บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวเหนียว (Oryza sativa)

ข้าวเหนียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปลูกกันมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อันเป็นผลจากการที่ประชาชนบริโภคข้าวเหนียวเป็นหลัก จังหวัดที่มีการปลูกข้าวเหนียวมากที่สุด คือ อุดรธานี อุบลราชธานี และ เชียงราย (11,12,13)

พันธุ์ข้าวเหนียวพื้นเมืองของไทยเป็นประเภทอินดิคา(indica) ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั่วไปในเขตร้อนของโลก จำแนกได้โดยวิธีการต่าง ๆ กัน เช่น ตามสภาพพื้นที่ปลูกจะแบ่งเป็น ข้าวไร่ ข้าวนาสวน ข้าวขึ้นน้ำ ถ้าจำแนกตามฤดูการปลูก จะเป็นข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ถ้าจำแนกตามอายุการออกดอกหรือออกรวงจะจำแนกออกเป็นข้าวที่ไวและไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งจะแบ่งออกไปได้อีกเป็นพันธุ์ข้าวเบา ข้าวกลาง และข้าวหนัก ส่วนชื่อพันธุ์จะต่างกันไปตามท้องถิ่น ตามสถิติแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวไทยมีไม่น้อยกว่า 4,000 ชื่อ บางครั้งพันธุ์ข้าวเดียวกันที่ปลูกในต่างท้องที่จะมีชื่อแตกต่างกันด้วย พันธุ์ข้าวเหนียวที่นิยมปลูกกันมากได้แก่ พันธุ์เหนียวสันป่าตอง รองลงมาก็เป็น พันธุ์ดอนางนวล และเชี้ยวงู นอกจากนี้ยังมีข้าวพันธุ์ กข ซึ่งได้จากการผสมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย ซึ่งมีคุณภาพดีในแง่ของการบริโภค กับพันธุ์ IR ของฟิลิปปินส์ ซึ่งให้ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ย เพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพดีผลผลิตมาก แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวพันธุ์กข เหล่านี้ก็ยังไม่ดีกว่าพันธุ์พื้นเมือง แต่เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ ทั่วโลก ข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ ของไทยก็ยังมีคุณภาพในการหุงต้ม และมีความใกล้เคียงพันธุ์เดิมมากกว่า ปัจจุบันพันธุ์ข้าว กข ที่ส่งเสริม และเกษตรกรนิยมปลูกได้แก่พันธุ์ กข6 และ กข10 ตามลำดับ (14)

จนถึงปี 2528 พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วพื้นที่ปลูกข้าวเหนียว มีประมาณปีละ 19.28 ล้านไร่ ผลผลิตรวมประมาณปีละ 5.34 ล้านตันข้าวเปลือก ในขณะที่ความต้องการใช้ข้าวเหนียวภายในประเทศเพื่อการบริโภค ใช้ทำพันธุ์ข้าวปลูก ใช้เพื่อการอุตสาหกรรม และเลี้ยงสัตว์ ปีละประมาณ 4.925 ล้านตันข้าวเปลือก ซึ่งจะมีผลผลิตข้าวเหนียวเกินความต้องการใช้ในประเทศปีละประมาณ 0.415 ล้านตันข้าวเปลือก เปรียบเทียบเป็น

พื้นที่ประมาณ 1.47 ล้านไร่ เห็นได้ว่าผลผลิตข้าวเหนียวมีมากเกินความต้องการใช้ในประเทศ เพราะราคาของข้าวเหนียวค่อนข้างคงที่ ทำให้มีการปลูกกันมาก (11) ดังนั้นข้าวเหนียวส่วนที่เหลือ จึงเป็นส่วนที่ต้องส่งออก ตามตารางที่ 2.1 แต่ตลาดต่างประเทศของข้าวเหนียวค่อนข้างคับแคบและแปรปรวนมาก เป็นผลจากการที่ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นประเทศผู้ซื้อสำคัญรายหนึ่งได้เพิ่มผลผลิตขึ้นในปี 2526/27 ทำให้การซื้อจากประเทศไทยน้อยลงจากปี 2526 48.38% สำหรับปี 2529 ได้มีการลดเงื่อนไขการนำเข้าผลิตภัณฑ์ข้าวของประเทศคู่ค้าสำคัญ ๆ เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน ซึ่งนำเข้าสูงแต่จำกัดการนำเข้า เพื่อยกระดับราคาข้าวเปลือกในประเทศ ช่วยให้การส่งออกเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ดีตลาดรองรับยังจำกัดอยู่เฉพาะประเทศในเอเชียบางประเทศเท่านั้น การขยายตลาดผู้ซื้อข้าวเหนียวจึงเป็นไปได้ยาก (15) กรมส่งเสริมการเกษตร จึงได้จัดทำโครงการลดปริมาณการผลิตข้าวเหนียวในปี 2528 ในท้องที่ 10 จังหวัดที่ปลูกข้าวเหนียวกันมาก คือ เชียงราย พะเยา อุบลราชธานี สกลนคร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร นครพนม ศรีสะเกษ และอุดรธานี เป็นพื้นที่ 400,000 ไร่ โดยให้ลดปริมาณการผลิตข้าวเหนียวปี 2528 ลง แล้วปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ดี คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข.5 ทดแทน (11) โดยในปี 2528/29 พื้นที่เพาะปลูกข้าวเหนียวมีประมาณ 20.058 ล้านไร่ ผลผลิต 5.516 ล้านตัน ลดลงจากปี 2527/28 ซึ่งมีประมาณ 20.981 ล้านไร่ ผลผลิต 5.913 ล้านตัน ตามลำดับ (12,13) (ตารางที่ 2.2,2.3) อย่างไรก็ดี ผลผลิตข้าวเหนียวภายในประเทศก็ยังมีมาก ดังนั้นการมองหาหนทางที่จะใช้แป้งข้าวเหนียวให้เป็นประโยชน์ จึงเป็นสิ่งที่ควรจะดำเนินต่อไป

ตารางที่ 2.1 : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวเหนียว(16,17,18,19)

พ.ศ.	ปริมาณรวม(ตัน)	มูลค่ารวม(บาท)
2527	100,161	557,137,858
2528	110,834	516,241,885
2529	139,584	727,459,816
2530	104,808	452,577,843

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 : สถิติผลผลิตข้าวประเทศไทย ปี 2515-2528 (13)

พ.ศ.	ผลผลิตข้าวเหนียว(พันเมตริกตัน)
2515/16	4,061
2516/17	4,397
2517/18	4,307
2518/19	6,113
2519/20	5,656
2520/21	3,707
2521/22	5,326
2522/23	5,434
2523/24	5,565
2524/25	5,219
2525/26	4,353
2526/27	6,328
2527/28	5,913
2528/29	5,482

ตารางที่ 2.3 : ผลการผลิตรวมข้าวเหนียวนาปี และนาปรังประจำปีการเพาะปลูก 2527/28 และ 2528/29 (12,13)

ปีเพาะปลูก	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)
2527/28	20,981,208	20,447,137	5,912,771	289
2528/29	20,058,453	19,138,400	5,515,530	288

การใช้ข้าวเหนียวในการบริโภค อาจใช้รับประทานในลักษณะของอาหารหลัก คือ ใช้ข้าวเหนียวทั้งเมล็ดหรืออาจนำไปแปรรูปเป็นแป้งเพื่อประกอบอาหารชนิดอื่น ซึ่งกระบวนการผลิตแป้งข้าวเหนียวในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย จะมีลักษณะเหมือนกันกับแป้งข้าวเจ้า โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ คือ (20)

1. <u>การแช่ข้าว</u> โดยใช้ปลายข้าวที่มีขนาดเล็ก เช่น ข้าวหัก,ปลายข้าว แช่กับน้ำด่าง 24 ชั่วโมง อาจใช้โซดาไฟ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ก็ได้

2. <u>บดให้ละเอียด</u> นำข้าวที่แช่ไว้แล้วมาล้างให้สะอาด บดด้วยโม่หิน หรือ hammer mill อาจใส่สารฟอกสี เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปด้วยเพื่อให้แป้งขาวขึ้น

3. <u>ทำให้แห้งและบรรจุ</u> นำแป้งที่ได้ไปทำให้แห้ง แล้วบรรจุลงถุง

แป้งข้าวเหนียวที่ผลิตได้เป็นแป้งที่บดจากข้าวเหนียวทั้งเมล็ด การที่จะแยกเอาออกมาแต่แป้งจาก endosperm จริง ๆ นั้นทำได้ยาก เพราะแป้งจะเกาะติดอยู่กับโปรตีนซึ่งเรียกว่า glutelin ซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรง แต่กระจัดกระจายไม่เกาะกัน รวมทั้งขนาดของเม็ดแป้งก็เล็กมาก การแยกจะต้อง treat ด้วย alkalai แล้วใช้แรงเหวี่ยงหรือ สูญญากาศเพื่อแยกโปรตีนออกก่อน แล้วจึงนำข้าวที่ได้มาบดต่อไป(21) อย่างไรก็ดีคุณสมบัติของแป้งที่ผลิตจากทั้ง 2 วิธี ก็ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้แป้งข้าวเหนียวโดยทั่วไปจะใช้ในรูปของข้าวบดมากกว่าแป้งสกัด เพราะอย่างแรกต้นทุนต่ำกว่ามาก (22)

ในประเทศไทยมีการใช้แป้งข้าวเหนียวไม่มากนัก โดยมากจะใช้ทำเป็นขนม บางส่วนก็มีใช้ในการทำให้อาหารข้น แต่สำหรับทางอุตสาหกรรมมีการใช้กันน้อย ในต่างประเทศ ที่ยุโรปและสหรัฐอเมริกามีการใช้แป้งข้าวเหนียวกันบ้างในรูปของสารให้ความข้นหนืดในอาหารแช่แข็งประเภท fruit pie filling(23) ในบางที่ใช้ผสมในพุดดิ้งมิกซ์ ซุปครีมบรรจุกระป๋อง หรืออาจใช้ผสมกับสาร stabilizer ชนิดอื่นลงในสลัดน้ำข้น(24)

2.2 <u>อาหารเสริมสำหรับเด็กอ่อน</u> (1,2)

อาหารเสริมสำหรับเด็กอ่อนเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งสามารถใช้เลี้ยงทารกให้ได้รับโปรตีนและแคลอรี่ครบถ้วนตามที่ร่างกายต้องการ จะมีผลมากในเด็กซึ่งอยู่ในช่วงหย่านมมารดา ถ้าเด็กในช่วงระยะนี้ได้รับอาหารเสริมที่คุณภาพไม่ดีพอ ก็จะทำให้เกิดโรคขาดโปรตีนและแคลอรี่ได้ง่าย ดังนั้นอาหารเสริมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องพิจารณา และพัฒนาให้มีคุณภาพที่ดี

ในประเทศไทย ยังมีภาวะทุพโภชนาการอยู่ มีโรคขาดอาหารที่สำคัญหลายโรค ได้แก่โรคขาดโปรตีนและแคลอรี่ โรคขาดไวตามิน A,B1,B2 โรคคอหอยพอก โรคโลหิตจาง และโรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งมีความรุนแรงและความแพร่หลายในระดับต่าง ๆ กัน จากเหตุผลดังกล่าวชี้ให้เห็นถึง ชนิดของสารอาหารที่ควรพิจารณาเป็นพิเศษในการคำนวณหาสูตรอาหารเสริม เพราะแม้แต่ในครอบครัวที่มีฐานะที่ไม่ยากจน บางครั้งความเชื่อเก่า ๆ การปล่อยปละละเลยของมารดา และความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ก็มีส่วนทำให้เด็กได้รับสารอาหารไม่เพียงพอได้ ปัจจุบันจะเห็นว่าอาหารเสริมสำเร็จรูปได้เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากสามารถทำให้ได้สารอาหารที่ครบถ้วน นอกจากนี้แล้ว ยังให้ความสะดวกสบายในการรับประทานด้วย

อาหารเสริมที่มีจำหน่ายอยู่ภายในประเทศ พบอยู่มากมายหลายชนิด แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

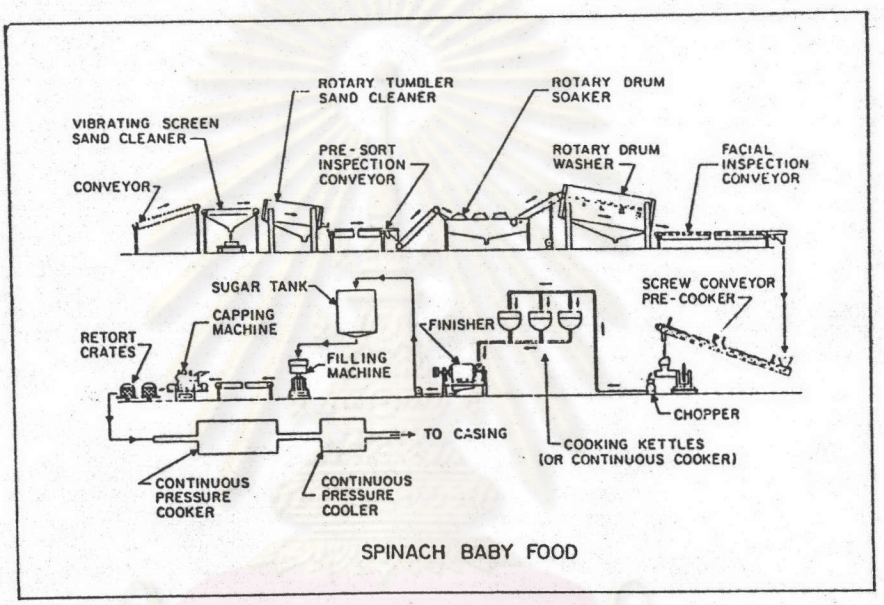
1. นมผงและผลิตภัณฑ์คล้ายนมผง
2. แป้งหรือผลิตภัณฑ์จากธัญพืช
3. อาหารเด็กชนิดเหลว
4. อาหารเด็กชนิดแห้งที่มีลักษณะเป็นผง เกล็ด หรือ แผ่น
5. น้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาอาหารเสริมทั้ง 5 ประเภทนี้ จะเห็นว่าอาหารเด็กชนิดเหลว เป็นประเภทที่ใช้งานได้สะดวกที่สุดเพราะสามารถใช้ได้ทันที ไม่ต้องมีการเตรียมเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามอาหาร ชนิดเหลวนี้มักมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นอาหารที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งกรรมวิธีในการผลิตก็มีหลายขั้นตอน ซึ่งยุ่งยากพอสมควร ต้องอาศัยเทคโนโลยีโดยเฉพาะ ถ้าหากว่าสามารถผลิตขึ้นเองภายในประเทศได้แล้วก็จะทำให้ราคาถูกลงมาก

การผลิตอาหารเด็กอ่อนชนิดเหลวแต่ละชนิดจะมีกรรมวิธีแตกต่างกันออกไป โดยจะแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ 7 ประเภท คือ (25)

1. ผลไม้
2. ผัก
3. เนื้อ
4. ซุป
5. ของหวาน
6. น้ำผลไม้
7. ธัญพืช

อาหารประเภทที่มีความเป็นกรดน้อย ต้องใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูง และใช้เวลานานประมาณ 40-50 นาที ที่อุณหภูมิ 240-250° ฟ สำหรับขวดแก้วขนาด 207x213 และ 207 x 315 ส่วนประเภทที่มี pH ต่ำกว่า 4.0 เวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อจะสั้นเพียง 2-3 วินาที ที่ 212-220° ฟ ส่วนพวกที่เป็นกรด pH ประมาณ 4.0-4.6 จะใช้เวลานานกว่า เช่น อาจเป็น 30 วินาที ที่ 250° ฟ ตัวอย่างกระบวนการผลิตอาหารเด็กอ่อน (Spinach baby food) แสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 : ตัวอย่างกระบวนการผลิตอาหารเด็กอ่อน (Spinach baby food) (25)

สิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งที่ควรพิจารณาในอาหารเด็กอ่อน คือ สารที่ใช้สำหรับให้ความข้นหนืดในอาหารเด็ก ซึ่งอาจใช้เป็นแป้ง และ/หรือ gum ก็ได้ จำพวก gum ที่มีใช้กัน คือ carrageenans, gum arabic, guar gum ส่วนแป้งนั้นใช้ได้ทั้ง แป้งจากธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพด และแป้งแปรสภาพ ซึ่งอาจเป็นแป้งที่ทำให้เกิด gel แล้ว (pre-gelled starch) หรือเป็นพวกแป้งแทนที่ ซึ่งอาจเป็นการเชื่อมข้าม และ/หรือการแทนที่อย่างเดียวเป็น ester ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารที่ให้ความคงตัว อย่างอื่นด้วย เช่น caseinates , ถั่วเหลือง และสารจำพวก carboxy-methylcellulose และ methylcellulose (3)

การใช้แป้งเป็นสารให้ความข้นหนืดในอาหารเด็กอ่อน เป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากมีราคาถูกกว่า gum แป้งที่ใช้มีหลายชนิดแต่ส่วนใหญ่จะเป็นแป้งแปรสภาพเพื่อช่วยในด้านเสถียรภาพทางด้านความข้นหนืดของอาหารในขณะผลิตและระหว่างการเก็บ

การพิจารณาเลือกชนิดของแป้งที่เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิดนั้น มีหลายขั้นตอน กล่าวคือ ต้องพิจารณาความหนืดขณะทำให้สุกและขณะที่เย็นแล้ว , ความยืดหยุ่นของความหนืด เช่น ลักษณะเหนียวหนืดเบา หรือเป็นแบบ short texture,คุณสมบัติที่สำคัญในแง่เนื้อสัมผัส และความเหมาะสมในการใช้รับประทาน ความหนืดที่อาจลดลงด้วยแรงเฉือน , ความคงตัวของแป้งเมื่อแช่เย็นหรือแช่แข็ง,การเกิด gel ภายหลังกระบวนการและการเกิด retrogradation ซึ่งอาจเป็นที่ต้องการในผลิตภัณฑ์บางชนิด, การกระจายของโมเลกุล , ความใสของpaste , การเปียกน้ำ และ คุณสมบัติในการป้องกัน colloid คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของแป้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของแป้งด้วย(3)

2.3 คุณสมบัติโดยทั่วไปของแป้ง (26)

แป้งเป็น hydrocolloid และเหมาะที่จะใช้ในอาหารหลายชนิด รวมทั้งอุตสาหกรรมนานาประเภท เนื่องจากแป้งสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไปได้เมื่อได้รับความร้อน รวมทั้งมีราคาถูก ทำให้มีการใช้แป้งกันอย่างแพร่หลาย แป้งสามารถเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้อีกหลายชนิด เช่น dextrose , corn syrup รวมทั้งนำไปแปรสภาพให้มีคุณสมบัติเปลี่ยนไปตามต้องการได้อีกด้วย

โครงสร้างและส่วนประกอบของแป้ง

แป้งเป็น carbohydrate polymer สังเคราะห์ขึ้นในพืช โดยการเชื่อมต่อด้วย พันธะเคมีของหน่วย glucose หลายร้อยหลายพันหน่วยจนเป็นสายยาว ๆ เมื่อเติมกรด หรือ enzyme สามารถทำให้สายแป้งนั้นหลุดออกเป็นหน่วย glucose ได้ พืชมีกลไกในการผลิตแป้ง 2 แบบ อาจสร้างเป็นสายตรงยาวจาก glucose หลาย ๆ ร้อยหน่วย ได้เป็น amylose หรือ เกิดจาก glucose สายตรงสั้นๆ หลายสิบหน่วย เชื่อมต่อแบบเป็นสาขาเกิด polymer ลักษณะแบบต้นไม้ ประกอบด้วยglucose หลายพันหน่วย

ลักษณะทางกายภาพของแป้ง เป็นเม็ดเล็ก ๆ สีขาว อาจมาจากเมล็ด แกน ลำต้น หรือรากของพืช ในรูปแป้งแห้งจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ refine แล้วได้ แต่ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นได้ว่าแป้งประกอบด้วย cell

เล็ก ๆ หรือเม็ดแป้งเล็ก ๆ ซึ่งขนาดและรูปร่างจะต่างไปตามพันธุ์พืช เม็ดแป้งข้าวจะมีลักษณะกลม ขนาดเล็กมาก ในแต่ละเม็ดแป้งประกอบด้วยโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก สร้างขึ้นโดยชั้นของแป้งซึ่งอัดแน่น และเป็นระเบียบ ลักษณะเหมือนชั้นของหัวหอม โมเลกุลของแป้งจะจัดเรียงตัวเป็นผลึก เม็ดแป้งจะปรากฏเป็นรูปร่างเหมือนผลึกกลม

โครงสร้างทางเคมีของแป้งประกอบด้วย amylose และamylopectin หน่วยพื้นฐาน เป็น D-glucose การรวมตัวของ glucose เป็น polymer จะมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้น หน่วย glucose ใน polymer ของแป้งที่จริงแล้ว คือ หน่วย anhydrous glucose ส่วนประกอบทั้ง 2 ชนิดของแป้งนั้น จะเรียงตัวในแนวรัศมีภายในเม็ดแป้ง โดยโมเลกุลจะขนานกัน สายโมเลกุลทั้งแบบตรง และมีสาขาจะจับไว้ด้วยกันโดยพันธะไฮโดรเจน เป็นผลึกเล็ก ๆ (crystalline micelles)ซึ่งจับเม็ดแป้งไว้ด้วยกัน การจัดตัวเกิดขึ้นระหว่างหมู่ hydroxyl บนอะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 (c-2) ของ glucose หน่วยหนึ่งและ อะตอมของ ออกซิเจน ซึ่งต่ออยู่กับ c-1 เชื่อมกับ glocose หน่วยอื่น จุดนี้เป็นความแตกต่างของแป้ง และ cellulose ซึ่งทั้ง 2 ชนิดประกอบด้วยหน่วย glucose มารวมกัน ในแป้ง หมู่ hydroxy และ oxygen อยู่ที่ด้านเดียวกันของโครงสร้าง ลักษณะเป็น cis form ให้ linkage

amylose เป็นโมเลกุลสายยาวและตรง ประกอบด้วย glucose 250-2000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วย -1,4-linkages น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000-340,000 สารละลายแป้งจะมีโครงสร้างแบบเกลียวเชือกแบบสุ่ม เมื่อแป้งถูกละลายในตัวทำละลายที่แรง โครงสร้างของแป้งจะคลายตัวยืดออก ถ้ามีสารประกอบพวก iodine แป้งที่เป็นสายตรงจะไปพันเกลียวรอบสารประกอบ ได้ขนาดซึ่งขึ้นกับขนาดของสารประกอบ

ส่วน amylopectin มีสาขาลักษณะคล้ายต้นไม้ ประกอบด้วยสายตรงที่คล้ายกับ amylose มาเชื่อมต่อกันด้วย -1,6-linkage จุดที่เกิดสาขาอยู่ในช่วง 20-30 หน่วยกลูโคส นอกจากนี้ยังพบว่ามีการต่อสาขาที่ อะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 และ3 บ้างเล็กน้อย amylopectin 1 โมเลกุล มีสาขาอยู่หลายร้อยสาขา มีน้ำหนักโมเลกุลเป็นล้านหน่วย รูปร่างเป็นก้อนกลมซึ่งทำให้เพิ่มการแผ่ขยายตัว และเพิ่มความหนืดในสารละลาย

<u>หน้าที่ของสารละลายแป้ง</u>

คุณสมบัติของแป้งขึ้นกับชนิด และพันธุ์ของเม็ดแป้ง ซึ่งมีผลต่อ ขนาดของเม็ดแป้ง สี กลิ่นรส ความชื้น การไหล และ การกระจายในตัวกลางต่างๆกัน

คุณสมบัติของแป้งระหว่าง และหลังจากผ่านกระบวนการผลิตในอาหารที่นำไปใช้สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยทางเคมีและทางกายภาพ รวมทั้งการรวมตัวกับสารอื่นซึ่งทำให้

คุณสมบัติของแป้งต่างไปจากเดิม คุณสมบัติสำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ และการทำให้สุก คือ อุณหภูมิการเกิดเจล อัตราเร็วในการเพิ่มความข้นหนืด เวลา และอุณหภูมิที่ใช้เพื่อให้ได้ความหนืดสูงสุด และคุณสมบัติในการไหลของเจล ส่วนคุณสมบัติสำคัญที่ต้องการหลังกระบวนการ คือ ความใส ลักษณะของเจลและpaste สี กลิ่นรส การกักเก็บน้ำ และความคงทนในการเก็บรักษา คุณสมบัติเหล่านี้ สามารถศึกษาได้จากการเปลี่ยนแปลง เมื่อให้ความร้อนกับของผสมแป้งและน้ำ

การเกิด gelatinization ของสารละลายแป้ง

แป้งในธรรมชาติอยู่ในรูปของเม็ดแป้งขนาดเล็ก ๆ ที่มาอัดรวมกันอยู่โดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมระหว่างโมเลกุล ทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายตามธรรมชาติแป้งจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิปกติ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจน เชื่อมระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้ง เมื่อนำสารละลายแป้งไปให้ความร้อนจะทำให้พันธะไฮโดรเจนอ่อนตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำไว้ ที่จุดนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล เม็ดแป้งบางชนิดจะพองตัวอย่างรวดเร็ว และสูญเสียคุณลักษณะในการ polarize แสง (birefringent property)ไป ปรากฏการณ์นี้เริ่มต้นขึ้นที่ใจกลางเม็ดแป้ง (hilum) แล้วขยายตัวอย่างรวดเร็วไปจนถึงขอบนอกของเม็ดแป้ง (periphery) เชื่อกันว่า hilum ซึ่งจะเห็นเป็นจุดในเม็ดแป้ง เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดเม็ดแป้ง และเป็นส่วนที่แสง polarized มาตัดกัน

การเกิด gelatinization เริ่มต้นในส่วนที่อยู่ระหว่าง micelle ในเม็ดแป้ง เป็นส่วนที่มีโครงสร้างหลวม ส่วนนี้ พันธะไฮโดรเจนจะอ่อนที่สุด ความแรงของพันธะ ในส่วนที่โครงสร้างหลวมนี้ ขึ้นกับชนิดของแป้ง พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลอยู่ในช่วง 140-180°ฟ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก พันธะไฮโดรเจนจะแตกออก โมเลกุลน้ำจะไปจับกับหมู่ hydroxy อิสระทำให้เม็ดแป้งพองตัว ซึ่งจะทำให้แป้งละลายน้ำได้มากขึ้น เจลจะใสขึ้น และความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อเม็ดแป้งดูดน้ำไว้มากขึ้น โครงตาข่ายจะขยายออก โมเลกุลแป้งจะถูกแยกออกจากกัน ไม่รวมเป็นโครงของ micelle อีกต่อไป จะกระจายไปรอบ ๆ ในสารละลายน้ำแป้ง แป้งที่มีอุณหภูมิการเกิดเจลสูงแสดงถึงการที่ส่วน amorphous มีการยึดเกาะกันมาก ในpaste ที่มีปริมาณแป้งอยู่น้อยจุดที่สมดุลจะถึงเมื่อความเข้มข้น ของแป้งที่ละลายน้ำในเม็ดแป้งที่พองตัว เท่ากับความเข้มข้นของแป้งที่อยู่รอบ ๆ ส่วน paste ที่มีความเข้มข้นแป้งสูงเม็ดแป้งจะเกิดเจล และพองตัวไปจนกระทั่งน้ำถูกจับไว้หมด เมื่อมีการพองตัว เม็ดแป้งจะหลุดแยกจากกันได้ง่ายขึ้นโดยเฉพาะเมื่อมีแรงเฉือนมากระทำ เนื่องจากพันธะภายในเม็ดแป้งอ่อนตัวลงเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อแป้งพองตัวเต็มปริมาตรทั้งหมด แป้งที่ละลายอยู่ในน้ำซึ่งแพร่กระจายออกมา

