



2.1 วุ้นเส้น

วุ้นเส้นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่เรารู้จักกันดี เป็นที่นิยมบริโภคกันทั้งในประเทศและประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ชาวจีนเรียกวุ้นเส้นว่า "ตังซุง" (Tung Fung, Winter flour) ชาวญี่ปุ่นเรียก "ฮารุซามิ" (Haru-same, Spring rain) สำหรับในประเทศไทยเรานั้นกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดค่านิยามของวุ้นเส้นไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (13) ดังนี้ "วุ้นเส้น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทำจากแป้งข้าวผสมกับแป้งบริโภคนิคมอื่น นำมาทำเป็นเส้น คั้นให้สุก แล้วทำให้แห้ง"

2.2 วัตถุดิบในการผลิตวุ้นเส้น

2.2.1 วัตถุดิบสำคัญที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน วัตถุดิบที่ใช้เป็นหลักในการผลิตวุ้นเส้นคือ ข้าวเขียว วุ้นเส้นที่ผลิตจากแป้งข้าวเขียวล้วนจะมีลักษณะใส เหนียว เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ดังนั้นการทำวุ้นเส้นจึงต้องใช้ข้าวเขียวเป็นส่วนประกอบสำคัญ

2.2.1.1 ข้าวเขียว ข้าวเขียวนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ มีการปลูกเป็นพืชน้ำหรือเป็นพืชตาม หรือหมุนเวียนกับพืชหลักชนิดอื่น ๆ ข้าวเขียวมีราคาดี สามารถใช้ประโยชน์หลายทาง เช่น ใช้ประกอบอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้เป็นอาหารสัตว์ และเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ข้าวเขียวที่ปลูกในประเทศไทยขณะนี้จำแนกออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (14-17) ดังรูปที่ 2.1 คือ

1. ข้าวเขียว (Mung bean, Green gram) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Vigna radiata* (L) Wilzeck หรือ *Phaseolus aureus* Roxb. ซึ่งรวมทั้งข้าวเขียวธรรมดาหรือข้าวเขียวเมล็ดดำ ข้าวเขียวผิวมัน และข้าวทอง (gold gram)

2. ข้าวเขียวผิวดำ (Black gram) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Vigna mungo* (L.) Wilzeck หรือ *Phaseolus mungo* (L.) ข้าวเขียวนิคมนี้นิยมปลูกในอินเดียและพม่า ในประเทศไทยก็มีการปลูกบ้าง แต่ไม่มากนัก เนื่องจากคนไทยไม่นิยมบริโภคถั่วชนิดนี้ เพราะ

มีกลิ่นเหม็น เขียวมากกว่าถั่วเขียวธรรมดา ผลผลิตที่ได้ทั้งหมดจึงส่งไปจำหน่ายต่างประเทศเกือบทั้งหมด (18) ถั่วเขียวที่ใช้ในประเทศเกือบทั้งหมด จึงเป็นถั่วเขียวธรรมดาหรือถั่วเขียวผิวมัน



รูปที่ 2.1 ถั่วเขียวผิวมัน ถั่วทอง และถั่วเขียวผิวดำ

ถั่วเขียวทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถนำมาใช้ผลิตวุ้นเส้นได้ (1) แต่ส่วนมากจะใช้ถั่วเขียวธรรมดา หรือถั่วเขียวผิวมัน เนื่องจากมีปลูกกันมาก ทำให้หาได้ง่าย ถั่วทองก็มีปลูกมากและยังจะมีราคาสูงกว่า เนื่องจากนิยมนำไปใช้ทำขนม เพราะเปลือกหุ้มเมล็ดมีสีเหลืองสวย ไม่นิยมนำมาใช้ทำวุ้นเส้น เพราะมีราคาแพง ส่วนถั่วเขียวผิวดำมีปลูกน้อย จึงไม่มีผลผลิตเพียงพอที่จะใช้

ถั่วเขียวเป็นพืชเขตร้อน ปลูกกันทั่วไปในอินเดีย จีน ญี่ปุ่น และบราซิล เป็นพืชล้มลุกที่เจริญเติบโตเร็ว ลักษณะลำต้นเป็นพุ่ม สูง 60-80 ซม. ต้นและใบมีขนปกคลุม ดอกขนาดเล็ก สีเหลือง ผัก รูปทรงกระบอก มีขนปกคลุมหนาแน่น แรกเริ่มมีสีเขียวแล้วเปลี่ยนเป็นสีดำแกมน้ำตาล เมล็ดมีทั้งสีเขียว สีเหลือง และสีน้ำตาลแดง (19) ถั่วเขียวชอบอากาศแห้งและร้อน จึงทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี (20) แต่การทนแล้งได้ไม่ดีเท่าข้าวฟ่าง (19) ขึ้นได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงสูง 2,000 เมตร ปริมาณฝนปีละ 700 มม. ก็เพียงพอ (19) ในประเทศไทยปลูกกันมากที่นครสวรรค์และลพบุรี (21)

พันธุ์ถั่วเขียวธรรมดาที่ปลูกกันอยู่นี้มีหลายพันธุ์ ส่วนมากมักจะเป็นพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งออกดอกและแก่ไม่สม่ำเสมอ ต้องเก็บผัก 6-8 ครั้ง จึงหมด ทำให้สิ้นเปลืองแรงงานในการเก็บเกี่ยวมาก เกษตรกรส่วนใหญ่จะเก็บผักเพียง 3-4 ครั้ง ที่เหลือจะปล่อยให้ทิ้งไป เป็นเหตุให้ผลผลิตต่ำและมีราคาแพง (20) กรมวิชาการ เกษตรได้แนะนำถั่วเขียวพันธุ์อุ้มทอง 1 ซึ่งมีอายุสั้นประมาณ 65-70 วัน ออกดอกและติดผักชุดแรกสูงถึง 80% ผักเหนียวไม่แตกง่าย สามารถเก็บผักหมดภายใน 1-2 ครั้ง เมล็ดโต (หนัก 65 กรัม ต่อ 1,000 เมล็ด) เมล็ดมีขนาดสม่ำเสมอ ผิวมัน ให้ผลผลิต 150-200 กก./ไร่ (20) นอกจากนี้มีพันธุ์ CES 87 และ MG 50-10A ซึ่งให้ผลผลิตสูงแต่ในเฉพาะฤดูฝน พันธุ์ CES 14 ให้ผลผลิตสูงในฤดูแล้ง และ PAGASA (CES 1 D-21) ซึ่ง

ทนต่อโรคใบจุด แต่เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก (20)

ถั่วเขียวขึ้นได้ในดินทุกชนิด แต่เจริญได้ดีในดินร่วนซุย หรือดินที่ระบายน้ำได้ดี มีธาตุอาหารพอสมควร ไม่ควรปลูกในดินเปรี้ยวจัด (เป็นกรดมาก), ดินเกลือ, ดินเหนียวจัด หรือดินที่ระบายน้ำได้ยาก (20)

แม้ว่าถั่วเขียวจะปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่มีปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อผลผลิตที่ได้ กล่าวคือ ควรจะปลูกถั่วเขียวให้เก็บเกี่ยวได้ในระยะที่ไม่มีฝนตกชุก เนื่องจากฝักบาง และเมล็ดไม่มีการพักตัว ถ้าเมล็ดแก่ได้รับฝนจะงอกทันที ทำให้ได้ผลผลิตน้อย และมีคุณภาพต่ำ นอกจากนี้ถ้าปลูกในช่วงที่มีอากาศหนาว ขณะที่มีความชื้นต่ำสุดประมาณ 15° C ต้นถั่วที่งอกขึ้นมาจะไม่เจริญเติบโต แม้ว่าอากาศในระยะต่อไปจะร้อนขึ้น ส่วนยอดของต้นก็ยังไม่ขึ้นตัว และไม่เจริญตามปกติ ถ้าปลูกในช่วงอากาศเย็นความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่า 25° C ถั่วจะไม่เติบโต และให้ผลผลิตสูง เท่ากับปลูกในฤดูที่มีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 30° C (20)

เมื่อพิจารณาธรรมชาติในเรื่องฤดูปลูกร่วมกับการกระจายของน้ำฝน จะสรุปช่วงที่ควรปลูกถั่วเขียวคือ ภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ ปลูกได้มีละ 2 ครั้ง คือในช่วงต้นฤดูฝน ปลูกได้ทั้งในไร่และในนาตอน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ถ้าล่าช้ากว่านี้จะมีปัญหาคือ จะต้องเก็บเกี่ยวในช่วงฝนชุก อีกช่วงหนึ่งจะปลูกได้ช่วงปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนกันยายนถึงต้นตุลาคม ในพื้นที่อาศัยน้ำฝนหรือต้นเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ในที่ที่มีการชลประทาน ถ้าล่าช้ากว่านี้จะมีปัญหาเรื่องอากาศหนาว (20)

สำหรับภาคกลาง (ตั้งแต่ชัยนาทลงมา) และภาคตะวันออก นอกจากจะปลูกได้ 2 ครั้ง เช่นเดียวกับภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว เนื่องจากความชื้นในฤดูหนาวลดลงไม่มากนัก จึงอาจปลูกได้อีกครั้งใน เดือนธันวาคมหรือมกราคม ในนาที่มีความชุ่มชื้นเพียงพอ (20)

เนื่องจากการปลูกถั่วเขียวจะให้ผลดีเพียงบางช่วงของปีเช่นนี้ ทำให้ราคาของถั่วเขียวในบางช่วงที่เกิดการขาดแคลน เนื่องจากผลผลิตต่ำสูงขึ้นมาก ซึ่งจะกระทบกระเทือนถึงอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบ รวมทั้งอุตสาหกรรมการทำเส้นด้วย จึงมีการทดลองเพื่อที่จะหาวัตถุดิบชนิดอื่นมาใช้ทดแทนถั่วเขียว แต่การที่จะใช้แป้งชนิดใดมาทดแทนนั้น จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของแป้ง เป็นสำคัญ Li และ Chang (22) เสนอว่าแป้งที่เหมาะสมในการทำเส้น ควรจะมีลักษณะดังนี้ คือ มีไอโอดีนแอฟฟินิตี (iodine affinity) สูง (6-7%) นั่นคือ มี

ปริมาณอะไมโลส (amylose) สูง การพองตัวของ เม็ดแป้ง เป็นแบบมีขีดจำกัด (Restricted type) และลักษณะของความหนืดจากเครื่องบราเบนเดอร์ (Brabender viscosity pattern) เป็นแบบ ซี (C-type)

2.2.2 วัตถุดิบอื่นที่จะนำมาใช้ทดแทน นอกจากถั่วเขียวแล้ว ในประเทศไทยยังมี ถั่วชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิด บางชนิดมีปลูกกันมานานแล้ว เช่น ถั่วขาว ถั่วดำ ถั่วมันแดง แต่บางชนิดก็เริ่มจะมีการสนับสนุนให้ปลูก เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วเหล่านี้อาจมีขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่จำกัด สมควรที่จะขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น การขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์นี้ ถ้าสามารถใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้จะทำให้ผลผลิตที่ผลิตขึ้นสามารถระบายออกสู่ตลาดได้ง่ายขึ้น การนำถั่วต่าง ๆ เหล่านี้มาใช้ทดแทนถั่วเขียวในการทำวันเส้น ก็เป็นทางหนึ่งในความพยายามที่จะขยายการใช้ประโยชน์มาในเชิงอุตสาหกรรม

2.2.2.1 ถั่วมันแดง ถั่วมันแดง (Red bean) เป็นชื่อที่ใช้เรียกในวงการค้าพืชไร่ บางทีก็เรียกว่า ถั่วแดง ซึ่งจะพ้องกับชื่อของถั่วนี้วนางแดงหรือถั่วข้าว หรือถั่วปล้องไม้แดง (Rice bean, *Phaseolus calcaratus*) และเป็นพืชคนละชนิดกับถั่วแดงหลวง (*Phaseolus vulgaris*) ถั่วมันแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L.) Wilzeck หรือ *Phaseolus aureus* Roxb. เช่นเดียวกับถั่วเขียว (15-17) ดังรูปที่ 2.2 ลักษณะ เมล็ด



รูปที่ 2.2 ถั่วมันแดง

ถั่วมันแดงคล้ายกับถั่วเขียวผิวมันมาก ผิดกันแต่สีของ เปลือกหุ้ม เมล็ดจะเป็นสีแดงคล้ำแทนที่จะเป็นสีเขียว เป็นพืชอายุสั้น คือมีอายุ 60-70 วัน ปลูกกันมากแถบจังหวัดนครสวรรค์และสุพรรณบุรี โดยปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด การใช้บริโภคในประเทศมีปริมาณน้อย โดยนำมาต้มน้ำตาล เช่นเดียวกับถั่วเขียว ผลผลิตส่วนมากจะส่ง เป็นสินค้าออก แต่ปริมาณการส่งออกก็ไม่มากนัก ผู้ซื้อที่สำคัญคือ ญี่ปุ่น เพื่อนำไปทำไส้ขนม นอกจากนั้นก็ขายให้มาเลเซีย ฮองกง และสิงคโปร์บ้าง ในปริมาณเล็กน้อย การส่งออกในแต่ละปีไม่แน่นอน ในช่วงหลังแนวโน้มเริ่มลดลง เพราะ

ราคาไม่แน่นอนและมีตลาดจำกัด ทำให้ชาวไร่ไม่ค่อยนิยมปลูก นอกจากนั้นยังมีประเทศคู่แข่งชั้นที่สำคัญ ซึ่งผลิตถั่วมันแดงได้ในปริมาณมากและคุณภาพดี คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน และไต้หวัน ทำให้เราไม่สามารถขยายตลาดการส่งออกได้ ปริมาณการขายจึงลดลง (6) ดังรูปที่ 2.3

เนื่องจากการส่งออกมีแนวโน้มลดลง และปริมาณการใช้ภายในประเทศมีน้อย ทำให้ผลผลิตมีมากเกินความต้องการใช้ภายในประเทศ ราคาถั่วจึงต่ำกว่าชนิดอื่น จึงควรหาทางนำมาใช้ เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมภายในประเทศ ซึ่งจะทำให้ปริมาณการใช้ภายในประเทศเพิ่มขึ้น

เมื่อนำแป้งจากถั่วมันแดงมาวิเคราะห์จะต้องพิจารณาประกอบบางอย่าง ซึ่งเปรียบเทียบกับแป้งถั่วเขียวในตารางที่ 2.1 (22)

Lii และ Chang (22) ศึกษาคุณสมบัติของแป้งจากถั่วมันแดง และทดลองทำวุ้นเส้นจากแป้งนี้ จากการศึกษาพบว่า เม็ดแป้งมีขนาด 25-67 ไมครอน อุณหภูมิในการเกิดเจลาติโนเซชัน (gelatinization) $63-66.5-70^{\circ}\text{C}$ มีค่าไอโอดีนแอฟฟินิตี (Iodine affinity) 4.83 ลักษณะการฟองตัวของเม็ดแป้ง เป็นแบบที่มีขีดจำกัด (restricted type) แบบของความหนืดจากเครื่องบราเวนเดอร์ เป็นแบบ ซี (C-type) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้คล้ายกับคุณสมบัติของแป้งถั่วเขียว

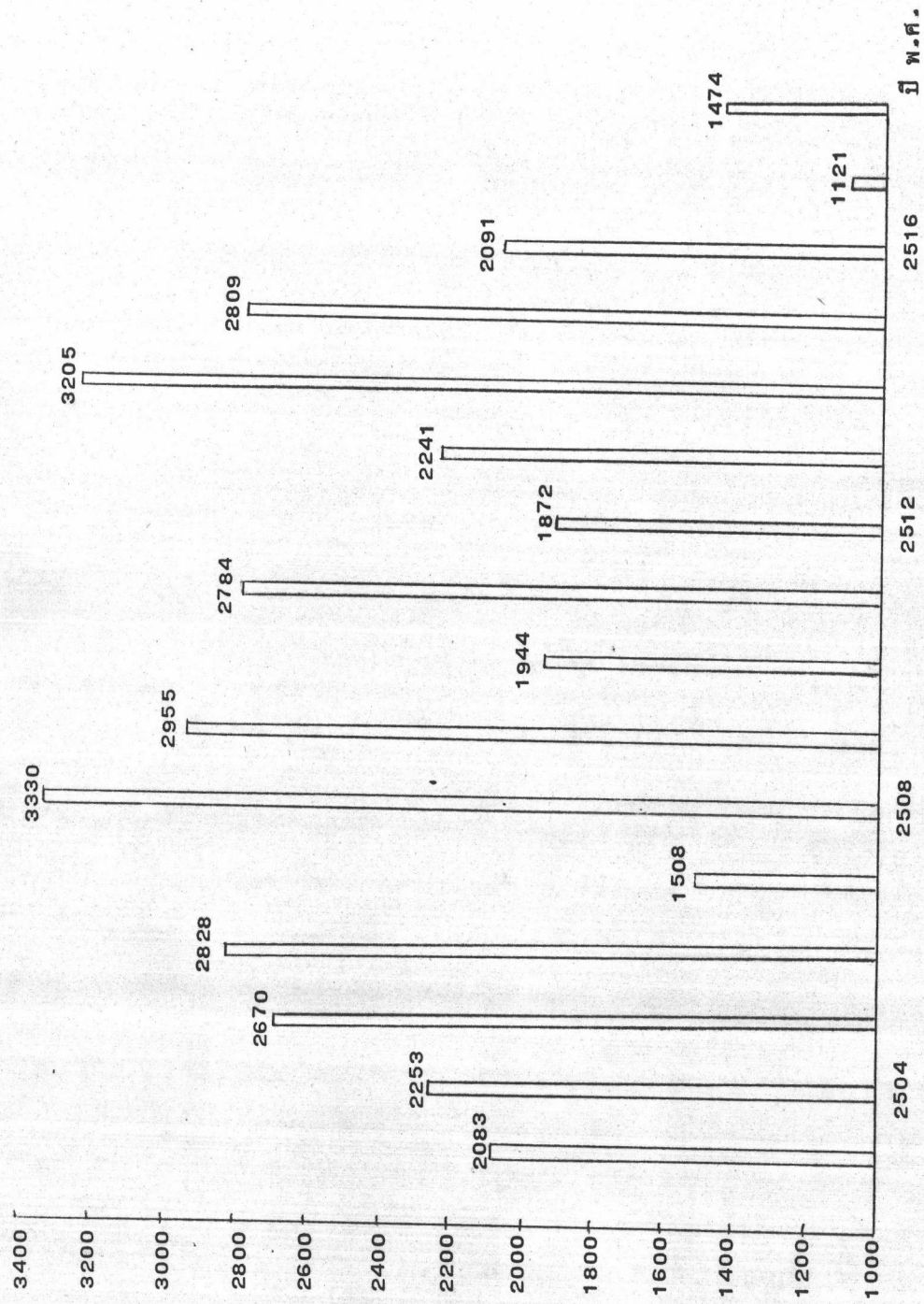
แป้งถั่วมันแดง เมื่อนำมาทำให้เกิดเจลาติโนเซชันแล้วทิ้งไว้จะเกิดการแยกตัวของน้ำจากแป้ง (Syneresis) มากกว่าแป้งถั่วเขียว นอกจากนั้นความแข็งแรงของเจล (gel strength) ก็น้อยกว่าแป้งถั่วเขียว เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่า การมีอะไมโลสน้อยกว่านี้ทำให้เกิดริโทรเกรเดชั่นได้น้อยกว่าด้วย (22)

เมื่อนำแป้งถั่วมันแดงมาทำวุ้นเส้นแล้ว ศึกษาคุณสมบัติของเส้น (22) พบว่าวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วมันแดงล้วน จะมีปริมาณของแข็งที่สูญเสีย (solid loss) เมื่อหุงต้มสูงกว่าเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วนและมีลักษณะความเหนียวของเส้นน้อยกว่า

จากผลการทดลองนี้ (22) จะเห็นว่าการใช้แป้งจากถั่วมันแดงทดแทนแป้งถั่วเขียวในการทำวุ้นเส้น มีแนวโน้มความเป็นไปได้สูง จึงสมควรที่จะทดลองหาปริมาณแป้งที่ทดแทนได้สูงสุด โดยวุ้นเส้นที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน

2.2.2.2 ถั่วพุ่ม ถั่วพุ่ม (Cowpea) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hasskarl (7) หรือ *Vigna unguiculata* Walp (14)

ปริมาณส่งออก (เมตริกตัน)



รูปที่ 2.3 สถิติการส่งออกของน้ำมันแดง (6)

ตารางที่ 2.1 แหล่งปลูกและองค์ประกอบบางอย่างของถั่วดำ ถั่วขาว ถั่วมันแดง และถั่วพุ่ม เปรียบเทียบกับถั่วเขียว

ชื่อไทย	ชื่ออังกฤษ	ชื่อวิทยาศาสตร์*	แหล่งปลูก**	องค์ประกอบบางอย่าง (% นน.แห้ง)***				
				โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน	ใย	เยื่อใย
ถั่วเขียว	Mung bean	<u>Phaseolus aureus</u> Roxb.	นครสวรรค์ ลพบุรี	26.47	63.23	3.96	1.47	4.86
ถั่วดำ	Black seeded race bean	<u>Vigna sinensis</u> (L.)	สุโขทัย	24.0 †	55.3 †	0.50 †	1.2 †	-
ถั่วขาว	White bean	<u>Vigna sinensis</u> (L.)	ไม่ทราบแน่ชัด	30.32	59.38	4.51	1.17	4.61
ถั่วมันแดง	Red bean	<u>Phaseolus aureus</u> Roxb.	นครสวรรค์ สุพรรณบุรี	24.83	46.43	3.66	2.75	4.84
ถั่วพุ่ม	Cowpea	<u>Vigna sinensis</u> (L.)		29.29	63.82	4.05	1.46	4.38

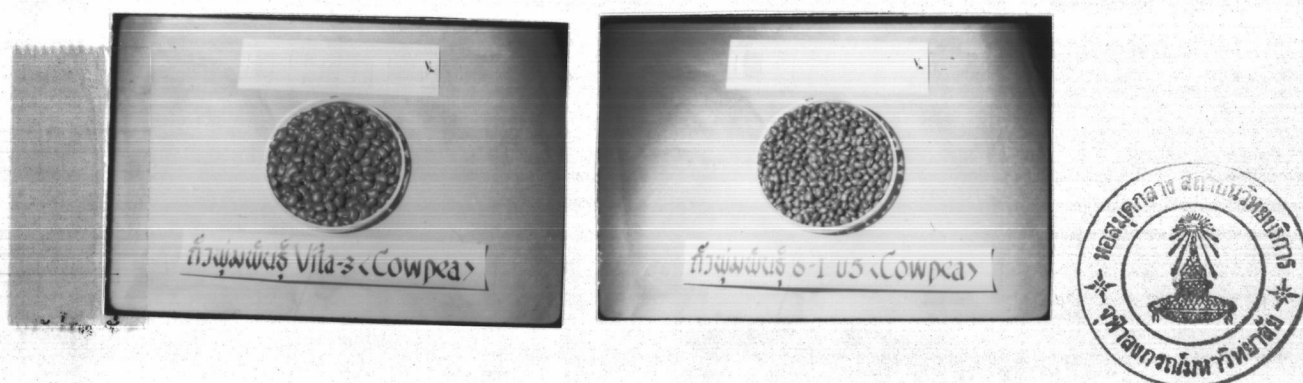
* จาก 15-17

** ถั่วเขียว (21) ถั่วดำ (4) ถั่วมันแดง (6)

*** ถั่วเขียว (3) ถั่วดำ (4) ถั่วขาว (3) ถั่วมันแดง (22) ถั่วพุ่ม (7)

† คิดเป็น % ของส่วนที่บริโภคได้ (ไม่คิดเยื่อใย)

บางที่อาจเรียกว่าถั่วเงาะ (brown bean, rose pelun) หรือถั่วระ (6) ทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่าถั่วนึ่ง (7,11,12) ทางภาคกลางอาจเรียกว่าถั่วกระด้าง (5,7,12) (รูปที่ 2.4) เมล็ดและฝักสดคล้ายกับถั่วฝักยาว แต่ฝักจะสั้นกว่า รสชาติและสีส้มไม่ต่างจากถั่วฝักยาวมากนัก บางพันธุ์จะมีสี เขียวอ่อน บางพันธุ์สี เขียว เข้ม ถั่วพุ่มรับประทานได้ทั้งฝักสดและ เมล็ดแห้ง เป็นพืชที่ปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดปี ในดินทุกชนิด แต่จะให้ผลดีในดินที่มีการระบายน้ำดี (7,11,12) เจริญได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อนและแห้งแล้ง จึงเหมาะที่จะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของเรา (9,10,12,14)



รูปที่ 2.4 ถั่วพุ่มพันธุ์ Vita-3 และพันธุ์ 6-1 US

ลักษณะ โดยทั่วไป ถั่วพุ่ม เป็นพืช เจริญร้อนฤดูเดียว ลักษณะเป็นพุ่ม มีทั้งลักษณะตรงและเลื้อย พวกที่มีลำต้นตรงมักมีการออกดอกพร้อมกันมากกว่าพวกที่เป็นเถาเลื้อย พันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วมักมีช่วงระยะเวลาออกดอกสั้น ทำให้ฝักแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน (7)

ถั่วพุ่ม เป็นพืชพื้นเมืองของแอฟริกา (Africa) และใช้กันมากในทวีปนั้น นอกจากนี้ยังปลูกกันมากในอเมริกาใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับประเทศไนจีเรีย (Nigeria), ไนเกอร์ (Niger), อัฟเปอร์โวลตา (Upper Volta), อุกันดา (Uganda) และซีเนกาล (Senegal) จะปลูกเพื่อการขายเป็นส่วนใหญ่ (7)

ดอกถั่วพุ่มจะมีสีขาวหรือขาวอมม่วง เป็นจุด หรือสีม่วง มีก้านดอกยาว เป็นลักษณะเฉพาะต่างจากถั่วชนิดอื่น ทำให้สะดวกในการเก็บเกี่ยว ฝักมีลักษณะเรียบ ยาว 15-25 ซม. มีรูปทรงกระบอกและงอเล็กน้อย แต่ละช่อมี 2-4 ฝัก ฝักมีสีเหลืองเมื่อแห้ง แต่บางพันธุ์อาจมีสีน้ำตาลหรือม่วง แต่ละฝักมีเมล็ด 8-20 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปไต รูปร่างค่อนข้างสั้น เมื่อเทียบกับความกว้าง สีของเมล็ดแตกต่างกันไปตั้งแต่สีน้ำตาล เหลือง เทา ขาว น้ำตาล แดง เข้ม ม่วง ดำ เป็นจุดเล็ก ๆ หรือลายคล้ายหินอ่อน มีตาสีขาว (7) เกียรติศักดิ์ สุพรรณิษฐ์ชัย

ได้ศึกษาและรวบรวมลักษณะลักษณะพื้นฐานวิทยาของ เมล็ดถั่วพุ่มชนิดต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน (23) ถั่วดำ และถั่วแดงไทยที่เรารู้จักกันดี ก็จัดเป็นถั่วพุ่มชนิดหนึ่งนั่นเอง (5,11)

ในปี 2515 ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ทดลอง คัดพันธุ์ถั่วพุ่ม และแนะนำพันธุ์ที่ควรปลูกในประเทศไทย 5 พันธุ์ (7,10) คือ

1. ถั่วพุ่มแดง (Red cowpea) พันธุ์ 6-1 US เป็นพันธุ์ที่นำมาจากสหรัฐอเมริกา ลำต้นเป็นทรงพุ่ม สูงประมาณ 30 ซม. ดอกสีม่วง มีอายุออกดอกประมาณ 37 วัน พร้อมทั้งจะ เก็บเกี่ยวใน 65 วัน ฝักโตเต็มที่ยาวประมาณ 12 ซม. เมล็ดสีแดง แต่ละฝักมีประมาณ 12 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้นประมาณ 20 ฝัก น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด ประมาณ 12 กรัม ไม่ต้านทาน โรคเวบบไลท์ (Webblight) และแบคทีเรียล ไบรท์ (bacterial blight) เก็บเกี่ยวได้ ไม่เกิน 2 ครั้ง ผลผลิตประมาณ 120 กก./ไร่ (รูปที่ 2.4)

2. พันธุ์ ER-7 เป็นพันธุ์มาจากไนจีเรีย ลำต้นเป็นทรงพุ่มสูงประมาณ 48 ซม. ดอกสีขาวนวล อายุออกดอก 38 วัน พร้อมทั้งจะ เก็บเกี่ยวใน 65 วัน ฝักสีขาว เมื่อโตเต็มที่ยาว ประมาณ 11.5 ซม. เมล็ดมีสีขาว มีประมาณ 22 ฝักต่อต้น แต่ละฝักมีประมาณ 12 เมล็ด น้ำหนัก ต่อ 100 เมล็ด ประมาณ 10 กรัม เก็บเกี่ยวได้ไม่เกิน 2 ครั้ง ผลผลิตประมาณ 110 กก./ไร่

3. พันธุ์ Vita-1 เป็นพันธุ์ที่คัดเลือกมาจากไนจีเรีย ลำต้นเลื้อย ดอกสีเหลือง อมม่วง ออกดอกเมื่ออายุ 49 วัน ฝักสีเขียวยาวประมาณ 16 ซม. เมล็ดสีแดงมีประมาณ 16 เมล็ดต่อฝัก น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด ประมาณ 17 กรัม เก็บเกี่ยวได้ไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง ต้านทาน โรคไวรัสและใช้ทำปุ๋ยพืชสดได้ดี ผลผลิตประมาณ 200 กก./ไร่

4. พันธุ์ Vita-3 มาจากไนจีเรีย ลำต้นจะเลื้อยถ้าปลูกในฤดูฝน แต่ในฤดูแล้ง จะไม่เลื้อย ดอกสีเหลือง ออกดอก 50% เมื่ออายุ 49 วัน ฝักสีเขียวอ่อน ยาวประมาณ 19 ซม. แต่ละฝักมีเมล็ดประมาณ 16 เมล็ด เมล็ดสีแดง น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด ประมาณ 17 กรัม ฝักสดใช้รับประทานได้ เป็นพืชที่ทนแล้งมาก ถ้าดินมีความชื้นจะออกดอกและให้ฝักตลอดเวลา ต้านทานโรคไวรัสและใช้ทำปุ๋ยพืชสดได้ดี ให้ผลผลิตประมาณ 200 กก./ไร่ (รูปที่ 2.4)

5. พันธุ์ TVX 3516-09F มาจากไนจีเรีย ลำต้นเลื้อย ดอกสีขาวอมเหลือง ออกดอก 50% เมื่ออายุ 42 วัน ฝักสีขาวยาวประมาณ 14 ซม. แต่ละฝักมีเมล็ดประมาณ 12 เมล็ด เมล็ดสีขาวนวล หนักประมาณ 18 กรัมต่อ 100 เมล็ด เป็นพันธุ์ที่เจริญเร็วมาก เหมาะที่จะปลูกเพื่อทำปุ๋ยพืชสด

ถั่วพุ่มสามารถปลูกได้ตลอดปี ทั้งในที่ดอนหรือที่ที่การระบายน้ำดี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่จะให้ผลผลิตสูงคือ ต้นฤดูฝน เพื่อให้ฝักแก่และเก็บเกี่ยวได้ในเดือนกรกฎาคม ก่อนจะปักดำข้าว และอีกช่วงคือ ปลายฤดูฝน ประมาณปลายกันยายน แต่ไม่ควรเร็วกว่าเดือนตุลาคม เพราะจะมีความชื้นไม่เพียงพอ สำหรับในเขตชลประทานสามารถปลูกได้ตลอดปี (7)

สรุปการปลูกถั่วพุ่มจะสามารถจัดระบบได้ 5 ชนิด คือ (7,8,10)

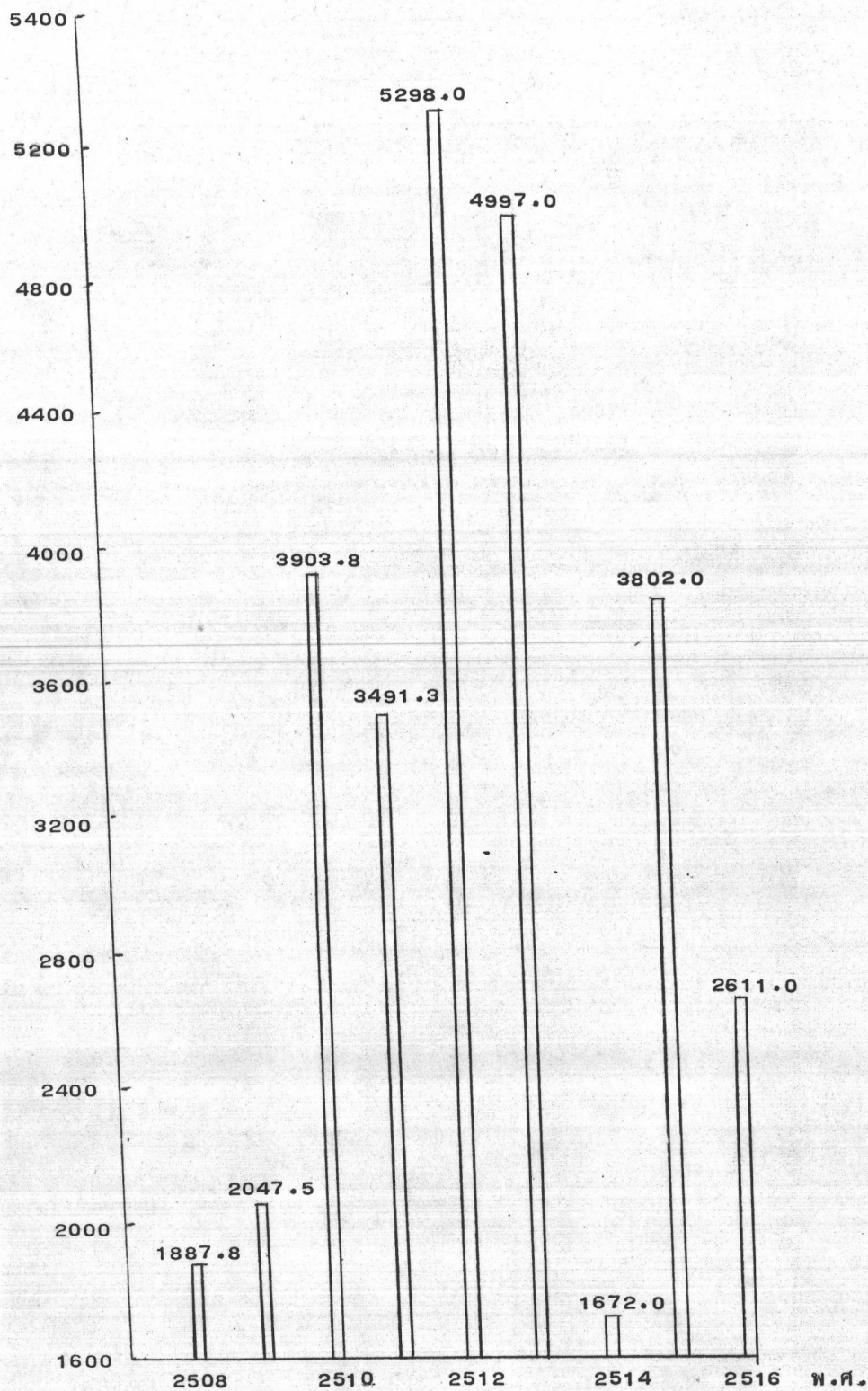
1. ปลูกแซมในแถวมันสำปะหลัง โดยแซมกลางแถว ปลูกพร้อมกับมันหรือไล่เรียงกัน ปลูกได้ทั้งต้นและปลายฤดูฝน
2. ปลูกตามหลังปอแก้ว
3. ปลูกก่อนปลูกข้าว โดยปลูกช่วงก่อนปักดำข้าว เพราะถั่วพุ่มมีอายุสั้น แต่พื้นที่ปลูกจะต้องระบายน้ำได้ดี
4. ปลูกในนาตอนตอนปลายฤดูฝน แทนที่จะทิ้งนาให้ว่างเปล่า
5. ปลูกตามหลังถั่วลิสง มักเก็บเกี่ยวถั่วลิสงในราวเดือนกันยายน-ตุลาคม เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วก็สามารถปลูกตามหลังไปได้

ถั่วพุ่มที่มีทรงต้น เป็นพุ่มจะ เก็บเกี่ยวสะดวก มักมีฝักแก่ค่อนข้างพร้อมกัน สามารถเก็บได้หมดภายในครั้งเดียว และนิยมปลูกเป็นการค้า ส่วนพวกที่เป็นเถาเลื้อยจะออกฝักไปเรื่อย ๆ ต้องเก็บหลายครั้ง แต่จะให้ผลผลิตสูงกว่า ถ้าไม่มีปัญหาในเรื่องแรงงานก็ควรปลูกพวกที่เป็นเถาเลื้อย เมล็ดที่เก็บมาควรตากหรืออบเมล็ดให้แห้ง มีความชื้นไม่เกิน 10% เพื่อป้องกันเชื้อราเข้าทำลายเมล็ด การกะเทาะเปลือกต้องระวังไม่ให้เมล็ดแตก เพราะคุณภาพของเมล็ดจะต่ำลง ถ้าจะใช้ฝักสดควรเก็บเมื่ออายุประมาณ 50 วัน ถ้าต้องการ เมล็ดจะเก็บเมื่อฝักเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีฟางหรือสีน้ำตาล นำฝักหึ่งแดด 3-4 แดด นวดเอาเมล็ด แล้วหึ่งเมล็ดอีก 3-4 แดด จึงเก็บใส่กระสอบ แต่ถ้าฝนตกในช่วงฝักเริ่มแก่ ให้เก็บทันทีแม้ว่าฝักมีสีเขียวปนน้ำตาลอยู่ รีบนำมาหึ่งลมหรือหึ่งแดดโดยเร็ว เพื่อป้องกัน เมล็ดงอก (7) ถั่วพุ่มแดงมีการปลูกเพื่อการค้าที่จังหวัด นครสวรรค์ กำแพงเพชร และสุพรรณบุรี (6)

เมล็ดถั่วพุ่มจะมีคุณค่าอาหาร เปรียบเทียบกับถั่วเขียว ดังตารางที่ 2.1

ประเทศญี่ปุ่นมีการสั่งซื้อถั่วพุ่ม เมล็ดสีแดงจากเราเพื่อนำไปทำไส้ขนม แต่ความต้องการของญี่ปุ่นไม่แน่นอน ในปีหลัง ๆ แทนไม่มีการส่งออก ทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากมีราคาต่ำกว่า ถั่วเขียวและตลาดส่งออกแคบกว่า ทำให้ชาวไร่ไม่นิยมปลูก สถิติการส่งออกแสดงดังรูปที่ 2.5

ปริมาณส่งออก
(เมตริกตัน)



รูปที่ 2.5 สถิติการส่งออกของถั่วพุ่ม

ประโยชน์ที่ใช้กันในประเทศคือ นำไปคัมรับประทาน เช่นเดียวกับถั่วดำ หรือผสมในการทำวันเส้นบ้าง (6) โครงการวิจัยอาหารถั่ว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ส่งเสริมการใช้ถั่วพุ่ม โดยศึกษาดูอาหารภายในครัวเรือนจากถั่วพุ่ม 25 สูตร (9) และทดลองใช้ทดแทนแป้งต่าง ๆ ในอาหารชนิดอื่น ดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการใช้แป้งถั่วพุ่มทดแทนแป้งอื่นในอาหารบางชนิด (9)

อาหาร	% แป้งถั่วพุ่มที่ใช้ทดแทนได้
กรอบ เค็ม	43
ขนมปังกล้วยหอม	50
ขนมปังจืด	20
ขนมหัวผักกาด	100
ขนมหน้านวล	25
ข้าวเกรียบ	30
คุกกี้ถั่ว	50
โตมันเทศ	40

นอกจากนั้น ยังอาจใช้เป็นแป้งสำหรับทอดอาหารและเนื้อสัตว์ได้ (9) อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ที่มีการส่งเสริมนี้ เป็นการใช้ประโยชน์ตามบ้านเรือน ซึ่งปริมาณการใช้น้อย ถ้าจะส่งเสริมการปลูกก็จำเป็นต้องขยายขอบเขตการใช้งานให้มากขึ้น ทางหนึ่งก็คือ นำมาใช้ทางด้านอุตสาหกรรม การนำมาใช้ทดแทนถั่วเขียวในการทำวันเส้นก็เป็นการใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมอย่างหนึ่ง แม้ว่าจะมีการใช้อยู่บ้างแล้ว (6) แต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายทั่วไป และยังไม่มีการศึกษาให้แน่นอนว่าสามารถใช้ทดแทนได้ในปริมาณเท่าใด จึงควรจะมีการทดลองและสรุปผลให้แน่นอนขึ้น

2.2.2.3 ถั่วขาว ถั่วขาว (White bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hasskarl var. *cylindrica* Koern (17) จะเห็นว่าเป็นพืชตระกูลเดียวกับถั่วพุ่มหรือถั่วกระด้างนั่นเอง (รูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 ถั่วขาว

ถั่วขาวปลูกได้ผลดีในประเทศไทย อายุ 60-70 วัน ก็สามารถเก็บฝักแก่ได้ แต่ไม่ค่อยมีผู้ปลูกแพร่หลายนัก ถั่วนี้เหมาะที่จะปลูกในประเทศไทย (5) เพราะ

1. ใช้ปลูกเป็นพืชแซมได้ เช่น แซมระหว่างแถวข้าวโพด
2. ใช้ปลูกเป็นพืชคลุมดิน
3. ใช้ปลูกก่อนปลูกพืชอื่น เนื่องจากมีอายุสั้น หรือปลูกเป็นพืชหมุนเวียนสลับกับพืชอื่น
4. ใช้ปลูกเพื่อเอาผลผลิตทางการค้าได้ หรืออาจปลูกเป็นพืชสวนครัวเพื่อใช้เล็กน้อย

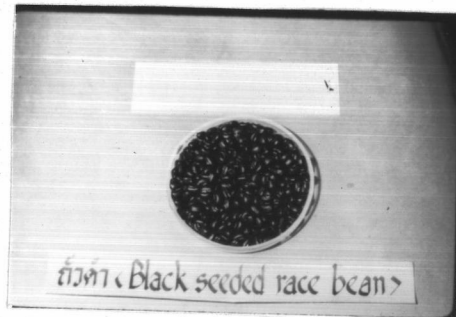
ตามบ้านเรือน

ถั่วขาวสามารถปลูกได้ทุกฤดู และปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ควรจะมีการระบายน้ำได้ดีเช่นเดียวกับการปลูกถั่วพุ่ม และไม่จำเป็นจะต้องให้น้ำ การเก็บฝักไม่ค่อยสะดวกนัก เพราะฝักจะแก่ไม่พร้อมกัน ทำให้เก็บเกี่ยวทีเดียวทั้งคันไม่ได้ ต้องเก็บประมาณ 3 ครั้ง จึงจะหมด

องค์ประกอบของถั่วขาวเทียบกับถั่วเขียว จะแสดงในตารางที่ 2.1 (3)

ถั่วขาวเป็นถั่วที่ไม่ค่อยมีการบริโภคแพร่หลายภายในประเทศ จึงควรส่งเสริมให้ปลูกและใช้กันมากขึ้น เพราะถั่วขาวปลูกได้ง่าย อาจมีการใช้ถั่วขาวทดแทนถั่วเขียวในการทำวันเส้นของบางโรงงาน (3) แต่ปริมาณที่ใช้ไม่มีรายงานที่แน่นอน จึงสมควรที่จะศึกษารายละเอียดต่อไป

2.2.2.4 ถั่วดำ ถั่วดำ (Black seeded race bean) ก็จัดเป็นถั่วพุ่มหรือถั่วกระด้างชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับถั่วขาว (4,5,11) คือ เป็นถั่วพุ่มที่มีเมล็ดสีดำ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hasskarl เช่นเดียวกัน (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 ถั่วดำ

ถั่วดำนี้จะมีเถาและฝักใหญ่กว่าถั่วพุ่ม และมีอายุค่อนข้างยาว คือมีอายุ 4-5 เดือน ถั่วดำมีลักษณะลำต้นคล้ายถั่วฝักยาวมาก ไม่นิยมรับประทานฝักสด คงใช้แต่เมล็ดแก่เท่านั้น เหมาะที่จะปลูกในฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายนหรือกรกฎาคม ซึ่งจะเก็บฝักแก่ได้ในระหว่างเดือนตุลาคมหรือพฤศจิกายน จึงเหมาะที่จะปลูกสลับกับพืชฤดูหนาว (5) ในประเทศเราปลูกกันมากที่จังหวัดสุโขทัย (4)

องค์ประกอบของถั่วดำเปรียบเทียบกับถั่วเขียวแสดงในตาราง 2.1 (4)

ถั่วดำเป็นถั่วที่เรารู้จักกันดี และมีในเมืองไทยมานานแล้ว แต่การศึกษาเกี่ยวกับถั่วดำและการใช้ประโยชน์ยังมีน้อยมาก โดยมากการใช้ประโยชน์ภายในประเทศจะใช้ประกอบอาหารบางอย่างภายในครัวเรือนเท่านั้น (4) จึงควรทดลองนำถั่วดำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมเพื่อขยายขอบเขตในการใช้ประโยชน์จากถั่วดำให้มากขึ้น

2.3 กระบวนการผลิตวุ้นเส้น

กระบวนการผลิตจะมีขั้นตอนต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้

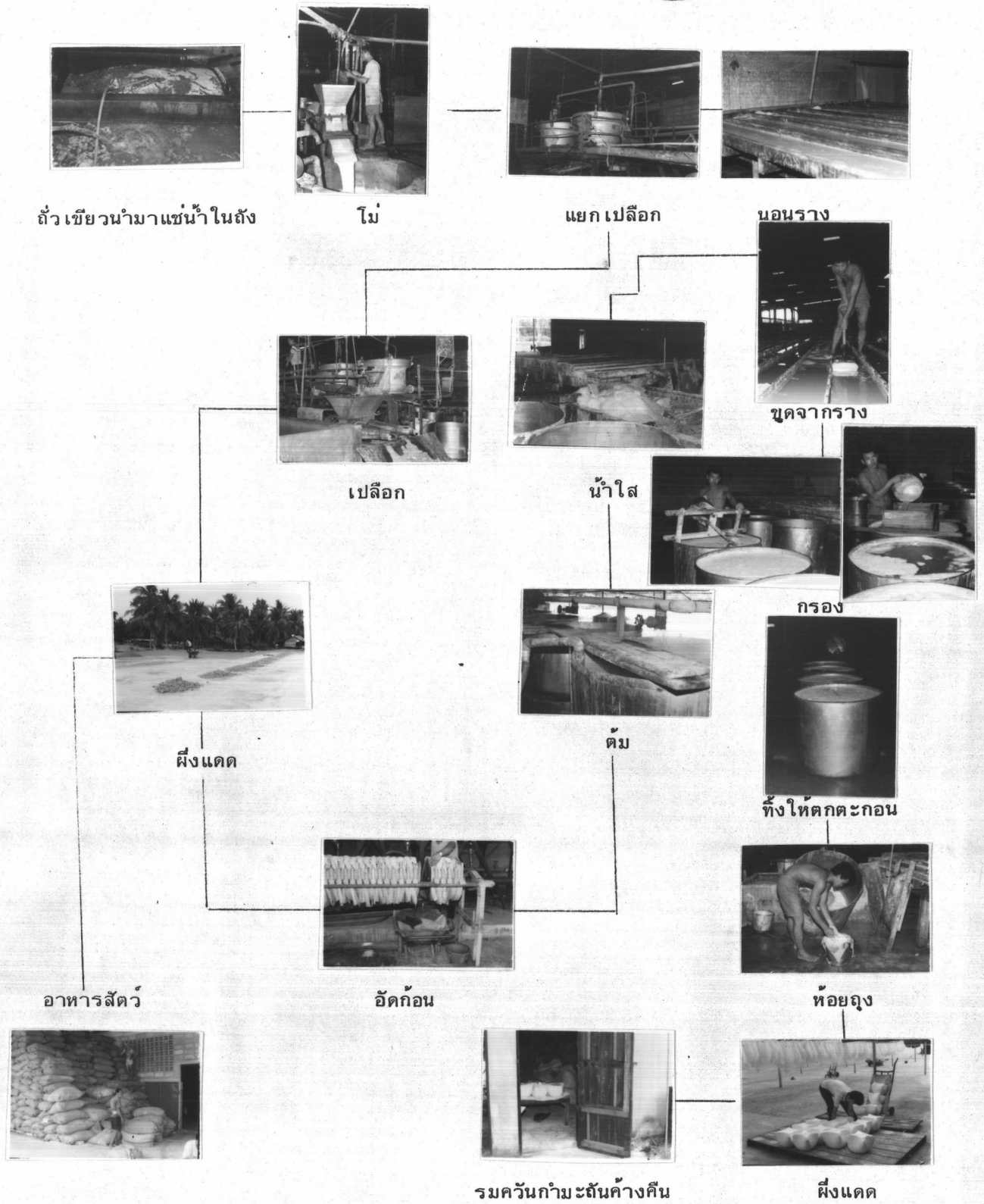
2.3.1 การสกัดแป้งออกจากถั่ว (3,24,25) ทำโดยล้างถั่วให้สะอาด แยกสิ่งเจือปนเช่น เปลือก ฝัก ก้าน เศษกรวดทราย ออก แช่ถั่วในถังซีเมนต์ โดยแช่น้ำจากแม่น้ำที่อยู่ใกล้เคียงที่ผ่านการตกตะกอนด้วยสารส้ม และกรองด้วยถังทราย (1) หรือแช่ในสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide, SO_2) การใส่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อป้องกันการบูดและช่วยฟอกสีแป้งที่ได้ให้ขาวขึ้น นอกจากนี้ยังอาจใช้น้ำสะอาดเติมโทลูอีน (toluene) หรือสารละลายโซดาไฟเข้มข้น 0.2% (0.2% NaOH) เพื่อละลายโปรตีน แต่ไม่ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) (26)

เมื่อแช่ถ้วยจนเปื่อย (ประมาณ 12 ชั่วโมง) จะนำถ้วยมาดให้ละเอียด โดยใช้ไม้ที่ทมนด้วยไฟฟ้า กรองด้วยแร่งขนาด 60-80 เมช (mesh) และเติมน้ำลงไปเพื่อล้างแร่งออกจากกาก จะได้น้ำแร่ง โรงงานบางแห่งจะมีวิธีต่างออกไปเล็กน้อย (1) คือ นำถ้วยที่แช่แล้วมาบดด้วยเครื่องบด ในขณะที่บดจะเติมน้ำอยู่เรื่อย ๆ จากนั้นจะนำของเหลวที่ได้ไปปั่นเพื่อแยกเบสออก ก็จะได้ น้ำแร่ง ซึ่งจะถูกนำมาแยกแร่งออก (รูปที่ 2.8) การแยกนี้ทำได้หลายวิธี ปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่จะใช้ turbo centrifuge (1)

โรงงานขนาดเล็กจะนำน้ำแร่งมาใส่ถังทิ้งไว้ 25-30 นาที แร่งจะตกตะกอน ตักเอาน้ำส่วนบนและตะกอนเบาทิ้งไป จะได้แร่งเหลืออยู่ที่ก้นถัง จากนั้นนำแร่งที่ได้มาล้างให้สะอาด การล้างแร่งทำโดย เติมน้ำลงไปใหม่ แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 30-40 นาที ถายน้ำใสและตะกอนเบาออกอีก แล้วเติมน้ำลงไปล้างใหม่อีกครั้ง ระยะเวลาที่แร่งจะมีสีขาว เมื่อแร่งตกตะกอนอีกครั้ง จึงเทน้ำใสข้างบนออก ตักแร่งใส่ถุงผ้าดิบ แขนงท่อยไว้จนน้ำส่วนมากไหลออกไปหมด แร่งจะรวมตัวเป็นก้อน มีความชื้นสูง (3,23) ถ้าแร่งมีความชื้นมากอาจนำไปผึ่งแดดเล็กน้อยเพื่อความชื้นลดลง ในการแช่ถ้วย ถ้าใช้สารละลายโซดาไฟ จะต้องนำน้ำแร่งที่ได้มาสะเทินจน pH เป็น 6.0 ด้วยสารละลายกรดเกลือ (HCl solution) ก่อนนำมาล้างและตกตะกอน (26)

การตกตะกอนแร่งนี้ บางโรงงานอาจใช้ "การนอนราง" (1,24) โดยนำน้ำแร่งเทลงในรางไม้ยาว ปลายด้านหนึ่งเปิดให้น้ำไหลออกได้ รางไม้นี้จะวางเอียงลาดลงเล็กน้อย น้ำแร่งจะไหลไปตามรางนี้ช้า ๆ ในระหว่างนั้นแร่งจะตกตะกอนเรื่อย ๆ จนถึงปลายราง ส่วนของแร่งเกือบทั้งหมดจะตกค้างอยู่บนราง ส่วนน้ำจะไหลออกไป เมื่อแร่งตกค้างบนรางพอสมควร จะใช้แผ่นเหล็กกวาดเท่ากับความกว้างของรางขูดแร่งออกจากราง นำแร่งมาล้าง และทอยถุงผ้าเช่นเดียวกัน โรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กมักใช้วิธีนี้ (รูปที่ 2.8)

เมื่ออุตสาหกรรมเจริญขึ้น โรงงานที่คิดใหม่ก็ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้นในการไม่ถ้วย แทนที่จะใช้ไม้ธรรมดา ก็จะใช้เครื่องที่ออกแบบสำหรับไม่ถ้วยแทน เครื่องนี้เมื่อบดถ้วยจนละเอียดแล้วจะกรองน้ำแร่งแยกออกจากกากด้วย ส่วนที่เป็นน้ำ โปรตีน และน้ำรวมกัน จะไหลออกมาเข้าเครื่องปั่น เพื่อแยกส่วนที่หนัก คือ แร่ง ออกจากส่วนที่เบา ซึ่งส่วนมากเป็นโปรตีน เมื่อแยกแล้วส่วนน้ำและน้ำจะส่งเข้าเครื่องเหวี่ยง เพื่อแยกเอาน้ำออก จะได้แร่งที่รวมกันเป็นก้อนขึ้น ๆ (3)



รูปที่ 2.8 การไม้แบ่ง เพื่อผลิตขี้เส้น (1)

แป้งที่แยกได้แล้วจะถูกนำไปรมควันกำมะถัน (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) โดยนำก้อนแป้งใส่ห้องปิดมิดชิด ภายในห้องวางภาชนะใส่กำมะถัน แล้วจุดไฟให้เกิดควัน รมควันกำมะถันนี้ทิ้งไว้ค้างคืน เพื่อพอกสีให้แป้งมีสีขาว (24) หลังจากรมควันกำมะถันแล้ว แป้งที่ได้จึงจะนำมาทำเส้น ส่วนมากจะทำทันทีที่แป้งยังชื้นอยู่ หรืออาจตากแห้ง เพื่อเก็บไว้ใช้ทำเส้นหรือจำหน่ายเป็นแป้งถั่วเขียว สำหรับผู้บริโภคตามบ้าน เรือนซื้อไปทำขนมต่าง ๆ

ส่วนตะกอน เบา เมื่อแยกเอาแป้งออกแล้วจะประกอบด้วยโปรตีนเป็นส่วนมาก จะถูกนำไปใส่ถังพักประมาณ 4-5 ชั่วโมง ก็จะเริ่มตกตะกอน ไซเอาน้ำส่วนบนทิ้ง กรองเอาตะกอนไปตากแห้ง จะได้ของแข็งซึ่งประกอบด้วยโปรตีนเป็นส่วนมาก คือ มีโปรตีน 67.5% ตะกอนนี้เป็นผลพลอยได้ ซึ่งอาจนำไปใช้ เป็นอาหารโปรตีนผสมอาหารสัตว์ หรือนำไปไฮโดรไลส์ (hydrolyse) ทำเป็นเครื่องจิ้มต่าง ๆ โดยใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับถั่วเขียวหรืออื่น ๆ (3)

การแยกแป้งด้วย "การนอร่าง" ส่วนน้ำที่ไหลออกจากปลายราง จะถูกนำมารวบรวมไว้ในถัง น้ำนี้จะมีโปรตีนจากถั่วละลายอยู่บ้าง ถ้าทิ้งไปทันทีจะทำให้สูญเสียจากโรงงานมีค่าบีโอดี (BOD) สูง บางโรงงานจึงนำน้ำนี้มาให้ความร้อนโดยผ่านไอน้ำลงไป โปรตีนที่ละลายอยู่จะแปรสภาพธรรมชาติ (denature) เกิดการตกตะกอน น้ำที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมากรองโดยใช้เครื่องกรองแบบ filter press โปรตีนที่กรองได้จะถูกนำไปส่งแคตจนแห้ง นำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (1) ดังแสดงในรูปที่ 2.8

ในสมัยก่อน น้ำที่แยกแป้งออกไปแล้วจะนำมาเก็บทิ้งไว้ 1 คืน เรียกว่า "น้ำเชื้อ" น้ำเชื่อนี้จะนำมาใช้ประโยชน์คือ นำไปใช้ผสมในการนวดแป้งทำเส้น และล้างเส้นหลังจากต้มสุกแล้ว เพื่อให้ได้เส้นที่เหนียวและใสเป็นเงา (27,28) มีการนำน้ำเชื่อนี้มาวิเคราะห์พบว่ามีส่วนประกอบคือ กรดน้ำส้ม (acetic acid) ไม่ถึง 1% (27,28) น้ำเชื่อนี้จะเก็บเอาไว้เกิน 1 คืนไม่ได้ เพราะจะบูดเสีย

2.3.2 การนวดแป้ง ส่วนผสมของแป้งที่จะนำมากดเส้น จะประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 อย่าง คือ แป้งสุก แป้งดิบ และน้ำ โดยมีสัดส่วนของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสม ขั้นตอนและสัดส่วนนี้จะแตกต่างกันบ้าง เช่น

- นำแป้งหมด ๆ ที่ได้มา 1 ส่วน ผสมน้ำต้มให้สุก เติมน้ำดิบ 50 ส่วน เติมน้ำเคล้ากันในถังสำหรับนวด นวดจนแป้งมีความเหนียวตามต้องการจึงนำไปกดเส้น (3)

- ใช้แป้ง 10 กรัม (ความชื้น 15%) ผสมน้ำ 175 มล. ต้มให้สุก แล้วเติมแป้งดิบอีก 300 กรัม (ความชื้น 15%) นวดจนเหนียว (29)
- นำแป้งหมาด ๆ มาแบ่งครึ่ง นำไปต้มให้สุกประมาณ 10% นำมานวดจนเหนียว แล้วจึงกดเส้น (27,28)
- ใช้แป้งดิบ 95% แป้งสุก 5% เติมน้ำจนมีความชื้นรวม 54% แล้วนวดให้เข้ากัน (22)

ในการผสมและนวดแป้งนี้ อาจใช้เครื่องจักรช่วยด้วย เช่น จะผสมส่วนผสมด้วย เครื่องผสม (Horizontal through mixer) ก่อน จนส่วนผสมเข้ากันดี จึงนำมานวดด้วยมือจนแป้งเนียนใส เป็นเงาวาว จึงจะใช้ได้ (24) ดังรูปที่ 2.9

2.3.3 การกดเส้น เมื่อนวดแป้งจนได้ที่แล้ว จะนำมาใส่ภาชนะมีรูเล็ก ๆ ซึ่งวางอยู่เหนือกระทะน้ำร้อน ตบแป้งให้ไหลเป็นเส้นผ่านรูลงในน้ำร้อน เมื่อเส้นสุกลอยขึ้นมา จะมีคนคอยเขี่ยเส้นให้ไหลไปตามรางซีเมนต์ ซึ่งต่อจากปากกระทะ ในรางจะมีน้ำเย็นไหลล่ออยู่ตลอดเวลา เส้นจะไหลมาตามราง โดยมีคนคอยสาวเส้นพันกันให้เป็นวง เมื่อปริมาณเส้นมากพอสมควรแล้ว จะตัดเส้นให้ขาด แขนบนราวไม้ไผ่ส่งต่อให้อีกคนหนึ่งนำไปล้างน้ำเย็นในอ่างอีกใบหนึ่ง แล้วแขวนพาดไว้จนสะเด็ดน้ำ เพื่อนำไปแช่แข็งต่อไป (24) (รูปที่ 2.9)

อุณหภูมิของน้ำร้อนในกระทะก็สำคัญ ถ้าน้ำเดือดพล่าน เส้นจะขาด จึงต้องควบคุมอุณหภูมิ โดยการเติมน้ำลงไป อุณหภูมิที่เหมาเหมาะสมคือ 80-99 °C (27), 90 °C (24) และมีการเติมน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหารลงไปเพื่อควบคุมการเกิดฟอง

2.3.4 การแช่แข็งเส้น เมื่อได้เส้นที่สะเด็ดน้ำแล้วจะนำไปแช่แข็ง ใช้อุณหภูมิประมาณ -5 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (24) หรือที่ -10 °C 24 ชั่วโมง (22) Lii (30) พบว่าการแช่แข็งที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ไม่มีผลต่อคุณภาพเส้นที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การแช่แข็งจะทำให้มีลักษณะผลึก (crystallinity) เพิ่มขึ้น และทำให้การดูดความชื้น (hygroscopicity) ลดลง แต่ไม่มีผลต่อโครงสร้างเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning electron microscope) เมื่อนำเส้นที่แช่แข็งแล้วมาละลาย พบว่าเส้นจะมีลักษณะกระด้างและแข็งขึ้น ทำให้คลี่แยกออกจากกันได้ง่ายก่อนจะนำไปตากแห้ง (30) (รูปที่ 2.9)



ซัง แบ่ง



ผลสม



นวดด้วยมือ



กวาด



กด. ล้างและสาววันเส้น



รมควันกำมะถันเพื่อฟอกสี



แช่น้ำให้น้ำแข็งละลาย



แช่แข็ง 1 คืน



ฉีกเส้น



ฟุ้งแดดจนแห้ง



ผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2.9 กระบวนการผลิตวันเส้น (1)

การแช่แข็งนี้จะทำให้เกิดกระบวนการรีโทรเกรเดชั่น (Retrogradation) ของแป้ง ถ้าขาดขั้นตอนนี้ไป เส้นจะขาดเปื่อย เมื่ออยู่ในน้ำร้อน ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของเส้น จะเห็นได้ว่าจำเป็นจะต้องทำให้เกิดรีโทรเกรเดชั่นในกระบวนการผลิตเส้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (31)

2.3.5 การทำแห้งเส้น หลังจากแช่แข็งแล้ว เส้นจะถูกนำมาละลายโดยแช่น้ำ (1) หรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulfite solution) เข้มข้น 0.2% หรือสารละลายกรดซัลฟูรัส (sulfurous acid solution) (24) เพื่อฟอกสีของเส้นให้ขาว หลังจากทึ่น้ำแข็งในเส้นละลายหมดแล้ว จะถูกนำไปล้างในน้ำประปา ขณะล้างจะมีการขยี้เส้นให้แยกไม่เกาะติดกัน จากนั้นนำขึ้นราว ผึ่งแดดจัด ๆ ประมาณ 6-8 ชั่วโมง เส้นจะแห้งสามารถเก็บไว้เพื่อรอการจำหน่ายได้ เส้นแห้งหลังผึ่งแดดจะมีความชื้นประมาณ 10-14% (24) ในระหว่างผึ่งแดด ขณะที่เส้นหมาด ๆ จะต้องหมั่นฉีกเส้นให้แยกออกจากกัน เพื่อที่จะทำให้เส้นไม่ติดกัน เมื่อแห้ง (รูปที่ 2.9)

2.4 ปฏิกิริยาสำคัญในการผลิตเส้น

ปฏิกิริยาที่สำคัญคือ การเกิดรีโทรเกรเดชั่นในระหว่างการแช่แข็ง

รีโทรเกรเดชั่น เป็นคำที่ใช้เรียกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้เองกับเพส (paste) หรือเจล (gel) ของแป้ง เมื่อเก็บเอาไว้ (32) ถ้าความเข้มข้นของแป้งน้อย (2% หรือต่ำกว่านี้) หรือมีการควบคุมอุณหภูมิ เพสของแป้งจะมีลักษณะนุ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของแป้งเป็นผลึก ซึ่งตรวจสอบได้โดยการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ (x-ray photography) (32) แต่ถ้าความเข้มข้นของแป้งมากกว่านี้ เมื่อทำให้เย็นแป้งจะเกิดเจล เมื่อทิ้งต่อไปจะเกิดลักษณะแข็งตัวจากการรวมตัวของโมเลกุลแป้ง (32,33)

การเกิดรีโทรเกรเดชั่น จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหลายอย่าง คือ แป้งจะทนต่อการย่อยของอะไมเลส (amylase) มากขึ้น (32,34) มีลักษณะนุ่มขึ้น (32,34) ไม่สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งให้สีน้ำเงินกับไอโอดีน (Iodine) (32) โดยอาจให้สีม่วงม่วงแดง หรือสีชมพูแทนสีน้ำเงิน (34) ซึ่งเกิดจากการคลายตัวจากลักษณะขดเป็นเกลียว (helix) ของอะไมโลส (amylose) (32) ถ้าสารละลายแป้งมีความเข้มข้นประมาณ 2.5% หรือน้อยกว่า จะทำให้ความหนืดของสารละลายลดลง (34)

แป้งที่เกิดรีโทรเกรเดชั่นจะละลายน้ำได้น้อยมากที่อุณหภูมิห้อง (32,34) แม้จะเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก็ยังสามารถละลายได้ยาก บางส่วนอาจละลายที่ 80-100 °C ถ้าจะให้ละลายหมดจะต้องใช้อุณหภูมิ 115-125 °C เป็นเวลา 30 นาที (34) ถ้าแป้งที่เกิดรีโทรเกรเดชั่นนี้ผ่านการทำให้แห้ง การละลายจะยากขึ้นอีกมาก อาจต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 155 °C แป้งที่ไม่ผ่านการทำให้แห้ง แต่ผ่านการเกิดรีโทรเกรเดชั่น จะละลายในสารละลายโซดาไฟ หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าผ่านการทำให้แห้ง การทำให้ละลายจะยากขึ้น แต่อาจละลายในสารละลายโซดาไฟเข้มข้น 1 นอร์มัล (Normal) ถ้าลดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 0-5 °C (32,34) การที่แป้งเมื่อผ่านการเกิดรีโทรเกรเดชั่นแล้ว จะมีการละลายยากเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้กระบวนการผลิตเส้นจ้ำเป็นต้องทำให้เกิดกระบวนการนี้ เพื่อเส้นที่ได้จะมีลักษณะเหนียว ไม่เปื่อยยุ่ย ขาดง่าย เมื่อนำไปประกอบอาหาร (35)

จากการทดลองพบว่า รีโทรเกรเดชั่นเกิดจากการที่โมเลกุลของแป้งพยายามรวมตัวกันตามปกติโมเลกุลของแป้งในสารละลายจะอยู่ในสภาพถูกละลาย ต่อมาพลังงานจลน์ของโมเลกุลจะทำให้เกิดการรวมตัวกันขึ้น เป็นนิวเคลียสเล็กๆ (retrograded nuclei) ด้วย พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ของหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของโมเลกุลแป้ง (32,33) การเกิดพันธะไฮโดรเจนนี้สามารถตรวจสอบได้จากการดูดกลืนความถี่ในช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared) (32) โมเลกุลเล็ก นี้ จะเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian) เกิดการชนกัน ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ (34) การเกิดพันธะไฮโดรเจนนี้จะทำให้โมเลกุลของแป้งมีการยึดเหนี่ยวกัน ทำให้ละลายน้ำได้ยาก เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ รวมทั้งไม่มีช่องว่างเพื่อให้ไอโอดีนเข้าไปรวมเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (34,36)

ในการเกิดรีโทรเกรเดชั่นนั้น มีปัจจัยที่มีอิทธิพลหลายอย่าง คือ

1. ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน (amylopectin) ในแป้ง แป้งต่างชนิดกันจะมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชั่นไม่เท่ากัน แป้งที่ได้จากธัญพืช (cereal starch) จะเกิดได้เร็วกว่าแป้งจากพืชหัว (tuber starch) (32) เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกทินต่างกัน อะไมโลสสามารถเกิดรีโทรเกรเดชั่นได้ดีกว่า เนื่องจากโมเลกุลเป็นเส้นยาว สามารถรวมตัวกันได้ง่าย (32-34) สันนิษฐานขั้นตอนของปฏิกิริยาเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกโมเลกุลของอะไมโลสจะเหี่ยยคออก ต่อมาจะเกิดการสูญเสีย bound water และเกิดการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ แล้วจึงเกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้น ปฏิกิริยารวมเป็นแบบคายความร้อน (exothermic)

(32) อะไมโลเพกตินก็สามารถเกิดรีโทรเกรเดชั่นได้ แต่อัตราช้ากว่าอะไมโลสมาก เนื่องจากมีโมเลกุลเป็นกิ่งก้านสาขา เกิดพันธะไดยากขึ้น (32,34,37)

2. น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลส (ขนาดของอะไมโลส) ก็เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้แบ่งจากพืชต่างชนิดกันมีอัตราเร็วในการเกิดรีโทรเกรเดชั่นไม่เท่ากัน อัตราเร็วจะสูงสุดถ้าโมเลกุลมีขนาดพอเหมาะ ถ้าโมเลกุลใหญ่เกินไป อัตราเร็วจะลดลง เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์บดบัง (Steric effect) ทำให้เกิดพันธะไม่สะดวก แต่ถ้าโมเลกุลมีขนาดเล็กเกินไปจะเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนมากไป ทำให้รวมตัวกัน เกิดพันธะไดยากขึ้น (32,34)

3. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงมาก โมเลกุลจะมีพลังงานจลน์สูง มีการเคลื่อนที่มาก ทำให้การจัดเรียงเป็นไดยาก ถ้าอุณหภูมิต่ำลง การเคลื่อนที่จะน้อยลง มีการจัดเรียงตัวได้ง่ายขึ้น ทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้น (32,36,38) มีการทดลองศึกษาผลของการแช่แข็งต่อเจลของแป้ง โดยทดลองแช่แข็งที่ -2°C และ -70°C พบว่าเมื่อแช่แข็งที่ -70°C นำมาละลายจะได้เจลที่มีลักษณะเป็นเมือกสลิ้น (slimy) คล้ายแป้งที่เกิดเจลาตินในเซชั่นใหม่ ๆ การแช่แข็งที่ -2°C จะทำให้เจลมีลักษณะเป็นรูพรุน อุณหภูมิทรานสิชัน (transition temperature) จะอยู่ที่ -25°C

4. ความเข้มข้นของแป้ง ถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้น อัตราเร็วจะเพิ่มขึ้น (32,34,38) เพราะเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น การพองตัวของเม็ดแป้ง (starch granule) จะน้อยลง โมเลกุลไม่เสียรูปทรงมาก ทำให้จัดเรียงตัวง่ายขึ้น (32)

5. pH ของระบบ pH ใกล้เคียง 7 เป็นกลาง (pH 4-7) จะไม่มีผลต่ออัตราเร็ว (34, 39) กรดอ่อนจะไม่มีผลต่ออัตราเร็ว (34) แต่กรดแก่ปริมาณเล็กน้อยจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้น (32,34) อัตราเร็วที่ pH 2 จะมีค่าสูงที่สุด และมีค่าเป็น 4 เท่าของอัตราเร็วที่ pH 6 (34) ทั้งนี้เนื่องจากการมีกรดปริมาณเล็กน้อย จะช่วยไฮโดรไลสโมเลกุลอะไมโลสให้มีขนาดเล็กลง เหมาะกับการรวมตัวกัน ช่วยลดปรากฏการณ์บดบัง แต่ถ้า pH เพิ่มขึ้นมาก ๆ อัตราเร็วจะลดลง เพราะแป้งจะละลายได้ดีขึ้น มีการรวมตัวน้อยลง (32)

6. สารอื่น ๆ ในระบบ สารเหล่านี้จะทำให้อัตราเร็วลดลงถ้าช่วยทำให้การรวมตัวของโมเลกุลแป้ง เกิดไดยากขึ้น ในทางกลับกัน สารที่ช่วยทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลแป้งได้ดี จะเร่งการเกิดรีโทรเกรเดชั่นด้วย อัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นถ้ามีเลดอะซิเตด (lead acetate), แบเรียมอะซิเตด (barium acetate), แคลเซียมคลอไรด์ (calcium

chloride), แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate), เฟอริกซัลเฟต (ferric sulfate) หรือเกลือซัลเฟตอื่น ๆ, แอมโมเนียมไอโซไซยาเนต ($\text{NH}_4 \text{SCN}$) หรือ $\text{NH}_4 \text{Cl}$ (NH_4)₂ SO_4 ส่วน $\text{Na}_2 \text{HPO}_4$, $\text{Na}_2 \text{B}_4\text{O}_7$, แทนนิน (tannin), คลอโรฟอร์ม (chloroform), อีเทอร์ (ether), โปรตีน, กรดอะมิโน (amino acid) และน้ำตาล จะทำให้อัตราเร็วลดลงเล็กน้อย ส่วนสารบางชนิดในกลุ่มแอนไอออนิกเอริลอัลคิลซัลโฟเนต (anionic arylalkyl-sulfonate) จะทำให้อัตราเร็วลดมาก (34) พวกนอนไอออนิก เซอแฟคแทนท์ (nonionic surfactant) เช่น โพลีเอทีลีน สเตียเรท (polyethylene stearate) จะทำให้อัตราลดลง เนื่องจาก สารนี้จะไปเกาะเคลือบที่ผิวของเม็ดแป้ง ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลลดลง การกำจัดไขมันออกจากระบบจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้น (32) สารอื่น ๆ พวกอัลดีไฮด์ (aldehyde), เอมีน (amine), อัลคาไล (alkali), ฟีนอล (phenol), ยูเรีย (urea) และอะเซตามิด (acetamide) จะทำให้อัตราเร็วลดลง เนื่องจากสารเหล่านี้จะจับกับโมเลกุลแป้ง ทำให้โมเลกุลไม่สามารถเกิดพันธะกันได้อ่อนพันธะบางอย่างของแป้ง เช่น แป้งที่ถูกแทนที่บางส่วนด้วยเอสเทอร์ (ester) หรืออีเทอร์ (ether) จะไม่เกิดรีโทรเกรเดชั่น (34)

2.5 การใช้แป้งบริโภคนิตทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตเส้นเส้น

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เส้นเส้นที่ผลิตกันในปัจจุบันจะใช้แป้งถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบสำคัญ ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้จะมีผลต่อคุณภาพของเส้นเส้นที่ได้ ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของเส้นเส้นด้วย ถ้าใช้แป้งถั่วเขียวล้วนจะได้เส้นเส้นที่มีลักษณะใส เหนียว เป็นที่นิยมของผู้บริโภค จัดเป็นเส้นเส้นระดับดี มีราคาสูง เนื่องจากแป้งถั่วเขียวมีราคาแพง เพื่อลดต้นทุนการผลิต จึงมีการนำแป้งบริโภคนิตชนิดอื่นมาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวบางส่วน การใช้แป้งบริโภคนิตชนิดอื่นทดแทนแป้งถั่วเขียวนั้น แป้งแต่ละชนิดจะใช้ได้ในปริมาณไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแป้งที่นำมาทดแทนว่าแตกต่างจากคุณสมบัติของแป้งถั่วเขียวมากน้อยเพียงไร แป้งที่มีการนำมาใช้ทดแทนคือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งจากถั่วมะแฮะ (Pegion pea, *Cjanus cajan*)

จากการทดลองของกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (3) เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งถั่วเขียว 10-20% จะได้เส้นเส้นที่มีคุณภาพด้อยลงไป แต่มีราคาถูกลง เส้นเส้นที่ได้นี้เมื่อดูเผิน ๆ ก็ไม่เห็นความแตกต่างจากเส้นเส้นที่ทำด้วยแป้งถั่วเขียวล้วน ผลของการวิเคราะห์ทำส่วนประกอบบางอย่างก็ไม่ต่างกันมาก พอที่จะบอกได้ว่าเป็นชนิดใด ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบบางอย่างของวุ้น เส้นจากแป้งถั่วเขียวล้วน เปรียบเทียบกับวุ้น เส้นที่ทดแทนด้วยแป้งมันสำปะหลัง (3)

	% ความชื้น	% โปรตีน	% เถ้า
วุ้น เส้นจากแป้งถั่วเขียวล้วน	14.3	0.17	0.15
วุ้น เส้นจากแป้งถั่วเขียวผสม แป้งมันสำปะหลัง	13.6	0.16	0.19

แต่ถ้าสังเกตดูให้ละเอียด จะเห็นว่าวุ้น เส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วนนี้ จะมีลักษณะใสกว่า เมื่อผสมแป้งอื่นลงไป การเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปมากขึ้นนั้น จะทำให้วุ้น เส้นที่ได้ เมื่อนำมาปรุงอาหาร จะมีการดูดน้ำมาก ทำให้เส้นพองใหญ่ และมีเนื้อสัมผัส เปื่อยยุ่ย ไม่เหนียว ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สำหรับการทดแทนด้วยแป้งมันฝรั่งนั้น เมื่อสอบถามโรงงานผลิตวุ้น เส้นบางแห่งในประเทศ (1) พบว่า สำหรับแป้งมันฝรั่งที่สั่ง เข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเรียกกันว่า แป้งมันฝรั่งนอกนั้น สามารถใช้ทดแทนได้ 20% โดยไม่ทำให้วุ้น เส้นที่ได้ต่างจากวุ้น เส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน จิตรา เศรษฐอุดม (40) ได้ทดลองสกัดแป้งจากมันฝรั่งที่ปลูกในประเทศ และนำมาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้น เส้น สามารถใช้ทดแทนได้ถึง 50% โดยวุ้น เส้นที่ได้ยัง เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิเชียร วรพุทธพร และ สมชาย ประภาวัต (24,25) ได้ทำการสกัดแป้งจากถั่วมะแฮะ (*Pegion pea, Cajanus cajan*) 5 พันธุ์ แล้วใช้แป้งจากถั่วมะแฮะทดแทนแป้งถั่วเขียวเพื่อผลิตวุ้น เส้น พบว่าแป้งจากถั่วมะแฮะพันธุ์ 20-4 สามารถใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวได้ 71.9% ส่วนแป้งจากพันธุ์ E-327 สามารถทดแทนได้ถึง 81.9%