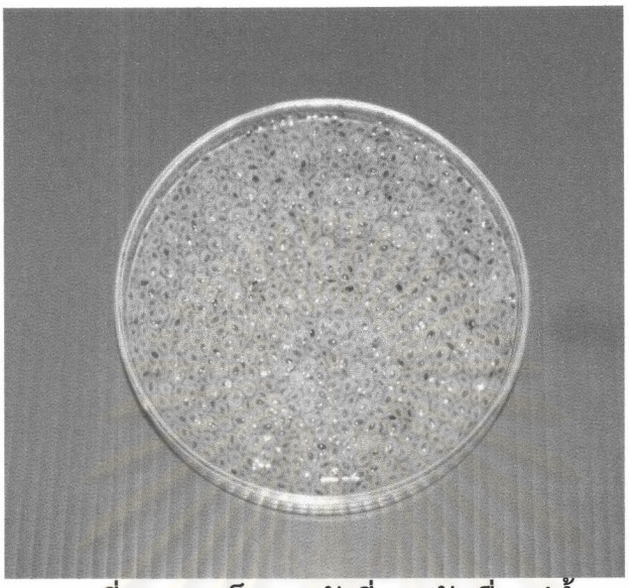
อวย เกตุสิงห์ และ อุไร อรุณลักษณ์ (2493) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมงลัก พบว่า มีความชื้น 14.10% , โปรตีน 17.87% , ไขมัน 19.60% , และคาร์โบไฮเดรต 55.66% ในส่วนของคาร์โบไฮเดรตนี้เป็นเส้นใยหยาบ 48.68% และเป็นจำพวกสตาร์ช 6.98%

Mathews , Singhal และ Kulkarni (1993) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด *Ocimum basilicum* พบว่า มีความชื้น 9.63±0.14% , เถ้า 7.70±0.20% , โปรตีน 14.76±1.52% , ไขมัน 13.80±0.29% และคาร์โบไฮเดรต 63.80±2.01% และเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate profile) พบว่า ประกอบด้วย สตาร์ช 8.54±0.64% , เพนโทซาน 10.90±0.43% , น้ำตาลรีดิวซ์อิสระ (free reducing sugar) 0.12±0.07% , เส้นใยหยาบ 22.60±1.56% , acid detergent fiber(ADF) 30.1±1.62% , neutral detergent fiber(NDF) 40.0±1.19% , เฮมิเซลลูโลส 9.87±0.44% , เซลลูโลส 8.03±1.06% , ลิกนินที่ละลายในกรด 22.1±0.56% และ ลิกนิน 35.20±2.02% โดยจัดว่าเมล็ด *Ocimum basilicum* มีปริมาณสตาร์ช และน้ำตาลรีดิวซ์อิสระต่ำ แต่มีปริมาณเส้นใยหยาบ , ADF และ NDF สูง โดยค่า NDF 40% ดังกล่าวจะมีค่าใกล้เคียงกับ psyllium seed ซึ่งจัดเป็นแหล่งของใยอาหาร (dietary fiber) อีกแหล่งหนึ่งด้วย (Van Soest et al., 1983) ในขณะที่รำข้าวสาลี (wheat bran) มีค่า NDF เกือบร้อยละ 50 จึงจัดว่า เมล็ด *O.basilicum* น่าจะเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดีได้อีกแหล่งหนึ่ง

ประโยชน์ของเมล็ดแมงลัก

เมล็ดแมงลักมีสารที่เมื่อแช่น้ำแล้วจะพองตัว มีลักษณะเป็นเมือก (ภาพที่ 2.3) โดยทั่วไปใช้ผสมในขนมหลายชนิด ทั้งยังสามารถใช้เป็นอาหารถ่วงท้องในคนที่เป็นโรคเบาหวาน หรือคนที่ต้องการลดหรือควบคุมน้ำหนักได้อีกด้วย (พาณี เตชะเสน, 2521; วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2536) นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาระบายชนิด Bulk-forming Laxatives (ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ, 2526) ซึ่งเป็นยาระบายตัวแรกที่สมควรนำมาใช้รักษาอาการท้องผูก เนื่องจากให้ผลใกล้เคียงกับธรรมชาติของร่างกายมากที่สุด โดยจะพองตัวในลำไส้เกิดเป็นเจลช่วยหล่อลื่น (Intestinal fluid) และกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ใหญ่ ออกฤทธิ์ภายใน 12-24 ชั่วโมง เหมาะกับผู้ที่รับประทานอาหารที่ไม่ค่อยมีกาก เช่น คนไข้หลังผ่าตัด หรือในคนสูงอายุ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นพวก hydrophilic colloid ที่ไม่

ดูดซึม จึงไม่รบกวนการดูดซึมของสารอาหาร แต่ข้อสำคัญจะต้องรับประทานกับน้ำในปริมาณที่มากพอ เพื่อป้องกันการอุดตันลำไส้ และหลอดอาหาร (วีณา จิรัจฉริยากูล, 2534)



ภาพที่ 2.3 เมล็ดแมงลักที่พองตัวเมื่อแช่น้ำ

มณฑนา ธีรจันทรานนท์ (2539) ศึกษาการใช้เมล็ดแมงลักกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบว่าการให้คำแนะนำทางโภชนบำบัด ร่วมกับการรับประทานเมล็ดแมงลักในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน (non-insulin dependent diabetic patients) ทำให้ระดับน้ำตาล , ระดับคอเลสเตอรอล และระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของผู้ป่วยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทำให้ผลทางคลีนิคของผู้ป่วยเบาหวานชนิดนี้ดีขึ้น

สารเมือกจากเมล็ดพืช (seed mucilage)

สารเมือก (mucilage) คือ สารโมเลกุลใหญ่ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ คล้ายกับ สตาร์ช เซลลูโลส และ ไกลโคเจน แต่โครงสร้างของสารเมือกนั้นจะมีความซับซ้อนมากกว่า จัดอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์เส้นใยธรรมชาติประเภทใยอาหารที่ละลายได้ (soluble dietary fiber) ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับพวกกัม (gum) (Tharanathan, 1977)

ในทางเคมีนั้นสารเมือกและกัมนั้นจัดเป็น heterogeneous polysaccharides กล่าวคือเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยหลายชนิด โดยทั้งสารเมือกและกัมนั้นมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกัน เมื่อถูกย่อยจะให้เฮกโซส (hexoses) , เพนโทส (pentoses) และกรดยูโรนิค (uronic acid) นอกจากนี้จะมีสารอื่นรวมอยู่ด้วย เช่น แทนนิน (tannin) และโปรตีน แต่สารเมือกและกัม

จะแตกต่างกันทั้งในด้านของแหล่งกำเนิดและคุณสมบัติทางกายภาพ โดย กัมเป็นสารที่เกิดจากการที่ต้นไม้ถูกรบกวนจากแมลง หรือเชื้อจุลินทรีย์ หรือเกิดบาดแผลขึ้นโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ต้นไม้ก็จะสร้างสารจำพวกกัมขึ้นตรงจุดที่เกิดบาดแผลนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ ส่วนสารเมือกนั้น เป็นสารที่พืชสร้างขึ้นตามธรรมชาติ และมักบรรจุอยู่ในเซลพิเศษที่พืชสร้างขึ้นโดยเฉพาะ อีกทั้งคุณสมบัติในการละลายของสารเมือกและกัมก็แตกต่างกัน คือ เมื่อนำมาละลายน้ำกัมจะให้สารละลายหรือเจลที่มีคุณสมบัติเป็นกาว (adhesive) ส่วนสารเมือกจะให้สารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ (colloid) เหนียวข้น แต่ไม่มีคุณสมบัติเป็นกาว (non-adhesive) (วีณา จิรัจฉริยากูล, 2534)

สารเมือกจากเมล็ดจะได้จากเมล็ดของพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ *Ocimum sp.*(Ocimum seed) , *Plantago sp.*(Phyllium seed) , *Cydonia oblonga*(Quince seed) , *Tamarindus indica*(Tamarind seed) , *Linum usitatissimum*(Linseed , Flaxseed) , *Hibiscus ficulneus* Linn.(deola mucilage) , *Sinapis alba* L.(Yellow mustard seed) , *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer(coffee bean) , *Ceratonia siliqua*(Locust bean) , *Cyamopsis tetragonolobus*(Guar) and *Caesalpinia spinosa*(Tara)

โครงสร้างของสารเมือกจากเมล็ดพืช

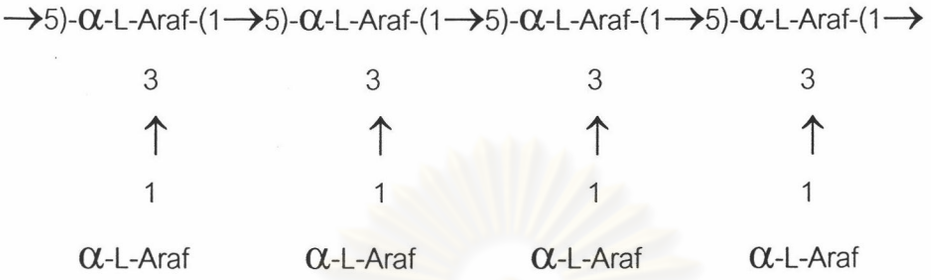
สารเมือกจากเมล็ดพืชต่างๆ จะมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้าง โดยโครงสร้างของสารเมือกจะประกอบด้วย 3 ส่วน (Tharanathan, 1977) ได้แก่

1. น้ำตาล ประกอบด้วยน้ำตาลชนิดต่างๆ ได้แก่
   น้ำตาลเฮกโซส เช่น กลูโคส กาแลคโตส แมนโนส
   น้ำตาลเพนโทส เช่น ไซโลส(xylose) อราบิโนส (arabinose)
   น้ำตาล 6-deoxyhexoses เช่น แรมโนส(rhamnose) ฟรุคโตส(fructose)
2. กรดยูโรนิค เช่น กรดกลูคิวโรนิค(glucuronic acid) กรดกาแลคติวโรนิค (galacturonic acid) และ กรดแมนนิวโรนิค(mannuronic acid) เป็นต้น
3. หมู่ที่แทนที่น้ำตาล เช่น หมู่อะซิติล (acetyl group) หมู่เมทิล (methyl group) เป็นต้น

สามารถแบ่งชนิดของสารเมือกจากเมล็ดพืชตามลักษณะโครงสร้างได้ ดังนี้

1. **Homoglycan** คือ พวกที่ภายในโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลเพียงชนิดเดียว เช่น

1.1 L-arabinan ในสารเมือกจากเมล็ดมัสตาร์ด(mustard seed) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างเป็นสายของน้ำตาลอราบิโนสต่อกันด้วยพันธะ α (1→5) และต่อกับสายของน้ำตาลอราบิโนสอีกสายด้วยพันธะ α (1→3) (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้าง L-arabinan ของสารเมือกจากเมล็ดมัสตาร์ด

1.2 D-galactan ในสารเมือกจากเมล็ด *Lupinus albus* ซึ่งเป็นสายของน้ำตาลกาแลคโตสต่อกันด้วยพันธะ β (1→4) (ภาพที่ 2.5)

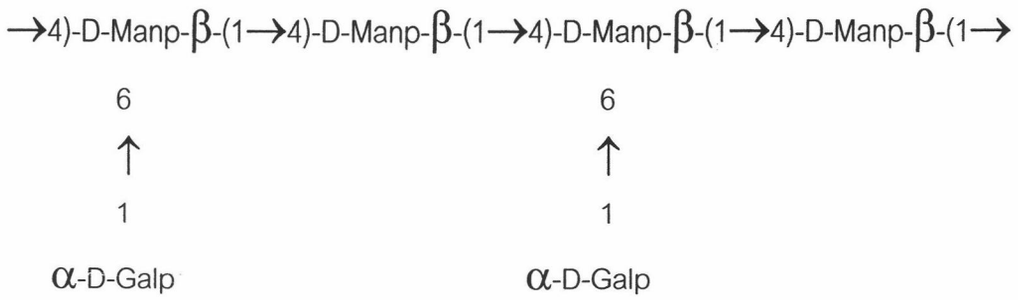
ภาพที่ 2.5 โครงสร้าง D-galactan ของสารเมือกจากเมล็ด *Lupinus albus*

1.3 D-galacturonan ในสารเมือกจากเมล็ดดอกทานตะวัน ซึ่งเป็นสายของกรดกาแลคทิวโรนิค ต่อกันด้วยพันธะ α (1→4) (ภาพที่ 2.6)

ภาพที่ 2.6 โครงสร้าง D-galacturonan ของสารเมือกจากเมล็ดทานตะวัน

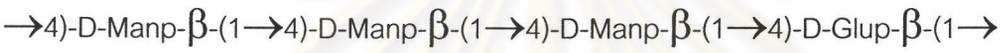
2. Heteroglycans คือ ภายในโครงสร้างจะประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไป เช่น

2.1 Galactomannan พบในกัวกัม ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสต่อกันด้วยพันธะ β (1→4) โดยมีโมเลกุลของน้ำตาลกาแลคโตสมาเชื่อมต่อด้วยพันธะ α (1→6) ที่ตำแหน่งน้ำตาล C-6 (ภาพที่ 2.7)



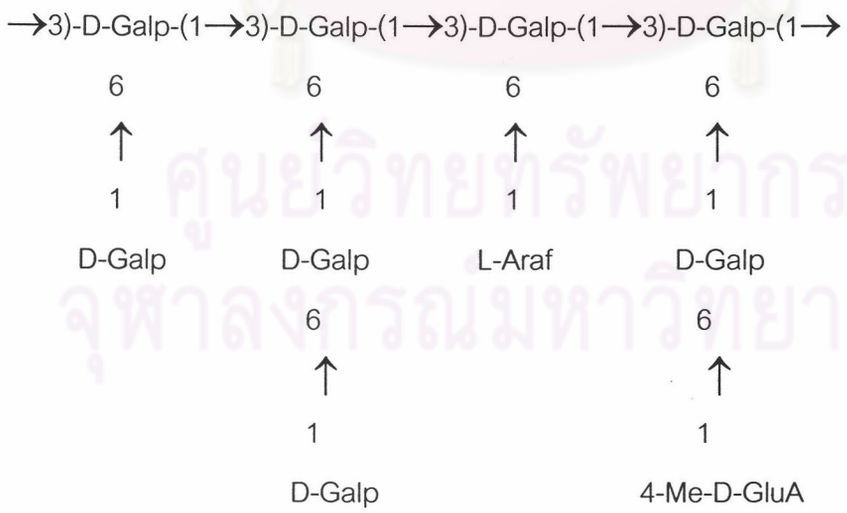
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของ Galactomannan จากเมล็ดกัว

2.2 Glucomannan พบในเมล็ดไอริช (iris seed) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและแมนโนส ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ β (1→4) (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 โครงสร้าง Glucomannan จากเมล็ดไอริช

2.3 Arabinogalactan พบในเมล็ด capsicum มีลักษณะเป็นสายของน้ำตาลอราบิโนสเชื่อมกันด้วยพันธะ α (1→3) โดยมีน้ำตาลกาแลคโตส , น้ำตาลอราบิโนส และอนุพันธ์ 4-O-methyl-glucuronic acid มาเชื่อมต่อด้วยพันธะ α (1→6) (ภาพที่ 2.9)