จะแพร่กลับเข้าไปในเม็ดแป้งที่พองตัวเต็มที่ เกิดเป็นลักษณะเจล ซึ่งยึดติดกันด้วยพันธะเคมี paste ร้อนที่ได้นี้เป็นของผสมของเม็ดแป้งที่พองตัว เม็ดแป้งที่แตก และโมเลกุลแป้งที่กระจายอยู่ในรูปของ colloid

เมื่อนำ paste ที่ได้มาทำให้เย็นลง polymer ของแป้งมีแนวโน้มที่จะมารวมตัวกัน หรือ retrograde ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น การเกิดการคืนตัว (set back) นี้ ตัวการใหญ่ที่ทำให้เกิด คือ ความเข้มข้นของ amylose ความยาวของสาย amylose และ การกระจายของ amylose การวัด retrogradationของแป้ง ทำได้โดยวัดความหนืดขณะที่ paste เย็น

กล่าวโดยสรุป ขั้นตอนทางกายภาพที่เกิดขึ้นในการเกิดเจล และการเย็นตัวลงของสารละลายแป้ง เป็นไปดังนี้

1. เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวขึ้นหลายเท่า
2. เม็ดแป้งสูญเสียคุณสมบัติในการ polarize แสง
3. ของผสมใสขึ้น
4. ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุด
5. โมเลกุลสายตรงจะละลาย และแพร่ออกจากเม็ดแป้งที่แตก
6. ของผสมเกิด retrograde เป็น paste หรือ gel

คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ของแป้ง ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการต่าง ๆ ของการผลิตอาหาร ดังนั้นการศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ในการเกิดเจลของแป้งชนิดต่าง ๆ จึงจำเป็น เพื่อนำมาเลือกใช้ให้เหมาะสมตามความต้องการของผลิตภัณฑ์

การพองตัว และการละลายของสารละลายแป้ง (Swelling and Solubility)

เมื่ออุณหภูมิของสารละลายแป้งเพิ่มขึ้นเหนือช่วงการเกิดเจล ไปจนถึงการเป็น paste แล้ว พันธะไฮโดรเจนจะแตกออกมากขึ้น โมเลกุลน้ำจะไปจับกับหมู่ hydroxy ทำให้เม็ดแป้งพองตัว เป็นผลให้แป้งละลายได้ดีขึ้น pasteใสขึ้น รวมทั้งมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย โดยจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างการละลายและการพองตัวของแป้ง ซึ่งสามารถคำนวณหากำลังของการพองตัวโดยคิดจากน้ำหนักของเม็ดแป้งที่พองตัว ต่อแป้งแห้ง 1 กรัม และพิจารณาทุก ๆ 5° ซ ในช่วง 50-95° ซ แล้ว plot กราฟ หาความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ และกำลังการพองตัว ส่วนการละลายก็สามารถหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิได้ในวิธีคล้ายคลึงกัน กราฟที่ได้จากการพองตัว และ การละลาย จะมีแบบที่คล้ายกันสำหรับแป้งแต่ละชนิด

โดยทั่วไปสามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ประเภท โดยดูจากการแตกตัวหรือการเพิ่มขึ้นของการพองตัวได้ คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากรากหรือแกน (pith) และแป้งจากหัว เช่น แป้งมันฝรั่งซึ่งจะพองตัวได้เร็วและมาก ขณะที่แป้งข้าวโพดซึ่งเป็นแป้งจากธัญพืชจะพองตัวช้ากว่า ส่วนแป้งพวก ข้าวฟ่างเหนียว ข้าวโพดเหนียว มีการพองตัวปานกลาง

ความใสของสารละลายแป้ง (Clarity)

เมื่อแป้งพองตัวในน้ำ ลักษณะขุ่นของแป้งจะกลายเป็นใสขึ้น และยอมให้แสงผ่านได้ดีที่อุณหภูมิเกิดเจล ความใสของ paste ที่ได้ขึ้นกับชนิดของแป้งและสารอื่นที่ผสมในสารละลายแป้ง paste ของแป้งจากธัญพืชชนิดเหนียว แป้งจากรากพืช ลำต้น จะใสกว่าแป้งจากธัญพืชทั่วไป การเติมสารบางอย่าง เช่น น้ำตาลจะเพิ่มความใสขึ้น สารที่มีผลต่อแรงตึงผิว เช่น sodium lauryl sulfate ซึ่งจะไปสร้างเป็นสารประกอบกับ amylose ก็จะทำให้ paste ใสขึ้นด้วย ส่วนพวก emulsifiers เช่น glyceryl monostearate จะทำให้ paste ขุ่น

กล่าวโดยทั่วไป ความใสของ paste จะสัมพันธ์กับการกระจาย และแนวโน้มในการแยกตัวของเจลแป้ง นอกจากนี้ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้การพองตัวและการละลายของแป้งเพิ่มขึ้นก็จะช่วยให้เจลใสขึ้นด้วย

กลิ่นรสของสารละลายแป้ง (Flavor)

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของเจลแป้ง คือ กลิ่นรส แป้งดิบจะมีรสของแป้ง (cardboardly) แต่พวกแป้งธัญพืชจะมีกลิ่นรสที่แรงกว่า และอยู่ได้นานกว่า กลิ่นนี้สามารถลดลงไปได้ด้วยการทำให้สุก และจะหายไปที่อุณหภูมิช่วงการเกิดเจล หรือสูงกว่านั้น แป้งธัญพืชชนิดเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง จะมีกลิ่นที่ไม่ต้องการนี้น้อยกว่า เชื่อว่าเนื่องจากมีปริมาณไขมันต่ำกว่า

ความหนืดของสารละลายแป้ง (Viscosity and Consistency)

คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของแป้ง คือความหนืด เมื่อให้ความร้อนและทำให้เย็น วัดได้โดย Brabender viscoamylograph ด้วยการวัดความหนืดของของผสมแป้ง และน้ำ ที่กวนและให้ความร้อนในอัตราคงที่ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ และเวลาที่ต้องการได้ แล้วทำให้เย็นในอัตราคงที่ แป้งแต่ละชนิดจะให้เส้นกราฟที่มีลักษณะเฉพาะตัวตามคุณสมบัติของมัน

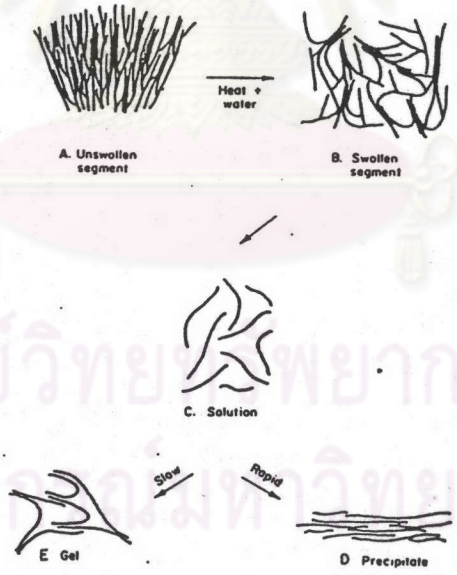
การเกิด paste และเจลของสารละลายแป้ง

การเกิด paste และ เจลของแป้ง ขึ้นกับความสามารถในการจับกับ

น้ำของหมู่ hydroxy ในแต่ละโมเลกุล (รูปที่ 2.2) เมื่อทิ้งเจลแป้งให้เย็น โมเลกุลแป้งจะละลายน้ำได้น้อยลงและ มีแนวโน้มที่จะแยกตัวออก ตกผลึกออกมาจากสารละลาย ใน polymer สายตรง เช่น cellulose และ amylose จะมีการเปลี่ยนทิศทางตัวเองให้ขนานกันทำให้หมู่ hydroxy ส่วนมากบนสายโมเลกุลหนึ่ง ๆ จะหันไปอยู่ใกล้กับหมู่ hydroxy บนโมเลกุลอื่น ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ hydroxy เหล่านี้ amylose ก็จะเกาะรวมกันเป็นกลุ่มทำให้มีการละลายน้ำน้อยลง

ในสารละลายแป้งที่เจือจางมาก ๆ กลุ่ม amylose เหล่านี้จะตกตะกอน ส่วนสารละลายเข้มข้นก็จะเกิดเป็นเจล กระบวนการนี้เรียกว่า retrogradation ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ การเกิดผลึก และเป็นปัจจัยสำคัญในการแปรสภาพ และการใช้แป้ง

การจัดเรียงตัวและการเกิดผลึกของ amylopectin จะถูกยับยั้งและจำกัดโดยโครงสร้างที่เป็นสาขามากมาย ดังนั้น amylopectinจึงละลายได้ง่ายและเกิดสารละลาย ที่จะไม่เจลที่สภาวะปกติ ภายใต้สภาวะพิเศษ เช่น การแช่แข็ง การแช่เย็นนาน ๆ retrogradation อาจเกิดขึ้นได้กับสารละลาย โดยหมู่ hydroxy จะจับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.2 : โครงสร้าง และการพองตัวของเม็ดแป้ง (26)

จากรูปที่ 2.2 ส่วนของแป้งที่ยังไม่พองตัวรวมกันอยู่เป็นผลึกเล็ก ๆ (A)

014453

เมื่อดูดน้ำเข้าไปโครงร่างจะขยายขึ้น(B) แต่ยังเกาะเป็นกลุ่มก้อนอยู่ จากนั้น amylose จะกระจายออกไปในสารละลาย (C) เมื่อเกิดการแยกตัวอย่างรวดเร็ว จะได้ตะกอน(D) หรือถ้าแยกตัวช้า ๆ จะได้เป็นเจล (E)

amylose เป็นส่วนที่เหมาะในการเกิดเจล amylose ตัวเดียวจะสร้างเจลที่แข็งที่ความเข้มข้นต่ำถึง 1.5 % ได้ โดยที่มันมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดเจล 2 ประการ คือ

1. เป็นส่วนที่ทำให้เกิดเป็นโครงร่างเจล ซึ่งจะเชื่อมและห่อหุ้มน้ำที่ไม่ได้ถูกดูดซึมไว้

2. เป็นส่วนเชื่อมเข้าด้วยกันในเม็ดแป้ง หรือในส่วนที่เป็นแป้งซึ่งจะช่วยให้โครงสร้างแก่โครงร่างตาข่ายของแป้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลและลักษณะของเจลแป้ง คือ ชนิดและขนาดของเม็ดแป้ง อายุของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นแป้ง และการ treat ก่อนการผลิตแป้ง เวลาและอุณหภูมิในการทำให้สุก การกวนขณะทำให้สุก เวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และ ชนิดและจำนวนของสารอื่นที่เติมลงไป

การที่โครงสร้างเจลเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเกิดretrogradation ของโมเลกุลแป้งนั้นอาจเป็นผลต่อเนื่องถึงการเปลี่ยนแปลงของ paste หนืด ๆ มาเป็นเจล ในอุตสาหกรรมอาหารการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจาก retrogradation นี้ ทำให้เกิดลักษณะเป็น curd ในซ้อสแช่แข็งเมื่อนำไปละลายน้ำแข็ง เกิดการ stale ของขนมปังและขนมอบชนิดอื่น ๆ และ เกิดผิวลอยบนพุดดิ้งและขนมหวานที่ทำด้วยแป้งสุก

การแยกตัวของน้ำ (Syneresis , Weeping)

เมื่อทิ้งเจลของแป้งไว้นาน ๆ น้ำจะแยกตัวออกจากเจล เรียกว่า syneresis ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่เป็นที่ต้องการในอาหารส่วนใหญ่ เป็นผลของการที่เจลแป้งหดตัว ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโครงร่างน้อยลง เพราะความจุน้อยลง เมื่อนำเจลแป้งที่แช่แข็งไปหลอมละลายน้ำแข็งจะเกิด syneresis ได้มาก (26,27)

<u>ผลของส่วนประกอบชนิดอื่นในอาหารที่มีต่อการทำหน้าที่ของแป้ง</u>

1. <u>น้ำตาล</u> จะไปหยุดการพองตัวในน้ำของแป้ง เป็นการหยุดยั้งการเกิดเจลของแป้ง เนื่องจากการที่น้ำตาลจับตัวกับน้ำได้ดีกว่าแป้ง เป็นการกันไม่ให้น้ำไปจับกับแป้ง เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้นก็จะยิ่งยับยั้งได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังจะทำให้อุณหภูมิที่เริ่มเจลสูงขึ้นด้วย

ความแข็งแรงของเจลแป้งจะลดลงถ้ามีน้ำตาลอยู่มาก ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เสมอกับ

ผลิตภัณฑ์พวกขนมเยลลี่ซึ่งประกอบด้วยแป้ง 10% น้ำตาล 70% และ น้ำ 20% แป้งจะไม่สามารถเกิดเจลได้สมบูรณ์ในปริมาณน้ำที่น้อยขนาดนี้ จึงต้องใส่น้ำปริมาณมากขึ้น แต่ให้ความร้อนนาน ๆ เพื่อให้น้ำระเหย หรืออาจใช้การทำให้สุกภายใต้ความดันสูง ซึ่งจะให้อุณหภูมิที่สูงเพราะแป้งจะพองตัวในน้ำได้แม้จะมีน้ำตาลอยู่ด้วย นอกจากนี้ ส่วนประกอบของอาหารบางอย่าง เช่น ไข่ ไขมัน หรือนมผง ก็จะทำให้การเกิดเจลเป็นไปได้ยากเช่นกัน

2. <u>กรด</u> โดยทั่วไปอาหารที่มีแป้งผสมอยู่มักจะมี pH อยู่ในช่วง 5-7 ในช่วงนี้ pH จะไม่มีผลต่ออุณหภูมิการเกิดเจล แต่นอกเหนือจากช่วงนี้จะมีผล อาหารส่วนใหญ่จะมี pH 4-7 ซึ่งจะมีผลทางด้านความหนืดของอาหารน้อยมาก อาหารบางชนิดที่มีกรดมากเช่น น้ำสลัด , fruit pie fillling จะมี pH ต่ำกว่า 3 ซึ่งแป้งจะถูกย่อยสลายด้วยกรด (hydrolytic degradation)ขณะผ่านกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาแป้งจะถูกย่อยสลายบางส่วนทำให้อาหารเหลวลง ดังนั้น อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ และการกวนจึงต้องทำอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดตามต้องการ ในกรณีนี้อาจใช้การเติมกรดหลังกระบวนการ รวมทั้งการใช้แป้งแปรสภาพแบบเชื่อมข้าม (cross-linked) ก็สามารถทนต่อการทำลายพันธะของแป้งด้วยกรดได้

3. <u>เกลือ</u> มีผลต่อการเกิดเจลของแป้งเนื่องจากความถี่ในการเกิดสารนำไฟฟ้าในอาหาร ซึ่งจะให้ผลต่างกันระหว่างแป้งมันฝรั่งและแป้งจากธัญพืช เพราะแป้งมันฝรั่งมีหมู่ phosphate ที่เกิดเป็น ester กับแป้ง จะประพฤติตัวเหมือนเส้นใยนำไฟฟ้า และจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณประจุมากกว่าแป้งจากธัญพืช

ผลของเกลือขึ้นกับความเข้มข้นที่ใช้ และอุณหภูมิระหว่างกระบวนการ ที่ความเข้มข้นหนึ่ง หรือ อุณหภูมิหนึ่ง เกลืออาจจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ในขณะที่สภาวะอื่นอาจจะทำให้ความหนืดลดลงก็ได้

เกลือบางชนิดเช่น Na_2SO_4 จะทำให้เกิด gelatinization ได้ยากขึ้น และจะเพิ่มอุณหภูมิการเกิดเจล ขณะที่ Na_2NO_3 จะเพิ่มการพองตัวและลดอุณหภูมิการเกิดเจล

4. <u>ไขมันและสารลดแรงตึงผิว</u> สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุอิสระ เช่น mono-glycerides มักใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน โดยมันจะป้องกันการเกิดเจล เป็นการลดลักษณะเหนียวหนืดในอาหารบางชนิด เช่น pasta และลดการจับตัวเป็นก้อนของมันฝรั่งแห้ง ผลของสารเหล่านี้เนื่องมาจากการต่อกันเป็นสารเชิงซ้อนของ amylose และ สารลดแรงตึงผิว ทำให้แป้งพองตัวได้ยากการละลายลดลง แต่เมื่อให้ความร้อนสูงขึ้นสารเชิงซ้อนจะถูกทำลาย และแป้งจะกลับพองตัวได้

ไขมันในแป้งเองก็มีผลต่อการเกิดเจลเช่นกัน แต่ในแป้งบางชนิดก็ให้ผลตรงข้ามกับที่กล่าวมา การพิจารณาผลของไขมันในแป้งจึงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งด้วย

ในอาหารโดยทั่วไปจะมีสารต่าง ๆ เหล่านี้ผสมกันอยู่ อาจจะมีผลหักล้างหรือช่วยกันเพิ่มการยับยั้งการเกิดเจลก็ได้ การเติมน้ำตาลและน้ำส้มสายชูผสมกันนั้น น้ำส้มสายชูจะเร่งให้โครงสร้างเจลแตก ความหนืดจะลดลงเร็วขึ้น ขณะที่น้ำตาลจะไปยับยั้งกระบวนการเหล่านี้ ดังนั้นสารผสมของทั้ง 2 ชนิดนี้จะให้ผลหักล้างกัน ส่วนเกลือและไขมัน เมื่อรวมกันจะช่วยกันยับยั้งการเกิดเจลได้มากขึ้น

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งดังกล่าว ทำให้สามารถเลือกหาความเหมาะสมของแป้ง ที่จะใช้กับอาหารชนิดต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ดีในบางสภาวะที่รุนแรงแป้งอาจจะไม่สามารถคงคุณสมบัติเดิมไว้ได้ จึงได้มีการแปรสภาพแป้งด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ อาจเป็นการแปรสภาพทางกายภาพ ได้แก่ แป้ง pre-gelled การแปรสภาพด้วยเอ็นไซม์ ส่วนใหญ่เป็นการย่อยสลายโมเลกุลแป้งให้เล็กลง แป้งประเภทนี้มีใช้ในอาหารเด็กอ่อน เพื่อประโยชน์ในแง่การย่อยสลายที่ง่ายขึ้น(26) ส่วนการแปรสภาพแบบที่สามเป็นการแปรสภาพทางเคมีซึ่งแบ่งได้เป็นหลายประเภท สารละลายแป้งแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติและการใช้งานต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 : คุณสมบัติและการใช้งานของแป้งสุก (38)

ชนิดของแป้ง	คุณสมบัติ	การใช้งาน
แป้งจากธรรมชาติ	- เม็ดแป้งดูดน้ำง่าย,พองตัวเร็ว และแตกออก ความหนืดจะลดลงมาก ทำให้ paste เหลวลง - paste ที่ได้จากเหนียวจะติดกันมาก	-อาหาร,กระดาษ,เท็กซ์ไทล์, ไม้อัด,ผงชูรส,กลูโคส,ซอร์บิทอล, แอลกอฮอล์,เป็นวัตถุดิบในการผลิต แป้งแปรสภาพ
แป้งแปรสภาพ		
แป้งเชื่อมข้าม	-เสถียรภาพดี,ทนต่อแรงเฉือน,ความร้อน -และสภาวะเป็นกรด	-fruit filling,เกรวี่,ซุป, อาหารเด็กอ่อน
แป้งแทนที่ด้วย ester	เสถียรภาพดี,ทนต่อการแช่แล้วหลอม น้ำแข็ง,ทนทานต่อความร้อนและสภาวะ เป็นกรด	fillingแบบครีม,อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง กระดาษ,เท็กซ์ไทล์
แป้ง oxidized	-ความหนืดต่ำการยึดเกาะดีใช้ในผลิตภัณฑ์ ที่มีปริมาณของแข็งมาก	-กระดาษ,เท็กซ์ไทล์,การซักรีด
แป้งชนิด acid thin boiling	-ความหนืดต่ำ ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ ของแข็งมาก	-อาหาร -วัสดุที่เป็นโครงสร้าง
แป้งชนิด cation, amphoteric	-ให้ประจุไฟฟ้า	-กระดาษ,เท็กซ์ไทล์
เด็กซ์ตริน	-เกิด paste ได้ดีในน้ำเย็น	-filling ประเภทซ้อส, ลูกกวาด -กาว
แป้งที่ทำเจลแล้ว	-เกิด paste ได้ดีในน้ำเย็น	-อาหาร,ตัวเชื่อมในอาหารสัตว์ อัดเม็ด

ในการที่แป้งแปรสภาพมีให้เลือกหลายชนิดตามคุณสมบัติ ซึ่งจะมีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งๆ แต่ดังที่กล่าวมาแล้วว่า แป้งแปรสภาพนั้นมีราคาแพง รวมทั้งการแปรสภาพทางเคมียังทำให้สารเคมีตกค้างในแป้ง ซึ่งสารต่าง ๆ ที่ใช้มักเป็นสารที่อันตรายเป็นพิษ ถ้าสามารถหลีกเลี่ยงได้ก็จะเป็นการดียิ่ง ดังนั้นจึงหันมาสนใจศึกษาแป้งจากธรรม

ชาติชนิดหนึ่ง คือ แป้งข้าวเหนียว ซึ่งมีคุณสมบัติที่น่าสนใจบางประการ ดังจะได้กล่าวต่อไป

2.4 <u>แป้งข้าวเหนียว</u> (waxy rice flour,glutinous rice flour,sweet rice flour)

ประกอบด้วย amylose น้อยกว่า 1% ส่วน amylopectin มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงน้อยถึงปานกลาง โครงสร้างอยู่ระหว่าง amylopectin ทั่วไปกับ glycogen ให้สีน้ำตาลอมแดงกับ iodine แป้งข้าวเหนียวจะเริ่มพองตัวที่ 55 °ซ และเม็ดแป้งจะแตกออกจากกันที่ 65 ซ (28,29) องค์ประกอบบางชนิดของแป้งข้าวเหนียวแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 : องค์ประกอบของแป้งข้าวเหนียว (30)

องค์ประกอบ	ปริมาณ(%)
ไขมัน	1.37
โปรตีน	7.33
ความชื้น	9.57
เส้นใย	0.41
เถ้า	0.12
คาร์โบไฮเดรต	81.02
แป้ง(starch)	61.62

ข้อดีของแป้งข้าวเหนียว คือ ความแตกต่างจากแป้งชนิดอื่น ๆ ตรงที่จะไม่มีการแยกตัวของน้ำออกจากแป้งสุก(syneresis) ระหว่างการแช่แข็งแล้วหลอมละลายน้ำแข็งซึ่งจะมีความทนทานได้ถึง 6-7 รอบ(22) ได้มีการศึกษาเสถียรภาพของซ้อสขาวและเกรวี่แช่แข็งที่ใช้ในเนื้อสุกและผัก เพื่อเลือกใช้แป้งที่จะไม่มีการแยกตัวของน้ำออกมา และไม่เกิดลักษณะเป็นก้อน ๆ(curd) เมื่อนำมาหลอมน้ำแข็ง โดยใช้แป้งชนิดต่าง ๆ คือ แป้งข้าว แป้งสาลี แป้งข้าวโพด แป้งถั่ว แป้งมันเทศ แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง พบว่า แป้งจาก

ธัญพืชชนิดเหนียวให้ผลดีกว่าแป้งชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะแป้งข้าวเหนียวมีเสถียรภาพดีที่สุด สามารถเก็บซ้อสและเกรวี่ไว้ที่ ๐ ซ ได้นานถึง 1 ปี จึงได้มีการใช้แป้งข้าวเหนียวในอาหาร ประเภทต่าง ๆ เช่น พุดดิ้งแช่แข็ง filling สำหรับเค้กแช่แข็ง ครีมพาย และคัสตาร์ดชนิดนุ่ม พบว่าให้ผลดีเช่นกัน อย่างไรก็ดีเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ มีการลดลงไปบ้างจากผลของส่วนผสมอื่นบางชนิดเช่น ไข่แดง และนม(6,7,8)

นอกเหนือไปจากนี้ ยังมีการนำแป้งข้าวเหนียวไปใช้ในการทำซุปครีมบรรจุกระป๋อง ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืด และลักษณะปรากฏ พบว่าอาหารที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน ๙๐ วัน ไม่พบแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดในอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวล้วนและที่ผสมด้วยแป้งชนิดอื่น ทางด้านลักษณะปรากฏ แป้งธรรมดา ที่มีปริมาณ amylose อยู่มากจะเกิดการแยกตัวในลักษณะที่เป็นเจลแข็งแตกย่น จนมีน้ำแยกออกมา (syneresis) ในขณะที่การแยกตัวของน้ำออกจากแป้งข้าวเหนียวจะดูคล้ายเป็นการตกตะกอนมากกว่า (9)

คุณสมบัติที่ดีของแป้งข้าวเหนียวนี้ปรากฏทั้งใน starch และ flour จึงสามารถใช้ flour ในทางการค้าได้เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านเสถียรภาพที่ใกล้เคียงกันมาก แต่ต้องใช้ปริมาณ flour เป็น 2 เท่าของ starch ซึ่งอาจเป็นผลของการยับยั้งการพองตัวของแป้งของโปรตีนใน flour ที่ทำให้ paste ที่ได้มีความหนืดต่ำลง (22,23)

มีทฤษฎีอยู่หลายทฤษฎีที่อธิบายข้อดีของแป้งข้าวเหนียวนี้ ทฤษฎีหนึ่งอธิบายไว้ว่าอาจจะเนื่องมาจากแป้งข้าวเหนียวแทบจะไม่มี amylose อยู่เลย คือประกอบด้วย amylose น้อยกว่า 1 % เท่านั้น ทำให้ไม่เกิด retrogradation เมื่อทำให้เย็น อีกทฤษฎีหนึ่ง กล่าวว่า เนื่องจากคุณสมบัติอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น อาจเป็นโครงสร้างทางเคมี ที่แตกต่างออกไป หรือขนาดที่เล็กของเม็ดแป้ง บางทฤษฎีเห็นว่าไม่เกี่ยวกับตัวแป้ง (starch) เลย แต่สาเหตุมาจากส่วนประกอบอื่นในแป้งข้าวเหนียว (flour) ที่ไม่ใช่ starch มีการทดลองที่เกี่ยวข้องกับบางทฤษฎี กล่าวคือ เมื่อทดลองแยกเอาแต่ amylopectin ของแป้งทั่วไปมาใช้ ก็ยังพบว่ามี retrogradation ได้ แม้ว่าพันธะระหว่างโมเลกุลไม่แน่นหนาเท่ากับของ amylose เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ glycogen ซึ่งไม่มี retrogradation เช่นกัน คาดว่าเนื่องมาจากความยาวของสาขาของโมเลกุลสั้นมากเกินกว่าที่จะจับมารวมตัวกัน จะเห็นว่าส่วนนี้น่าจะเป็นส่วนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวของแป้งข้าวเหนียว (24)

อย่างไรก็ดี แป้งข้าวเหนียวมีข้อเสียคือ ในสภาวะรุนแรงจะมีเสถียรภาพต่ำ เช่น การให้ความร้อนสูง,pH ต่ำ เป็นต้น รวมทั้งอุณหภูมิที่เริ่มเกิดเจลก็ค่อนข้างสูง (24)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น ในการทดลองจึงเลือกใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นสารให้ความข้นหนืด โดยผสมกับแป้งแปรสภาพ ชนิด phosphate cross-linked เพื่อหาอัตราส่วนที่พอเหมาะ ซึ่งการหาสูตรที่ใช้สำหรับอาหารเด็กอ่อนชนิดคาว จะถือแป้งข้าวเหนียวเป็นเพียงสารให้ความหนืดไม่นำมาใช้ในการคำนวณสูตรอาหาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย