

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำสลัด

น้ำสลัด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผสมสายชูกับเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมันมะนาว ตีผสมให้เข้ากันดี อาจเติมน้ำมันสลัด น้ำมันพืช แป้งสาเล่ ผลิตภัณฑ์จากนม เช่น นมสด นมข้นหวาน และอาจเติมผักและผลไม้ ไข่ไก่ สมุนไพร เครื่องเทศ เช่น พริกไทย กระเทียม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) จะเห็นได้ว่าการนำแป้งมาทดแทนไขมัน อาจใช้แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาเล่ หรือแป้งไรย์ก็ได้ การทำน้ำแป้งต้มสุกทำได้โดยการผสมน้ำ แป้ง และเกลือเข้าด้วยกัน ต้มให้แป้งสุก กลายเป็นสารละลายข้นหนืด ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเอาส่วนผสมที่เหลือมาผสมเข้าด้วยกันปั่นจนเป็นอิมัลชัน (นิธิยา รัตนานพนธ์, 2544)

ประเภทของน้ำสลัด แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2551)

1. น้ำสลัดชนิดข้น คือ เครื่องปรุงต่างๆ ของน้ำสลัดมีการรวมตัวกันดี ไม่แยกชั้น รวมตัวกันถาวร โดยมีอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ทำหน้าที่ยึดน้ำกับน้ำมันให้รวมตัวกันเป็นตัวประสานให้อณูภาคของของเหลวสองชนิดที่ไม่ละลายซึ่งกันและกันมารวมตัวกันได้ ถึงแม้ว่าจะตั้งทิ้งไว้นาน โดยมีไข่แดงทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ แต่หากรับประทานมากเกินไปมีผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายหรือถ้าต้องการทำเป็นน้ำสลัดเพื่อสุขภาพหรือน้ำสลัดมังสวิรัตสามารถใช้น้ำมันเต้าหู้ (น้ำมันถั่วเหลือง) เต้าหู้ถั่วเหลือง ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ เพราะถั่วเหลืองมีสารเลซิทีนที่มีคุณสมบัติช่วยให้น้ำกับน้ำมันรวมตัวกันได้

2. น้ำสลัดชนิดใส เป็นการรวมตัวกันของเครื่องปรุงและส่วนผสมทุกอย่างแบบชั่วคราว เมื่อวางน้ำสลัดชนิดใสทิ้งไว้สักครู่ ส่วนผสมนั้นๆ จะเกิดการแยกตัวกัน จึงต้องเขย่าหรือตีให้เข้ากันทุกครั้งเมื่อต้องการรับประทาน ซึ่งน้ำสลัดชนิดนี้จะมีน้ำมันเป็นส่วนผสมหลัก จึงควรเลือกน้ำมันชนิดไขมันไม่อิ่มตัวสูง นอกจากนี้ยังสามารถเติมเครื่องปรุงและส่วนผสมต่างๆ ได้ตามต้องการ ไม่ว่าจะเป็เครื่องเทศสมุนไพร ได้แก่ กระเทียม หรือแม้กระทั่งการเติมแต่งให้น้ำสลัดมีกลิ่นหอม ที่สำคัญที่สุด คือ ส่วนผสมต้องสด สะอาด และปราศจากสิ่งปนเปื้อน เพื่อสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำสลัดเต้าหู้

1. เต้าหู้ถั่วเหลือง

เต้าหู้ถั่วเหลืองที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมหลักของน้ำสลัดเต้าหู้ ผลิตจากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น ถั่วเหลืองถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจ เป็นธัญพืชที่มีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ (อุทัย ไซยานนท์, 2543) แสดงดังตารางที่ 2.1 จึงสามารถใช้แทนเนื้อสัตว์ได้ เนื่องจากมีโปรตีนสูงและเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารในถั่วเหลืองกับอาหารชนิดอื่น แสดงดังตารางที่ 2.2 พบว่า มีสารอาหารดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหารในถั่วเหลืองแห้ง 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
โปรตีน	34-40	กรัม
ไขมัน	18.70	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	26.70	กรัม
เหล็ก	10	มิลลิกรัม
แคลเซียม	245	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	500	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	1,751	หน่วย
วิตามินบี 1	0.73	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.31	มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.26	มิลลิกรัม
วิตามินบี 12	1.50	ไมโครกรัม
ไนอะซิน	1.50	ไมโครกรัม
วิตามินซี	14.30	ไมโครกรัม
วิตามินดี	176	หน่วย
วิตามินอี	10	หน่วย
เลซีทีน	2.11	มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535) อ้างถึงใน อุทัย ไชยานนธ์ (2543)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณโปรตีนในถั่วเหลืองเมล็ดแห้งเมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่น

จำนวน 100 กรัม	ปริมาณโปรตีน (กรัม)
ถั่วเหลือง	34.10
ถั่วพู	32.80
ถั่วลิสงคั่ว	28.60
ถั่วเขียว	24.40
ถั่วดำ	22.70
ถั่วแดงหลวง	20.30
เนื้อวัวไม่มีมัน	20.00
เนื้อไก่	18.00
กึ่งน้ำจืด	16.20
เนื้อหมูไม่ติดมัน	14.10
ไข่เป็ด	13.20
ข้าวสาลี	11.80
ข้าวเจ้า	6.40

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535) อ้างถึงใน อุทัย ไชยานนธ์ (2543)

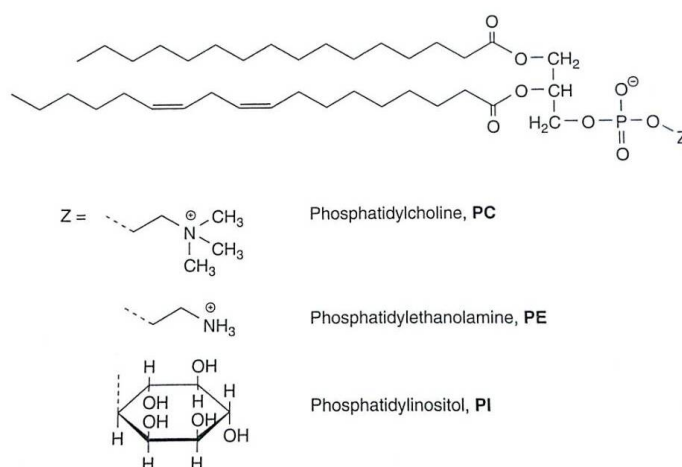
1) โปรตีน ถั่วเหลืองจะมีโปรตีนมากกว่าเนื้อสัตว์ต่างๆ ถึง 2 เท่า แสดงดังตารางที่ 2.2 แต่คุณภาพของโปรตีนจากถั่วเหลืองจะมีคุณภาพน้อยกว่าโปรตีนจากสัตว์ แม้ว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองจะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้ง 8 ชนิด แต่ก็มีอยู่ปริมาณน้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน ถ้าต้องการให้ร่างกายได้สารอาหารครบถ้วน ควรจะรับประทานพืชชนิดอื่นด้วย เช่น ข้าว ข้าวกล้อง งา ข้าวโพด เป็นต้น

2) ไขมัน ถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันน้อยกว่าเนื้อสัตว์ทุกชนิด แต่มีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Linoleic, Linolenic และ Oleic acid) ในไขมันประกอบด้วยสารสำคัญ คือ ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) ซึ่งเป็นสารที่คล้ายไขมัน มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนสำคัญ โดยฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของกรดฟอสฟอริกและไนโตรเจนอยู่ในรูปของเลซิทีน (Lecithin) เลซิทีนเป็นส่วนประกอบของไขมันที่มีอยู่ทั่วไปในเซลล์ของมนุษย์และสัตว์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากในเซลล์ประสาท สมอง หัวใจ ไต และต่อมไร้ท่อ

หน้าที่ของเลซิทีนในร่างกาย

- (1) เสริมสร้างเส้นประสาท เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มสมองและเซลล์ประสาท
- (2) บำรุงต่อมไร้ท่อต่างๆ
- (3) ทำให้ไขมันและคอเลสเตอรอลที่เกาะอยู่ตามอวัยวะต่างๆ กระจายตัวออกไป
- (4) ช่วยในการดูดซึม และขนส่งไขมันเข้าสู่กระแสเลือด
- (5) ช่วยในการรักษาโรคผิวหนัง
- (6) ช่วยรักษาโรคหลอดเลือดแข็ง
- (7) ช่วยในการทำงานของตับดีขึ้น
- (8) ช่วยเสริมการสร้างภูมิคุ้มกันโรคในร่างกาย

เลซิทีนจัดเป็นฟอสโฟลิปิดหรือฟอสฟาติด์ชนิดหนึ่ง ชนิดที่พบมาก คือ ฟอสฟาติดิลคลอรีน (Phosphatidylcholine) ฟอสฟาติดิลเอทานอลามีน (Phosphatidylethanolamine) และ ฟอสฟาติดิลลิโนซิтол (Phosphatidylinositol) แสดงดังภาพที่ 2.1 ซึ่งโมเลกุลของเลซิทีนประกอบด้วย กลีเซอรอล กรดไขมัน กรดฟอสฟอริกและคลอรีน



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของฟอสฟาติดิลคลอรีน (Phosphatidylcholine: PC)

ที่มา: Bueschelberger *et al.* (2015)

เลซิทินทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ เนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นกรดไขมันสายยาว ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก คือ ไม่ชอบน้ำ และส่วนที่เป็นหมู่ฟอสเฟตซึ่งต่ออยู่กับเบส หรือโพลียอล จะมีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก คือ ชอบน้ำ ดังนั้นโมเลกุลของเลซิทินจึงทำหน้าที่เป็นตัวกั้นอยู่ระหว่างผิวของหยดน้ำมันกับน้ำ ป้องกันไม่ให้หยดน้ำมันมารวมตัวกัน ทำให้อิมัลชันมีความคงตัว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารช่วยลดความหนืด ช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของอาหาร ช่วยให้ผิวอนุภาคเปียก หรือต้านการกระเด็นของน้ำมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

3) เกลือแร่ ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม กำมะถันหรือเหล็ก แต่มีข้อเสีย คือ ในถั่วเหลืองจะมีสารพวกไฟตินเป็นส่วนประกอบในปริมาณสูง ซึ่งถ้ารวมกับแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก สังกะสี จะเป็นเกลือไฟเตท มีผลทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์จากแร่ธาตุเหล่านี้ลดลง

4) วิตามิน ถั่วเหลืองมีวิตามินบี 1, บี 2 และไนอะซินอยู่ปริมาณมากแต่น้อยกว่าเนื้อสัตว์ ถ้าเทียบน้ำหนักถั่วเหลือง น้ำนมวัว และน้ำมันคนในปริมาณ 100 กรัม พบว่า โปรตีน วิตามินบี 1 และไนอะซินใกล้เคียงกับน้ำนมวัว แต่วิตามินเอ และวิตามินบี 2 จะต่ำกว่ามาก แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนและวิตามินในชนิดของน้ำมันที่แตกต่างกัน

ชนิดน้ำมัน	โปรตีน (กรัม)	วิตามิน (iu)	วิตามินบี 1 (กรัม)	วิตามินบี 2 (กรัม)	ไนอะซิน (กรัม)
คน	1.50	183	0.02	0.07	0.20
วัว	3.40	141	0.04	0.16	0.10
น้ำเต้าหู้	2.80	50	0.05	0.02	0.30

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535) อ้างถึงใน อุทัย ไชยานนท์ (2543)

ชนิดของเต้าหู้ถั่วเหลือง

1.1 เต้าหู้ขาวอ่อน มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม มีสีขาวนวล กลิ่นหอม มีทั้งแบบก้อนบางและหนา นิยมนำมาใส่แกงจืดและทำสุกี้ก็ ปัจจุบันมีผู้ผลิตผลิตเต้าหู้อ่อนแบบญี่ปุ่นในกล่องพลาสติกสีเหลี่ยมบรรจุอย่างดี จำหน่ายตามห้างสรรพสินค้า ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.2 เต้าหู้ขาวแข็ง เป็นเต้าหู้ที่มีเนื้อแข็ง มีสีขาวนวลออกครีม นิยมทำเป็นก้อนสี่เหลี่ยมหนาประมาณ 1 เซนติเมตร เหมาะสำหรับทำอาหารได้หลายชนิด เช่น ยำ ลาบ แกง ผัด ก่อนนำไปประกอบอาหารอาจนำไปทอดให้เหลืองก่อน จะทำให้เนื้อเต้าหู้ไม่เละและน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น

1.3 เต้าหู้เหลืองแข็ง มีทั้งชนิดอ่อนและแข็ง ลักษณะภายนอกจะมีสีเหลือง เนื้อภายในจะมีสีขาวนวล รสชาติออกเค็มกว่าเต้าหู้ขาว เพราะเป็นเต้าหู้ที่ปรุงขึ้นมาใหม่ โดยการนำก้อนเต้าหู้ไปแช่ในน้ำเกลือ แล้วนำไปจุ่มสีเหลืองหรือขมิ้นและรสเค็มนี้จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ดังนั้นอาหารที่นำเต้าหู้เหลืองมาปรุงมักเป็นอาหารที่ต้องการรสชาติของเต้าหู้ที่เข้มข้นขึ้น เช่น อาหารจำพวกทอด ผัด แกงชนิดต่างๆ หรือนิยมนำมาทำผัดไทย (อาณัติ, 2555)

2. น้ำตาล

น้ำตาล คือ สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวานและให้พลังงานแก่ร่างกาย น้ำตาลสามารถได้มาจากน้ำตาลพันบ้าน ได้แก่ น้ำตาลจากอ้อย น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนดและน้ำตาลที่ผ่านกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ ในงานวิจัยนี้จะใช้น้ำตาลทรายขาวเป็นส่วนผสม ซึ่งต้องผ่านกระบวนการฟอกสีของน้ำอ้อยดิบ โดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือคาร์บอนไดออกไซด์ มาช่วยในการตกตะกอนแคลเซียมในน้ำปูนขาว น้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.50 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลได้ ซึ่งน้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี ไม่มีสารอาหารอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจากน้ำตาลสีร่าจะมีแร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัสและเหล็ก เป็นต้น (อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล, 2556)

การเลือกซื้อน้ำตาล

- (1) พิจารณาดูความสะอาด เช่น ไม่ควรมีเศษผง หรือเศษแข็งเจือปนมากับน้ำตาล
- (2) เลือกซื้อน้ำตาลทรายที่สีไม่ขาวมาก ถ้าหากว่าสีของน้ำตาลไม่มีผลทำให้อาหารเปลี่ยนไปเพราะน้ำตาลทรายที่มีสีขาวไม่มากจะราคาถูกกว่าชนิดที่มีขาวมาก
- (3) เลือกซื้อน้ำตาลทรายชนิดต่างๆ ให้ตรงกับที่จะใช้ประกอบอาหาร

3. น้ำมันพืช

น้ำมันที่ผลิตจากพืช เพื่อใช้ในการบริโภค เรียกว่า น้ำมันพืช น้ำมันพืชสามารถสกัดได้จากเมล็ด มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายอันเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมากกว่าไขมัน จึงทำให้น้ำมันพืชมีจุดหลอมเหลวต่ำ (นิธิยา รัตนปนนท์, 2544)

ประโยชน์ของน้ำมันพืชแต่ละชนิด

3.1 น้ำมันถั่วเหลือง เป็นน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุดในโลก สกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลือง มีกรดลิโนเลนิกสูงที่สุดในอุตสาหกรรมจะนำน้ำมันถั่วเหลืองมาใช้ผลิตมายองเนสและน้ำมันสลัดชนิดต่างๆ ไม่นิยมใช้เป็นน้ำมันสำหรับทอดอาหาร เพราะความร้อนและอากาศจะทำให้กลิ่นขึ้น ซึ่งหลังการทอดอาหารใหม่ๆ ไม่ค่อยมีกลิ่น แต่กลิ่นจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บอาหารไว้นานขึ้น และกลิ่นจะเกิดขึ้นในระยะเวลาอันรวดเร็ว ปัจจุบันนิยมใช้น้ำมันถั่วเหลืองในการผัดและทอดอาหารมากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณกรดลิโนเลนิกและกรดลิโนเลนิกสูง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ แต่กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เกิดออกซิไดส์ได้ง่ายมาก จึงควรใช้น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับผัดอาหารมากกว่าทอดอาหารที่ใช้เวลานาน ซึ่งทำให้น้ำมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย (นิธิยา รัตนปนนท์, 2544)

3.2 น้ำมันมะพร้าว เป็นน้ำมันที่ผลิตได้เป็นอันดับ 6 ของโลก สกัดจากเนื้อมะพร้าวแห้งเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมากที่สุด คือประมาณร้อยละ 90 จึงทำให้น้ำมันเกิดกลิ่นคล้ายสบู่ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543) เก็บได้เป็นเวลานาน ไม่เหม็นหืน แต่จะจับตัวแข็งเมื่อถูกความเย็น ไม่มีควันเมื่อถูกความร้อนสูงๆ จึงเหมาะสำหรับการทอดอาหารหรือขนมแบบทอดกรอบและแบบน้ำมันท่วม

3.3 น้ำมันปาล์ม สกัดจากผลปาล์มน้ำมัน มีกรดไขมันอิ่มตัวประมาณร้อยละ 50 เป็นกรดปาล์มมิตีกร้อยละ 44 กรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเลอิกร้อยละ 39 ใช้ในการปรุงอาหารและทอดอาหาร อุดมไปด้วยสารแคโรทีนและวิตามินอี เป็นน้ำมันที่คงตัว ไม่เหม็นหืน ไม่เกิดฟอง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงๆ

3.4 น้ำมันเมล็ดทานตะวัน สกัดจากเมล็ดทานตะวัน มีน้ำมันประมาณร้อยละ 20-36 บางสายพันธุ์ให้น้ำมันสูงประมาณร้อยละ 40 นิยมผลิตเป็นน้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันสลัด เนยเทียม และเนยขาว (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

3.5 น้ำมันรำข้าว สกัดจากรำข้าวสดและรำข้าวหนึ่ง ซึ่งเป็นไขมันไม่อิ่มตัวสูงร้อยละ 70 มีกรดไขมันอิ่มตัวเชิงเดี่ยว และเชิงซ้อนในปริมาณใกล้เคียงกัน หรือเชิงเดี่ยวอาจสูงกว่าเล็กน้อย จึงเป็นน้ำมันที่เหมาะสมแก่การบริโภค เนื่องจากมีกรดไขมันที่จำเป็น คือ กรดไลโนเลอิกที่ร้อยละ 32-40 ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลและไม่เสี่ยงต่อการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งนิยมนำมาใช้ผัด ทอด ต้ม ทำน้ำสลัดและน้ำจิ้ม มีสารป้องกันการออกซิเดชัน จึงเก็บไว้ได้นาน ไม่เหม็นหืนง่าย ไม่เปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

3.6 น้ำมันถั่วลิสง สกัดจากเมล็ดถั่วลิสง ซึ่งปัจจุบันนิยมมากขึ้นเพราะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลและไม่เสี่ยงต่อการเกิดอนุมูลอิสระ แต่เป็นน้ำมันที่เหม็นหืนง่าย จึงใช้ทอดความร้อนสูงๆ ไม่ได้ ใช้ทำน้ำสลัด ผัด ทอด และต้ม ตามปกติได้

3.7 น้ำมันงา สกัดจากเมล็ดงาทั้งงาดำและงาขาว จึงเหมาะแก่การบริโภคเพราะมีกรดไลโนเลอิกในปริมาณสูง ช่วยลดคอเลสเตอรอล และไม่เสี่ยงต่อการเกิดอนุมูลอิสระ อุดมด้วยสารอาหารต่างๆ และยังมีทั้งโปรตีน แคลเซียม แมกนีเซียม วิตามินอี มีสารป้องกันหืน คือ เซแซมอล ทำให้เก็บไว้ได้นานเป็นปี ไม่เหม็นหืน ใช้ผัด ทอด ต้ม ทำน้ำสลัด และน้ำจิ้ม ปัจจุบันนิยมนำมาใช้เพื่อความงาม เช่น หมักผม บำรุงผิวพรรณ แก้วผิวหน้าผกซ้ำ ใช้ผ่อนคลายสำหรับการนวดน้ำมันในธุรกิจเพื่อสุขภาพ

3.8 น้ำมันเมล็ดคำฝอย สกัดจากเมล็ด เป็นน้ำมันคุณภาพเหมาะแก่การบริโภค มีกรดไขมันที่จำเป็น คือ กรดไลโนเลอิกสูง ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล สามารถใช้ปรุงอาหาร ทำน้ำมันสลัด ทอดอาหารต่างๆ ได้ น้ำมันคงตัว ไม่เหม็นหืนง่าย

ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันจึงขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ซึ่งถ้าเป็นอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน เช่น การทอดปลาทั้งตัว ไก่ หมู หรือเนื้อชิ้นใหญ่ๆ ที่ต้องใช้เวลานาน ควรเลือกน้ำมันชนิดเป็นไข เพื่อให้ได้อาหารที่รสชาติดีและมีความกรอบ ส่วนการผัดหรือทอดเนื้อชิ้นบางๆ เช่น หมูแฮม ควรใช้น้ำมันชนิดไม่เป็นไข เพราะร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี นอกจากนี้น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารไม่ควรใช้ซ้ำบ่อยๆ เพราะน้ำมันที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมักจะมีสารโพลาร์อยู่มาก อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

4. น้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูใช้ได้ทั้งน้ำส้มสายชูหมักและน้ำส้มสายชุกวน แต่ น้ำส้มสายชูหมักจะมีกลิ่นและรสชาติดีกว่าน้ำส้มสายชุกวน จะทำหน้าที่หลักเป็นวัตถุกันเสีย (Preservative) และหน้าที่รองคือ ให้รสชาติ น้ำส้มสายชูที่ใช้อาจเจือจางด้วยน้ำจนมีความเป็นกรดลดลงประมาณร้อยละ 2.5 น้ำส้มสายชูจัดเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่

204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชู (กฎหมายกระทรวงสาธารณสุข, 2543) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

4.1 น้ำส้มสายชูหมัก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้หรือน้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ

4.2 น้ำส้มสายชุกั่น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (Dilute distilled alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่นอีกครั้งหรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักตาม (4.1) มากั่น

4.3 น้ำส้มสายชูเทียม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้ม (Acetic acid) มาเจือจาง

ในงานวิจัยนี้ได้นำน้ำส้มสายชุกั่นและหมักจากข้าวมาทำการศึกษา

(1) น้ำส้มสายชุกั่นร้อยละ 5 เป็นน้ำส้มที่ได้จากการกลั่นแอลกอฮอล์ รสเปรี้ยวแหลม ไม่มีกลิ่น มีปริมาณกรดอะซิติก ร้อยละ 5 ใช้ทำน้ำสลัดทุกชนิด ราคาไม่แพง หาซื้อได้ทั่วไป เลือกซื้อที่มีสีใส และไม่มีตะกอนขุ่น

(2) น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว มีลักษณะสีเหลืองอ่อนและใส รสเปรี้ยวนุ่มนวล กลิ่นหอม นิยมใช้ทำน้ำสลัดญี่ปุ่น น้ำสลัดเวียดนาม น้ำสลัดใส เป็นต้น (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2551)

5. เกลือ

เกลือที่ใช้บริโภค หมายถึง ผลึกของสารประกอบไฮเดียมคลอไรด์ที่สะอาด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค โดยทั่วไปเรียกว่า เกลือแกง มีสภาพเป็นกลาง มีรสเค็ม ใช้ในการปรุงรส มีคุณสมบัติในการดูดน้ำออกจากเนื้อสัตว์ และสามารถช่วยชะลอระยะเวลาอาหารเสียช้าลง ลักษณะของเกลือแบ่งเป็น 2 ชนิด (อบเชย วงศ์ทอง และ ชนิษฐา พูนผลกุล, 2556) ดังนี้

5.1 เกลือสมุทร ได้จากการทำนาเกลือ โดยการปล่อยน้ำทะเลเข้านา แล้วกักเก็บไว้ปล่อยให้แสงแดดเป็นตัวระเหยน้ำออกไป จนความเข้มข้นได้ระดับเกลือที่จะตกผลึกลงมา

5.2 เกลือสินแร่ ผลิตได้จากน้ำเกลือใต้ดินจากบ่อบาดาล หรือจากเกลือหิน ซึ่งเป็นเกลือที่อยู่ใต้ดิน เกิดเป็นชั้นแทรกอยู่ในหินดินดาน ทำการสูบน้ำขึ้นมาในรูปของนาเกลือ ตากด้วยแสงแดด ส่วนเกลือหินใช้น้ำฉีดให้ไปละลายกับเกลือใต้ดิน แล้วสูบน้ำมาตากแห้งในนาเกลือ หรืออาจใช้วิธีเจาะลงไปถึงชั้นเกลือ แล้วทำอุโมงค์ตักเกลือขึ้นมา เกลือที่ได้จะเป็นเกลือดิบจะมีสิ่งเจือปน ฉะนั้นก่อนนำมาบริโภคให้ทำให้บริสุทธิ์เสียก่อน

อิมัลชัน

อิมัลชัน (Emulsion) หมายถึง ระบบคอลลอยด์ประกอบด้วยส่วนผสมของของเหลว 2 ชนิด ซึ่งปกติจะไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยที่ของเหลวชนิดหนึ่งจะแพร่กระจายเป็นเม็ดเล็กๆ อยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง ของเหลวที่แพร่กระจายเรียกว่า เฟสอนุภาค (Dispersed phase) ส่วนของเหลวที่ล้อมรอบเป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่า เฟสต่อเนื่อง (Continuous phase) โดยอิมัลชันเกิดจากมีองค์ประกอบชนิดที่สามอยู่ระหว่างผิวของของเหลวทั้งสอง เรียกว่า อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers)

อิมัลชันส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับน้ำและน้ำมัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ (นิธิยา รัตนานนท์, 2553)

1. ชนิดของอิมัลชัน

1.1 อิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion) เป็นอิมัลชันที่ประกอบด้วยไขมันหรือน้ำมันเม็ดเล็กๆ (เฟสอนุภาค) ที่กระจายตัวอยู่ในน้ำ (เฟสต่อเนื่อง) ตัวอย่างเช่น มายองเนส น้ำสลัด ชุป ซอส น้ำกะทิ นำนม ไอศกรีม เป็นต้น

1.2 อิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน (Water in oil emulsion) เป็นอิมัลชันที่ประกอบด้วยหยดน้ำเม็ดเล็กๆ (เฟสอนุภาค) กระจายตัวอยู่ในน้ำมัน (เฟสต่อเนื่อง) เช่น เนยสด มاکารีน เป็นต้น

1.3 อิมัลชันเชิงซ้อนหรืออิมัลชันเชิงคู่ (Multiple emulsion; Oil in water in oil emulsion หรือ Water in oil in water emulsion) คือ ระบบที่มีเฟสอนุภาค กระจายตัวเป็นหยดอิมัลชันขนาดเล็ก อยู่ในเฟสต่อเนื่องของระบบอิมัลชันรวม โดยเฟสอนุภาคที่เป็นอิมัลชันมีหยดของเฟสอนุภาคที่เล็กกว่าบรรจุอยู่ เช่น อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ ประกอบด้วยอนุภาคน้ำขนาดเล็กๆ หลายอนุภาคกระจายตัวภายในอนุภาคน้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งกระจายตัวอยู่ในน้ำที่เป็นเฟสต่อเนื่อง (Dickinson, 1995 อ้างถึงใน วัลลภ บรรจง, 2550)

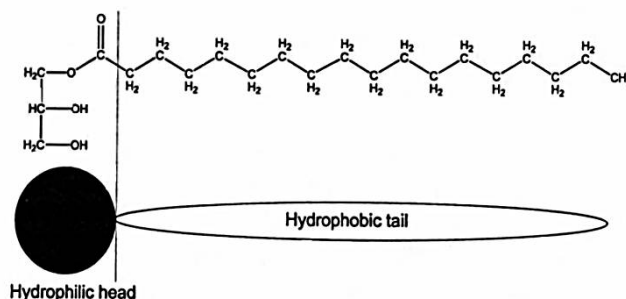
2. ความคงตัวของอิมัลชัน

เม็ดของของเหลวกระจายตัวอยู่ในอิมัลชันนั้นมีขนาดระหว่าง 2-5 ไมครอน อาจมีบางส่วนขนาดเล็กหรือใหญ่กว่า อิมัลชันที่อยู่ในสภาพนี้จะไม่อยู่ตัวมากนัก เนื่องจากมีพลังงานผิวมาก เม็ดตัวกระจายจะเข้ามาจับตัวเป็นตะกอนขุ่นหรือรวมตัวกันเป็นเม็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น การรวมตัวกันเป็นตะกอนขุ่นนั้น บางครั้งมีมากจนกระทั่งส่วนหนึ่งลอยขึ้นสู่ผิวหน้าหรือจมลงสู่ก้นภาชนะ สำหรับการรวมตัวเป็นเม็ดขนาดใหญ่ขึ้นบางครั้งเกิดขึ้นมาก จนกระทั่งน้ำมันและน้ำแยกตัวกันในสภาวะที่ไม่มีสารอิมัลซิไฟเออร์ทั้งน้ำมันและน้ำต่างมีความตึงผิวของตนเอง เมื่อเขย่าหรือคนอย่างแรง ของเหลวทั้งสองจะรวมตัวกัน โดยต่างก็แตกออกเป็นเม็ดเล็กๆ เมื่อหยุดเขย่าเมื่อน้ำมันและน้ำจะแยกออกจากกัน โดยต่างไปรวมตัวกันและแยกชั้นออกมา อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่สารช่วยเกาะติดลงไปให้มีปริมาณเหมาะสมก็จะทำให้อิมัลชันอยู่ตัวได้

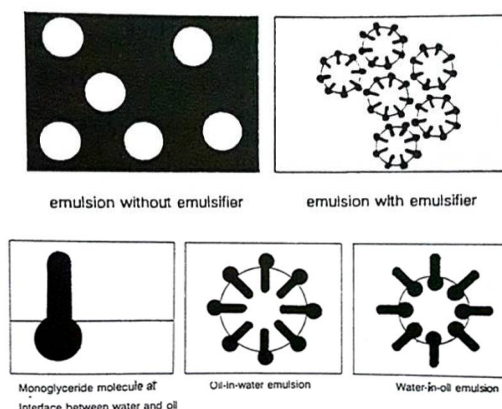
การผลิตอิมัลชันสำหรับอาหารนั้น มีขั้นตอนการให้อยู่ตัวเพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องการให้มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีตามที่ต้องการอีกด้วย นอกจากนี้ยังต้องควบคุมปริมาณจุลินทรีย์มิให้สูงเกินไป มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อิมัลชันบางชนิดต้องมีลักษณะเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ตัวอย่างเช่น น้ำสลัด มاکารีน บางชนิดต้องการให้กระจายมีปริมาตรไม่มากนัก เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำ เช่น อิมัลชันของสารให้กลิ่นที่ใช้สำหรับเครื่องดื่มหรือมีคุณค่าทางโภชนาการเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เช่น น้ำสลัดไขมันต่ำหรือมีตัวกระจายมาก เช่น มายองเนส เป็นต้น

การที่จะเตรียมอิมัลชันให้คงตัวนั้น จำเป็นต้องเติมสารบางอย่างลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันเคลื่อนที่เข้ามาจับตัวกัน สารนี้เรียกว่า อิมัลซิไฟเออร์ มีลักษณะโครงสร้างดังภาพที่ 2.2 ทำหน้าที่ 2 ประการ คือ การทำให้ความตึงผิวที่หน้าสัมผัสลดลง และการทำให้เกิดเกราะรอบๆ เม็ดน้ำมัน เป็นการทำงานทางเคมีกายภาพ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์และชนิดของ

ตัวกระจาย (น้ำมัน) ซึ่งภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของอนุภาคคอลลอยด์ในอิมัลชันชนิดต่างๆ ที่มีอิมัลซิไฟเออร์และไม่มีอิมัลซิไฟเออร์



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอิมัลซิไฟเออร์ ประกอบด้วยส่วนที่มีขั้ว (Hydrophilic head) และส่วนที่ไม่มีขั้ว (Hydrophobic tail)
ที่มา: Clarke (2004)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของอนุภาคคอลลอยด์ในอิมัลชันชนิดต่างๆ ที่มีอิมัลซิไฟเออร์
ที่มา: นิธิยา รัตนานนท์ (2553)

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์

- (1) ควรเป็นสารที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข
- (2) มีความสมดุลระหว่างหมู่ไฮโดรฟิลิกและหมู่ไลโฟฟิลิกที่พอเหมาะกับการผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการให้เกิดอิมัลชัน มีอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่าเอชแอลบีต่ำเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมันและอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่าเป็นเอชแอลบีสูง จะเหมาะสมสำหรับอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ
- (3) สามารถช่วยลดแรงตึงผิวได้ดี
- (4) มีประสิทธิภาพสูง แม้จะใช้ในความเข้มข้นต่ำ ๆ
- (5) ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสี กลิ่นและรสที่ผิดปกติขึ้นในผลิตภัณฑ์
- (6) ถ้าต้องการจะใช้อิมัลซิไฟเออร์ 2 ชนิดผสมกันจะต้องนำมาหาค่า HLB ที่เหมาะสม

3. ประเภทของอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำสลัด (ทวิทอง หงษ์วิวัฒน์, 2551)

อิมัลซิไฟเออร์เป็นสารที่ทำให้ส่วนผสมน้ำกับน้ำมันในน้ำสลัดรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่แยกชั้น ดังนั้นในการทำน้ำสลัดจำเป็นต้องเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์ให้เหมาะสมกับน้ำสลัดแบบต่างๆ ได้แก่

3.1 ไข่ไก่ ในการทำน้ำสลัดจะใช้ไข่แดงของไข่ไก่ เพราะมีกลีตินควาไข่ไม่แรงเหมือนไข่เป็ดที่สำคัญต้องเลือกไข่ไก่ที่สดใหม่ เนื่องจากจะมีไข่แดงที่มีความข้น กลิ่นไม่คาว ตีน้ำสลัดขึ้นฟูได้ดี และทำให้ส่วนผสมน้ำสลัดรวมตัวกันดี เนื่องจากในไข่จะมีสารที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีชื่อเรียกว่า สารเลซิทีน

3.2 โยเกิร์ต คือ นมเปรี้ยวชนิดครีม ทำจากนมวัว มีลักษณะข้น เนื้อนุ่ม มัน มีรสเปรี้ยวและหวานเล็กน้อย ไขมันต่ำ นอกจากนี้โยเกิร์ตมีจุลินทรีย์ที่ช่วยในการดูดซึมอาหารและช่วยในการขับถ่าย รักษาอาการท้องเสีย สร้างภูมิคุ้มกันโรค นิยมใช้ในการทำน้ำสลัดแบบลดน้ำหนักและทำน้ำสลัดที่รับประทานกับผลไม้ได้ดี เช่น น้ำสลัดโยเกิร์ตซินนามอน รับประทานกับแอปเปิ้ล ซึ่งเป็นน้ำสลัดที่ไม่ใส่ไข่แดง เมื่อรับประทานไม่หมด เก็บไว้ในตู้เย็น

3.3 วิปปิงครีมหรือวิปครีม มีลักษณะเป็นครีมข้น มีความมัน ควรเลือกใช้วิปปิงครีมที่บรรจุกล่องเป็นน้ำ ใส่ในน้ำสลัดน้ำข้นผสมกับมายองเนส เพิ่มรสชาติ เลือกซื้อวิปปิงครีมหรือวิปครีมที่มีร้อยละไขมันสูงประมาณร้อยละ 30 ขึ้นไป เนื้อครีมจะข้น มีความมัน เก็บไว้ในตู้เย็น และควรใช้ให้หมดก่อนวันหมดอายุ

3.4 น้ำเต้าหู้หรือนมถั่วเหลือง มีสีเหลืองนวล และกลิ่นหอม ใช้ในน้ำสลัดน้ำข้นแบบมังสวิรัต คือ ไม่ใส่ไข่แดง ซึ่งมีสารเลซิทีนในนมถั่วเหลือง ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์เช่นเดียวกับไข่แดง เลือกใช้น้ำเต้าหู้ที่ทำจากถั่วเหลืองใหม่ๆ ขึ้นปานกลาง เพราะจะมีสารเลซิทีนมาก และจำเป็นต้องเลือกซื้อน้ำเต้าหู้ที่ไม่มีกลิ่นถั่วเหลือง และไม่ใส่น้ำตาล

3.5 เต้าหู้หลอด ใช้เป็นเต้าหู้ถั่วเหลืองชนิดหลอด เนื้อเต้าหู้มีสีขาว นุ่ม นิยมใช้ทำน้ำสลัดแบบมังสวิรัต จะมีสารเลซิทีนในถั่วเหลืองทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำให้น้ำมันกับส่วนผสมที่เป็นน้ำรวมตัวกันเช่นเดียวกับไข่แดง เลือกซื้อเต้าหู้หลอดที่สดใหม่ ควรดูวันผลิตและวันหมดอายุของเต้าหู้ก่อนเลือกซื้อ

3.6 ผงมัสตาร์ด เป็นอิมัลซิไฟเออร์ชนิดหนึ่ง โดยการนำเมล็ดในของเมล็ดมัสตาร์ดมาบดเป็นผงพร้อมกับสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมา ผงมัสตาร์ดมีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น แต่จะมีกลิ่นก็ต่อเมื่อนำไปผสมกับน้ำหรือของเหลวอื่นๆ ใช้ในมายองเนสและน้ำสลัดน้ำข้น หรือน้ำสลัดต่างๆ ใช้แล้วต้องปิดฝาให้สนิท อย่าให้สัมผัสอากาศเพราะจะทำให้จับตัวเป็นก้อน

3.7 ดิจองมัสตาร์ดชนิดครีมปรุงรส เป็นมัสตาร์ดครีมปรุงรส มีสีเหลืองอ่อน รสเผ็ด ฉุนเปรี้ยว เค็ม ทำจากเมล็ดมัสตาร์ดผสมน้ำ น้ำตาล ไวน์ขาว เกลือ และเครื่องเทศอื่นๆ เป็นมัสตาร์ดพื้นบ้านที่ใช้ทั่วไปในประเทศฝรั่งเศส ผลิตจากเมืองดิจอง เรียกว่า มัสตาร์ดฝรั่งเศส (French mustard) ถ้าเป็นแบบเมล็ดบดหยาบ เรียกว่า โฮลเกรนมัสตาร์ด ใช้ในน้ำสลัดเป็นอิมัลซิไฟเออร์แล้วจะช่วยให้ไข่แดงรวมตัวกันกับน้ำมันได้ดี

สารทดแทนไขมัน

งานวิจัยนี้ได้นำไฮโดรคอลลอยต์ในกลุ่มของแป้งข้าว ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องสีนิลและข้าวขาวมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันบางส่วนในน้ำสลัด เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยต์มีคุณสมบัติในการกระจายตัวในน้ำ มีความหนืด สามารถเกิดเจลภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ในปัจจุบันได้นำสารเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด เป็นต้น (นิธิยา รัตนูปนันท, 2553) งานวิจัยนี้ได้ใช้ประโยชน์ผลผลิตพลอยได้จากโรงสีข้าวสวนดุสิต ได้แก่ ปลายข้าวขาวและปลายข้าวหอมมะลิ นำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าว ซึ่งส่วนใหญ่ก็นำปลายข้าวมาบดหรือไม่จนละเอียด ที่เรียกว่า การไม่แห้ง

ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชชนิดหนึ่ง มีชื่อสามัญว่า Rice plant มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. ในวงศ์ Gramineae เป็นพันธุ์ไม้ล้มลุกจำพวกหญ้า มีลักษณะภายนอกบางอย่างคล้ายหญ้า เช่น กาบ ใบ ลำต้น ราก เป็นต้น

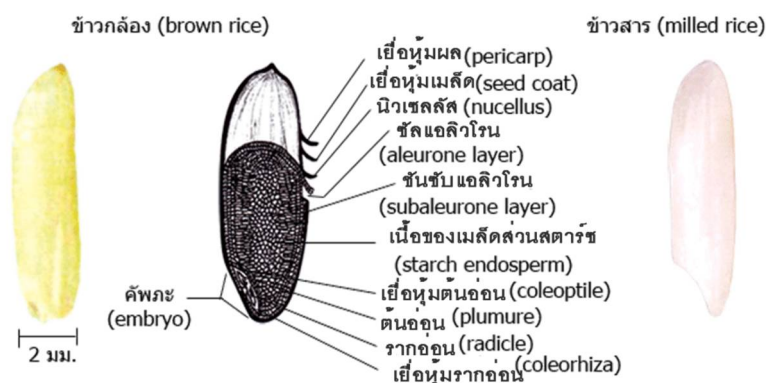
1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวจะมีโครงสร้างดังภาพที่ 2.4 โดยมีเปลือกหลายชั้น ชั้นนอกสุดเป็นกลีบ(Husk) ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เมื่อสีเอาชั้นกลีบออกจะได้ข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วยจุมข้าวหรือคัพพะ (Germ หรือ Embryo) และส่วนเอนโดสเปิร์มหรือข้าวขาว ห่อหุ้มด้วยชั้นรำข้าว (Rice bran) ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดหลายชั้น เยื่อแอลูโรน (Aleurone layer) หรือชั้นรำละเอียดเป็นชั้นในสุดที่ติดกับเอนโดสเปิร์ม มีโปรตีนและไขมันสูง นอกจากนี้ยังประกอบด้วย Cellulose และ Hemicellulose

จุมข้าว (Germ) อยู่ติดกับ Endosperm ทางด้าน Lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป ประกอบด้วย ตันอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) เยื่อหุ้มตันอ่อน (Coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) มีโปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุสูง

เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) คือ ส่วนเมล็ดข้าวสารที่นำมารับประทาน มีส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือ คาร์โบไฮเดรต เป็นสตาร์ช ซึ่งมี Amylose และ Amylopectin เป็นส่วนประกอบหลักอยู่รวมเป็นเม็ดสตาร์ช (Starch granule)

โปรตีนในข้าวที่ขัดสีแล้วมีปริมาณ ร้อยละ 7-8 โดยสามารถจำแนกตามความสามารถในการละลายได้ 4 ชนิด คือ Albumin, Globulin, Prolamin และ Glutelin ซึ่งโปรตีนเหล่านี้มีบทบาทในการขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2559)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของเมล็ดข้าว
ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (ม.ป.ป.)

การแบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอะไมโลส (งามชื่น คงเสรี, 2541)

- (1) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำมาก (Very low amylose rice) เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส ประมาณร้อยละ 2-9
- (2) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (Low amylose rice) เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส ประมาณร้อยละ 10-19
- (3) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (Intermediate amylose rice) เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส ประมาณร้อยละ 20-24
- (4) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (High amylose rice) เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส ประมาณร้อยละ 25 ขึ้นไป

2. ประเภทของข้าว

2.1 ข้าวเหนียว (Waxy rice หรือ Glutinous rice) จะมีลักษณะขุ่น มีปริมาณอะไมโลสอะไมโลสเป็นส่วนประกอบทางเคมีประมาณร้อยละ 0.2 และมีปริมาณอะไมโลเพกทินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้เมื่อหุงต้มจะนุ่มจับตัวเหนียว ปั้นเป็นก้อนได้และมีลักษณะใส แป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสอยู่เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย

2.2 ข้าวเจ้า (Nonglutinous rice) เมล็ดข้าวสารจะมีสีขาวใส มีปริมาณอะไมโลสเป็นส่วนประกอบทางเคมี ประมาณร้อยละ 20-34 ที่เหลือเป็นอะไมโลเพกทิน ซึ่งมีผลให้ข้าวสารนำไปหุงเป็นข้าวสุกจะมีสีขาวขุ่น มีลักษณะร่วนไม่เกาะติดกัน สามารถแบ่งข้าวเจ้า เป็นข้าวไม่ขัดสีและข้าวขัดสี ดังนี้

(1) **ข้าวกล้อง** ข้าวกล้องได้จากการนำข้าวเปลือกมาทำการขัดสีเพียง 1 ครั้ง โดยจะมีเปลือกชั้นในบางๆ หุ้มอยู่ ข้าวที่ได้จะมีสีน้ำตาลอ่อน อุดมไปด้วยสารอาหาร เส้นใย วิตามิน เกลือแร่ โดยเฉพาะวิตามินบี 1 นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นอีกด้วย ข้าวกล้องจะยังคงมีจมูกข้าวติดอยู่ที่ปลายเมล็ดข้าว อุดมไปด้วยวิตามินอี นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุ ได้แก่ แมกนีเซียมและซีลีเนียม

(2) **ข้าวขาว** คือ ข้าวที่นำเอาข้าวกล้องเจ้าไปสีเอารำออก หรือเรียกว่า ข้าวสารที่นำไปหุงบริโภคกันทั่วไป แบ่งเป็น 8 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาวร้อยละ 100 ชั้น 1, ข้าวขาวร้อยละ 100 ชั้น 2, ข้าวขาวร้อยละ 100 ชั้น 3, ข้าวขาวร้อยละ 5, ข้าวขาวร้อยละ 10, ข้าวขาวร้อยละ 15, ข้าวขาวหักเอววันเลิศพิเศษ, ข้าวขาวหักเอววันเลิศ และข้าวขาวหอมมะลิ 105

(2.1) **ข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือข้าวหอมมะลิ 105** จัดเป็นประเภทข้าวหอม มีชื่อเรียกว่า Jasmine rice มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำอยู่ระหว่างร้อยละ 12-19 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14 (ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช., 2552) มีความไวต่อช่วงแสงอย่างอ่อน ทนแล้งได้ดีพอสมควร ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) เป็นที่นิยมทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ เนื่องจากมีคุณลักษณะเด่น คือ เมล็ดข้าวสารมีรูปร่างเรียวยาว เมล็ดใส และท้องไข่น้อย เมื่อหุงสุกแล้วข้าวสุกจะมีสีขาวนวล ยาวเรียวยาว เนื้อสัมผัสนุ่ม เหนียว เกาะติดกัน ผิวเมล็ดข้าวสุกมีความเลื่อมมันและมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์

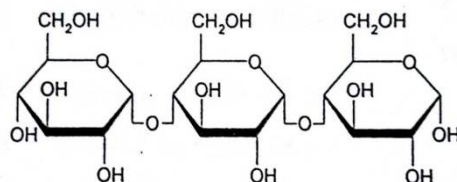
(2.2) **ข้าวขาวเหลืองประทิว 123** มีลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดมีลักษณะเรียวยาว ให้ผลผลิตสูง คุณภาพการสีจะได้ข้าวสารที่แกร่ง มีความเลื่อมมัน หากเป็นข้าวกล้องจะมีสีเหลืองอ่อน แต่ถ้าเป็นข้าวสารจะมีสีขาว เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะร่วน แข็ง ไม่จับตัวเป็นก้อน รสชาติดี โดยมีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 29-32 ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน-แข็ง อุณหภูมิแป้งสุกต่ำ-ปานกลาง (70-75 องศาเซลเซียส) นิยมปลูกในดินเปรี้ยวได้ดี ค่อนข้างต้านทานโรคขอบใบแห้งและโรคใบหงิก ไม่ต้านทานโรคไหม้ โรคใบสีส้ม และโรคเหี่ยวเฉา ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่น สีเขียวและหนอนกอ นิยมปลูกในพื้นที่ภาคกลาง (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, ม.ป.ป.)

3. องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว (พิทักษ์ จันทรเจริญ และคณะ, 2556)

เมล็ดข้าวขาวจะมีแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 80-90 โดยน้ำหนัก และมีโปรตีนประมาณร้อยละ 5-14 ซึ่งข้าวส่วนใหญ่จะมีโปรตีนร้อยละ 6-8 และจัดเป็นกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบไปด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีสิ่งเจือปน เช่น โปรตีนไขมัน และเกลือแร่ปริมาณเล็กน้อย แป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นอยู่ปริมาณมาก เรียกว่า ฟลาว์เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี เนื่องจากยังคงมีองค์ประกอบของโปรตีนในปริมาณที่สูง รวมทั้ง แป้งข้าวเจ้า มีโปรตีนร้อยละ 7-8 แต่เมื่อมีการกำจัดส่วนประกอบดังกล่าวออก ทำให้แป้งมีความบริสุทธิ์ของแป้งมากขึ้น เรียกว่า แป้งสตาร์ช (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

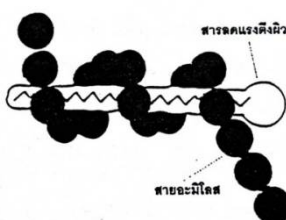
3.1 แป้ง (Starch) ประกอบด้วยสายพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส) และพอลิเมอร์กิ่งก้าน (อะไมโลเพกทิน) ซึ่งแป้งที่มีแหล่งเพาะปลูกแตกต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินแตกต่างกัน

(1) **อะไมโลส (Amylose)** เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสประมาณ 20,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วย 1,4-Glycosidic linkage แต่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแนวยาวและอาจพบกึ่งก้านในโมเลกุลในปริมาณเล็กน้อย ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างอะไมโลส
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2543)

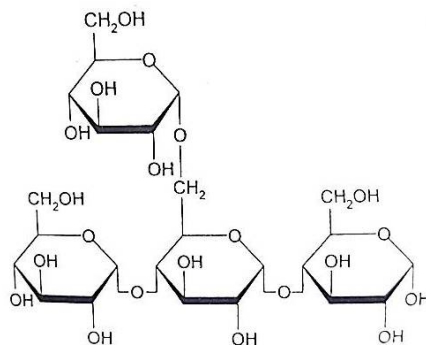
ตำแหน่งของอะไมโลสจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแป้ง โดยอะไมโลสบางส่วนจะอยู่ในโครงสร้างของอะไมโลเพกทิน บางส่วนกระจายอยู่ทั้งในส่วนอสัณฐาน (Amorphous) และส่วนผลึก (Crystalline) นอกจากนี้ยังรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ ได้ เช่น บิวทานอล กรดไขมัน สารลดแรงตึงผิว ฟีนอลและไฮโดรคาร์บอน สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่ละลายน้ำ โดยอะไมโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ ดังภาพที่ 2.6 อะไมโลสสามารถรวมตัวกับสารละลายไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินม่วง ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บอกถึงแป้งมีปริมาณอะไมโลสและใช้ในการตรวจสอบปริมาณอะไมโลสในแป้ง (ปาจริย์ ลั่นนาวา, 2556)



ภาพที่ 2.6 ภาพจำลองของการจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์
ที่มา: Galliard and Bowler (1987) อ้างถึงใน
กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2543)

(2) **อะไมโลเพกทิน (Amylopectin)** เป็นส่วนประกอบหลักของเม็ดแป้ง ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกลูโคสเป็นโมเลกุลใหญ่ มีโครงสร้างเชื่อมต่อกันเป็นแบบแยกเป็นกึ่งก้านสาขาด้วยโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4-Glycosidic linkage ส่วนที่เป็นกึ่งก้านเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-Glycosidic linkage มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพกทินทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 2.7 อะไมโลเพกทินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลสและมีอัตราการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพกทินมีโครงสร้างเป็นกึ่งก้านสาขา

อะไมโลเพกทินจึงมีความสำคัญมากกว่าอะไมโลส ทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่ และการนำไปใช้ ดังนั้นแป้งมีปริมาณอะไมโลเพกทินเพียงชนิดเดียว ก็สามารถรวมตัวเป็นเม็ดแป้งได้ ดังนั้นปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่แตกต่างกันก็ทำให้สมบัติของเม็ดแป้งแตกต่างกันได้เช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.4



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างอะไมโลเพกทิน

ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2543)

ตารางที่ 2.4 สมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน

สมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพกทิน
โครงสร้างโมเลกุล	สายยาว	สายแขนง
การเกิดสีกับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดง
การดูดกลืนแสงของ Iodine complex	650 ไมโครเมตร	540 ไมโครเมตร
Iodine affinity	ร้อยละ 19-20	< ร้อยละ 1
จำนวนน้ำตาลกลูโคสในสาย	100-10,000	20-30
Degree of polymerization (จำนวนน้ำตาลกลูโคสในโมเลกุล)	100-10,000	10,000-100,000
ความสามารถในการละลายน้ำ	ไม่ละลายน้ำ	ละลายน้ำ
ความคงตัวในสารละลาย	เกิด Retrogradation	คงตัว
การเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมอลโตส	ร้อยละ 70	ร้อยละ 55
โดยเอนไซม์ปีต้า – อะไมเลส		

ที่มา: Manners. (1979) อ้างถึงใน นิธิยา รัตนพานนท์ (2553)

3.2 โปรตีน (Protein) เป็นองค์ประกอบรองจากแป้ง ในข้าวกล้องจะพบปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวขัดสีประมาณร้อยละ 12-16 ส่วนข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้วจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6-15 ซึ่งปริมาณโปรตีนดังกล่าวจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ไร่ชนิ ไสยประจาง และสุรพวงษ์ พินิจกลาง (2555) ศึกษาปริมาณโปรตีนในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง 6.84-8.85 กรัมต่อ 100 กรัม พบว่าข้าวหอมนิลปริมาณโปรตีนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 8.85 กรัมต่อ 100 กรัม และข้าวสังข์หยดอุบลมีปริมาณโปรตีนทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 6.84 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่พบใน

ข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์เทียบกับโปรตีนมาตรฐาน โดยวิธี SDS-PAGE พบว่าโปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 10.5 kDa ทั้งนี้ น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนในข้าว 9 สายพันธุ์ที่วิเคราะห์โดยเครื่อง MALDI-TOF Mass Spectrometry อยู่ในช่วง 5-10 kDa ซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลที่วิเคราะห์โดยวิธี SDS-PAGE จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโน พบว่าข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ พบกรดอะมิโนชนิดกรดกลูตามิกมากที่สุดอยู่ในช่วง 1,161.70-1608.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และพบเมไทโอนีนน้อยที่สุด พบในช่วง 55.67-189.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนกรดอะมิโนจำเป็นพบชนิดไลซีนและลิวซีนมากที่สุด ในข้าวหอมนิลพบเท่ากับ 639.54 และ 716.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ข้าวที่พบกรดอะมิโนจำเป็นน้อยที่สุด คือ ข้าวหอมอุบล มีปริมาณลิวซีนน้อยที่สุดเท่ากับ 30.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และข้าวสังข์หยดอุบลมีปริมาณไลซีนน้อยที่สุดเท่ากับ 450.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

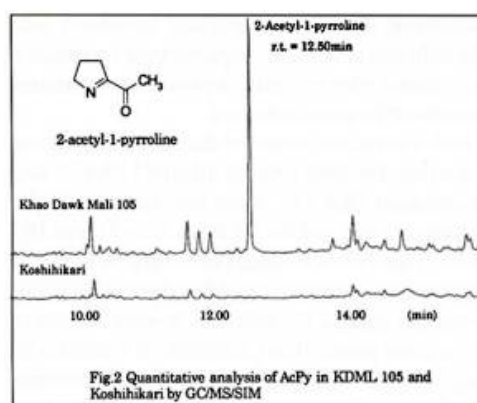
3.3 ไขมัน (Fat) ข้าวกล้องพบไขมันประมาณร้อยละ 1.60-2.80 ส่วนใหญ่ไขมันจะพบในรำข้าวประมาณร้อยละ 80 กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นโอเลอิก ลิโนเลอิกและพาลมิติก ในไขมันดิบของข้าวสารจะมีสารต้านอนุมูลอิสระมีชื่อเรียกว่า โอริซานอล และโทโคฟีโนล

สุภาวดี ขาวสังข์ (2542) ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและปริมาณไขมันในข้าวหอมมะลิ พบว่าในข้าวขัดขาวและข้าวกล้องมีปริมาณไขมันเท่ากับ ร้อยละ 0.57 และ 0.68 ตามลำดับ โดยมีไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเก็บข้าวหอมมะลิในถุงไนลอนที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในไขมันในข้าวขัดขาวลดลงสูงที่สุด และปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 2 ส่วนในข้าวกล้องพบว่าปริมาณไตรกลีเซอไรด์ลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนแรก และมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระและโมโนกลีเซอไรด์ตลอดระยะเวลาการเก็บ เมื่อตรวจสอบปริมาณของกรดไขมัน พบว่า กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะลดลงในเดือนที่ 5 และ 6 วิธีการยับยั้งเอนไซม์ไลเปสยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไขมันในข้าวด้วย โดยพบว่าการอบข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และการผลิตข้าวนี้ด้วยความดันจะทำให้ไขมันที่สกัดได้จากข้าวขัดขาวและข้าวกล้องลดลง และเมื่อเก็บข้าวนาน 6 เดือน ข้าวที่ผ่านการอบและนี้จะมีการลดลงของไตรกลีเซอไรด์และมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นน้อยกว่าในตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ไลเปส แต่จะไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเมื่อเก็บข้าวไว้นาน 6 เดือน ส่วนการบรรจุข้าวในบรรยากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลทำให้ไตรกลีเซอไรด์มีการลดลงต่ำที่สุดและปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บข้าวไว้นาน 6 เดือน

3.4 ปริมาณความชื้น องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือกและข้าวสาร) มีส่วนสำคัญในการบ่งบอกคุณภาพของเมล็ดข้าว คือ ปริมาณความชื้น ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าว เนื่องจากปริมาณความชื้นจะบอกถึงน้ำหนักของเนื้อข้าว และเกี่ยวข้องกับผู้ซื้อ-ผู้ขายโดยตรงในการกำหนดราคาซื้อขาย ในทางอ้อม ความชื้นจะบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาหรือความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

3.5 กลิ่นสารระเหยของข้าว ในข้าวบางสายพันธุ์จะพบกลิ่นระเหยบางชนิดที่ผู้บริโภคยอมรับ และบางกลุ่มไม่ยอมรับ ซึ่งเป็นกลิ่นที่พบประจำพันธุ์ เช่น ข้าวหอม จะมีสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-Acetyl-1-pyrroline) ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอมของข้าว ส่วนข้าวที่มีกลิ่นเหม็นอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดอะมิโนที่มีสารซัลเฟอร์ในโมเลกุล สารประกอบไฮโดรเจน ซัลไฟด์ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ หรือเอซิแทลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Juliano, 1985 และ 1993 อ้างอิงใน อรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

ลักษณะสำคัญของข้าวหอม คือ ความสามารถพิเศษในการผลิตสารหอม ที่เรียกว่า กลิ่นหอมข้าวโพด จะถูกเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของต้น โดยเฉพาะที่เมล็ด จากการศึกษาวិเคราะห์สารเคมีในเมล็ดข้าว พบว่าสารที่ทำให้เกิดความหอมในต้นและเมล็ดข้าว คือ 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-Acetyl-1-pyrroline) หรือ 2AP (2เอพี) แสดงโครงสร้างดังภาพที่ 2.8 ซึ่งค้นพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2525 เป็นสารเคมีที่มีโครงสร้างแบบวงแหวน มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นใบเตย หรือกลิ่นข้าวโพดคั่ว ส่วนในข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอมจะพบสารดังกล่าวนี้ได้น้อยมาก



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-Acetyl-1-pyrroline) หรือ 2AP (2เอพี)
ที่มา: ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช. (2552)

4. การแปรรูปแป้งข้าว

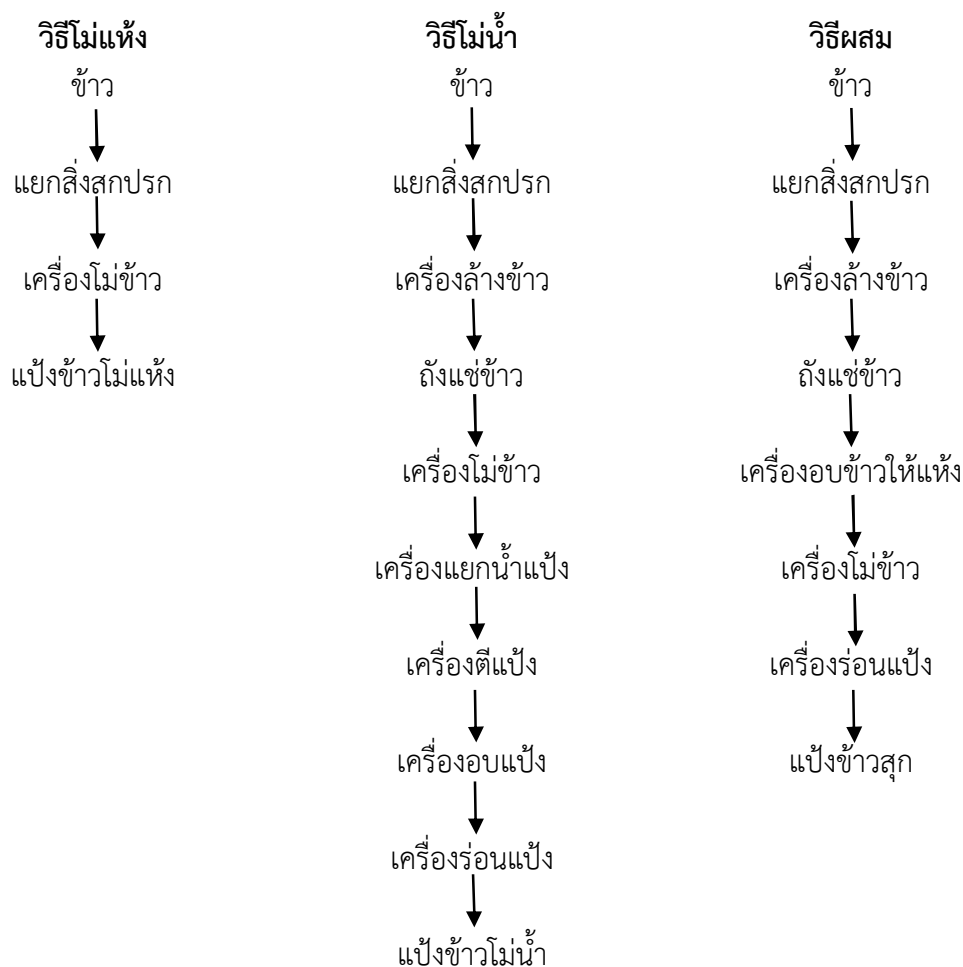
การแปรรูปแป้งข้าวนิยมใช้ข้าวหักหรือปลายข้าวที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ได้แก่ ผ่านเครื่องแยกแฉะเหล็ก เครื่องแยกหิน และเครื่องขัดขาว เพื่อขัดผิวข้าวให้สะอาด จากนั้นจะทำการโม่ให้เป็นแป้ง ทำได้ 3 วิธี คือ

4.1 การโม่แห้ง เป็นการนำข้าวหักหรือปลายข้าวที่ผ่านการทำความสะอาดแบบแห้ง โดยใช้วิธีการลมเป่าแยกสิ่งสกปรก ได้แก่ เศษฟางข้าว เศษกระสอบ เป็นต้น แล้วเข้าสู่เครื่องโม่ที่นิยมใช้ คือ Hammer mill บดจนเป็นแป้งผง จะเห็นได้ว่าวิธีการโม่แบบนี้จะไม่ยุ่งยากและซับซ้อน อีกทั้งไม่ใช้น้ำในกระบวนการผลิตเหมือนวิธีอื่นๆ แต่เป็นวิธีที่ไม่ค่อยนิยม นอกจากนี้ยังสามารถพบไขของแมลงที่ติดมากับเมล็ดข้าวสามารถพัฒนาเป็นหนอนได้ และยังคงมีองค์ประกอบทางเคมีหลงเหลืออยู่ เช่น ไขมันเป็นสาเหตุให้ข้าวเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ มีผลทำให้เกิดกลิ่นหืน จึงไม่ค่อยนิยมใช้แป้งที่ผ่านการโม่แห้ง เนื่องจากแป้งมีคุณภาพต่ำ มีลักษณะหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น

4.2 การโม่เปียก เป็นการนำข้าวหักหรือปลายข้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว มาทำความสะอาดแบบแห้ง ล้างด้วยน้ำให้สะอาดหลายๆ ครั้งจนน้ำใส จากนั้นจึงแช่ข้าวหักหรือปลายข้าวในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 2.5 ประมาณ 2-4 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวดูดซับน้ำจนอิ่ม จากนั้นรินน้ำออกให้สะเด็ดน้ำ จึงทำการโม่ด้วยเครื่องโม่แบบหินพร้อมกับน้ำในอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ เท่ากับ 2 ต่อ 1 ในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ได้แป้งที่ละเอียดสม่ำเสมอตามต้องการ จากนั้นผ่านน้ำแป้งเข้าเครื่องแยกน้ำออกจากแป้งจะได้ก้อนแป้งที่แห้งทำการตีปนก้อนแป้งให้เป็นผง จึงผ่านเข้าเครื่องอบแป้งให้แห้ง อาจใช้วิธีเป่าด้วยลมร้อนจนแป้งเป็นผงแห้ง มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 (ประมาณร้อยละ 9-10) จึงนำแป้งผ่านเข้าเครื่องบดอีกครั้ง โดยทั่วไปประมาณ 180 ไมโครเมตร และร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาดสม่ำเสมอ แป้งที่ผ่านการโม่ด้วยวิธีนี้จะได้แป้งที่มีคุณภาพดี มีความละเอียด และมีสิ่งเจือปนน้อย (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2541; พรวิณัส ปันหยง, 2544) จึงเป็นวิธีการผลิตแป้งที่แพร่หลาย ปัจจุบันยังคงมุ่งเน้นแป้งข้าวเจ้าชนิดอะโมโลสสูง

4.3 การโม่ผสม เป็นกระบวนการผสมระหว่างการผลิตแป้งแห้งและโม่เปียก เริ่มต้นจากการทำความสะอาดเมล็ดข้าวแบบแห้ง ล้างด้วยน้ำให้สะอาดหลายๆ ครั้งจนน้ำใส จึงนำข้าวหักหรือปลายข้าวมาแช่ ประมาณ 2-4 ชั่วโมง จนข้าวอิ่ม ต่อจากนั้นนำไปให้สะเด็ดน้ำ แล้วผ่านการอบข้าวให้แห้งระดับหนึ่งประมาณร้อยละ 15-17 จึงนำข้าวไปบดหรือโม่ด้วยเครื่องโม่แบบแห้ง จนได้แป้งแห้งผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้งให้มีขนาดสม่ำเสมอตามความต้องการ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2556) วิธีการโม่ผสม ในปัจจุบันเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้น โดยกระบวนการผลิตสามารถลดปริมาณน้ำที่ใช้ได้มาก และคุณสมบัติของแป้งที่ได้มีความใกล้เคียงกับการโม่แบบเปียก

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2529) ได้กำหนดคุณลักษณะของแป้งข้าวเจ้า คือ แป้งข้าวเจ้าต้องเป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน ส่วนที่ค้างบนตะแกรง 180 ไมโครเมตร ต้องไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ต้องมีสีขาว หรือขาวนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าวเจ้า ไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน เหม็นเปรี้ยว หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่นๆ ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม สำหรับคุณสมบัติทางด้านเคมี เช่น ความชื้น น้ำหนักแป้งอบแห้ง ความเป็นกรด-เบส ถ้า อะโมโลส (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529 อ้างถึงใน อรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

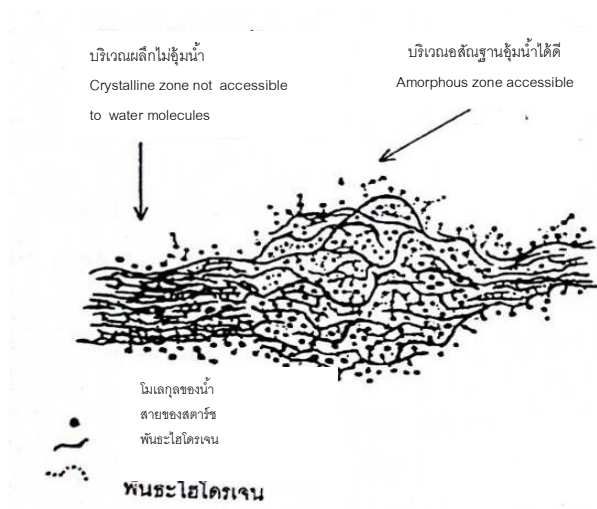


ภาพที่ 2.9 กระบวนการผลิตแป้งข้าวด้วยวิธีไ้มแตกต่างกัน
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ เฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2559)

5. คุณสมบัติของแป้ง (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

5.1 การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย แป้งดิบไม่สามารถละลายได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กัน (Water bridges) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจึงสามารถเข้าไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งจึงเกิดการพองตัวได้ ทำให้เกิดการละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อเม็ดแป้งเกิดการพองตัวสูง การละลายและความหนืดจึงสูงตามไปด้วย แสดงดังภาพที่ 2.10

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลาย ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (โปรตีน ไขมัน เส้นใย ถั่ว) ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการตัดแป้งทางเคมี



ภาพที่ 2.10 การอุ้มน้ำของสตาร์ชบริเวณผลึกจะดูดน้ำได้น้อยกว่าบริเวณอสัณฐาน
ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล (2556)

5.2 ความหนืด เป็นสมบัติเฉพาะที่สำคัญของแป้งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้ง และการตัดแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ ความหนืดสามารถวัดได้หลายวิธี ได้แก่

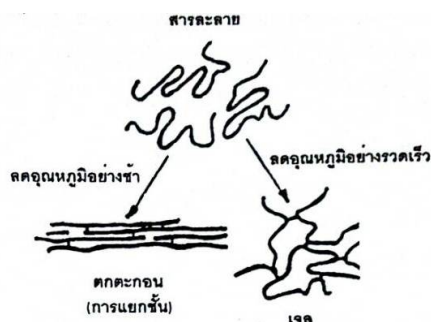
(1) **การใช้เครื่อง Brookfield viscometer** สามารถวัดอุณหภูมิได้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ การทำงานของเครื่องเกิดจากการหมุนของวัตถุทรงกระบอก หรือแผ่นจานในของเหลวด้วยอัตราเร็วคงที่ ค่าความหนืดของของเหลววัดได้จากค่าความต้านทานการหมุนของของเหลวที่อัตราเร็วคงที่ แรงต้านจะทำให้สปริงเกิดการยืดตัวโดยแสดงด้วยเข็มสีแดงบนหน้าปัดเครื่อง คำนี้อาจคูณด้วยค่าคงที่ตามความเร็ว ขนาดและชนิดของเครื่อง Brookfield viscometer เครื่องนี้ได้หน่วยความหนืดของของเหลวเป็นเซนติพอยส์ (Centipoise)

(2) **การใช้เครื่อง Capillary viscometer** สามารถใช้วัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เท่านั้น ได้หน่วยของความหนืดเป็น mPa.s

(3) **การใช้เครื่อง Brabender amylograph** เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลาย หลักการทำงาน คือ การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อนจนถึงขั้นตอนการทำให้เย็น ติดตามผลและแสดงผลในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ได้หน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU)

(4) **การใช้เครื่อง Rapid visco analyzer (RVA)** เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้องพิจารณาความหนืดขณะที่ให้ความร้อน คุณสมบัติพิเศษ คือ มีความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ สามารถทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็ว สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงทำให้สามารถหา Pasting curve ได้ภายใน 13 นาที เนื่องจากมีกลไกการส่งผ่านความร้อนที่ดีกว่า และใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่า

5.3 การเกิดเจลตาโนเซชัน และรีโทรกราเดชัน (การคืนตัว) เมื่อนำแป้งข้าวมาละลายน้ำเย็นโดยผสมกับน้ำที่มากกว่าแป้งประมาณร้อยละ 1-5 แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าระยะเริ่มต้นส่วนผสมจะมีสีขาวขุ่น ลักษณะแขวนลอยในน้ำและเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง พบว่าแป้งจะเกิดการตกตะกอนและแยกชั้น แสดงให้เห็นว่าเม็ดสตาร์ชที่อยู่ในแป้งข้าวไม่ดูดน้ำในน้ำเย็นหรือดูดซึมได้น้อยมากและเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้งหรือสตาร์ชจนถึงอุณหภูมิเจลตาโนเซชัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสตาร์ชโดยมีการพองตัวและอ้วนน้ำเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 2.10 ความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่เกาะเกี่ยวกับในบริเวณอสัญฐานของโครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลเพกทิน มีผลทำให้โครงสร้างเกิดการคลายตัวลง จึงสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ทำให้เกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เนื่องจากโครงสร้างของอะไมโลเพกทินภายในเม็ดแป้งถูกทำลายไป อะไมโลสจะละลายออกมานอกเม็ดแป้ง ทำให้น้ำแป้งมีการพองตัวมากขึ้น มีผลต่อความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นสารละลายชั้นหนืดที่เรียกว่า Sol และเมื่อกวนต่อไปเรื่อยๆ ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลตาโนเซชัน พบว่าความหนืดจะลดลง เนื่องจากโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชถูกทำลาย ทำให้โมเลกุลอะไมโลเพกทินและอะไมโลสกระจายหลุดออกจากเม็ดสตาร์ชแขวนลอยอยู่ในส่วนผสม แสดงดังภาพที่ 2.11 และเมื่อปล่อยให้อุณหภูมิลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิห้อง โมเลกุลดังกล่าวที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติล้อมรอบเม็ดแป้งที่พองตัว แป้งจะมีลักษณะเป็นแป้งเปียก หรือเจลแป้งและมีความหนืดขึ้นอีกครั้ง



ภาพที่ 2.11 การเกิดผลึกหรือตกตะกอน (การแยกชั้น) และการเกิดเจลของสตาร์ช

ในขณะที่เย็นลงหลังจากให้ความร้อน

ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล (2556)

5.4 การเกิด Syneresis เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแป้งเปียกหรือเจลแป้ง เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้มีลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างหนาแน่นมากขึ้น เป็นผลให้โมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในถูกบีบออกมาภายนอกโครงสร้าง ทำให้น้ำแป้งเปียกหรือเจล มีลักษณะสีขาวขุ่นและมีความหนืดมากขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หนูเดือน สารบุตร (2552) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และรีโอโลยีของน้ำสลัดชั้นไขมันต่ำ โดยการเติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพด เพื่อทดแทนบางส่วนของน้ำมันในสูตรการผลิต ทำการผสมแป้งระหว่างแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพดที่อัตราส่วนต่างๆ ทั้งหมด 10 สูตร พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ของคุณสมบัติทางลักษณะเนื้อสัมผัส และทางเคมีของน้ำสลัดชั้นไขมันต่ำแต่ละสูตร ค่าพลังงานของน้ำสลัดชั้นไขมันต่ำ พบว่าสูตรที่เติมสัดส่วนเจลดแป้งสูงของแป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวเจ้า : แป้งข้าวโพด เท่ากับ 66.67:16.67:16.67 ให้ค่าพลังงานต่ำ (386.05 ± 2.70 กิโลแคลอรี/100 กรัม)

รัตนภรณ์ หนูสุวรรณ และสราวลี แซ่ลิ่ม (2552) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตน้ำสลัดจากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง โดยมีการทดแทนปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองในอัตราส่วนแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 3, 6 และ 9 พบว่าการผลิตน้ำสลัดจากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงที่สุด คือ ที่ร้อยละ 3 มีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 82.73, -3.68 และ 18.65 ตามลำดับ โดยมีค่าปริมาณความชื้น ไขมัน และโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 48.86, 1.22 และ 64.52 ตามลำดับ ค่าความหนืดเท่ากับ 3,248.33 เซนติพอยส์

ทวีศักดิ์ ทราญแก้ว และวิไลวรรณ ไญ่ผา (2551) ศึกษาการผลิตน้ำสลัดเต้าหู้เพื่อสุขภาพ โดยศึกษาเต้าหู้ 2 ชนิด คือ เต้าหู้ไข่และเต้าหู้ถั่วเหลืองที่อัตราส่วนแตกต่างกัน พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับน้ำสลัดที่มีอัตราส่วนของเต้าหู้ไข่และเต้าหู้ถั่วเหลือง 2:1 (60:30) โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านสีปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 5.93, 5.96, 6.10, 5.90 และ 6.03 คะแนน ตามลำดับ มีค่าสี $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 63.86, 3.18 และ 18.02 ตามลำดับ ความหนืด 2,269.51 เซนติพอยส์ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ และเยื่อใย คิดเป็นร้อยละ 58.66, 94.33, 38.06, 5.52 และ 2.33 ตามลำดับ ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 4.70 logcfu/ml และไม่พบยีสต์และรา

วัลลภ บรรจง (2550) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ให้คุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้สูงอายุที่มีความชอบในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดชั้นคอเลสเตอรอลต่ำ คือ น้ำส้มสายชู 55 กรัม น้ำตาลทราย 100 กรัม นมข้นหวาน 45 กรัม พริกไทยป่น 5 กรัม เกลือป่น 5 กรัม มัสตาร์ด 9 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 250 กรัม และเต้าหู้ถั่วเหลือง 90 กรัม ได้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดชั้นคอเลสเตอรอลต่ำ มีสีเหลืองนวล มีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 70.71 ± 0.17 , 2.76 ± 0.29 และ 29.98 ± 0.10 ตามลำดับ ค่า Water activity 0.91 ค่าความหนืด 7,923 เซนติพอยส์ ความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 3.85 ค่าความเป็นกรดทั้งหมด 0.70 มิลลิกรัม/100 กรัม ค่าเพอร์ออกไซด์ เท่ากับ 0.50 mEq/kg คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือ และเยื่อใย เท่ากับ 24.57, 28.81, 6.08, 32.41, 1.36 และ 6.77 ตามลำดับ และไม่พบคอเลสเตอรอล โดยผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดชั้นคอเลสเตอรอลต่ำ สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 30 วัน ในภาชนะขวดแก้วใส และบรรจุในถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส)

นิรมล ศักดิ์สกุลชาญ (2548) ศึกษาปริมาณอะไมโลสจากสตาร์ชข้าวที่เตรียมได้ 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์สกลนคร พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.06, 15.52 และ 33.39 ตามลำดับ และอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตีในเซชันเท่ากับ 70.05, 72.18 และ 81.35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การดัดแปรสตาร์ชด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 1.96 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่เวลา 4, 8 และ 12 ชั่วโมง พบว่าขนาดอนุภาคเล็กที่สุดของ สตาร์ชข้าวดัดแปรพันธุ์สกลนคร พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 คือ 8, 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตีในเซชันของสตาร์ชข้าวดัดแปร พบว่าอุณหภูมิ ในการเกิดเจลลิตีในเซชัน ลดลงเป็น 67.67, 69.33 และ 78.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทำการ แทนที่ไขมันน้ำสลัดด้วยสารละลายสตาร์ชดัดแปรที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิเจลลิตีในเซชัน ความเข้มข้นร้อยละ 40 (w/w) ที่ร้อยละ 15, 30, 45 และ 60 เมื่อพิจารณาสมบัติด้านความหนืด พบว่าน้ำสลัดสูตรที่มีสารละลายสตาร์ชดัดแปรที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 40 ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ระดับ ร้อยละ 15 มีความหนืดที่ไม่แตกต่างจากน้ำสลัดสูตรไขมันเต็ม ด้านความคงตัวและคะแนนทางด้าน ประสาทสัมผัส พบว่า น้ำสลัดสูตรแทนที่ไขมันด้วยสารละลายสตาร์ชดัดแปรที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 40 ทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ระดับร้อยละ 15, 30, 45 และ 60 ไม่แตกต่างจากน้ำสลัดสูตรไขมันเต็ม ในขณะที่การแทนที่ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัส แต่ความหนืดลดลง

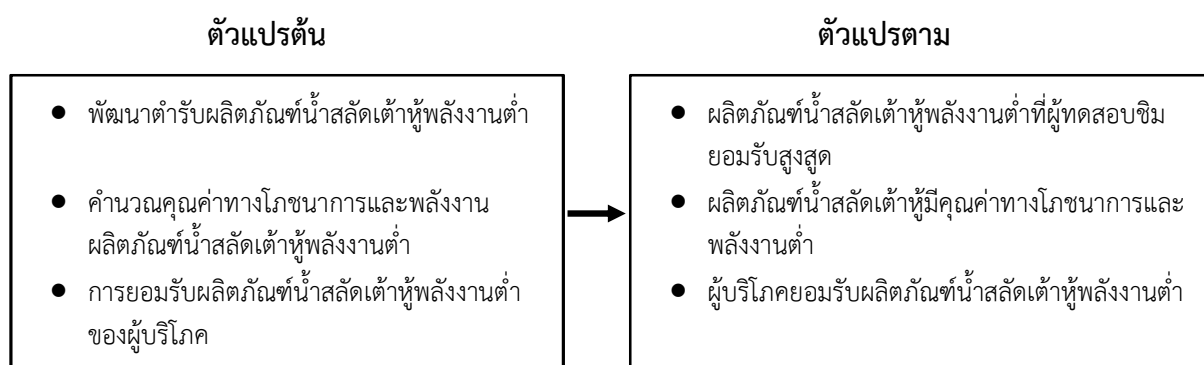
วราภรณ์ สงวนพงษ์ และคณะ (2545) ศึกษาผลของขนาดแป้งมันสำปะหลังให้ได้เป็นอนุภาค ขนาดเล็ก (ขนาดโดยเฉลี่ย 3-6 ไมครอน) สามารถนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในอาหารได้ โดยเมื่อ ทดสอบความสามารถในการเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อิมัลชัน ได้แก่ น้ำสลัด ที่ระดับการ ทดแทนที่ร้อยละ 60 พบว่า อนุภาคแป้งมันสำปะหลังขนาดเล็กทำให้น้ำสลัดที่ได้มีลักษณะเป็นครีมที่ มีเนื้อเนียนเรียบ มีการกระจายตัวของเม็ดน้ำมันในเฟสตัวกลางสม่ำเสมอและมีขนาดเล็ก แตกต่างจาก น้ำสลัดที่ได้จากการแทนที่ไขมันด้วยแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการลดขนาดที่มีเม็ดน้ำมันขนาดใหญ่

Chen *et al.* (1999) ศึกษาผลของวิธีการโม่แป้งข้าวเหนียวในประเทศไต้หวันต่อคุณลักษณะ ทางด้านกายภาพเคมี โดยทำการศึกษาวีธีการโม่แห้ง โม่ผสมและโม่เปียกกับข้าวเหนียว 2 สายพันธุ์ (TCSW1, Long grain; TCW70, Short grain) พบว่าวิธีการโม่แห้งมีผลทำให้มีองค์ประกอบทางเคมี หลงเหลือมากกว่าการโม่วิธีอื่นๆ แป้งข้าวเหนียวที่ผ่านการโม่เปียก มีค่าการละลายเพิ่มขึ้นเพียง เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนค่ากำลังการพองตัวมีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกับวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส (TCSW1) และ 85 องศาเซลเซียส (TCW70) ตามลำดับ ส่วนการใช้เครื่อง Hammer milling โม่แบบผสม ทำให้มีอนุภาคขนาด 100-300 μm ซึ่งเมื่อผ่าน การโม่ด้วยเครื่อง Cyclone และ Turbo milling จะมีขนาดที่เล็กกว่าและเมื่อนำไปทำการโม่เปียก ทำให้มีขนาดของอนุภาคเล็กที่สุด 10-30 μm การโม่แห้งด้วยเครื่อง Hammer milling จะทำให้แป้ง มีค่า Pasting temperature ในการเกิดเจลสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ส่วนการโม่ผสมจะมีผลทำให้ค่า Pasting temperature, Setback, Viscosity และ Enthalpy value ต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่าคุณภาพ สดุดท้ายของแป้งที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าวเหนียวและวิธีการโม่

Tungtrakul *et al.* (2006) ศึกษาผลของการไม่เปียก ไม่แห้ง และไม่แบบผสมต่อสมบัติแป้งข้าว โดยศึกษาการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้าง แช่ และไม่ข้าวเจ้าแบบดั้งเดิม พบว่า แป้งข้าวเจ้ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับการไม่น้ำแบบเดิม และจากการไม่ข้าวเจ้าแตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การไม่เปียก ไม่แห้ง และไม่แบบผสม พบว่าการไม่แบบผสมมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับการไม่เปียก โดยแป้งข้าวเจ้าชนิดนี้เหมาะสมสำหรับการนำมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

Tong *et al.* (2015) ศึกษาผลของการไม่แป้งต่อคุณภาพของแป้งข้าวและเส้นก๋วยเตี๋ยวในประเทศจีน โดยศึกษาการไม่แป้งแบบเปียก แห้ง และผสม (ความชื้นที่ร้อยละ 18, 22, 26 และ 30) พบว่าการไม่แป้งแบบเปียกจะมีผลต่อการทำลายของเม็ดแป้งแตกต่างกับการไม่เปียก ส่วนการไม่ผสม (ความชื้นร้อยละ 26 หรือ 30) เม็ดแป้งถูกทำลายแตกต่างกับการไม่เปียกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากจะเกิดพลังงานความร้อนขึ้นในขณะไม่แห้ง ปริมาณเถ้าและสารโพลีฟีนอลิกมีผลต่อค่า Whiteness ของแป้งข้าว ซึ่งจะมีผลต่อค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่า แป้งที่ผ่านการไม่แบบผสม (ร้อยละ 26 หรือ 30) จะมีค่า Whiteness ไม่แตกต่างกับการไม่เปียก ส่วนการไม่แห้งจะมีค่าดังกล่าวต่ำกว่าการไม่เปียก เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการมากกว่าไปมีผลต่อการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีสาเหตุที่ทำให้ค่า Whiteness ลดลง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2.12 กรอบแนวคิดในการวิจัย