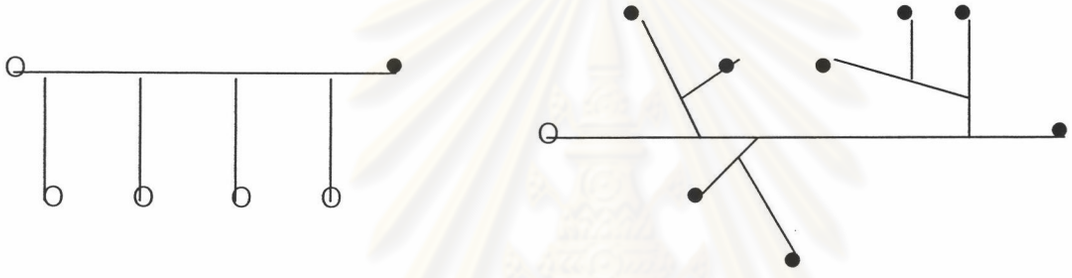
ภาพที่ 2.9 โครงสร้าง Arabinogalactan จากเมล็ด capsicum

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **โครงสร้างที่มีความซับซ้อนสูงและมีกิ่งก้านมาก** (highly complicated and branched structures) โดยในโครงสร้างจะประกอบด้วย 2 ลักษณะ (ภาพที่ 2.10) ได้แก่

3.1 โครงสร้างคล้ายหวี (Comb-like structure) เช่น โครงสร้างของสารเมือกจากเมล็ด Cress (*Lepidium sativum*) ซึ่งประกอบด้วยสาย xyloaraban (สายของ D-xylose ต่อกับ L-arabinose ด้วยพันธะ α (1→3)) ต่อกับสายหลักที่เป็น L-arabinan ที่ตำแหน่ง C-3 ด้วยพันธะ α (ภาพที่ 2.11)

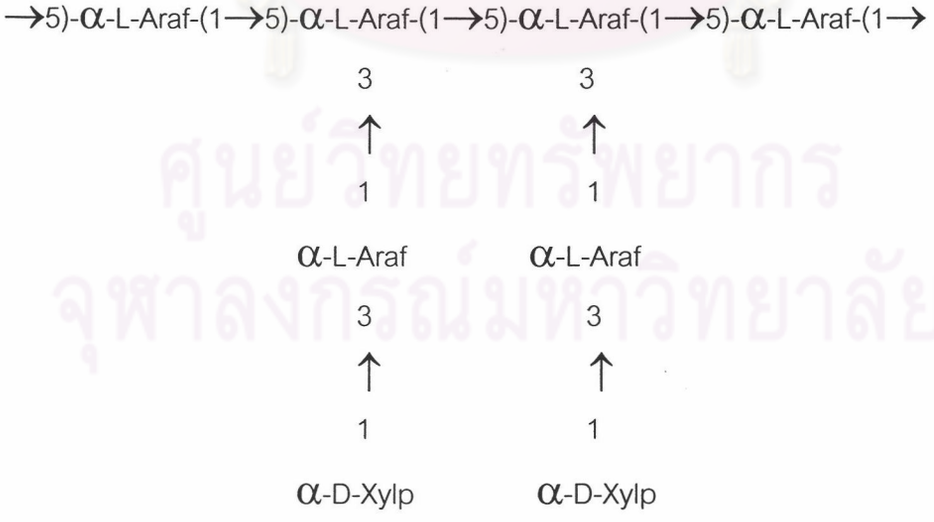
3.2 โครงสร้างคล้ายต้นไม้ (Tree-like structure) เช่น โครงสร้างของ mesquite gum ซึ่งประกอบด้วยสายหลัก คือ 4-O-methyl glucuronogalactan ที่มีกิ่งก้านซับซ้อนมาก (ภาพที่ 2.12)



(O = reducing end , ● = non-reducing end)

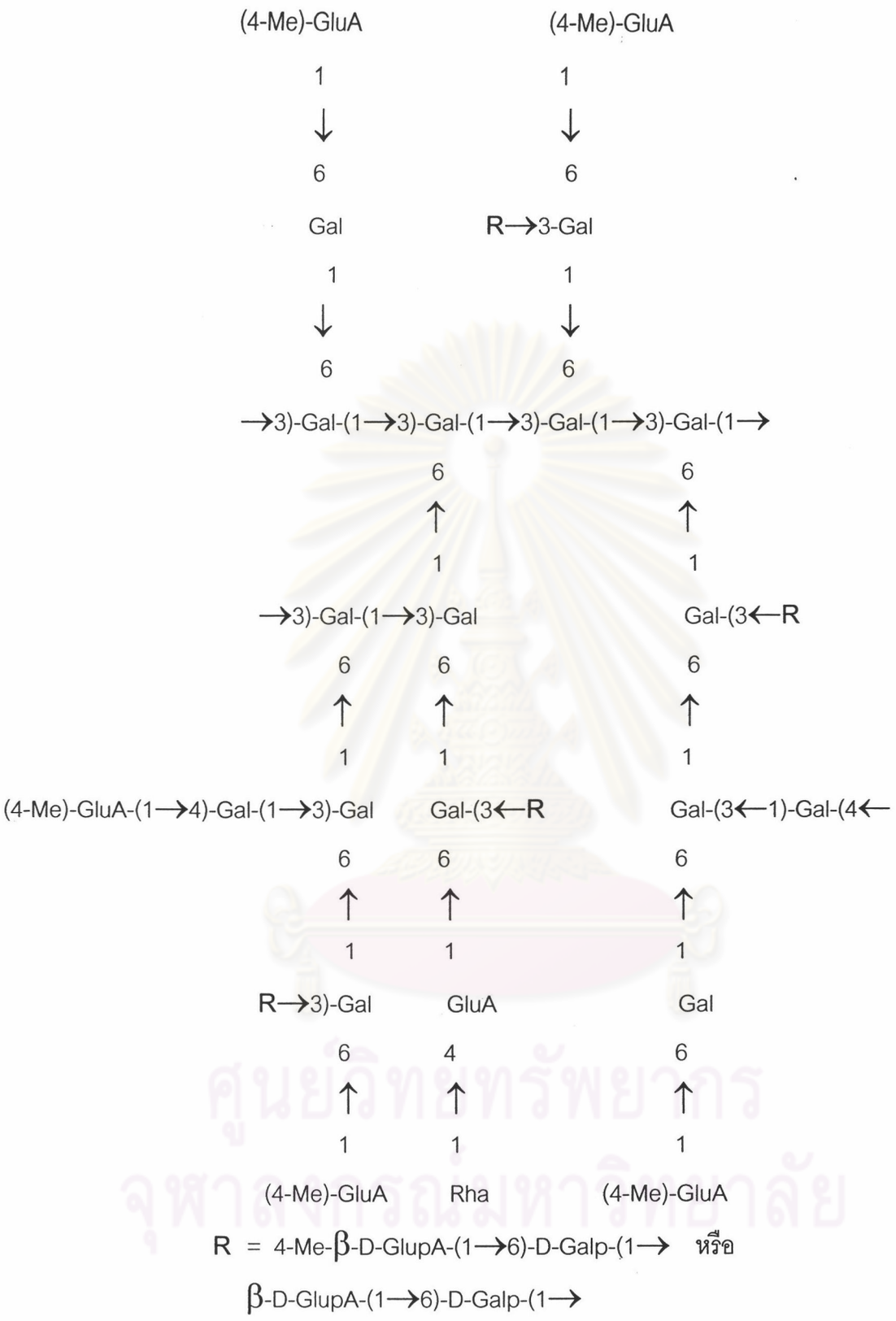
(ก) โครงสร้างคล้ายหวี (ข) โครงสร้างคล้ายต้นไม้

ภาพที่ 2.10 โครงสร้างสายพอลิแซคคาไรด์ที่มีความซับซ้อนสูง



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างสายพอลิแซคคาไรด์แบบที่มีความซับซ้อนสูงของสารเมือกจากเมล็ด Cress

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างสายพอลิแซคคาไรด์แบบคล้ายต้นไม้ของ mesquite gum

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ยังมีสารเมือกจากเมล็ดพืชอีกหลายชนิดที่ยังไม่ทราบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างสายพอลิแซคคาไรด์อย่างชัดเจน เนื่องจาก โครงสร้างที่มีความซับซ้อนสูง ทำให้ไม่สามารถแยก(isolate) ออกมาได้อย่างชัดเจน จึงทราบเพียงแต่โครงสร้างหลัก(core-structures) เท่านั้น เช่น

- สารเมือกจากเมล็ด *O.canum* ประกอบด้วยสายพอลิแซคคาไรด์ที่แตกต่างกันอย่างน้อย 3 สาย โดยเป็นสายของน้ำตาล C-6 (hexosan) 2 สาย เชื่อมต่อกับสาย acidic pentosan 1 สาย

- สารเมือกจากเมล็ด *O.basilicum* ประกอบด้วยสายพอลิแซคคาไรด์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 4 สาย ได้แก่ กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งเป็นสายหลักที่ทนต่อการย่อยด้วยกรด (acid-stable core-polysaccharide) , กลูแคน (glucan) , อราแบน (araban) และ สาย acidic pentosan

กรรมวิธีการแยกสารเมือกจากเมล็ดพืช

การแยกสารเมือกออกจากเมล็ดพืช มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

1. **เพื่อขจัดส่วนสารเมือกที่ไม่ต้องการออก** โดยใช้วิธีการทางเคมีและเอนไซม์ โดยสารเมือกที่ถูกขจัดออกโดยวิธีการนี้จะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากโครงสร้างที่ถูกทำลายไปจากการทำปฏิกิริยากับสารเคมี และการย่อยด้วยเอนไซม์ เช่น

- การขจัดสารเมือกออกจากเมล็ดป่าน (flaxseed) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโปรตีนสำหรับทำเป็นอาหารสัตว์ โดยพบว่าการแช่เมล็ดป่านในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.10 โมลาร์ นาน 12 ชั่วโมง หรือ การใช้เอนไซม์ (Viscozyme® L) นาน 3 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณสารเมือกในเมล็ดป่านลงได้ ทำให้ร้อยละของผลผลิตโปรตีนในอาหารสัตว์สูงขึ้น (Wanasundara and Shahidi, 1997)

- การขจัดสารเมือกออกจากเมล็ดกาแฟ (*Coffea arabica* L.) โดยสารเมือกจะอยู่ในส่วนที่เรียกว่า inner mesocarp (Purseglove, 1974) และถูกขจัดออกโดยปล่อยให้เกิดการหมักตามธรรมชาติในถังหมัก ซึ่งสารพวกพอลิแซคคาไรด์ในสารเมือกจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ และ/หรือ เอนไซม์ภายในเมล็ดกาแฟเอง (Avallone et al., 2000)

2. **เพื่อนำสารเมือกมาใช้ประโยชน์** โดยนิยมใช้วิธีทางกล (mechanical demucilagination) เนื่องจากสามารถนำสารเมือกมาใช้ประโยชน์โดยไม่ทำให้เสียโครงสร้างทางเคมี อาจมีการใช้น้ำร่วมด้วยในขั้นตอนการสกัด ซึ่งจะขึ้นกับคุณสมบัติเฉพาะของสารเมือกและความเหมาะสมของวัตถุดิบ ส่วนการใช้สารเคมีนั้นจะใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำให้สารเมือกที่ได้มี

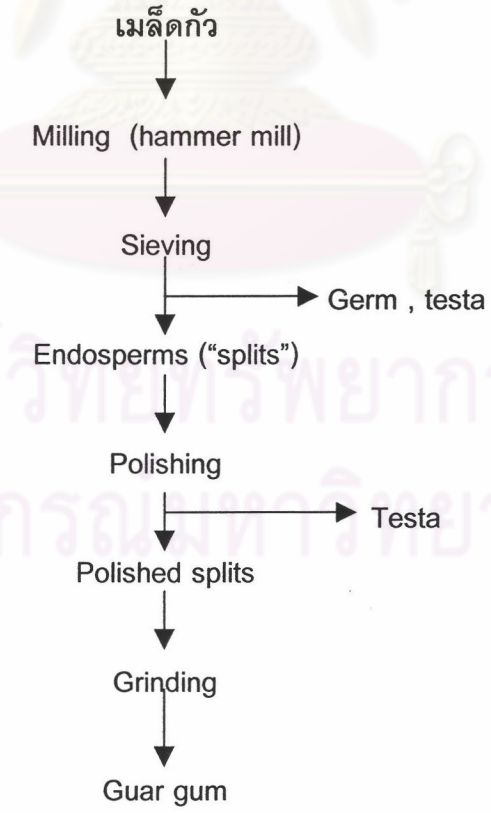
ความบริสุทธิ์มากขึ้น และแยกได้ง่ายขึ้น เช่น การใช้แอลกอฮอล์เพื่อตกตะกอนสารเมือก เป็นต้น แบ่งการแยกได้เป็น 2 วิธีหลัก คือ

2.1 การแยกแบบแห้ง (dry demucilagination)

เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการผลิตสารเมือกจากเมล็ดพืชเพื่อใช้ในทางการค้า เช่น การผลิตกัวกัม (Guar gum) , โลคัสบีนกัม (Locust bean gum) , ทารากัม (Tara gum) และ กัมจากเมล็ดมะขาม (Tamarind gum) เป็นต้น เนื่องจากสารเมือกที่อยู่ในเมล็ดเหล่านี้จะอยู่ภายในบริเวณที่เรียกว่า "เอนโดสเปิร์ม" (endosperm) จึงเหมาะที่จะใช้วิธีการแยกแบบแห้งมากที่สุด หรือการแยกสารเมือกจากเมล็ด Psyllium (*Plantago sp.*) เป็นต้น

2.1.1 การผลิตกัวกัม

กัวกัม เป็นสารให้ความหนืดที่ได้มาจากส่วนเอนโดสเปิร์มของเมล็ด *Cyamopsis tetragonolobus* การผลิตกัวกัม (ภาพที่ 2.13) จะนำฝักของต้นกัวมาทำการแยกเอาแต่ส่วนเมล็ด แล้วบดใน hammer mill จากนั้นทำการคัดแยกเอาแต่ส่วนเอนโดสเปิร์มไว้ (เรียกส่วนนี้ว่า "splits") นำส่วนเอนโดสเปิร์มที่ได้มาขัดเอาส่วน testa ออก จะได้ส่วน splits คิดเป็นร้อยละ 25-30 ของเมล็ดกัว เมื่อนำไปบดจะได้เป็น "กัวกัม"

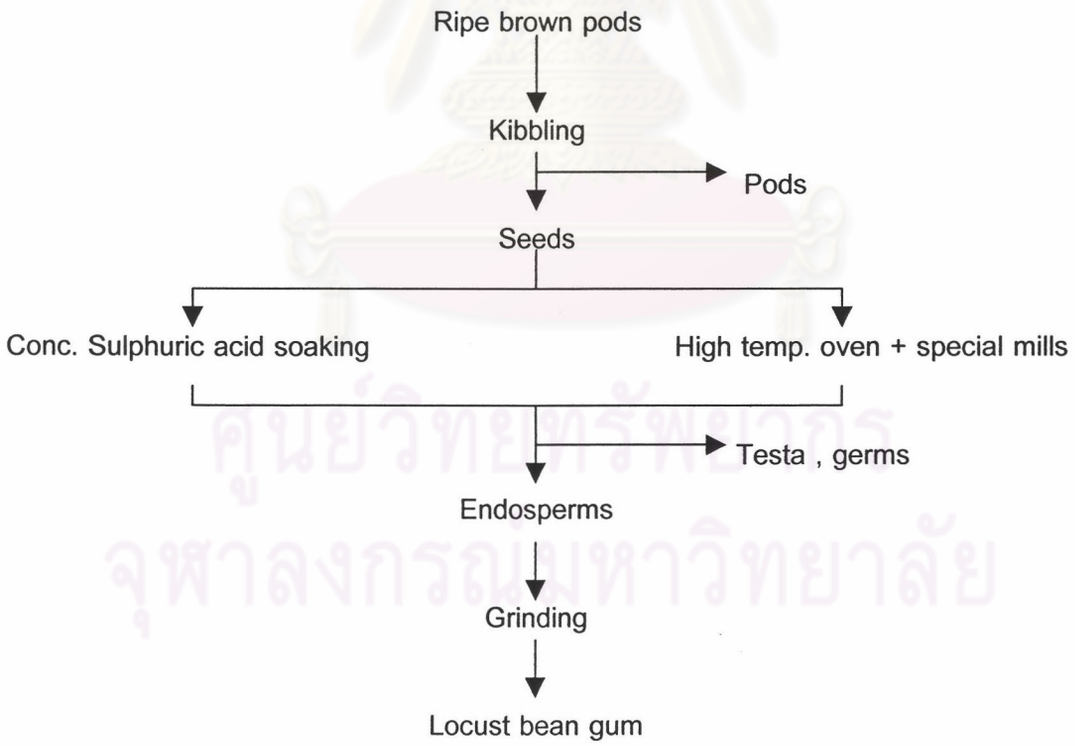


ภาพที่ 2.13 กรรมวิธีการผลิตกัวกัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 การผลิตโลคัสบีนกัม

โลคัสบีนกัม เป็นสารให้ความหนืดที่ได้จากส่วนเอนโดสเปิร์มของเมล็ด *Ceratonia siliqua* การผลิตโลคัสบีนกัม (ภาพที่ 2.14) ทำได้โดยนำฝักที่สุกเป็นสีน้ำตาลแล้วมาผ่านกรรมวิธีที่เรียกว่า "kibbling" โดยเป็นการทำให้ฝักแตกออกเพื่อแยกส่วนเมล็ดออกมา เมล็ดที่ได้จะมีเยื่อเซลลูโลสบางๆ สีน้ำตาลเข้ม (testa) หุ้มอยู่ จึงต้องนำไปแช่ในกรดซัลฟูริกเข้มข้นเพื่อกำจัดส่วนนี้ออกซึ่งทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดกรดออก ในปัจจุบันจึงได้เปลี่ยนมาเป็นใช้การอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิสูง และบดในเครื่องบดเฉพาะ ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดเปราะและหลุดออกจากส่วนเอนโดสเปิร์ม อีกทั้งการบดจะทำให้ส่วนของ germ หลุดออกจากเอนโดสเปิร์มด้วย เมื่อได้เอนโดสเปิร์มก็จะนำไปบดให้ละเอียดเป็นโลคัสบีนกัม ซึ่งวิธีการนี้ไม่สามารถทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกไปจากเอนโดสเปิร์มได้ทั้งหมด โดยจะเห็นเป็นผงสีดำอยู่ปนกับโลคัสบีนกัมใช้ในการจัดเกรดของกัม คือ ยิ่งได้ร้อยละของผลผลิตมากขึ้น จะมีส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดติดมามากขึ้น ทำให้เกรดต่ำลง โดยจากผลผลิตทั้งหมด ร้อยละ 30 ของน้ำหนักเมล็ดเริ่มต้น จัดเป็นเกรดสำหรับอาหาร (food-grade) อีกร้อยละ 10 จัดเป็นเกรดสำหรับการทดลอง (technical grade) ส่วนที่เหลือใช้สำหรับเป็นอาหารสัตว์



ภาพที่ 2.14 กรรมวิธีการผลิตโลคัสบีนกัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 การผลิตทารากัม

ทารากัม เป็นสารให้ความหนืดที่ได้มาจากส่วนเอนโดสเปิร์มของเมล็ด *Ceasalpinia spinosa* มีกรรมวิธีผลิตเช่นเดียวกันกับโลคัสบีนกัม

2.1.4 การผลิตกัมจากเมล็ดมะขาม

กัมจากเมล็ดมะขาม เป็นกัมที่ได้จากส่วนเอนโดสเปิร์มของเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica*) เป็นกัมที่ใช้มากในอุตสาหกรรมกระดาษ และสิ่งทอ การผลิตทำได้โดยนำเมล็ดมะขามมาคั่วที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที จากนั้นนำไปบดเพื่อให้ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat , testa) ที่กรอบและเปราะแยกตัวออกมา แยกส่วนเอนโดสเปิร์มออกด้วยลม (air separation) หรือโดยการร่อนแยก จะได้กัมที่มีค่าร้อยละผลผลิตสูงถึงร้อยละ 50 แต่กัมที่ได้จะมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 20 , ปริมาณน้ำมันร้อยละ 8 และปริมาณเถ้าร้อยละ 1.8

2.1.5 การผลิตกัมจากเมล็ด Psyllium

กัมจากเมล็ด Psyllium เป็นกัมที่ได้มาจากส่วนเปลือกเมล็ด (husk , hull) ของเมล็ดของพืชในวงศ์ Plantaginaceae โดยเฉพาะ *Plantago ovata* Forskal ที่มีชื่อทางการค้าว่า Blond Psyllium นำมาใช้เป็นยาช่วยระบายประเภท Bulk-Forming laxative ที่มีชื่อทางการค้าต่างๆ เช่น Metamucil® , Agiolax® และ Mucilin® เป็นต้น (วีณา จิรัจฉริยากูล, 2534) มีกรรมวิธีการผลิตโดยการใช้ความดันเพื่อทำให้ส่วนเปลือกแยกออกมา หรือใช้การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (BeMiller et al., 1993)

2.2 การแยกสารเมือกแบบเปียก (wet demucilagination)

เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการแยกสารเมือกจากเมล็ดพืชเพื่อนำมาใช้ในงานวิจัย เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีความจำเพาะกับสารเมือกแต่ละชนิด เช่น เมล็ดมัสตาร์ดเหลือง เมล็ดป่าน เป็นต้น หรือใช้กับเมล็ดพืชที่มีสารเมือกอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดแต่ไม่สามารถแยกโดยการใช้แรงทางกลได้โดยตรง เช่น เมล็ดแมงลัก โดยในการแยกมักใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากสารเมือกเป็นสารที่ละลายได้ดีในน้ำ

2.2.1 การแยกสารเมือกจากเมล็ดมัสตาร์ดเหลือง

Cui และคณะ (1993) ศึกษาวิธีการแยกสารเมือกจากเมล็ดมัสตาร์ดเหลือง (*Sinapis alba* L.) โดยนำเมล็ดมัสตาร์ดเหลืองมาแช่ในน้ำที่อัตราส่วน 1 ต่อ 6 ที่อุณหภูมิ

23 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปตกตะกอนด้วย 95%เอทานอล และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการ dialysis และทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze-dry) จะได้สารเมือกเมล็ดมัสตาร์ดแห้ง

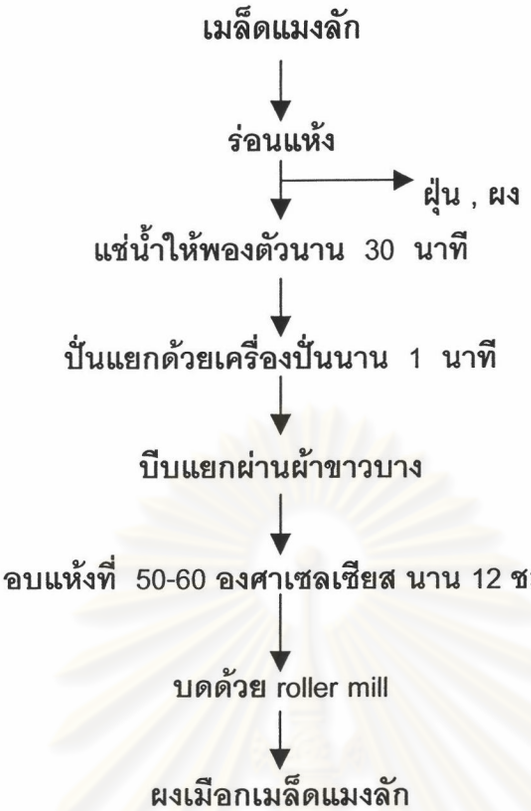
2.2.2 การแยกสารเมือกจากเมล็ดป่าน

Mazza และ Biliaderis (1989) ศึกษาวิธีการแยกสารเมือกจากเมล็ดป่าน (Flaxseed , Linseed , *Linum usitatissimum* L.) โดยนำเมล็ดป่านมาแช่น้ำในอัตราส่วนเมล็ดป่านต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 20 และแปรอุณหภูมิของน้ำที่ใช้แช่เป็น 25 องศาเซลเซียส 100 องศาเซลเซียส และ เริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงในระหว่างแช่จนมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า การแช่เมล็ดป่านในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าร้อยละของผลผลิต (%yield) สูงขึ้น แต่ก็ทำให้มีสีที่คล้ำลง (browning) ด้วย ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารเมือกจากเมล็ดป่านคือ การใช้น้ำเดือดในช่วงเริ่มต้นของการแช่ แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงนาน 2 ชั่วโมง ทำให้ได้ค่าร้อยละของผลผลิตสูง (ประมาณร้อยละ 8) ในขณะที่สีของสารเมือกที่ได้ดีขึ้น จากนั้นทำให้เข้มข้นใน vacuum rotary evaporator แล้วตกตะกอนด้วยเอทานอล แล้วจึงนำไปทำแห้งแบบเยือกแข็ง

2.2.3 การแยกสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก

ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ (2526) แยกสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก (ภาพที่ 2.15) โดยนำเมล็ดแมงลักมาทำความสะอาดโดยร่อนแยกฝุ่นผงออก จากนั้นแช่น้ำให้พองตัวนาน 30 นาที แล้วปั่นในเครื่องปั่นที่ความเร็วต่ำนาน 1 นาที พบว่า การปั่นแยกสารเมือกที่ความเร็วสูง และ/หรือ ใช้ระยะเวลานาน จะทำให้ผงเมือกที่ได้มีสีคล้ำขึ้นเนื่องจากส่วนเมล็ดสีดำจะถูกบดติดออกมากับสารเมือกมากขึ้น จากนั้นนำมาบีบแยกสารเมือกผ่านผ้าขาวบาง แล้วอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง เมื่อนำมาบดใน roller mill จะได้ผงเมือกแห้งที่ละเอียด ฟุ้งกระจายได้ง่าย มีค่าร้อยละของผลผลิต เท่ากับ 21 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.15 วิธีการแยกเมือกเมล็ดแมงลัก (*Ocimum canum* Sims.)

ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ (2528ข) ศึกษาการทำแห้งสารเมือกเมล็ดแมงลักแบบเยือกแข็ง แทนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน พบว่า การทำแห้งแบบเยือกแข็งจะให้สีของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ขาวกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมาก แต่ไม่สามารถนำเมล็ดแมงลักเข้าทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยตรงได้ เนื่องจากจะได้ลักษณะก้อนสีขาวนิ่มคล้ายโฟม ไม่สามารถบดเป็นผงได้ จึงจำเป็นต้องใช้สารเติม เพื่อช่วยพยุงเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยได้ทดลองเติม แลคโตส แมนนิทอล (mannitol) ไกลซีน (glycine) Polyvinylpyrrolidone และ Potassium phosphate monobasic ที่ปริมาณต่างๆ พบว่า การเติมแลคโตสที่ปริมาณมากกว่า 4%(น้ำหนักต่อปริมาตร) ทำให้ได้สารเมือกเมล็ดแมงลักแห้งที่สามารถบดเป็นผงได้ โดยที่เมื่อปริมาณแลคโตสมากขึ้นจะยิ่งมีความกรอบมากขึ้น แต่การละลายของผงเมือกเมล็ดแมงลักจะลดลงเนื่องจากแลคโตสจะแย่งน้ำในการละลาย ทำให้ผงเมือกเมล็ดแมงลักพองตัวได้ไม่เต็มที่ ความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักจึงลดลงด้วย นอกจากนี้ผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้ยังมีการดูดความชื้นสูง รวมทั้งสีของผงเมือกที่ได้จะคล้ำลงด้วย

การฟอกสีเส้นใยอาหาร (Bleaching)

เส้นใยอาหารที่ได้จากธรรมชาติ โดยเฉพาะเส้นใยอาหารที่เหลือจากการผลิต (by-product) เช่น ใยอาหารจากเมล็ดข้าวสาลีที่เหลือจากการหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ (wheat-based stillage) ซังข้าวโพด รำข้าวสาลี หรือกากผลไม้ เป็นต้น มักมีสีน้ำตาลหรือสีคล้ำ ซึ่งยากต่อการนำไปปรับใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนากระบวนการฟอกสีเพื่อให้ได้เส้นใยอาหารที่มีลักษณะที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ การฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะด่าง (Alkaline Hydrogen Peroxide Bleaching , AHP) (Abdel-Aal และคณะ, 1996 ; Doner และ Hicks, 1997 ; Doner และคณะ, 1998)

การฟอกสีโดยวิธี AHP เป็นการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับสารจำพวกเส้นใยในสภาวะด่าง โดยในช่วงแรกเป็นการใช้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกลูโคสจากเส้นใยพืช โดยเกิดปฏิกิริยา Delignification เปลี่ยนสารจำพวก lignocellulosic ซึ่งเป็นเส้นใยขนาดใหญ่ที่เกิดจากการเกาะเกี่ยวกันด้วยพันธะทางเคมีระหว่าง ลิกนิน (lignin) และเซลลูโลส (cellulose) ภายในผนังเซลล์ (cell wall) ของพืช ให้เป็นลิกนินที่ละลายน้ำได้ (soluble lignin) กับเซลลูโลส (cellulose) ที่สามารถใช้เอนไซม์ย่อยให้เป็นกลูโคสได้ (Gould , 1984 และ Gould , 1985b) โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้ (Gould , 1985a)

สภาวะปกติ :

$$2H_2O_2 \rightleftharpoons H_2O + O_2 \qquad (1)$$

สภาวะด่าง (pKa = 11.6) :

$$H_2O_2 \rightleftharpoons \underset{\text{(hydroperoxy anion)}}{HOO^-} + H^- \qquad (2)$$

hydroperoxy anion จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตัวใหม่ได้เป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (reactive hydroxyl radical) ซึ่งมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาสูง และซุปเปอร์ออกไซด์ (superoxide) ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$H_2O_2 + HOO^- \rightleftharpoons \underset{\text{(hydroxyl radical)}}{\bullet OH} + \underset{\text{(superoxide)}}{O_2^{-}\bullet} + H_2O \qquad (3)$$

Gould (1985) พบว่า ทั้ง hydroxyl radical และ/หรือ superoxide จะเป็นอนุมูลที่เกิดปฏิกิริยากับสารจำพวก lignocellulose โดยมีส่วนหลัก (major site) ในการเกิดปฏิกิริยา คือ ลิกนิน อีกทั้งปฏิกิริยา AHP จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างบางส่วนของเส้นใยเซลลูโลส โดยพบว่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงของหน่วยกลูโคสบางหน่วยในระหว่างเกิดปฏิกิริยา (ประมาณร้อยละ 5) และทำให้มีการทำลายพันธะไฮโดรเจนบางส่วน ทำให้โครงสร้างผลึก (crystalline structure) ของเซลลูโลสมีลักษณะเปิดมากขึ้น และไม่สามารถคืนรูปกลับมาได้อีก จึงมีส่วนที่จะเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์ได้มากขึ้น ประสิทธิภาพในการผลิตกลูโคสจากเส้นใยจึงมากขึ้นด้วย

Gould , Jasberg และ Cote (1989) ศึกษาผลของปฏิกิริยา Alkaline Peroxide ต่อเส้นใยจากข้าวสาลี พบว่า เส้นใยจากข้าวสาลีสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ทำให้มีการพองตัวขยายขนาดมากขึ้น อีกทั้งยังมีส่วนของกลูโคสที่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ได้ดีเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทำให้โครงสร้างภายในของสารประกอบ lignocellulose ซึ่งเดิมเกาะเกี่ยวกันเป็นโครงข่ายที่ซับซ้อน (lignocellulosic matrix) มีลักษณะที่เปิดมากขึ้น ทำให้น้ำสามารถกระจายเข้าไปทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น รวมทั้งทำให้ส่วนผนังเซลล์มีการพองตัวได้ดีขึ้นด้วย ในขณะที่ยังมีลิกนินบางส่วนที่ทนต่อปฏิกิริยา (peroxide-resistant lignin) ทำหน้าที่เป็นโครงหลักให้เส้นใยนั้นมีลักษณะคงรูปอยู่ได้

Abdel-Aal และคณะ (1996) ศึกษาการฟอกสีเส้นใยข้าวสาลีที่เหลือจากการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โดยวิธี AHP พบว่า การฟอกสีโดยวิธี AHP ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เส้นใยข้าวสาลีที่มีความสว่างมากขึ้น ตามสเกล Hunterlab โดยการฟอกสีที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 ให้ผลในการเพิ่มความสว่างของผลิตภัณฑ์ได้เช่นเดียวกับที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 11 ที่เวลาและความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากัน และการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่างสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าการฟอกสีโดยวิธี AHP จะช่วยกำจัดกลิ่นและรสคล้ายยีสต์ (yeast taste and odour) ซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในเส้นใยข้าวสาลีที่เหลือจากการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ทางอาหารต่อไปอีกด้วย

Doner และ Kevin (1997) และ Doner และคณะ (1998) ศึกษาการใช้วิธี AHP เพื่อฟอกสีและช่วยในการแยกส่วนเฮมิเซลลูโลส (หรือที่เรียกว่า Corn fiber gum) จากส่วนซังข้าวโพด ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งข้าวโพด พบว่า การฟอกสีโดยวิธี AHP ทำให้ได้กัม

ที่มีค่าความสว่างมากขึ้น และการกำจัดสตาร์ชออกจากซังข้าวโพดโดยใช้เอนไซม์ α-amylase ก่อนการฟอกสีจะช่วยให้การฟอกสีด้วยวิธี AHP มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของกัมและสารเมือก

กัมและสารเมือกต่างๆ ที่มีคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์แตกต่างกันนั้น มีสาเหตุหลักจากปัจจัย 2 ประการ ได้แก่

1. **ปัจจัยทางเคมี**

เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในโครงสร้างของกัมและสารเมือกนั้นๆ ทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติของกัมนั้นๆ และที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาเคมีซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติด้านต่างๆ เช่น

- ลักษณะโครงสร้าง Galactomannan ที่พบใน กัวกัม , โลคัสบีนกัม และทารากัม ที่มีอัตราส่วนของปริมาณกาแลคโตสต่อแมนโนสแตกต่างกัน จะส่งผลให้กัมทั้ง 3 ชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 : องค์ประกอบ Galactomannan และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของกัวกัม ทารากัม และโลคัสบีนกัม

แหล่งของ Galactomannan	อัตราส่วน กาแลคโตส: แมนโนส	ความหนืดที่ความเข้มข้น 1% (วัดด้วยเครื่อง Brookfield RVF ที่ 20 รอบต่อนาที)		
		เตรียมที่ 25°C วัดที่ 25°C	เตรียมที่ 85°C วัดที่ 25°C	เตรียมที่ 85°C วัดที่ 85°C
กัวกัม				
- น้ำหนักโมเลกุลสูง ($1.9x10^6$ daltons)	1:2	3800	4800	1800
- น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ($0.4x10^6$ daltons)		70	70	20
ทารากัม	1:3	2800	3900	1500
โลคัสบีนกัม	1:4	200	2000	500

(ที่มา : Fox, 1992)

จากตารางที่ 2.1 พบว่า กัวกัมที่มีระดับการแทนที่ (degree of substitution) สูงที่สุดจะมีแนวโน้มที่จะพองตัวในน้ำเย็นได้อย่างเต็มที่ จึงให้ค่าความหนืดได้สูงแม้เตรียมที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับโลคัสบีนกัมที่มีระดับการแทนที่ต่ำ ซึ่งสามารถพองตัวได้อย่างเต็มที่และให้ความหนืดสูงสุดที่อุณภูมิสูงเท่านั้น

นอกจากนี้ อัตราส่วนกาแลคโตสต่อแมนโนสยังส่งผลต่อการใช้กัมที่เป็น Galactomannan ร่วมกับกัมชนิดอื่น เช่น แซนแทนกัม โดยพบว่าโลคัสบีนกัมซึ่งมีระดับการแทนที่ต่ำจะสามารถเกิดเจลที่แข็งแรงได้กับแซนแทนกัม เนื่องจากมีช่องว่างที่สามารถเกิด junction zone กับแซนแทนกัมได้มากจึงสามารถเกิดเป็นโครงข่ายสามมิติ ทำให้เกิดเป็นเจลได้ (Cairns และคณะ, 1987) ในขณะที่ทารากัมจะเกิดเพียงแค่เจลอ่อนๆ กับแซนแทนกัม ส่วนกัวกัมจะส่งผลเพียงเกิดการเสริมกันของความหนืดกับแซนแทนกัมเท่านั้น (Fox, 1992)

- คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methylcellulose , CMC) ซึ่งเกิดจากการนำเซลลูโลสมาทำปฏิกิริยากับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมโมโนคลอโรอะซีเตต(sodium monochloroacetate) ทำให้เกิดการเติมหมู่คาร์บอกซิลเข้าไปในสายของเซลลูโลส ได้เซลลูโลสที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป คือ จากเดิมเซลลูโลสเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำไม่ว่าที่อุณภูมิใด จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่เมื่อกลายเป็น CMC จะสามารถละลายน้ำได้ดีตามระดับการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซิลที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะขึ้นกับความเหมาะสมในการใช้งาน โดย CMC ที่ใช้ในอาหาร (Food-grade) จะมีระดับการแทนที่ตั้งแต่ 0.65-0.95 (Zecher และ Van Coillie, 1992) สามารถใช้ประโยชน์ในการเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร (Thickener) และเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันในอาหาร (Stabilizer) และยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารทดแทนไขมัน (Fat-replacer) ได้อีกด้วย โดยมีชื่อทางการค้าที่รู้จักกันดีคือ Avicel® (Sanderson, 1996)

2. **ปัจจัยทางกายภาพ**

เป็นปัจจัยที่เกิดจากกรรมวิธีการผลิตกัมหรือสารเมือกชนิดนั้นๆ ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของกัมที่ได้ เช่น

- การฟอกสีใยอาหารจากพืชโดยวิธี AHP ทำให้ได้ใยอาหารที่มีค่าการดูดซับน้ำ (water absorption) สูงขึ้น โดย Gould (1985a) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับเส้นใยจากข้าวสาลีหลังจากผ่านปฏิกิริยา Alkaline Peroxide พบว่า เส้นใยจากข้าวสาลีมีการดูดซับน้ำสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมดูดซับน้ำ 7.9 กรัมน้ำต่อกรัมเส้นใย เป็น 23.7 กรัมน้ำต่อกรัมเส้นใย เนื่องจากโครงสร้างผลึกของเซลลูโลสถูกทำลายไป ทำให้น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปภายในเส้นใยได้มากขึ้น เส้นใยจึงดูดซับน้ำได้ดีขึ้น

- การบดหรือการลดขนาดกัมและสารเมือก จะทำให้ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย (average particle size) ของกัมและสารเมือกเปลี่ยนไปซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติของกัมที่ได้ แม้จะเป็นกัมชนิดเดียวกัน โดย Cadden (1987) ศึกษาผลของการลดขนาดอนุภาคต่อลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติในการยึดเกาะกับน้ำ (Water Binding Properties) ในเส้นใยจากพืชหลายชนิด พบว่า ในพืชที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นโครงข่าย (matrix) ที่อุ้มน้ำไว้ภายใน เช่น รำข้าวสาลี การลดขนาดอนุภาคจะส่งผลให้โครงข่ายที่อุ้มน้ำถูกทำลาย ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติในการยึดเกาะกับน้ำของเส้นใยนั้นๆ ส่วนในเส้นใยที่ไม่มีลักษณะโครงข่ายที่อุ้มน้ำอยู่แล้ว เช่น รำข้าวโอ๊ต และ microcrystalline cellulose การลดขนาดจะกลับเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดจับกับน้ำของเส้นใยนั้นๆ ส่งผลให้มีคุณสมบัติในการยึดเกาะกับน้ำได้ดีขึ้น

Auffret และคณะ (1994) ศึกษาผลของการบดเส้นใยจากพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ รำข้าวสาลี , เปลือกถั่ว , เส้นใยจากหัวบีท (Sugar-beet fiber) และเส้นใยจากส้ม ที่มีต่อคุณสมบัติการพองตัว พบว่า การบดทำให้ค่าความสามารถในการพองตัว (Swelling Capacity) และค่าความสามารถในการยึดเกาะกับน้ำของรำข้าวสาลี , เส้นใยจากหัวบีท และเส้นใยจากส้มมีค่าต่ำลง โดยเมื่อเส้นใยชนิดเดียวกันมีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเล็กลง จะทำให้ค่าความสามารถข้างต้นมีค่าลดต่ำลงด้วย เนื่องมาจากการบดไม่ได้เป็นเพียงการลดขนาดอนุภาคของเส้นใยเท่านั้น แต่การบดจะไปเปลี่ยนแปลง และ/หรือ ทำลายโครงข่ายของเส้นใยที่เป็นช่องว่างสำหรับอุ้มน้ำ ทำให้ค่าความสามารถในการพองตัวและการยึดเกาะกับน้ำลดต่ำลงด้วย

ประโยชน์ของกัมและสารเมือกในผลิตภัณฑ์อาหาร

กัมเป็นหนึ่งในวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (2527) เรื่อง "วัตถุเจือปนอาหาร" โดยจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์ สเตบิไลเซอร์ และสารทำให้ข้น (Emulsifiers , Stabilizers and Thickening agents) โดยมีวัตถุประสงค์การใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนี้

1. **ผลิตภัณฑ์ขนมอบจากธัญพืช**
   - ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่น เพิ่มความยืดหยุ่น , ช่วยเพิ่มความหนืดหรือเหนียว , ช่วยในการเกิดเจล และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น
   - ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียแบบ staling ในขนมอบ

- ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ต้องการไขมันหรือแคลอรี่ต่ำ เช่น การใช้แซนแทนกัม (xanthan gum) 0.4% จะช่วยลดปริมาณไข่ขาวที่ต้องใช้ใน angel food cake ลงได้ 35% (Miller และ Setser, 1983)

2. **ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์**
   - ปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่น การจับตัวกันของเนื้อบด การอุ้มน้ำในไส้กรอก โดยนิยมใช้กัวกัม และโลคัสบีนกัม
   - ป้องกันการเละยุ่ยของเนื้อ และปลากระป๋อง ในขณะให้ความร้อน หรือแปรรูป

3. **ผลิตภัณฑ์ไขมันและน้ำมัน**
   - ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ โดยเฉพาะใน French-type salad dressing เนื่องจากกัมจะทนต่อความร้อนและกรดได้ดี
   - ช่วยลดคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดและมายองเนสที่ต้องการให้มีไขมันต่ำ โดยจะทำให้ช่วยลดปริมาณไข่แดงที่ใช้ลงได้
   - ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดและมายองเนสแคลอรี่ต่ำ

4. **ผลิตภัณฑ์นม**
   - เพิ่มความคงตัว ป้องกันการแยกตัวของชั้นไขมัน , ป้องกันการ weeping ในเนยแข็ง และป้องกันการละลายในไอศกรีม
   - ปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยจะช่วยชะลอและป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็งในไอศกรีม (Sutton และ Wilcox, 1998a; Sutton และ Wilcox, 1998b) , ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในเนยแข็ง และเพิ่มความข้นหนืดและความฟูใน whipping cream

5. **ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน**
   - ช่วยให้ได้เนื้อสัมผัสที่ต้องการ เช่น การเกิดเจล
   - เพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ชะลอการตกผลึกของน้ำตาล , ป้องกันการเกิด syneresis นิยมใช้กัวกัม , แซนแทนกัม และโลคัสบีนกัม (นิยมใช้ร่วมกับแซนแทนกัม)

6. **ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม**
   - ทำให้ไวน์ใส

- ทำให้ฟองในเบียร์คงตัว
- เพิ่มความข้นหนืดและการกระจายตัวที่ดีของเนื้อในน้ำผลไม้

7. **ผลิตภัณฑ์ซอสและน้ำจิ้ม**
   - ปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยเน้นที่ให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืด นิยมใช้แซนแทนกัม กัวกัม และโลคัสบีนกัม

ศิวาพร (2535) กำหนดคุณสมบัติของสารที่ช่วยให้ข้นหนืดที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ซอสและน้ำจิ้มไว้ ดังนี้

1. ให้ความข้นหนืดได้ตามต้องการ
2. คงตัวต่อความร้อนในสภาวะที่มีกรดน้ำส้มสายชูอยู่ด้วย
3. คงตัวต่อกรดน้ำส้มสายชู แม้จะเก็บไว้เป็นเวลานาน
4. ไม่ควรเกิดเจล หรือถ้ามีการเกิดเจลควรแก้ไขได้โดยวิธีทางกล และไม่เกิดอีก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย