บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งา

ภาพ 2.1 เมล็ดงา
ที่มา : Formaggiokitchen (2009)

งา (*Sesamum indicum*) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นทุกปี (ภาพ 2.1) เนื่องจากเป็นพืชที่มีความต้องการทางตลาดสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศและมีราคาดีขึ้นในทุกๆปี อีกทั้งยังเป็นพืชที่สามารถเพาะปลูกได้ง่าย และให้ผลผลิตที่ดี มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม ผู้ปลูกนิยมปลูกก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวพืชหลัก (สมจินตนา และอิสระ, 2550)

2.1.1 ชนิดของพันธุ์งาและแหล่งเพาะปลูก

ปกติงาที่ใช้บริโภคได้แก่ งาขาวธรรมชาติ งาดำ งาขาวขัด ซึ่งได้จากการนำงาดำและงาแดงมาแช่น้ำแล้วถูเปลือกที่มีสีออกกลายเป็นสีขาว ส่วนงาดำและงาแดงนิยมนำมาบีบอัดเพื่อให้ได้น้ำมันงา งาที่ปลูกในประเทศไทยจะแบ่งตามสีของเมล็ด สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้ (สมจินตนา และอิสระ, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. งาดำที่ปลูกกันทั่วไปมี 4 พันธุ์ได้แก่งาดำบุรีรัมย์ งาดำนครสวรรค์ งาดำ มก. 18 และงาดำ มข. 2

2. งาขาวที่ปลูกกันทั่วไปมี 6 พันธุ์ได้แก่พันธุ์เมืองเลย พันธุ์เชียงใหม่ พันธุ์ชัยบาดาล พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 พันธุ์ มข. 1และพันธุ์มหาสารคาม 60

3. งาดำ-แดงหรือเรียกทั่วไปว่า งาเกษตรที่ปลูกกันทั่วไปมี 3 พันธุ์ได้แก่พันธุ์พื้นเมืองพิษณุโลก พันธุ์พื้นเมืองสุโขทัยและงาแดงอุบลราชธานี 1

2.1.2 ผลผลิตของงา

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) มีการรายงานว่าในช่วงปี 2541 ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกงา 387,000 ไร่ ผลผลิต 36,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 93 กิโลกรัมต่อไร่ และพื้นที่การปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 390,000 ไร่ในปี 2542 และเพิ่มขึ้นอีกเรื่อยๆ จนถึงปี 2550 มีพื้นที่การปลูกงา 409,000 ไร่ ผลผลิต 43,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 105 กิโลกรัมต่อไร่ มูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้สูงถึง 1,030 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มจากปี 2549 ที่มีมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้เพียง 938 ล้านบาท แสดงดังตาราง 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 เนื้อที่การเพาะปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปี 2541-2550 ของงา

ปี	เนื้อที่การเพาะปลูก (1000 ไร่)	ผลผลิต (1000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/กก.)	มูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ (ล้านบาท)
2541	387	36	93	20.85	752
2542	390	37	96	20.45	765
2543	392	39	99	18.44	715
2544	394	39	98	17.14	661
2545	395	40	100	19.97	789
2546	397	40	102	22.64	917
2547	398	41	103	26.85	1,102
2548	405	42	104	24.18	1,019
2549	406	41	101	22.89	938
2550	409	43	105	23.99	1,030

ที่มา : สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2551) มีการรายงานว่าในปี 2550 ประเทศไทยมีการนำเข้าเมล็ดงา และน้ำมันงา 2,293 ตันและ 66 ตัน มูลค่า 39 ล้านบาท และ 7.4 ล้านบาทตามลำดับ มีการส่งออกเมล็ดงา และน้ำมันงา 10,510 ตันและ 399 ตัน มูลค่า 256 ล้านบาท และ 29.6 ล้านบาทตามลำดับ โดยเฉพาะงาดำพันธุ์ มก. 18 ซึ่งเป็นที่ต้องการของประเทศญี่ปุ่นมาก

2.1.3 ประโยชน์ของงา

งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง ในเมล็ดงาจะประกอบไปด้วยน้ำมันประมาณร้อยละ 47 – 60 โปรตีนร้อยละ 24 - 26 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.0-17.2 กาก และเยื่อใยร้อยละ 2.5-2.6 นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุร้อยละ 4.1-6.5 เช่น เหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นต้น และวิตามินบีต่าง ๆ (สุขสันต์, 2541) ส่วนน้ำมันงาประกอบด้วยกรดไขมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิ่มตัวรวมร้อยละ 16.6 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมร้อยละ 83.4 วิตามินอี และสารประกอบลิกแนน (Lignan) สูง น้ำมันงาจึงมีคุณค่าทางอาหารสูง กลิ่นหอมและไม่เหม็นหืนง่าย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลไม่ให้มากเกินไป ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็งตัว ป้องกันโรคหัวใจ จึงได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นอาหารเพื่อโภชนาการ ส่วนกากงาที่ได้จากการสกัดน้ำมัน มีโปรตีน และกรดอะมิโนที่สำคัญคือเมไทโอนีนสูง นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2540)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบหรือสารสกัดในงา พบว่า งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 2 ชนิด คือ เมไทโอนีน (methionine) และซีสตีน (cystine) ซึ่งในพืชส่วนใหญ่จะมีน้อยหรือไม่มีเลย อีกทั้งในงายังมีสารต้านออกซิเดชันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Elleuch *et al.,* 2007; Moure *et al.,* 2006; Shahidi *et al.,* 2006; Shyu and Hwang, 2002)

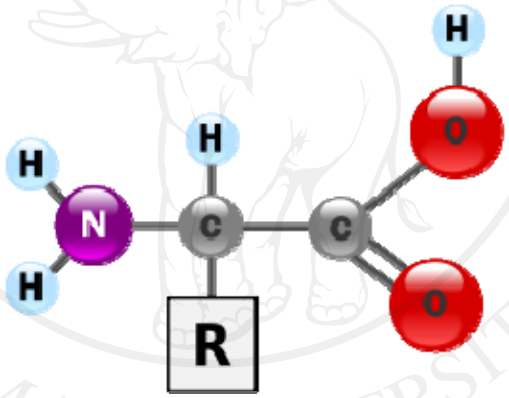
2.1.4 การใช้ประโยชน์ของงา

การนำงามาใช้ประโยชน์มักจะอยู่ในรูปของเมล็ดและน้ำมันงา โดยในรูปเมล็ดจะใช้เป็นส่วนผสมต่างๆในอาหาร โดยเฉพาะในอาหารเจหรือมังสวิรัติ เพื่อช่วยเพิ่มโปรตีนให้กับอาหารที่ส่วนใหญ่ผลิตมาจากถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนเมไทโอนีนและซีสตีนต่ำจึงต้องเสริมด้วยงา ซึ่งมีกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้อยู่ ส่วนในรูปของน้ำมันงาก็มีการเจริญเติบโตสูงขึ้น เนื่องจากน้ำมันงาจัดว่าเป็นน้ำมันคุณภาพดี (จิรวัฒน์ และประสิทธิ์, 2550) กระบวนการผลิตน้ำมันงาส่วนใหญ่จะใช้วิธีการบีบอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิกเพรส เนื่องจากทำให้ได้น้ำมันงาที่มีคุณภาพและไม่ค่อยมีสิ่งเจือปนอยู่ ด้วยวิธีการผลิตดังกล่าวจึงทำให้เกิดของเหลือจากกระบวนการผลิตนั้นคือกากงา โดยนิยมมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ แต่ได้มีงานวิจัยที่ได้ทำการตรวจคุณภาพของกากงาที่เหลือจากการผลิตน้ำมันงาโดยใช้วิธีบีบอัดพบว่ายังมีน้ำมันเหลืออยู่ร้อยละ 5-28 และมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 28 - 44 จากผลงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในกากงายังมีส่วนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อยู่ (ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542; วิศนี และคณะ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต มีบทบาทต่อการทำงานของร่างกาย โดยโปรตีนทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ เป็นฮอร์โมน เป็นต้น นอกจากนี้โปรตีนยังมีบทบาทที่สำคัญในอาหารด้วย โดยโปรตีนจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัส สี กลิ่น และรสที่แตกต่างกันไป องค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนคือ คาร์บอนร้อยละ 50-55 ออกซิเจนร้อยละ 20-23 ไนโตรเจนร้อยละ 12-19 ไฮโดรเจนร้อยละ 6-7 และกำมะถันร้อยละ 0.2-3 โปรตีนบางชนิดอาจจะมีฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ไอโอดีน และอื่นๆ (Damodaran, 1996) โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่ากรดอะมิโน (amino acid) หลายชนิดมาเชื่อมต่อกัน กรดอะมิโนมีสูตรโครงสร้างดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 โครงสร้างกรดอะมิโน
ที่มา : Wikipedia (2009)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.1 กรดอะมิโน

กรดอะมิโนจะประกอบไปด้วยหมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) อย่างละ 1 หมู่ และมีหมู่สายแขนง (R) ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอม ซึ่งหมู่ R จะแตกต่างไปกันไปตามชนิดของกรดอะมิโน โดยมีอยู่ 20 ชนิด สามารถแบ่งกรดอะมิโนตามสมบัติออกเป็น 4 กลุ่ม (นิธิยา, 2545)

1. กรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกลาง หมายถึงกรดอะมิโนที่มีหมู่คาร์บอกซิล และหมู่อะมิโนอย่างละ 1 หมู่ และหมู่ R เป็นไฮโดรฟิลิก สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดี ได้แก่ กลูตามีน เซรีน แอสพาราจีน และทรีโอนีน

2. กรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกลาง หมายถึงกรดอะมิโนที่มีหมู่คาร์บอกซิล และหมู่อะมิโนอย่างละ 1 หมู่ และหมู่ R เป็นไฮโดรโฟบิก ได้แก่ วาลีน ลูซีน ไอโซลูซีน อะลานีน ฟีนิลอะลานีน ไทโรซีน ซิสเตอีน ซิสตีน โพรลีน เมไทโอนีน และไกลซีน

3. กรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกรด หมายถึง กรดอะมิโนที่มีหมู่คาร์บอกซิล 2 หมู่ และมีหมู่อะมิโน 1 หมู่ได้แก่ กรดกลูตามิก และกรดแอสพาร์ติก

4. กรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นด่าง หมายถึง กรดอะมิโนที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ และมีหมู่อะมิโน2 หมู่ได้แก่ ไลซีน ฮิสติดีน อาร์จีนีน และทริฟโตเฟน

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกกรดอะมิโนตามคุณค่าทางโภชนาการได้เป็น 2 จำพวก คือ

1. กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acids) เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร

2. กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (Nonessential amino acids) เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์เองได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 โปรตีน

เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 ตัวมาต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ เรียกว่า ไดเปปไทด์ (dipeptide) ส่วนโมเลกุลที่มีการเชื่อมโยงของกรดอะมิโนมากกว่า 2-50 เรียกว่า เปปไทด์ (peptide) และโมเลกุลที่มีการเชื่อมมากกว่า 50 เรียกว่า โปรตีนหรือโพลีเปปไทด์ (polypeptide)

สมบัติของโปรตีน (กิ่งกมล, 2547; นิธิยา, 2545)

1. สมบัติทางประจุของโมเลกุลโปรตีน

กรดอะมิโนและโปรตีนสามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้งกับกรดและด่างเพราะโครงสร้างของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น amphoteric ดังนั้นจึงสามารถเคลื่อนที่ได้ในสนามไฟฟ้า ประจุสุทธิของโมเลกุลจะเป็นตัวบ่งบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล โปรตีนแต่ละชนิดจะมีค่าไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point) หรือค่าพีไอแตกต่างกัน ณ ค่าพีเอชเท่ากับค่าพีไอนี้ จะเป็นจุดที่โปรตีนมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ (มีคุณสมบัติเป็น zwitterions) นั่นคือมีประจุสุทธิเป็นศูนย์ ดังนั้นโปรตีนจะไม่มีการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า ถ้าพีเอชของอาหารต่ำกว่าค่าพีไอ โปรตีนจะมีประจุรวมเป็นบวก ทำให้โปรตีนมีการเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบ (cathode) แต่ถ้าพีเอชของอาหารสูงกว่าค่าพีไอ โปรตีนจะมีประจุรวมเป็นลบ และมีการเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวก (anode)

2. การละลายและการตกตะกอนของโปรตีน

โปรตีนเมื่อผสมกับน้ำจะเป็นสารพวกคอลลอยด์ (colloid) ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากโปรตีนมีโมเลกุลขนาดใหญ่ ดังนั้นการละลายน้ำของโปรตีนจะมีความหมายว่าโปรตีนกระจายตัวในน้ำ การละลายน้ำของโปรตีนขึ้นอยู่กับพีเอช กำลังไอออนิก และอุณหภูมิ โปรตีนจะละลายน้ำได้น้อยที่สุดที่พีไอ เพราะโปรตีนจะมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ แรงผลักกันระหว่างโมเลกุลจึงไม่มี แต่ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำกว่าพีไอ โปรตีนจะมีประจุบวกหรือประจุลบ จึงผลักกัน ไม่สามารถเข้าใกล้กันได้ จึงมีการกระจายตัวของโปรตีนในน้ำได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนตกตะกอนได้ง่าย เมื่อถูกความร้อน กรด ด่าง และสารเคมีอื่นๆ ปกติโปรตีนในสารละลายที่มีน้ำอยู่ด้วย โมเลกุลของโปรตีนจะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าจับกับโมเลกุลของโปรตีนด้วยกันเอง ทำให้โปรตีนสามารถละลายได้ ถ้าทำให้โปรตีนจับกับน้ำได้น้อยลง โปรตีนจะตกตะกอน แต่ถ้าใช้วิธีเติมกรดหรือด่าง ให้ค่าพีเอชเท่ากับพีไอของโปรตีน หรือเติมเกลือที่เป็นกลาง จะทำให้โปรตีนถูกตกตะกอนได้โดยไม่เสียสภาพธรรมชาติ จึงใช้วิธีแยกโปรตีนหรือเอนไซม์ในธรรมชาติจากเนื้อเยื่อได้ ซึ่งการตกตะกอนโปรตีนสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการตกตะกอนโปรตีนโดยใช้ความร้อน การตกตะกอนโดยเติมเกลือ (neutral salt) เป็นต้น

3. การจับกับอิออน

เมื่อโปรตีนมีหมู่คาร์บอกซิล และหมู่อะมิโนที่อิสระจะสามารถรวมตัวกับอิออนในสารละลายได้ ซึ่งถ้าโปรตีนประจุเป็นบวกก็สามารถทำปฏิกิริยากับไอออนประจุลบได้ การมีประจุเป็นบวกหรือลบของโปรตีนขึ้นอยู่กับความเป็นกรดหรือด่างว่าจะมีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าพีไอ

4. การจับกับน้ำของโปรตีน

โปรตีนสามารถจับตัวกับน้ำได้ โดยการจับตัวกับน้ำของโปรตีนเกิดจากไนโตรเจนและออกซิเจนมีอิเลกตรอนอิสระ 1 คู่ ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ โดยไนโตรเจนของหมู่อะมิโนอิสระและหมู่คาร์บอกซิลของกรดที่อยู่ปลายสุดของโมเลกุลของโปรตีนจะจับกับไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำ

โปรตีนในอาหาร

โปรตีนเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยอาหารแต่ละชนิดจะมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่มีอยู่ในอาหารนั้นๆ โดยแหล่งโปรตีนในอาหารแบ่งเป็น (นิธิยา, 2545)

1. โปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ เนื้อสัตว์ น้ำนม ไข่ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. โปรตีนจากพืช ได้แก่ โปรตีนจากผัก โปรตีนจากธัญพืช โปรตีนจากพืชน้ำมัน เป็นต้น

สมบัติเชิงหน้าที่ในอาหาร

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนหมายถึง สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่มีผลต่อพฤติกรรมของโปรตีนในอาหารระหว่างการแปรรูป การเก็บรักษา การเตรียมอาหาร และการบริโภค (นิธิยา, 2545) อีกทั้งยังส่งผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร โดยเฉพาะเนื้อสัมผัสของอาหาร สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในอาหารมีหลายด้าน ดังนี้

1. การละลาย (solubility)

เป็นสมบัติที่สำคัญของโปรตีน ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในอาหารที่เป็นของเหลวและเครื่องดื่ม เนื่องจากการละลายของโปรตีนมีผลต่อการเกิดเจล การเกิดอิมัลชัน และการเกิดโฟม โดยการละลายของโปรตีนจะมีความสัมพันธ์กับส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยส่วนที่เป็นส่วนที่ชอบน้ำ จะอยู่บริเวณพื้นที่ผิวของโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ และส่วนที่เป็นส่วนไม่ชอบน้ำ มักจะอยู่ภายในโมเลกุลของโปรตีน ดังนั้นหากโปรตีนมีส่วนที่ชอบน้ำมาก และมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำน้อย โปรตีนจะมีสมบัติในการละลายที่ดี (กิ่งกมล, 2547; Damodaran, 1996)

2. ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ หมายถึงความสามารถของโมเลกุลในการที่จะรักษาน้ำเอาไว้ในโครงสร้างสามมิติของโปรตีนที่มีอยู่ในอาหาร ทำให้น้ำไม่ซึมไหลออกจากผลิตภัณฑ์ การอุ้มน้ำของโปรตีน เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำกับส่วนที่ชอบน้ำของโปรตีน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการมีขั้วของกรดอะมิโน กรดอะมิโนที่มีขั้วสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ถึง 2-3 โมเลกุล แต่กรดอะมิโนที่ไม่มีขั้ว ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้เพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น (กิ่งกมล, 2547; Damodaran, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสามารถในการอุ้มน้ำของอาหารจะมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส สี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์กับสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในด้านอื่นๆ เช่น การละลาย การเกิดอิมัลชัน การเกิดโฟม

3. การเกิดเจล (gelation)

การเกิดเจลเป็นสมบัติทางหน้าที่ที่สำคัญอย่างหนึ่งของโปรตีน ซึ่งจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ไข่ตุ๋น เต้าหู้ เยลลี่ผลไม้ เต้าฮวย โยเกิร์ต เป็นต้น การเกิดเจลของอาหารนั้น อาหารที่จะเกิดเจลต้องได้รับความร้อนก่อน โดยความร้อนจะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนสภาพ ทำให้โมเลกุลโปรตีนยืดตัวออกโดยพันธะที่เคยมีอยู่ในธรรมชาติได้แตกออกบางส่วน ต่อมาโมเลกุลเหล่านั้นจะเข้ามามีพันธะกันโดยจับตัวกันใน 3 ทิศทาง ในลักษณะเป็นร่างแห เจลที่เกิดจากโปรตีนจะมีความหนืดสูงมาก โครงสร้างจะอุ้มน้ำได้ดี และเก็บกักส่วนผสมอื่นๆ ไว้ ทำให้อาหารมีลักษณะยืดหยุ่น (Wong, 1989)

4. การเกิดอิมัลชัน (emulsification)

อิมัลชัน คือ ระบบของอาหารที่มีลักษณะเป็นเนื้อผสม โดยทั้งตัวกระจายและตัวทำละลายเป็นของเหลว มีของเหลวอย่างน้อย 1 ชนิดที่รวมตัวกับของเหลวอื่นไม่ได้ ซึ่งเรียกว่าตัวกระจาย โดยจะอยู่ในรูปของ droplets

การทำให้เกิดอิมัลชัน พบว่าเกี่ยวข้องกับกรดอะมิโนไม่มีขั้วบนผิวของโมเลกุล โดยการเกิดอิมัลชันเป็นผลมากจากการดูดซับโมเลกุลโปรตีนไว้บนผิวของเม็ดน้ำมัน กรดอะมิโนไม่มีขั้วจะทำให้โปรตีนสามารถเกาะตัวอยู่บนผิวของเม็ดน้ำมันได้ โดยกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้วจะแทรกตัวเข้าไปอยู่บนผิวของเม็ดน้ำมัน และหันส่วนที่มีขั้วออกมาสัมผัสกับน้ำ ทำให้เม็ดน้ำมันมีประจุชนิดเดียวกัน ไม่สามารถเข้าใกล้กันได้ ดังนั้นโปรตีนที่มีสัดส่วนของกรดอะมิโนไม่มีขั้วสูงจะทำให้เม็ดน้ำมันดูดซับได้มาก อิมัลชันจึงเกิดได้ดี อย่างไรก็ตามโปรตีนที่จะทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ได้ดีจะต้องละลายน้ำได้ดีด้วย (กิ่งกมล, 2547; นิธิยา, 2545; Damodaran, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การเกิดโฟม (foamation)

โปรตีนมีสมบัติที่สามารถทำให้เกิดพื้นผิวสัมผัส หรือฟิล์มขึ้นระหว่างอากาศกับของเหลวซึ่งโปรตีนจะทำหน้าที่ในการลดแรงตึงผิวระหว่างอากาศกับของเหลว โดยส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีนจะเป็นส่วนที่สำคัญในการเกิดพื้นที่ผิวสัมผัส โดยจะเป็นส่วนที่ถูกดูดซับที่ผิวสัมผัส อีกทั้งยังพบว่าการเกิดโฟมของโปรตีนพบว่ามีความสัมพันธ์กับความสามารถในการละลายของโปรตีน ถ้าโปรตีนละลายได้มากนั้นหมายถึงเกิดการกระจายตัวของโปรตีนในน้ำได้ดีเช่นกัน จึงส่งผลให้โมเลกุลของโปรตีนที่สามารถละลายได้ในส่วนที่เป็นของเหลวจะสามารถแพร่กระจายไปยังผิวหน้าระหว่างน้ำและอากาศได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการจับกับอากาศของโปรตีนส่งผลให้เกิดโครงสร้างฟิล์มล้อมรอบฟองอากาศไว้ได้ (Wide and Clark, 1996)

6. การทำให้เกิดโครงสร้างที่ดีในขนมอบ (dough formation)

โปรตีนในแป้งสาลี แป้งข้าวบาร์เลย์ และแป้งข้าวไรน์ สามารถจับตัวเป็นก้อนแป้ง (dough) ได้ถ้ามีปริมาณน้ำที่เหมาะสม ก้อนแป้งที่ได้มีลักษณะหยุ่นหนืด สามารถยืดออกได้ดีเมื่อนำไปอบ ทำให้เกิดโครงสร้างที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบ เมื่อมีการนวดในขณะทำการผสมแป้งกับน้ำเข้าด้วยกัน น้ำจะจับกับโมเลกุลของโปรตีน บางส่วนของโมเลกุลจะคลายตัวออกโดยเฉพาะโมเลกุลกลูเตนิน (glutenin) หลังจากนั้นโมเลกุลโปรตีนที่คลายตัวออกแล้วจะหันมาจับตัวกันในสามทิศทาง เกิดเป็นร่างแห โดยใช้แรงที่ประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ และพันธะไฮโดรโฟบิก ผลที่ได้คือกลูเตน โดยการเกิดกลูเตนในแป้งสาลีเกิดจากโปรตีน 2 ชนิด คือ gliadin และ glutenin (กิ่งกมล, 2547; Wong, 1989)

การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในอุตสาหกรรมอาหาร

- **โปรตีนสกัด**

ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้โปรตีนเป็นองค์ประกอบในการผลิตอาหาร มีการเติมโปรตีนสกัดในรูปแบบต่างๆ ในอาหารเช่น โปรตีนเข้มข้น โปรตีนไอโซเลต และโปรตีนไฮโดรไลเสต เพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยมีการให้ความหมายของโปรตีนสกัดไว้ (Codex alimentarius commission, 1981)

1. โปรตีนเข้มข้น (Protein concentrate) ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 65
2. โปรตีนไอโซเลต (Protein isolate) ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

ในการสกัดโปรตีนส่วนมากจะต้องทำการสกัดน้ำมันออกก่อน โดยวิธีที่นิยมใช้คือการสกัดน้ำมันด้วยสารละลาย (นิธิยา, 2548) ใช้ในการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดน้ำมันออกจากกากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด โดยสารละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันออกคือ เฮกเซน (ปริญดา, 2535; Bainy *et al.,* 2008; Prakash and Nandi, 1978; Radha *et al.,* 2007; Shahidi *et al.,* 2006; Shyu and Hwang, 2002) จากนั้นทำการแยกสารละลายออกแล้วนำมาสกัดโปรตีน

สารสกัดที่นิยมใช้ในการสกัดโปรตีนคือ น้ำ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยมีหลักการในการสกัดดังนี้ ทำการปรับพีเอชสารละลายให้เท่ากับพีเอชที่โปรตีนในตัวอย่างจะสามารถละลายออกมาได้มากที่สุด ทำการสกัดโปรตีนจากนั้นทำการหมุนเหวี่ยงแยกกากเพื่อให้ได้สารละลายโปรตีนออกมา นำสารละลายโปรตีนที่ได้มาทำการปรับค่าพีเอช เพื่อให้มีค่าเข้าใกล้ค่าพีไอของโปรตีนชนิดนั้นๆเพื่อให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน (ปริญดา, 2535; วิศนี และคณะ, 2548Bainy *et al.,* 2008; Khalid *et al.,* 2003; Kong *et al.,* 2008) หลังจากตกตะกอนโปรตีนแล้วก็นำมาทำแห้งเป็นผงโปรตีน

วิธีที่นิยมใช้ในการทำแห้งโปรตีนคือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) เนื่องจากเป็นการทำแห้งที่ช่วยคงคุณภาพของโปรตีนให้ได้มากที่สุด (Bera and Mukherjee, 1989; Bilgi and Celik, 2004; Mirmoghtadaie *et al.,* 2009; Ogunwolu *et al.,* 2009; Radha *et al.,* 2007) มีหลักการในการทำแห้งโดยใช้กระบวนการระเหิดของน้ำแข็ง โดยน้ำที่สภาวะของเหลวจะถูกทำให้อยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซสเซียสก่อนทำการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หลังจากนั้นน้ำในอาหารที่แช่แข็งมากกว่าร้อยละ 98 จะถูกกำจัดออกโดยการระเหิดในระหว่างการทำให้แห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ (สมบัติ, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดโปรตีนในรูปแบบต่างๆ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารดังนี้

การสกัดโปรตีนจากคัพภะข้าวโพดให้อยู่ในรูปของแป้งข้าวโพด โปรตีนเข้มข้น และโปรตีนไอโซเลตเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกชนิดอิมัลชันพบว่าการเติมโปรตีนเข้าไปทำให้ลดการสูญเสียน้ำ และไขมันในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นผลดีต่อปริมาณผลผลิต อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอก (ปริญดา, 2535)

การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากข้าวบาร์เลย์เพื่อศึกษาสมบัติในด้านการละลายและการเกิดอิมัลชัน พบว่าโปรตีนที่มีในข้าวบาร์เลย์ มีสมบัติการละลายได้ดีทั้งในสภาวะกรดและเบส อีกทั้งมีสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในด้านการเกิดอิมัลชันที่ดี (Bilgi and Celik, 2004)

การสกัดโปรตีนไอโซเลตจากเมล็ดงาเพื่อศึกษาการละลายและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน พบว่าโปรตีนที่มีในเมล็ดงามีสมบัติการละลายได้ดีทั้งในสภาวะกรดและเบส อีกทั้งมีสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในด้านการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟมที่ดี (Khalid *et al.,* 2003)

การสกัดโปรตีนจากงามาใช้ในการทำขนมปังจากแป้งสาลีมีผลทำให้มีปริมาณโปรตีน และแร่ธาตุมากขึ้นโดมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น (El-Adawy, 1997)

การศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองถั่วลันเตา และเอนไซม์ทรานกลูตามิเนส (transglutaminase) ที่ผสมเข้าไปในแป้งข้าวพบว่า ก้อนโดแป้งข้าวที่มีการผสมโปรตีน และเอนไซม์มีค่าสมบัติเชิงหน้าที่ในด้านต่างๆเพิ่มมากขึ้นเช่น ก้อนโดมีการดูดซึมน้ำมากขึ้น การเกิดอิมัลชันในก้อนโดมากขึ้น (Marco and Rosell, 2008)

สำหรับหลักในการเลือกใช้โปรตีนในอาหารจะดูจากสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนชนิดนั้นว่ามีบทบาทอย่างไรในอาหารเพื่อสามารถใช้ประโยชน์ของโปรตีนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนก็มีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งที่เป็นปัจจัยภายในของโปรตีน เช่น ขนาด รูปร่าง องค์ประกอบของกรดอะมิโน เป็นต้น และปัจจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายนอกเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง กำลังไอออนิก อุณหภูมิ สภาวะตอนแปรรูป เป็นต้น โดยสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญคือการละลาย การเกิดเจล ความสามารถในการอุ้มน้ำ การเกิดอิมัลชัน การเกิดโฟม และการทำให้เกิดโครงสร้างของโด (นิธิยา, 2545; Damodaran, 1996)

2.3 คุกกี้

ภาพ 2.3 คุกกี้

ที่มา : Wikipedia (2009)

ปัจจุบันตลาดเบเกอรีในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 7,100 ล้านบาท โดยขยายตัวร้อยละ 5 จากปี 2550 และมีแนวโน้มจะขยายตัวขึ้นอีกโดยเฉพาะขนมเค้กและคุกกี้ (ศูนย์วิจัยกสิกร, 2550)

คุกกี้ เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีการบริโภคอย่างกว้างขวาง (ภาพ 2.3) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้ง่าย สะดวก และสามารถเก็บไว้รับประทานได้นาน ตลาดคุกกี้และเวเฟอร์ ในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 3,000 ล้านบาท และมีอัตราการขยายตัวมากขึ้นทุกปี (ผู้จัดการออนไลน์, 2550)

คุกกี้ใช้แป้งสาลีชนิดอ่อนที่มีโปรตีนต่ำหรือแป้งเอนกประสงค์ในการผลิต ประเทศไทยผลิตข้าวสาลีได้น้อยเมื่อเทียบกับความต้องการใช้ในประเทศ อีกทั้งความต้องการก็มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยในปี 2550 ประเทศไทยนำเข้าข้าวสาลีและแป้งสาลีเป็นเงินประมาณ 11,000 ล้านบาท โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2549 ที่นำเข้าเป็นเงินประมาณ 9,500 ล้านบาท โดยพบว่าสองในสามส่วนจะใช้เพื่อการบริโภคโดยใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรีถึงร้อยละ 35 (ศูนย์วิจัยกสิกร, 2548; สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551) จากการบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และแป้งสาลีที่มากขึ้นนี้ จึงเป็นเหตุผลทำให้มีงานวิจัยหลายงานวิจัยพยายามที่จะนำแป้งหลายชนิดมาใช้ทดแทนแป้งสาลี โดยเฉพาะแป้งข้าวเจ้าเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีในประเทศ

มีงานวิจัยในหลายประเทศที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำแป้งที่มีโปรตีนสูงชนิดอื่นๆ มาเสริม หรือทดแทนแป้งสาลีในสูตรในการผลิตคุกกี้ (Akubor *et al.,* 2003; Arshad *et al.,* 2007; Chen *et al.,* 2003; McWatters *et al.,* 2003; Shrestha and Noomhorm, 2002)

2.4 ข้าว

ในปัจจุบันประเทศไทยใช้ข้าวมาแปรรูปในลักษณะผลิตภัณฑ์จากข้าวเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น (กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2549) จึงทำให้รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพยายามส่งเสริมผลักดันงานวิจัยการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวเพราะจะได้เป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าข้าวให้เพิ่มสูงขึ้น (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2550) และผลิตภัณฑ์เบเกอรีก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการศึกษา โดยนำแป้งข้าวเจ้ามาทดแทนในส่วนของแป้งสาลี

แป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก

แป้งหมายถึงคาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่น้อยมาก ส่วนใหญ่แป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวร์ (flour) ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ก็จะจัดอยู่ในประเภท flour เรียกว่า corn flour wheat flour เช่นเดียวกันกับแป้งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีนร้อยละ 7 ถึง 8 ก็เรียกว่า rice flour แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึงโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือเป็นแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่ จึงเรียกว่าเป็นแป้งสตาร์ช (starch) เช่น corn starch wheat starch เป็นต้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์ที่มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่าปลายรีดิวซิง (reducing end group) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะมิโลเพกทิน) วางตัวในแนวรัศมี แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน

องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง ได้แก่ อะมิโลส (amylose) อะมิโลเพกทิน (amylopectin) และสารตัวกลาง (intermediate material)

1. อะมิโลส (amylose)

อะมิโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิดแอลฟา-1, 4 (α – 1, 4) ตำแหน่งของ อะมิโลสภายในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแป้ง อะมิโลสบางส่วนอยู่ในกลุ่มของอะมิโลเพกทิน บางส่วนกระจายอยู่ทั้งในส่วนอสัณฐาน (amorphous) และส่วนผลึก

2. อะมิโลเพกทิน (amylopectin)

อะมิโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 4 และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 6

อะมิโลเพกทินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะมิโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่และการนำไปใช้ ดังนั้นเมื่อมีอะมิโลเพกทินเพียงอย่างเดียวสามารถรวมตัวเพื่อสร้างเม็ดแป้งได้ ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของแป้งแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. สารตัวกลาง (intermediate material)

สารตัวกลางมีเพียงส่วนน้อยในแป้งบางชนิด ปริมาณและโครงสร้างของสารตัวกลางขึ้นอยู่กับชนิด และอายุการเก็บเกี่ยวของพืช ปริมาณหรือสัดส่วนของอะมิโลสอะมิโลเพกทิน และสารตัวกลางในเม็ดแป้งไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับสภาพการเพาะปลูก

4. ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด

ไขมัน แป้งโดยส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 1 ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น มีผลต่อความหนืดของแป้ง ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้ง โดยสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อย ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะ และคุณสมบัติของแป้ง โดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวกับน้ำของแป้ง นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้นผิวเม็ดแป้งจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

โปรตีน ภายในแป้งจะมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยโปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะของแป้ง คือ ทำให้เกิดประจุบนพื้นผิวเม็ดแป้ง มีผลต่อการกระจายของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลาทิไนซ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิง สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไป

เถ้า แป้งโดยทั่วไปมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จากส่วนที่เหลือหรือเถ้าจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟอสฟอรัส แป้งส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสอยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ฟอสฟอรัสภายในแป้งอยู่ในรูปฟอสเฟตเชื่อมกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 (C_3 และ C_6) ของหน่วยกลูโคส

การใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้า

คุกกี้เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีการวิจัย โดยได้นำแป้งข้าวมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ โดยใช้แป้งข้าวจากข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ 105 กข 23 และเหลืองประทิว 123 ซึ่งมีทั้งแบบโม่แห้งและโม่น้ำ โดยผลการวิจัยพบว่าแป้งที่เหมาะสมกับการทำคุกกี้ คือแป้งข้าวทุกพันธุ์ทั้งโม่แห้งและโม่น้ำสามารถนำมาผลิตคุกกี้ได้ โดยที่คุณภาพของคุกกี้ยังได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับคุกกี้จากแป้งสาลี โดยคุกกี้จากแป้งข้าว กข 23 จะได้คะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับคุกกี้แป้งสาลีมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามคุกกี้จากแป้งข้าวเจ้าก็ยังมีข้อด้อยกว่าคุกกี้จากแป้งสาลี เพราะมีลักษณะร่วน แตกหักง่าย มีเนื้อหยาบและอ่อนตัวเร็ว (รุจิรา และคณะ, 2543)

2.5 การทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD)

แผนการทดลองแบบ CRD เป็นแผนการทดลองที่มีการผันแปรของสิ่งทดลองเพียงทางเดียว โดยสิ่งทดลองนั้นมีมากกว่า 2 สิ่งทดลองเป็นต้นไป (อิศรพงษ์, 2550) โดยสิ่งทดลองถูกสุ่มจัดลงในหน่วยการทดลอง เป็นแผนที่มีประสิทธิภาพดีถ้าหน่วยการทดลองมีความสม่ำเสมอ การวิเคราะห์ความแปรปรวน จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว โดยที่ความแปรปรวนอธิบายได้ เป็นความแปรปรวนที่เกิดจากสิ่งทดลองเท่านั้น การคำนวณเมื่อพบนัยสำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วจึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยต่อไปเพื่อบอกความแตกต่างของสิ่งทดลองที่ศึกษา (อนุวัตร, 2550) แบบหุ่นของแผนการทดลองแบบนี้ คือ

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตจากสิ่งทดลอง i ในซ้ำที่ j

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i คือ อิทธิพล (effect) จากสิ่งทดลองที่ i

E_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนซ้ำ (experimental error)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนการทดลองแบบ CRD ได้นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านอุตสาหกรรมเกษตรมากมาย โดยใช้ในงานพัฒนาสูตร การพัฒนากรรมวิธีการผลิต การศึกษาอายุการเก็บ นอกจากนี้ยังมีการใช้การทดลองแบบ CRD ในการพัฒนาสูตรคุกกี้ (Alobo, 2001; Gonzalez-Galan *et al.,* 1991; Sharma and Chauhan, 2002)

2.6 การทดสอบผู้บริโภค (Consumer testing)

การทดสอบผู้บริโภค หมายถึง การทดสอบผลิตภัณฑ์โดยการใช้ผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน ซึ่งเป็นหรือกำลังจะเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะถูกประเมินจากลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่น การสัมผัส และการได้ยิน ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัด วิเคราะห์ และแปลความ ขณะที่รับความรู้สึกสัมผัสโดยการเห็น การได้ยิน การได้กลิ่น การชิมรส และการสัมผัส คำจำกัดความนี้ได้เป็นที่ยอมรับ และรับรองโดยคณะกรรมการประเมินทางประสาทสัมผัสในองค์กรวิชาชีพต่างๆ เช่น The Institute of Food Technologists (IFT) และ The American Society for Testing and Materials (ASTM) (สุจินดา, 2547) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นระบบจะมีการทดสอบผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคเป็นระยะๆ ผู้บริโภคจะมีบทบาทในการเลือกแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (product concept) การเลือกผลิตภัณฑ์จากสูตรตามความชอบของผู้ทดสอบ การประเมินผลผลิตภัณฑ์ขั้นทดลอง (pilot plant) และทดลองผลิตขั้นโรงงาน (process line) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจัดว่ามีความสำคัญ เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นได้รับความสนใจในเชิงพาณิชย์ (ไพโรจน์, 2539)

2.6.1 ประเภทของการทดสอบผู้บริโภค

แบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ (สุจินดา, 2547) ดังนี้

1) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (laboratory tests) วิธีนี้จะเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีข้อดีคือ สะดวกสำหรับนักวิจัย และควบคุมการทดสอบได้ดี แต่มีข้อเสียคือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการบางครั้งมีข้อจำกัดทางด้านเวลา ไม่เหมือนการทดสอบจริง จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ประมาณ 50 คน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การทดสอบประเภทสถานที่ชุมชน (central location test, CLT) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด การทดสอบอาจทำ 1 ครั้ง หรือมากกว่านั้น และอาจใช้สถานที่ได้หลายๆ ที่ นิยมทำการทดสอบในสถานที่ที่มีผู้บริโภคอยู่รวมกันจำนวนมาก จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ปกติ คือ 100 คน แต่อาจอยู่ในช่วง 50-300 คน ข้อดีของวิธีนี้ คือ ได้ผู้ทดสอบจำนวนมากที่เป็นผู้บริโภคที่แท้จริง สามารถทดสอบหลายๆ ตัวอย่างได้ แต่มีข้อเสีย คือ ข้อจำกัดด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ บางครั้งอาจล่าช้าทำให้ผู้บริโภคไม่รอการทดสอบ มีข้อจำกัดด้านเวลา

3) การทดสอบประเภทห้องปฏิบัติการเคลื่อนที่ (mobile laboratory test) การทดสอบนี้จะรวมเอาข้อดีของการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบประเภทสถานที่ชุมชนมาไว้ด้วยกัน การทดสอบทำโดยใช้รถพ่วงทำเป็นห้องทดสอบ และขับเคลื่อนไปจอดในที่ชุมชนที่มีผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ปกติใช้ผู้ทดสอบประมาณ 40-60 คนต่อผลิตภัณฑ์ แต่วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ค่าใช้จ่ายสูง

4) การทดสอบประเภทใช้ที่บ้าน (home-use tests) วิธีนี้จะดำเนินการทดสอบที่บ้านของผู้ทดสอบแต่ละคน มีการควบคุมจากนักวิจัย ผู้ทดสอบจะทำการทดสอบภายใต้สภาวะการบริโภคจริง วิธีนี้มีข้อดี คือ ผลิตภัณฑ์ถูกทดสอบในบ้าน จึงเป็นสภาวะจริงของการบริโภค สามารถได้ข้อมูลการตลาดเพิ่มเติม ข้อเสียของวิธีนี้ คือ ใช้เวลาในเตรียม และการดำเนินงานนาน ขาดการควบคุมในการทดสอบ มีต้นทุนในการทดสอบสูง ไม่สามารถทดสอบกับผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียได้ง่าย ผลตอบกลับจากการทดสอบอาจได้รับน้อยกว่าที่ตั้งไว้

2.6.2 วิธีการสุ่มตัวอย่างในการทดสอบผู้บริโภค

ในการทดสอบผู้บริโภค ขั้นตอนการสุ่มเลือกผู้บริโภคในการทดสอบถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นการเลือกตัวแทนมาทำการศึกษา และสรุปผลที่ได้ไปยังผู้บริโภคโดยรวม วิธีการสุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่สำคัญ ได้แก่

1) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่แต่ละหน่วยในตัวอย่างประชากรมีโอกาสที่จะได้รับเลือก และโอกาสที่แต่ละหน่วยข้อมูลจะได้รับเลือกจะต้องทราบ และไม่ใช่ศูนย์ วิธีการสุ่มประเภทนี้ ที่สำคัญ ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling, SRS) การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

sampling, SYS) การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (cluster sampling) และการสุ่มตัวอย่างตามพื้นที่ (area sampling)

2) การสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (nonprobability sampling) การสุ่มตัวอย่างนี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ไม่ได้กำหนดโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่กลุ่มตัวอย่างจะถูกเลือกมาจากประชากรทั้งหมด จึงไม่สามารถประมาณความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตามการสุ่มวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยจริง เนื่องจากเลือกตัวอย่างผู้ทดสอบได้อย่างสะดวก การสุ่มตัวอย่างในลักษณะนี้ที่นิยมใช้ คือ การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิจารณญาณ (judgment sampling) การสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควตา (quota sampling) และการสุ่มตัวอย่างแบบก้อนหิมะ (snowball sampling) (ศิริวรรณ และคณะ, 2541)

2.6.3 วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการทดสอบผู้บริโภค

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แบ่งได้ 2 วิธี คือ วิธีการเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม และวิธีการเชิงปริมาณ (สุจินดา, 2547) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงปริมาณในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าผสมโปรตีนสกัดจากกากงาดำ โดยใช้วิธี hedonic scale method ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการทดสอบการยอมรับ เริ่มคิดค้นในช่วงปี ค.ศ.1940 โดย Peryam และ Pilgrim โดยระดับคะแนนที่ใช้วัดจะเป็น 5 7 และ 9 คะแนน (Peryam and Pilgrim, 1957) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระดับคะแนนที่ 9 คะแนน โดยที่ 1 เท่ากับไม่ชอบมากที่สุด 5 เท่ากับ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ 9 เท่ากับชอบมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved