ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1976/430
Breakfast cereal
products=อาหารปรุงจากธัญ

Appr. Rep. No. 30

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

อาหารปรุงจากธัญญพืช

โดย

รมณีย์ ลอพิทักษ์วงศ์

สวป., กรุงเทพฯ 2519
ไม่พิมพ์เผยแพร่

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

APPRAISAL REPORT NO. 30

อาหารปรุงจากธัญพืช

โดย

รมณีย์ สถิตทักษ์วงศ์

สวป., กรุงเทพฯ 2519

สารบาญ

	หน้า
บทกล่าวนำ	1
บทคัดย่อ	2
บทนำ	3
สถิติการผลิต, การสั่งและส่งธัญพืช, พืชน้ำมันและถั่วต่าง ๆ ของประเทศไทย	4
ชนิดและองค์ประกอบของธัญพืชชนิดต่าง ๆ	5
การใช้ประโยชน์จากธัญพืชในอุตสาหกรรมอาหาร	10
กรรมวิธีและเทคนิคการผลิตอาหารปรุงจากธัญพืชในต่างประเทศ	13
วิจารณ์และสรุปผล	22
เอกสารอ้างอิง	23

สารบาญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.	สถิติการผลิตและการสั่งธัญพืชของประเทศไทย	4
ตารางที่ 2.	สถิติการผลิตพืชน้ำมันและถั่วต่าง ๆ ในประเทศไทย	5
ตารางที่ 3.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาลีพันธุ์ต่าง ๆ	6
ตารางที่ 4.	องค์ประกอบทางเคมีโดยเฉลี่ยของเมล็ดข้าวโพด	6
ตารางที่ 5.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่ยังไม่ได้สีและข้าวสาร	7
ตารางที่ 6.	องค์ประกอบของข้าวฟ่าง (sorghum) พันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในรัฐเท็กซัส, สหรัฐอเมริกา	7
ตารางที่ 7.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่าง (Millet) 3 พันธุ์	8
ตารางที่ 8.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวไรย์	8
ตารางที่ 9.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวบาร์เลย์ที่ใช้เป็นอาหาร	9
ตารางที่ 10.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโอ๊ต	9
ตารางที่ 11.	ตัวอย่างสูตรของ Ready-to-eat breakfast cereals ที่เตรียมโดยใช้ Extrusion process	17
ตารางที่ 12.	ตัวอย่างสูตรของ Breakfast cereals ที่เตรียมโดยใช้ Special tempering process	18

สารบาญภาพ

หน้า

รูปที่ 1. แสดงกรรมวิธีโดยทั่วไปของการผลิตอาหารปรุงจากธัญพืช 15

บทกล่าวนำ

ในปัจจุบัน ทั้งพ่อบ้านและแม่บ้านต่างก็ประกอบอาชีพนอกบ้านเพื่อเศรษฐกิจของครอบครัว, ทำให้แม่บ้านมีเวลาน้อยลงในการประกอบอาหาร โดยเฉพาะอาหารเช้า, ดังนั้น อาหารประเภทที่รับประทานได้ทันที (Ready-to-eat breakfast) หรืออาหารที่ได้รับการปรุงแต่งไว้บ้างแล้วและใช้เวลาเตรียมอีกเพียงเล็กน้อย (Precooked breakfast) จึงกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ. อาหารดังกล่าวนี้ ได้ผลิตออกมาในรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไปแล้วแต่กรรมวิธีและเทคนิคของการผลิต. อาหารปรุงจากธัญญพืช (Cereal products) ก็จัดอยู่ในอาหารประเภทนี้. ในต่างประเทศ อาหารประเภทนี้มีขายอย่างแพร่หลายในท้องตลาด, มีชื่อสามัญว่า Breakfast cereals ซึ่งผู้บริโภคสามารถรับประทานเป็นของขบเคี้ยว, หรือจะผสมกับเครื่องดื่ม เช่น น้ำผลไม้ต่าง ๆ หรือนม เพื่อรับประทานเป็นอาหารเช้าก็ได้. สำหรับเมืองไทย อาหารประเภทนี้ยังไม่แพร่หลายในปัจจุบัน. ส่วนใหญ่แล้ว อาหารประเภทนี้จะบรรจุในภาชนะที่ชวนให้เด็กสนใจ หรือโฆษณาขายกันในรูปของอาหารเด็ก. อย่างไรก็ดี ในอนาคตอันใกล้ อาหารประเภทนี้จะได้รับความสนใจมากขึ้นเรื่อย ๆ, ดังนั้นการศึกษาหาข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานการวิจัยในเรื่องนี้จึงจำเป็นมาก.

อาหารปรุงจากธัญญพืช

โดย รมณีย์ ลอพีทักษ์วงศ์ *

บทคัดย่อ

เนื่องจากความจำเป็นในการประกอบอาชีพ เวลาในการเตรียมอาหารให้สมาชิกในครอบครัวของแม่บ้านจึงมีจำกัด, ดังนั้นอาหารที่เตรียมง่ายและใช้เวลาน้อย จึงได้รับความสนใจมาก. อย่างไรก็ดี แม่บ้านก็ต้องคำนึงถึงราคาและคุณค่าทางอาหารด้วย. อาหารประเภท Ready-to-eat, Cooked-in-the-bowl, และ Instant breakfast cereals จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในต่างประเทศ. ผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้คำนึงถึงการผลิตอาหารประเภทนี้ให้มีคุณค่าทางอาหารสูง, มีรูปร่างลักษณะตลอดจนสีสรรเป็นที่นิยมแก่ผู้ซื้อ, โดยเฉพาะเด็กและแม่บ้าน, ให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้มากที่สุด, กล่าวคือ ให้ผู้ซื้อใช้เวลาน้อยที่สุดและกรรมวิธีง่ายที่สุดในการเตรียมอาหารประเภทนี้. เทคนิคในการผลิตอาหารประเภทนี้แตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดและลักษณะของผลิตภัณฑ์. แต่โดยหลักทั่วไปแล้ว อาหารประเภทนี้จะเตรียมจากธัญญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าว, ข้าวสาลี, ข้าวโอ๊ต, ข้าวฟ่าง ฯลฯ โดยผสมด้วยสารแต่งกลิ่นรส และสารเสริมคุณค่าทางอาหารต่าง ๆ เช่น เกลือ, น้ำตาล, สีอาหาร, วิตามิน, เกลือแร่, ยากันบูด และ flavoring agents, แล้วจึงผสมกับน้ำ บดเป็นเนื้อเดียวกันจนเป็น dough, แล้วจึงทำ dough ให้สุก หรือเรียกว่า Pregelatinization step. ขั้นต่อไปก็คือนำ dough มาตากเพื่อให้ความชื้นลดลง, ทำเป็น flakes หรือ pellets แล้วจึงอบหรือทอดหรือ extrude ให้พองกรอบ, หรือให้มีลักษณะรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการ. อาหารเหล่านี้ที่รู้จักกันแพร่หลายในต่างประเทศได้แก่ Oat flakes, Corn flakes, และ Rice krispies เป็นต้น.

ในอดีต อาหารประเภทนี้ส่วนมากมีคุณค่าทางอาหารไม่เพียงพอ, ผู้ผลิตจึงได้ทดลองผสมอาหารเหล่านี้ด้วยวัตถุดิบอื่นที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีราคาถูก ได้แก่ ถั่วต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง, ถั่วลิสง, และ เมล็ดฝ้าย เป็นต้น. ถั่วเหลืองที่ใช้ผสมจะใช้ในลักษณะต่าง ๆ กัน.

---

*แผนกเทคนิควิทยาอาหาร, กองชีวเทคนิควิทยา, ฝ่ายวิจัยเทคนิควิทยา,
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

เช่น ทั้งเมล็ด, เมล็ดหัก, แป้งจากถั่วเหลือง, กากถั่วที่มีโปรตีนสูงแต่มีไขมันต่ำ, และโปรตีนจากถั่วเหลือง เป็นต้น, เพื่อเสริมคุณค่าทางอาหารของอาหารปรุงจากธัญญพืชดังกล่าว และยังเป็นการลดต้นทุนของการผลิตด้วย. ทั้งนี้ผู้ผลิตต้องกำจัดสารเป็นพิษที่อยู่ในถั่วต่าง ๆ ออก (Trypsin inhibitor ในถั่วเหลือง และAflatoxin ในถั่วลิสงเป็นต้น) ก่อนที่จะใช้ผสมกับอาหารปรุงจากธัญญพืช.

นอกจากนี้ ผู้ผลิตบางรายได้ผสมผลไม้จากแห้งต่าง ๆ ลงในอาหารประเภทนี้ เพื่อเสริมคุณค่าทางอาหารให้แก่ผู้รับประทาน ซึ่งได้รับความสนใจจากผู้ซื้อมาก. เนื่องจากลักษณะภายนอก, รส, กลิ่น และคุณค่าทางอาหารของอาหารประเภทนี้ เป็นที่นิยมของผู้รับประทาน, ผู้ผลิตจึงได้ผลิตอาหารประเภทนี้ออกมาในลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ซื้อได้ใช้รับประทานในลักษณะต่างกันไป เช่น รับประทานเป็นขนมขบเคี้ยว หรืออาหารว่าง, ผสมกับนมหรือเครื่องดื่มร้อนหรือเย็น, และผสมเป็นอาหารเด็ก เป็นต้น.

บทนำ

ธัญญพืช (cereals), เป็นพืชในตระกูล Gramineae, ใช้เป็นอาหารประเภทแป้ง. พืชที่จัดอยู่ในพวกธัญญพืชนั้น อาจเรียกรวมว่า grain อันได้แก่ ข้าว, ข้าวฟ่าง, ข้าวเหนียว, ข้าวสาลี, ข้าวไรย์, ข้าวบาร์เลย์, ข้าวโอ๊ต, และข้าวโพด เป็นต้น. ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูกของโลกใช้ในการปลูกธัญญพืช (Wickizer และ Bennett 1941). องค์ประกอบทางอาหารของธัญญพืชเหล่านี้ส่วนใหญ่คือแป้ง (carbohydrates) ซึ่งราคาถูกและให้พลังงานสูง. ดังนั้นพืชประเภทนี้จึงถูกใช้เป็นอาหารหลักของประชาชนส่วนใหญ่ของโลก, เช่นข้าวจ้าวเป็นอาหารหลักของประชาชนในประเทศแถบเอเชีย ซึ่งเป็นประชาชนส่วนใหญ่ของโลก. ส่วนในประเทศตะวันตกและสหรัฐอเมริกานั้น ประชาชนใช้ข้าวสาลีเป็นอาหารหลัก.

สถิติการผลิตธัญญพืชของโลกในปี 1959 - 1961 เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในแต่ละปี และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น. ประเทศที่ส่งธัญญพืชออกไปขายในตลาดยุโรป คือ ออสเตรเลีย, อาร์เยนตีนา, แคนาดา, และสหรัฐอเมริกา. ธัญญพืชหลักของโลกคือ ข้าวสาลี, ข้าวโพด, และข้าวจ้าว. ข้าวโพดบางส่วนถูกใช้เป็นอาหารสัตว์ในบางประเทศ เช่นสหรัฐอเมริกา.

ธัญญพืชประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน, แร่ธาตุ, และวิตามิน จึงเหมาะที่จะใช้เป็นอาหารของทั้งมนุษย์และสัตว์. สำหรับอาหารสัตว์ที่ประกอบด้วยธัญญพืชเพื่อใช้ในการเลี้ยงโค, กระบือ, และสัตว์ปีก จะเพิ่มน้ำหนักและคุณภาพของ เนื้อ, นม, ไข่ ได้สูงขึ้นมาก.

จากองค์ประกอบทางอาหารที่ดี และสถิติการผลิตที่คงที่ของธัญญพืชต่าง ๆ ย่อมเป็นแนวทางที่จะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากธัญญพืชอื่น ๆ นอกเหนือจากข้าวจ้าวและข้าวสาลีมากขึ้น. ผลิตภัณฑ์อาหารจากธัญญพืชจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ก่อนข้างใหม่และแปลกต่อประชาชนบางกลุ่ม. อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาถึงความจำเป็นและความเหมาะสมในการครองชีพในปัจจุบันและอนาคต, อาหารประเภทนี้จะอำนวยความสะดวกให้แก่แม่บ้าน และให้ประโยชน์แก่สมาชิกในครอบครัวอย่างยิ่ง. ดังนั้นจึงควรส่งเสริมการวิจัยและการผลิตอาหารประเภทนี้ต่อไปในอนาคต.

รายงานฉบับนี้ได้จัดพิมพ์ขึ้น เพื่อประเมินถึงผลการค้นคว้าและวิจัยในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของอาหารประเภทธัญญพืชว่ามีมากน้อยและก้าวหน้าเพียงใด, เพื่อเป็นพื้นฐานการศึกษาค้นคว้าและวิจัยถึงกรรมวิธีและเทคนิคการผลิตอาหารปรุงจากธัญญพืช, โดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศต่อไป.

สถิติการผลิต, การสั่งและส่งธัญญพืช, พืชน้ำมัน และถั่วต่าง ๆ ของประเทศไทย

ตารางที่ 1. สถิติการผลิตและการสั่งธัญญพืชของประเทศไทย

สถิติการผลิต 1/		สถิติการสั่งเข้า 2/	
ธัญญพืช	ปีเพาะปลูก 2517/2518	ธัญญพืช	ปีสั่งเข้า 2517/2518
ข้าว 3/	13.5 ล้านตัน	ข้าวบาร์เลย์	13 ตัน
ข้าวฟ่าง	200 พันตัน	ข้าวสาลี	90,000 ตัน
ข้าวโพด	2.6 ล้านตัน	ข้าวโอ๊ต	1 ตัน

1/ สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2517/2518.

2/ สถิติการสั่งเข้าส่งออกของกรมศุลกากร ประจำปี พ.ศ.2517.

3/ ข้าวเหนียว 30%, ข้าวจ้าว 70% โดยประมาณ.

ตารางที่ 2. สถิติการผลิตพืชน้ำมันและถั่วต่าง ๆ ในประเทศไทย 1/

ถั่วต่าง ๆ และพืชน้ำมัน	สถิติการผลิต (ปีเพาะปลูก 2517/2518)
ถั่วเหลือง	218 พันตัน
ถั่วลิสง	230 พันตัน
ถั่วเขียว	270 พันตัน
งา	25 พันตัน
มะพร้าว	756 ล้านผล

1/ "สถิติการเกษตร" ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 3.

ชนิดและองค์ประกอบของธัญพืชชนิดต่าง ๆ *

ข้าวสาลี (Triticum) แบ่งออกเป็น 15 species, แต่ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ Common wheat, Club wheat, Durum wheat, Spelt, และ Emmer เป็นต้น. สำหรับข้าวสาลีที่ปลูกในสหรัฐอเมริกานั้น 90% เป็น Common wheat. ในปัจจุบัน นิยมแบ่งชนิดของข้าวสาลีออกตามลักษณะ, texture, สีของเมล็ด, และลักษณะของพันธุ์ของข้าวสาลี เช่น Hard red spring, Red durum, Hard red winter, Soft red winter และ Mixed wheats.

---

* Leonard และ Martin 1963.

ตารางที่ 3. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาลีพันธุ์ต่าง ๆ (moisture free basis)

พันธุ์	โปรตีน (%)	แป้ง (%)	น้ำตาล (%)	เถ้า (%)	ไขมัน (%)
Hard red spring	16.5	61.2	3.19	2.04	2.00
Durum	16.0	63.0	3.58	2.19	2.19
Red durum	16.8	61.3	3.33	2.14	1.98
Hard red winter	15.3	63.5	2.84	1.92	1.67
Soft red winter	12.4	66.5	2.90	2.07	1.66
White	11.2	66.6	4.02	1.86	1.80

ข้าวโพด (Zea mays, L.) แบ่งออกเป็น 7 ชนิดตามลักษณะของเมล็ด คือ Pop, Dent, Flint, Flour, Sweet, Waxy และ Pod corns.

ตารางที่ 4. องค์ประกอบทางเคมีโดยเฉลี่ยของเมล็ดข้าวโพด

ธัญพืช	น้ำ (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	แป้ง (%)	น้ำตาล (%)	กาก (%)	เถ้า (%)	อื่น ๆ (%)
ข้าวโพด	13.5	10.0	4.0	61.0	1.4	2.3	1.4	6.4

ข้าว (Oryza sativa) แบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามขนาดของเมล็ดคือข้าวเมล็ดยาว (Long grain), ข้าวเมล็ดกลาง (Medium grain), และข้าวเมล็ดสั้น (Short grain). แต่ในบางประเทศได้แบ่งประเภทของข้าวตามลักษณะเนื้อข้าวออกได้ 2 ประเภทคือ

ข้าวธรรมดาหรือข้าวจ้าว (Common or Non-glutinous rices) กับข้าวเหนียว (Glutinous or Waxy rices).

ข้าวทั้งเมล็ดประกอบด้วยเปลือกข้าว 20% และเนื้อเมล็ดข้าว 80%

ตารางที่ 5. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่ยังไม่ได้สีและข้าวสาร

องค์ประกอบ	ข้าวที่ยังไม่ได้สี	ข้าวสาร
ไขมัน (%)	2.20	0.34
กาก (%)	1.10	0.23
เถ้า (%)	2.09	0.45
โปรตีน(%)	9.78	8.64
แป้ง (%)	84.83	90.33

ข้าวฟ่าง ในภาษาไทย คำว่าข้าวฟ่างนี้ใช้กับทั้ง sorghum และ millet จึงขอแยกกล่าวตามชนิดของข้าวดังนี้:

ข้าวฟ่าง sorghum: มีขนาดต่าง ๆ กันไปแล้วแต่พันธุ์ โดยทั่วไปใช้เป็นอาหารสัตว์, มี 7 พันธุ์ คือ Kafir, Milo, Feterita, Durra, Shallu, Kaoliang, และ Hegari.

ตารางที่ 6. องค์ประกอบของข้าวฟ่าง (sorghum) พันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในรัฐเท็กซัส, สหรัฐอเมริกา

องค์ประกอบ	พันธุ์ Durra	พันธุ์ Kafir	พันธุ์ Milo
น้ำ (%)	9.50	9.70	9.39
โปรตีน(%)	13.63	13.13	12.50
ไขมัน (%)	3.47	3.30	3.18
แป้ง (%)	70.30	70.30	71.88
กาก (%)	1.49	1.54	1.52
เถ้า (%)	1.73	1.76	1.64

ข้าวฟ่าง millet: มีขนาดเล็ก คนไทยเรียกว่าข้าวฟ่างหางกระรอก ใช้รับประทานได้, มีหลายพันธุ์ เช่น Proso, Foxtail millet, Japanese millet, Pearl or Cattail millet, Finger millet etc. Mattern (1969) ประมาณผลผลิตของ millet ในโลกมี 34-36 ล้านเมตริกตัน.

ตารางที่ 7. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่าง (Millet) 3 พันธุ์

องค์ประกอบ	พันธุ์ Foxtail	พันธุ์ Proso	พันธุ์ Japanese
โปรตีน(%)	12.1	11.9	10.6
ไขมัน (%)	4.1	3.4	4.9
กาก (%)	8.6	8.1	14.6
แป้ง (%)	60.7	63.7	54.7
เกลือแร่ (%)	3.6	3.3	5.0

ข้าวไรย์ (Secale cereale) แบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ ตามสภาวะของการปลูก คือ พันธุ์ Winter และ Spring, แต่ที่ปลูกกันแพร่หลายทั่วโลกคือพันธุ์ Winter.

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวไรย์คล้ายคลึงกับข้าวสาลีมาก แต่มีโปรตีนต่ำกว่า. โปรตีนในข้าวไรย์ส่วนใหญ่เป็นพวก Prolamin, Glutelin, Albumin และ Globulin.

ตารางที่ 8. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวไรย์

ธัญญพืช	น้ำ (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	แป้ง (%)	กาก (%)	แร่ธาตุ (%)
ข้าวไรย์	13.4	11.5	1.7	69.5	1.9	2.0

ข้าวบาร์เลย์ (Hordeum) แบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ใหญ่ ๆ คือ พันธุ์ที่ปลูก (Cultivated barley) กับพันธุ์ป่า (Wild barley). สำหรับพันธุ์ที่ปลูกนั้นยังแบ่งออกเป็นหลายชนิด ขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก, สภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อม, หรือลักษณะและสีของเมล็ดข้าว เช่นชนิด Winter หรือ Semiwinter, และชนิด Spring เป็นต้น.

ลักษณะที่น่าสังเกตของข้าวบาร์เลย์ คือ ถ้าเมล็ดข้าวมีสีทึบจะมีปริมาณแป้งสูงมาก, ส่วนเมล็ดที่มีลักษณะใสจะมีโปรตีนสูงมาก.

ในการใช้ประโยชน์จากข้าวบาร์เลย์นั้น, ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวบาร์เลย์เป็นหลัก. ดังนั้นจึงมีนักวิทยาศาสตร์บางท่าน แบ่งข้าวบาร์เลย์ตามประโยชน์การใช้ ออกได้เป็นพันธุ์ที่ใช้เป็นอาหาร, พันธุ์ที่ใช้เลี้ยงสัตว์ (Feed barley) ซึ่งมีกากสูงมากถึง 1.4%, และพันธุ์ที่ใช้ทำเบียร์ (Malt barley).

ตารางที่ 9. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวบาร์เลย์ที่ใช้เป็นอาหาร

พันธุ์	น้ำ (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	กาก (%)	เถ้า (%)	แป้ง (%)	เกลือแร่ (%)
ที่ใช้เป็นอาหาร	9.6	12.8	2.3	5.5	2.9	66.9	0.39

ข้าวโอ๊ต (Avena) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือพันธุ์ที่ปลูก (Common cultivated oats) และพันธุ์ป่า (Common wild oats); ซึ่งยังแบ่งออกเป็นพันธุ์ย่อย ๆ ได้มากมายเช่น Wild red oats, Cultivated red oats, Naked oats, Sand oats etc.

ตารางที่ 10. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโอ๊ต

ชนิด	น้ำ (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	กาก (%)	เถ้า (%)	แป้ง (%)
ข้าวโอ๊ตทั้งเปลือก	10.1	12.2	4.3	12.1	3.5	57.8
ข้าวโอ๊ตแกะเปลือก	8.7	16.0	5.6	1.2	1.9	66.7

การใช้ประโยชน์จากธัญญพืชในอุตสาหกรรมอาหาร

ธัญญพืช (cereals), พืชผัก (legumes), และพืชน้ำมัน (oilseeds) เป็นพืชอาหารที่ให้ทั้งพลังงานและโปรตีน. ประชาชนในแถบเอเชีย, อัฟริกา, ลาตินอเมริกา, และประเทศในตะวันออกกลางหลายประเทศได้ใช้พืชเหล่านี้เป็นอาหารที่ให้โปรตีนแทนเนื้อสัตว์, เพราะพืชเหล่านี้มีราคาถูกกว่าแต่มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์. จากสถิติการผลิตพืชเหล่านี้ในโลก พบว่าความสำคัญของพืชเหล่านี้จะทวีขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากการผลิตเนื้อสัตว์, นม, และไข่ มีแนวโน้มที่จะลดลงในอนาคต. สถิติดังกล่าวก็ได้แสดงถึงแนวโน้มการผลิตธัญญพืชว่าจะสูงกว่าพืชผักและพืชน้ำมัน, โดยเฉพาะสถิติที่ได้จากประเทศพัฒนา. นักวิทยาศาสตร์พบว่าโปรตีนในธัญญพืชเกือบทุกชนิดขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อมนุษย์ คือ Lysine, ดังนั้น ในการผลิตอาหารปรุงจากธัญญพืช จึงต้องคำนึงถึงปัญหาข้อนี้. ผู้ผลิตอาหารประเภทนี้จึงได้ปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของอาหารประเภทนี้ โดยการเติม Synthetic lysine, หรือเติมวัตถุดิบอื่นที่มีกรดอะมิโนนี้สูง เช่น ถั่วมะฮะ (Chick peas). นักทดลองชาวแคเนเดียน ได้ใช้ถั่วมะฮะผสมกับข้าวสาลีและข้าวจ้าวในการประกอบอาหาร, เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของข้าวให้สูงขึ้น. ดังนั้น ในการผลิตอาหารปรุงจากธัญญพืช จึงมักจะผสมด้วยพืชผัก หรือพืชน้ำมันดังกล่าว, เพื่อเสริมกรดอะมิโนที่ขาดไปให้ครบถ้วน. ในทำนองเดียวกัน ในการผลิตอาหารปรุงจากพืชผักหรือพืชน้ำมัน, ซึ่งมีปริมาณของกรดอะมิโนประเภท Methionine และCystine ต่ำ, ก็มักจะผสมอาหารนี้ด้วยธัญญพืชเช่นเดียวกัน (Siegel และ Fawcett 1976).

ในปัจจุบัน เทคนิคในการทำอาหารประเภทแป้งให้มีลักษณะพอง กรอบ และเป็นที่นิยมของผู้ซื้อมีหลายวิธี, วิธีที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายคือการทำ Extrusion. เครื่องมือที่ใช้ในการทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะพองและกรอบนี้ เรียกว่า Extruder, ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นโดยหลักเกณฑ์ที่ว่า เมื่อส่วนผสมของอาหารที่มีแป้งสูง ถูกทำให้ร้อนขึ้น จะมีความดันภายในเครื่องที่สูงพอที่จะดันให้ส่วนผสมออกจากเครื่อง ผ่านรูเล็ก ๆ (Aperture) แล้วออกสู่ภายนอกของเครื่อง อาหารที่ถูกดันออกมาจะพองและแห้งทันที. ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนและความดันภายในเครื่องทำให้น้ำที่มีอยู่ในส่วนผสมกลายเป็นไอ และดันให้ส่วนผสมนี้พองขึ้น, และเมื่อส่วนผสมถูกดันออกมาสู่ภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิและความดันต่ำกว่าภายในเครื่อง ส่วนผสมก็พองและแห้งขึ้น เนื่องจากความชื้นลดลง.

Mottern และคณะ (1969) ได้ทดลองใช้ Extruder นี้ ในการทำ Hot or cold breakfast cereals จากข้าว โดยการทำให้ข้าวพองและมีความเหนียวพอเหมาะ. ข้าวที่ทำนี้มีลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น Rice grits, Whole grain white and brown rices, Brewer rices etc. นอกจากนี้ ยังได้ทดลองเพิ่มคุณค่าทางอาหารของ Breakfast cereals ดังกล่าวด้วย · Oilseed flours อีกด้วย.

ประชาชนส่วนใหญ่ของโลกได้รับโปรตีนจากธัญญพืชเป็นหลัก, กล่าวคือ ได้โปรตีนจากธัญญพืชมากถึง 2/3 ของโปรตีนทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ. โปรตีนที่ได้รับจากธัญญพืชนี้มีคุณค่าต่ำกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์, นม, หรือไข่โดยตรง, ดังนั้น เด็กในบางประเทศจึงประสบกับปัญหาการขาดธาตุอาหารเป็นส่วนใหญ่. ในการแก้ปัญหานี้ นักวิจัยพยายามปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของอาหารปรุงจากธัญญพืชให้เทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับเนื้อ, นม, และไข่ โดยการผสมอาหารนี้ด้วย Oilseed flour, Legumes และ Synthetic ingredients ต่าง ๆ เป็นต้น (Scrimshaw 1969).

Altschul (1968) ได้กล่าวไว้ว่า การแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารในประเทศที่กำลังพัฒนาและประเทศด้อยพัฒนานั้น ควรทำโดยการ 1) เพิ่มปริมาณธัญญพืชและพืชที่ให้ประโยชน์อื่น ๆ, 2) ปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของอาหารประเภทนี้ด้วยการปรุงแต่งด้วยกรดอะมิโนหรือ Protein concentrates, ฯลฯ., 3) เพิ่มคุณค่าและอัตราการผลิตธัญญพืชโดยทาง genetics, และ 4) สร้างอาหารโปรตีนใหม่ ๆ จากธัญญพืชและอื่น ๆ. การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารของประชาชนบางส่วนของโลก และการแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารประเภทเนื้อสัตว์, นม, และไข่ ในบางส่วนของโลกนั้น อาจกระทำได้โดยการเพิ่มปริมาณการผลิตและคุณค่าทางอาหารของธัญญพืช.

Leonard และ Martin (1963) กล่าวว่า ข้าวสาลีส่วนใหญ่ถูกแปรสภาพไปเป็นแป้งสาลี, ที่เหลือเพียงส่วนน้อยถูกใช้เป็นอาหารประเภท Prepared breakfast foods เช่น Wheat flakes และ Puffed wheat เป็นต้น. ส่วนข้าวโพดนั้น ที่ใช้กันแพร่หลายคือ Corn flakes, Corn grits และ Pop corn เป็นต้น. สำหรับข้าวไรย์นั้น เนื่องจากส่วนเนื้อ (Endosperm) กับส่วนรำ (Bran) ติดกันแน่นมาก จึงเป็นการยากที่จะแยกออกจากกัน, ดังนั้นในการทำ Rye flakes จึงต้องบีบข้าวไรย์ทั้งเมล็ดให้แบน, ทำให้ Rye

flakes มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว. ในสหรัฐอเมริกา, 20 - 25% ของข้าวไรย์ที่ผลิตได้ถูกใช้เป็นอาหาร. แต่ในยุโรปนั้นข้าวไรย์มีราคาถูก จึงนิยมนำไปใช้ทำขนมปังซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูง แต่มีรสเปรี้ยวและกระด้าง. ส่วนใหญ่ของข้าวบาร์เลย์ ถูกใช้เป็นอาหารสัตว์ (Feed barley) และ malt สำหรับทำเบียร์, นอกนั้นใช้ทำ Breakfast cereals และ Coffee-substitute เป็นต้น. ในสหรัฐอเมริกา, ข้าวโอ๊ตที่ผลิตได้ นำไปทำเป็น Breakfast cereals เพียง 3%, โดยทำเป็น Oat flakes และ Rolled oats เป็นต้น. ข้าวโอ๊ตมีลักษณะพิเศษซึ่งน่าสนใจคือ ข้าวโอ๊ตมีสารจำพวกป้องกันการหืน (Antioxidants) โดยธรรมชาติ จึงมักนิยมใช้ผสมในอาหารที่มีไขมันค่อนข้างสูงด้วย.

ประชาชนส่วนใหญ่ในแถบเอเชีย รับประทานข้าวในลักษณะของข้าวต้มสุกหรือข้าวนึ่ง (Boiled or Steamed rices). ในบางประเทศได้ใช้วิธีทำข้าวให้สุกเพียงบางส่วน แล้วตากแห้งเพื่อลดเวลาการต้ม, ข้าวชนิดนี้เรียกว่า Precooked rices. สำหรับในสหรัฐอเมริกา, ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากข้าวที่ใช้เป็น Breakfast cereals นั้น ได้แก่ Puffed rices, Flaked rices, และ Rice krispies. ส่วนข้าวฟ่าง Sorghum, ซึ่งมีองค์ประกอบคล้ายข้าวโพดมาก แต่มีโปรตีนและไขมันสูงกว่าข้าวโพดเล็กน้อยนั้น, ใช้เป็นอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่, ยกเว้นบางประเทศในเอเชียและอัฟริกา ที่มีประชาชนบางส่วนใช้ข้าวฟ่าง Sorghum ในการทำขนมปัง, Porridge, และเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอลล์ เป็นต้น. ส่วนข้าวฟ่าง Millet ซึ่งมีแร่ธาตุสูงกว่า Sorghum ข้าวสาลี และข้าวไรย์ แต่น้อยกว่าถั่วเหลือง ได้ใช้ในการทำขนมปัง, เค็ก, ต้มสุกหรืออื่น ๆ. Millet มีปริมาณกากค่อนข้างสูง แต่คนก็นิยมรับประทานเพราะ Millet มี Thiamine สูงกว่าข้าว.

Vanetten และคณะ (1967) กล่าวว่า Amino acid pattern ของธัญพืชส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ คือขาดกรดอะมิโนตัวใดตัวหนึ่ง, ซึ่งถ้าหากผู้ผลิตอาหารปรุงจากธัญพืชสามารถเลือกใช้พืชอื่นที่มีกรดอะมิโนที่ขาด มาผสมหรือแต่งเติมให้กรบ ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีคุณค่าทางอาหารโดยสมบูรณ์ ซึ่งจะใช้แทนเนื้อสัตว์ได้. ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการกำจัดสารเป็นพิษที่มีอยู่ในเมล็ดธัญพืชหรือในพืชน้ำมันบางชนิดด้วย เช่น Aflatoxin ในถั่วลิสง, Trypsin inhibitor ในถั่วเหลือง ฯลฯ ออกไปให้หมด ก่อนผสมลงในธัญพืช.

กรรมวิธีและเทคนิคการผลิตอาหารปรุงจากธัญพืชในต่างประเทศ

อาหารปรุงจากธัญพืชที่มีขายทั่วไป มีหลายประเภทคือ Ready-to-eat breakfast cereals, Cooked-in-the-bowl cereals, Hot or cold water dispersable cereals, Instant porridges, etc. ผู้ผลิตอาหารเหล่านี้เน้นหนักถึงความสะดวกในการรับประทาน, สี, กลิ่น, รส และ texture ของอาหาร, ลักษณะและรูปร่างที่น่าสนใจ, ตลอดจนราคาและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก. นอกจากนี้ ผู้ผลิตยังเตรียมอาหารขบเคี้ยว (snacks) จากธัญพืช เช่น Puffed rices และ Extruded products ต่าง ๆ เป็นต้น.

Clausi และคณะ (1965) ได้กล่าวถึงกรรมวิธีการเตรียม Ready-to-eat breakfast cereals ว่า อาหารประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเตรียมจาก Cereal flours โดยทำเป็น dough ก่อนที่จะทำให้พองโดยใช้ Extruder หรือ Puffing gun. ในบางกรณี dough อาจถูกทำเป็น flakes ก่อน แล้วจึงอบหรือทอดให้กรอบ. นอกจากนี้ ผู้ผลิตยังได้เติมสารแต่งกลิ่นรส (Flavoring agents) ลงไปด้วย เพื่อให้มีสี, กลิ่น, และรส เป็นที่นิยมของผู้ซื้อ. อาหารประเภทนี้ให้ความสะดวกแก่ผู้รับประทาน กล่าวคือ ผู้ใช้เพียงแต่ผสมกับเครื่องดื่มร้อนหรือเย็น หรือนม ก็รับประทานได้เลย, หรืออาจรับประทานเป็นอาหารขบเคี้ยว.

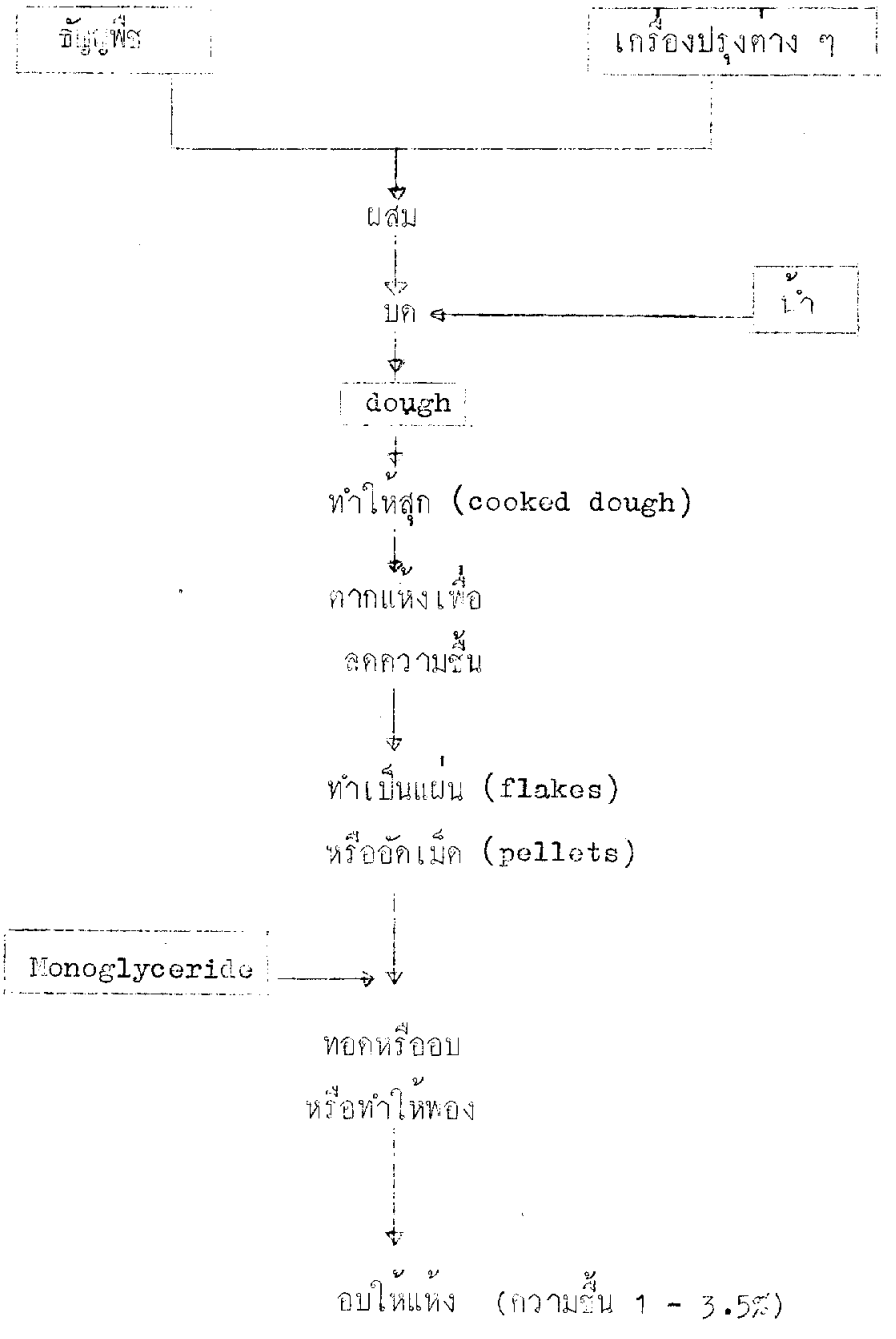
Stickley และ Griffith (1967) ได้ศึกษาถึงเทคนิคในการเตรียมอาหารปรุงจากธัญพืชที่กระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น (Cold water dispersable cereals), พบว่า แป้งบางส่วนในธัญพืช ควรถูกเปลี่ยนเป็น Modified starch ระหว่างการผลิต, เพื่อให้อาหารนี้มีคุณสมบัติการกระจายตัวที่ดีในน้ำเย็น. ในการทำให้แป้งในธัญพืชมีคุณสมบัติดังกล่าวนี้ อาจทำได้โดยอาศัยหลักการทำให้แป้งบางส่วนสุก หรือที่เรียกว่า Pregelatinized starch or flourโดยใช้ Spray dryer หรือ Drum dryer.

Nelson และคณะ (1971) ได้แนะว่า ในการปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของ Breakfast cereals ที่มีโปรตีนต่ำนั้น อาจทำได้โดยเติมถั่วเหลืองที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดกลิ่นถั่วโดยใช้ความร้อนหรือเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตลงไป 0.5%. นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุง สี, กลิ่น และรส ด้วยการเติมผลไม้หรือ Flavoring substances อื่น ๆ ตามความต้องการ.

Mottern และคณะ (1969) ได้ทดลองทำ Preparing rices โดยใช้วิธี Cooking-extrusion-expansion ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำ Corn snacks และ Breakfast cereals อื่น ๆ. Preparing ricesที่ได้นี้ มีลักษณะและคุณสมบัติการกระจายตัวในน้ำเย็นและร้อนดี จึงเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง.

ในการเตรียม Cold water dispersable cerealsนั้น ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงขนาด, รูปร่าง, และความกรอบ(Crunchiness) ที่เหมาะสม, เพื่อเวลาผสมกับเครื่องดื่มเย็นหรือนมจะได้ไม่รวมกันเป็นก้อน. ส่วน Cooked cereals นั้น ต้องการความข้น (Stickiness) และความเหนียว (Gumminess) ที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน. การทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติเฉพาะดังกล่าวนั้น ต้องอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เช่นการเติมสารประเภท Gums, Casein จากนม, กลิ่นรสผลไม้, เกลือแร่บางอย่าง, วิตามิน ตลอดจนการเคลือบอาหารด้วยสารประเภทน้ำตาล, น้ำมันพืช หรืออื่น ๆ.

กรรมวิธีการผลิตอาหารปรุงจากธัญพืชนั้นมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการผลิตอีกทั้งลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตนั้น ๆ. โดยทั่วไป อาหารประเภท Ready-to-eat breakfast cereals นั้น เตรียมจากธัญพืชบด แล้วทำเป็น dough ดังแสดงในในรูปที่ 1. ขั้นตอนของการผลิตมีดังนี้คือ: ธัญพืชและเครื่องปรุงต่าง ๆ เช่น เกลือ, น้ำตาล, สารแต่งกลิ่นรส, สารเสริมคุณค่าทางอาหาร, และยากันบูด เป็นต้น จะถูกผสมรวมกัน,ต่อจากนั้นนำส่วนผสมนั้นบดกับน้ำเพื่อทำเป็น dough. ขั้นต่อมาทำ dough ให้สุก ซึ่งทำได้หลายวิธีเช่น นึ่งด้วยไอน้ำ, อบในหม้อความดัน, หรือใช้ Cooker-extrusion, เรียกโดยทั่ว ๆ ไปว่า Cooking. นำส่วนผสมที่สุกแล้วซึ่งเรียกว่า Cooked dough มาตากแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นที่พอเหมาะในการทำเป็นแผ่นบาง ๆ (Flaking)หรืออัดเม็ด (Pelletizing). หลังจากตากแห้ง, Cooked doughนี้ก็จะถูกทำเป็น flakes หรือ pellets โดยผ่านเครื่อง Flaker or Flaking rolls หรือ Pelletizing machine แล้วแต่กรณี. หลังจากบีบเป็นแผ่นหรืออัดเม็ด, ผู้ผลิตบางรายจะเติม Monoglycerides ลงใน flakes หรือ pellets ที่ได้ เพื่อป้องกันการเกาะติดกันของ flakes หรือ pellets เหล่านี้. หลังจากนั้น flakes หรือ pellets ก็จะถูกทำให้พอง, กรอบ, หรือมีลักษณะและ texture ต่าง ๆ ตามต้องการโดยการทอด, อบ, Extrusion, Puffing หรือเทคนิคอื่น ๆ แล้วแต่กรณี. ขั้นสุดท้ายก็คือการอบให้แห้งเพื่อให้ความชื้นอยู่ในระหว่าง 1-3.5% เพื่อให้เก็บได้นาน.



รูปที่ 1. แสดงกรรมวิธีโดยทั่วไปของการผลิตอาหารปรุงจากธัญพืช.

Extrusion process

Reinhart และ Stephenson (1969) ได้กล่าวถึงการใช้ Cooker-extruder ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 7 ช่วง คือ 1) Mixing feed section, 2) Transition section, 3) Cooking section, 4) Devolatization section, 5) Transition zone, 6) Feeding (or Metering) zone และ 7) Die, ไว้ดังนี้คือ:

ส่วนผสมของธัญพืชและเครื่องปรุง ซึ่งถูกทำเป็น dough และมีความชื้นพอเหมาะจะถูกผ่านเครื่อง Cooker-extruder ในช่วงที่ 1) ซึ่งมี Screw ทำหน้าที่ผสม, บดเป็นเนื้อเดียวกัน และนวดให้เข้ากัน, แล้วผ่านไปยังช่วงที่ 2) ซึ่งก็เป็น Screw ที่มีระยะถี่ขึ้น ทำให้ความดันภายในเครื่องสูงขึ้น, ยังผลให้ส่วนผสมนี้ผสมกันได้ดีขึ้น ก่อนที่จะถูกดันไปยังช่วงที่ 3) ซึ่งเป็น Cooking section, ภายในช่วงนี้ ความดันสูงมาก จะทำให้ส่วนผสมถูกแรงบีบอัด (Compressive forces), แรงบิด (Shearing forces), และถูกนวด (Kneading), ความดันในช่วงนี้อาจสูงกว่า 1000 psi และอุณหภูมิก็สูงขึ้นเรื่อย ๆ. ส่วนผสมที่ออกจากช่วงนี้จะสุกโดยทั่วกัน. ในช่วงนี้เอง น้ำซึ่งอยู่ภายในส่วนผสมจะมีอุณหภูมิสูงถึงจุดน้ำเดือด และกลายเป็นไอ. ต่อมาส่วนผสมสุกนี้จะถูกขับดันไปสู่ช่วงที่ 4) ซึ่งเป็นช่วง Devolatization zone ยังผลให้ไอน้ำบางส่วนระเหยออกไป. การระเหยของน้ำบางส่วนในช่วงนี้ เกิดผล 2 ประการคือ ก) ความร้อนบางส่วนถูกขจัดออกไปพร้อมกับไอน้ำ ทำให้ส่วนผสมเย็นลงเล็กน้อย, และ ข) ความชื้นทั้งหมดของส่วนผสมลดลงจนถึงระดับที่พอเหมาะ. หลังจากนี้ส่วนผสมสุกจะถูกดันไปสู่ช่วงที่ 5) หรือ Transition zone ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากช่วงที่ 1) หรือ Transition section กล่าวคือ ช่วงที่ 5) นี้ สั้นและมีหน้าที่เพียงเพื่อดันให้ส่วนผสมผ่านต่อไปยังช่วงที่ 6) หรือ Feeding (Metering) zone เท่านั้น. ที่ปลายของส่วนที่ 6) นี้ ติดกับส่วนที่ 7) ที่เรียกว่า Die ซึ่งจะมีรูเปิดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า Aperture, เมื่อส่วนผสมถูกดันออกจากช่วงที่ 6) โดยมีความชื้น, อุณหภูมิ และความดันภายในเครื่องที่พอเหมาะ, ออกสู่ภายนอกโดยผ่าน Aperture ส่วนผสมก็จะพอง (Puffed). ในบางกรณีที่ผู้ผลิตต้องการผลิตภัณฑ์ที่ไม่พอง (Unpuffed), ผู้ผลิตก็ทำได้โดยการควบคุมเวลา, อุณหภูมิ, ความดัน และความชื้น ของส่วนผสมและของเครื่องในช่วง Devolatization zone ให้พอเหมาะ.

ตารางที่ 11. ตัวอย่างสูตรของ Ready-to-eat breakfast cereals ที่เตรียมโดยใช้ Extrusion process

ส่วนผสม	%	หมายเหตุ
ข้าวโพด	82.6	บดเป็นเม็ดหยาบ ๆ
ข้าว	4.6	บดเป็นเม็ดหยาบ ๆ
น้ำตาล	9.5	
เกลือ	2.5	
Malt	0.8	

ความชื้นของส่วนผสมแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้. ในกรณีตัวอย่างนี้ ความชื้นของส่วนผสมเมื่อขณะผสมวัดได้ 27%.

Dough process

General Foods Corporation แห่งสหรัฐอเมริกา ได้ใช้วิธีนี้ในการทำ Breakfast cereals หลายชนิด. วิธีนี้อาจกล่าวได้เป็น 2 วิธีย่อยคือ:

ก) Special tempering process. วิธีนี้ส่วนผสมของธัญญพืชบดหรือธัญญพืชทั้งเม็ดกับเครื่องปรุง จะถูกบดกับน้ำทำเป็น dough ซึ่งมีความชื้นประมาณ 30% และทำให้สุกโดยการนึ่งหรืออบที่ความดัน 15 - 30 psig เป็นเวลา 60-150 นาที ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้. หลังจากทำให้สุก, ส่วนผสมจะถูกทำให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 20% แล้วปล่อยทิ้งไว้ 1 ชม. เพื่อให้อุณหภูมิของส่วนผสมเย็นลง และทำให้ความชื้นในส่วนผสมสม่ำเสมอพอเหมาะในการทำเป็นแผ่นหรืออัดเม็ด. ขั้นนี้เรียกว่า Tempering ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง กล่าวคือ ถ้าความชื้นและอุณหภูมิของส่วนผสมพอเหมาะ, flakes หรือ pellets ที่ได้จะมีลักษณะสวยงาม สม่ำเสมอ และพอเหมาะในการทำให้กรอบต่อไป. สำหรับกรณีที่จะทำ Extrusion หรือ Puffing นั้น ความชื้นก่อนที่จะ Tempering นี้ควรจะเป็นประมาณ 5 - 15%. หลังจากการทำเป็น

flakes, pellets, extruded-products, puffed products etc., ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ก็ถูกอบให้ความชื้นลดเหลือ 1 - 3.5% ที่อุณหภูมิ 120 - 175 °ซ.

ตารางที่ 12. ตัวอย่างสูตรของ Breakfast cereals ที่เตรียมโดยใช้ Special tempering process

ส่วนผสม	%
แป้งข้าวโอ๊ต	60 - 70
แป้งข้าวจ้าว	7 - 12
แป้งถั่วเหลือง (Soy flour)	5 - 10
น้ำตาลซูโครส	5 - 15
Lecithin	0.05 - 0.15
เกลือ	2 - 4
Milk casein	1.5 - 10.0

ในการทำให้แป้งสุก (Pregelatinization) นั้น ต้องใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง จึงอาจทำให้คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เสียไป. นักวิจัยพยายามแก้ปัญหานี้โดยการเติมแต่งผลิตภัณฑ์ด้วย 10% Milk protein ในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น Non-fat milk solids, Casein, Sodium or Calcium caseinate, และ Lactalbumin เป็นต้น. ส่วนรสหวานของผลิตภัณฑ์นั้น ผู้ผลิตส่วนใหญ่ใช้น้ำตาลซูโครส, แต่บางรายก็ใช้ Sweetening agents อื่น ๆ เช่น Dextrose, Levulose, และ Saccharin เป็นต้น. นอกจากนี้ Additives อื่น ๆ ที่ใช้ในการแต่งกลิ่นรส ได้แก่เกลือ, เครื่องเทศ, สีอาหาร, สารแต่งกลิ่นรส, วิตามิน, เกลือแร่ และ Emulsifier.

ข) <u>Special gelatinization step</u>. Clausi และคณะ (1964) ได้ใช้วิธีนี้ก่อนวิธี Special tempering ในการทำ Breakfast cereals. วิธีนี้ต่างจากวิธีแรกคือ เมื่อส่วนผสมของธัญญพืชที่บดแล้ว และเครื่องปรุงถูกผสมทำเป็น dough ซึ่งมีความชื้น 22 -

36%, ทำให้สุก (Pregelatinization) ที่อุณหภูมิ 102 - 120°ซ และความดัน 1 - 5 psig ในเวลาต่างกันไปแล้วแต่กรณี, แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 65°ซ. หลังจากนั้นส่วนผสมนี้จะถูกบีบและตัดเป็นแผ่นเรียกว่า Dough pieces.ขั้นต่อไปอบ Dough pieces ให้ความชื้นอยู่ระหว่าง 5 - 12% แล้วจึงอัดเป็นเม็ด (Pellets) หรือทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการ. ขั้นสุดท้าย pellets จะถูกอบให้มีความชื้น 1 - 3.5% ก่อนเก็บหรือใช้ต่อไป.

เทคนิคที่สำคัญของวิธีนี้ อยู่ที่การทำให้ส่วนผสมเย็นลงต่ำกว่า 65°ซ ทันที, เพราะถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ ส่วนผสมจะเหนียวและติดเครื่องเมื่อเวลาทำเป็น flakes หรือ pellets.

วิธีทำ Breakfast cereals จากธัญญพืชทั้งเมล็ด

ในต่างประเทศ อาหารประเภท Flaked breakfast cereals เช่น Corn flakes, Oat flakes, Bran flakes ได้รับความนิยมมาก. อาหารเหล่านี้เตรียมจากธัญญพืชทั้งเมล็ดหรือธัญญพืชที่บดแล้วก็ได้. ในกรณีที่เตรียมจากธัญญพืชทั้งเมล็ดนั้น เมล็ดธัญญพืชและเครื่องปรุงจะถูกอบด้วยไอน้ำเพื่อให้นิ่มลง. หลังจากนี้ก็ Tempering เป็นเวลานานพอที่ความชื้นกระจายโดยทั่วถึง, โดยปรกติเวลาที่ใช้ประมาณมากกว่า 1 ชั่วโมง, แล้วจึงตัดหรือบีบเป็นแผ่น (flakes) ก่อนที่จะอบหรือทอดให้กรอบต่อไป. ในบางกรรมวิธีอาจเคลือบ flakes เสียก่อนที่จะอบหรือทอด ด้วยน้ำเชื่อม, วิตามิน, เกลือแร่, อื่น ๆ.

กรรมวิธีเฉพาะในการทำ Oat cereals และธัญญพืชอื่น ๆ

Breakfast cereals ที่เตรียมจากข้าวโอ๊ต ในลักษณะประเภท Ready-to-eat หรือ Quick-cooking cereals นั้นมีปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำดังต่อไปนี้:

1) เมื่อผสม Oat flakes กับนมหรือเครื่องดื่มเย็น Oat flakes จะเกาะกันและมีลักษณะนิ่มเกินไป ไม่เป็นที่นิยมของผู้รับประทาน.

2) ในการผลิตอาหารปรุงจากข้าวโอ๊ต ไม่อาจใช้กรรมวิธีที่ใช้ผลิตอาหารปรุงจากธัญญพืชอื่น ๆ ได้, เนื่องจากว่า เมื่อใช้กรรมวิธีดังกล่าว Oat flakes ที่ได้ จะมีกลิ่นหืนหรืออับ ซึ่งเกิดจากสารไขมันในข้าวโอ๊ต. สารไขมันดังกล่าวคือ Phospholipids นั่นเอง.

3) ในกรณีที่ผลิต Hot cereals จากข้าวโอ๊ต ต้องทำข้าวโอ๊ตให้สุกที่อุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเฝื่อน ทำให้ผู้รับประทานไม่นิยม.

ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้ผลิตบางรายได้ทดลองสะกัดเอาสารไขมันประเภท Phospholipids ออกจากข้าวโอ๊ตก่อนการทำให้ข้าวโอ๊ตสุก, โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น Alcohols, Ethers, Ketones และ Hydrocarbons เป็นต้น. ต่อมา Hreschak (1965) พบว่า การกำจัดกลิ่นและรสที่ไม่ชวนรับประทานนี้ จะกระทำได้พร้อม ๆ กับการแยกเปลือกนอก (Pericarp) ซึ่งอยู่ใต้เปลือกแข็ง (Hull) ของข้าวโอ๊ต, โดยการแช่ข้าวโอ๊ตในน้ำ ในอัตราส่วนของข้าว: น้ำ = 10 : 6, และกวนสม่ำเสมอเพื่อให้เปลือกนอกแยกออก แล้วจึงล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง. วิธีนี้สารไขมันและสารอื่น ๆ ที่จะเป็นต้นเหตุของกลิ่นและรสที่ไม่ต้องการจะหลุดออกไปด้วย. หลังจากล้างเอาสารเหล่านี้ออกไปแล้ว จึงทำข้าวโอ๊ตให้สุกโดยใช้ไอน้ำ, อบ หรือวิธีอื่น ๆ. หลังจากข้าวสุกแล้ว ข้าวจะไม่เกาะติดกัน, ทั้งนี้เพราะแป้งบางส่วนที่ผิวของข้าวโอ๊ตถูกชะล้างไป

หลังจากการทำให้สุก ก็อบ Cooked oats โดยทำเป็น 2 ขั้น คือ : ขั้นที่ 1 เป็น Partial drying กล่าวคือ เป็นการอบไล่ความชื้นบางส่วนออกจาก Cooked oats โดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 32 - 38° ซ. เวลา $\frac{3}{4}$ ชั่วโมง. ความชื้นของข้าวโอ๊ตจะลดลงเหลือ 16 - 25%. ถ้าความชื้นต่ำกว่านี้ ข้าวโอ๊ตจะหัก, แต่ถ้าสูงกว่านี้ข้าวโอ๊ตจะติดเครื่องบีบ. หลังจากนั้นก็ Tempering เป็นเวลา $\frac{1}{2}$ - 24 ชั่วโมงแล้วแต่กรณี. หลังจาก Tempering ข้าวโอ๊ตจะถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดผ่านตะแกรง 20 mesh ได้แล้วทำเป็น flakes หนาประมาณ 0.02 นิ้ว. ขั้นที่ 2 เป็นการอบเพื่อลดความชื้นให้เหลือ 7 - 12% ก่อนการเก็บหรือใช้ต่อไป.

<u>การทำอาหารปรุงจากธัญพืชในรูปร่างลักษณะต่าง ๆ</u>

รูปร่างและลักษณะของอาหารปรุงจากธัญพืชนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการชักจูงความสนใจของผู้ซื้อ โดยเฉพาะเด็ก ๆ. ผู้ผลิตจึงพยายามผลิตอาหารประเภทนี้ในรูปร่างลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น หัวใจ หรือผลไม้ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อให้เป็นที่นิยมของเด็ก ๆ. ในการผลิตอาหารประเภทนี้จำนวนมาก ๆ ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงเครื่องจักรที่จะใช้ผลิตอาหารนี้ให้มีรูปร่างลักษณะที่สวยงามและมีขนาดสม่ำเสมอกันด้วย.

เทคนิคในการแก้ปัญหาการเกาะติดกันของ Pellets

Daniels (1970) ได้กล่าวถึงปัญหาการเกาะติดกันของ pellets และได้อ้างถึงผลงานของ Tsuchiya และ Perttula (1969) ว่า, ในการทำ Puffed cereals นั้น การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการเคลือบหรือผสม pellets ด้วย Monoglycerides เพียงเล็กน้อย, ประมาณ 0.1 - 2%. Monoglycerides ดังกล่าว จะต้องเตรียมจากกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีคาร์บอน 14 - 22 อะตอม หรือ Alkali metal salt ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวนั้น ๆ. แต่ในการใช้ Monoglycerides นี้มีข้อเสียบางประการ กล่าวคือ สีของ Puffed cereals จะซีดลงและไม่สม่ำเสมอ, ลักษณะภายนอกไม่เรียบ, และกลิ่นรสอาจแตกต่างไปจากเดิมเล็กน้อย. ในการเติม Monoglycerides นี้จะเติมลงใน pellets ขณะที่อุณหภูมิยังสูงอยู่คือ ระหว่าง 38 - 94° C

เทคนิคการเติม Oilseed flour ลงในอาหารปรุงจากธัญญพืช

เนื่องจากอาหารประเภทนี้มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ผู้ผลิตจึงพยายามเสริมคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้น โดยการเติมวัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น Oilseed flour ต่าง ๆ, พืชประเภทถั่ว และพืชผักทั้งหลาย เพื่อให้เป็นที่ดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ. ถั่วต่าง ๆ ที่ใช้ได้แก่ ถั่วเหลือง, ถั่วลิสง, ถั่วเขียว, เมล็ดฝ้าย และอื่น ๆ. Daniels (1970)ได้กล่าวถึงการใช้ถั่วเหลืองบดผสมกับธัญญพืชว่า สามารถใช้ถั่วเหลืองผสมได้มากกว่า 10% ของน้ำหนักทั้งหมด. ถั่วเหลืองที่ใช้นี้ใช้ในรูปของ Raw ground full fat soybean. น้ำมันและสารอื่น ๆ ในถั่วเหลืองมีคุณสมบัติของการเป็น Binding agent ที่ดี จึงทำหน้าที่เป็น Binder ให้กับธัญญพืช. ถั่วเหลืองที่ใช้นี้จะอยู่ในลักษณะสุกหรือดิบก็ได้. ในกรณีที่ใช้ในลักษณะสุกนั้น อุณหภูมิที่ทำให้ถั่วเหลืองสุก ไม่ควรเกิน 132° C ที่ความชื้น 8%, เพื่อไม่ให้คุณค่าอาหารของถั่วเสียไป. อุณหภูมิและความชื้นขนาดนี้ จะทำให้ถั่วมีคุณสมบัติการกระจายตัวของโปรตีน (Protein dispersibility) ดีด้วย. นอกจากนี้สารจำพวก Trypsin inhibitor และอื่น ๆ ก็จะถูกทำลายไป.

วิจารณ์และสรุปผล

อาหารปรุงจากธัญพืช ได้รับความสนใจจากผู้ซื้ออย่างแพร่หลายในต่างประเทศ. เนื่องจากภาวะต่าง ๆ ในปัจจุบัน ทำให้แม่บ้านโดยทั่วไปต้องประกอบอาชีพนอกบ้านเพื่อเลี้ยงครอบครัว จึงไม่มีเวลาพอที่จะเตรียมอาหารทุกมื้อให้สมาชิกในครอบครัว. อาหารเช้าเป็นปัญหาใหญ่ของเกือบทุกครอบครัว. เนื่องจากเวลาในการเตรียมอาหารเช้ามีจำกัด แม่บ้านจึงให้ความสนใจอาหารประเภทที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและสะดวกในการเตรียม. ผู้ผลิตเน้นหนักถึงการผลิตอาหารประเภท Breakfast cereals ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง, ราคาถูก, มีสีสรร รูปร่างลักษณะและรสชาดเป็นที่ต้องตาเด็ก ๆ และสะดวกในการเตรียม. นอกจากนี้ ผู้ผลิตยังต้องอาศัยหลักการโฆษณาที่จะชักจูงใจให้ผู้ซื้อสนใจ เพราะการขายอาหารประเภทนี้ในต่างประเทศมีการแข่งขันกันมาก. ในสหรัฐอเมริกา, อาหารประเภทนี้มีวางขายอย่างแพร่หลาย โดยใช้ชื่อสินค้าง่าย ๆ และมีความหมายเช่น Krisp-Krisp, Country morning cereals, Instant ceres เป็นต้น. นอกจากนี้ ผู้ผลิตบางรายยังผลิตอาหารประเภทนี้ในรูปของอาหารเด็กเช่น Pablum จากแคนาดา และ Muesli จากยุโรป, เป็นต้น. ผู้ผลิตเน้นหนักในทางเสริมคุณค่าทางอาหารสำหรับเด็ก และรักจูงความสนใจของผู้ซื้อโดยเติมผลไม้ต่าง ๆ เช่น ลูกพรุน, ลูกเกด, แอปเปิ้ลแห้ง ฯลฯ และเสริมแต่งด้วยวิตามินและเกลือแร่ต่าง ๆ.

สำหรับประเทศไทยนั้น คนไทยยังคุ้นเคยต่อการรับประทานอาหารในลักษณะที่เคยกระทำกันมา, ประกอบกับครอบครัวคนไทยส่วนใหญ่มีแม่ครัวช่วยเตรียมอาหารให้สมาชิกในครอบครัวได้ครบทุกมื้อ. อาหารปรุงจากธัญพืชที่จะใช้แทนอาหารเช้า จึงยังมีความจำเป็นน้อยอยู่ในปัจจุบัน. แต่ในอนาคตอันใกล้ ซึ่งคาดกันว่าสภาวะแวดล้อมจะบังคับให้ทั้งพ่อบ้านและแม่บ้านต้องประกอบอาชีพเลี้ยงครอบครัวมากขึ้น, แนวโน้มที่จะใช้อาหารประเภทที่ให้ความสะดวกจึงมีสูงขึ้น. จากเหตุผลดังกล่าว ย่อมคาดคะเนได้ว่า อาหารปรุงจากธัญพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ก็จะได้รับความสนใจจากคนไทยมากยิ่งขึ้น.

จากเทคนิคและกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตอาหารปรุงจากธัญพืช ซึ่งศึกษาและค้นคว้าได้จากหนังสือนี้ จะเป็นแนวทางที่จะผลิตอาหารประเภทนี้จากวัตถุดิบภายในประเทศที่มีอยู่

อย่างมากมายได้ต่อไป. นอกจากนี้ สถิติการเพาะปลูกธัญญพืช เช่น ข้าว, ข้าวโพด, ข้าวฟ่าง ฯลฯ, พืชน้ำมัน และพืชประเภทถั่ว เช่น ถั่วเหลือง, ถั่วเขียว, มะพร้าว ฯลฯ ก็มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย. อาหารปรุงจากธัญญพืชที่ได้รับการปรุงแต่งที่ดี จะมีคุณค่าอาหารไม่ด้อยไปกว่าเนื้อสัตว์, นม, และไข่. กรรมวิธีการผลิตอาหารประเภทนี้จะต้องสะอาดและถูกสุขลักษณะอนามัยด้วย. นอกจากนี้ ผู้ผลิตควรจะคำนึงถึงการเสริมแต่งคุณค่าทางอาหารของอาหารประเภทนี้ โดยใช้พืชพันธุ์ที่มีอยู่ เช่น ผลไม้ต่าง ๆ, ถั่วต่าง ๆ แทนการใช้สารสังเคราะห์ซึ่งต้องสั่งจากต่างประเทศอีกด้วย. กล่าวสรุปได้ว่า การเตรียมอาหารปรุงจากธัญญพืชจะได้รับความสนใจจากผู้ผลิตในเมืองไทยมากขึ้นในอนาคตอันใกล้.

สำหรับกรรมวิธีและเทคนิคในการเตรียมอาหารประเภทนี้ อาจจะดัดแปลง, แก้ไข, หรือปรับปรุงได้ไม่ยากนัก เพียงแต่ต้องการเวลา, ผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางด้านนี้, ตลอดจนผู้ลงทุนเท่านั้น; ส่วนเรื่องวัตถุดิบนั้นไม่เป็นปัญหาสำคัญ. ผลดีที่จะได้จากการผลิตอาหารประเภทนี้ต่อประเทศชาติคือ จะทำให้การสั่งอาหารสำเร็จรูปประเภทนี้จากต่างประเทศลดลง, และเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมการใช้วัตถุดิบภายในประเทศมากขึ้นอีกด้วย.

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร (2517). - สถิติการสั่งเข้า-ส่งออก ประจำปี. (กรุงเทพฯ.)

กองเศรษฐกิจการเกษตรและธนาคารแห่งประเทศไทย (2519). - สถิติการเกษตรของประเทศไทย. ปีเพาะปลูก 2517/2518. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 41.

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 3 (2518). - สถิติการเกษตร. (กรุงเทพ ฯ.)

ALTSCHUL, A.M. (1968). - Low-cost foods: fortified cereals and protein beverages. Presented at the joint national meetings of the American Society of Cereal Chemists and the American Oil Chemists' Society, Washington D.C., April 1968.

CLAUSI, A.S., VOLLINK, W.L., and MICHAEL, E.W. (1964). - U.S. Patent 3, 121, 637.

CLAUSI, A.S., VOLLINK, W.L., and MICHAEL, E.W. (1965). - Canadian Patent 722, 598.

CLAUSI, A.S., VOLLINK, W.L., and MICHAEL, E.E. (1967). - U.S. Patent 3,318, 705.

DANIELS, R. (1970). - "Modern Breakfast Cereal Processes." p. 2-15 (Noyes Data Corporation: Park Ridge, New Jersey.)

HRESCHAK, B. (1965). - U.S. Patent 3, 241. 978.

LEONARD, W.H. and MARTIN, J.H. (1963). - "Cereal Crops." p. 129,275, 447,605. (The Macmillan Company: New York.)

MATTERN, P.J. (1969). - New approaches to amino acid and vitamin improvement of cereal products: protein improvement by breeding. In: Milner, M., ed. "Protein-Enriched Cereal Foods for World Needs." p. 234. (The American Association of Cereal Chemists: St. Paul, Minnesota.)

MOTTERN, H.H., SPADARO, J.J., and GALLO, A.S. (1969). - Cooking-extrusion-expansion of rice. Fd Techol. 23: 169.

NELSON, A.I., WEI, L.S., and STEINBERG, M.P. (1971). - "Food Products from Whole Soybean."(Soybean Digest: Hudson, Iowa.)

REINHART, R.D. and STEPHENSON, R.W. (1969). - U.S. Patent 3, 458, 301.

SCRIMSHAW, N.S. (1969). - Foreword. In: Milner, M. ed. "Protein-Enriched Cereal Foods for World Needs." p. vii. (The American Association of Cereal Chemists: St. Paul, Minnesota.)

SIEGEL, A. and FAWCETT, B. (1976). - "Food Legume Processing and Utilization: with Special Emphasis on Applicaiton in Developing Countries." p. 5, 33, 55. (International Development Research Centre: Ottawa, Canada.)

STICKLEY, E.S. and GRIFFITH, E. (1976). - Canadian Patent 773, 978.

TSUCHIYA, T. and PERTTULA, H.V. (1965). - U.S. Patent 3, 464, 827.

VANETTEN, C.H., KWOLEK, W.F., PETERS, J.E. and BARCLAY, A.S. (1976). - Plant seeds as protein sources for food or feed: evaluation based on amino acid composition of 379 species. Agric. Fd Chem. 15 (6): 1077.

WICKIZER, V.D. and BENNETT, M.K. (1941). - The rice economy of Monsoon Asia. Standford University Food Research Institute.