

บทที่ 2

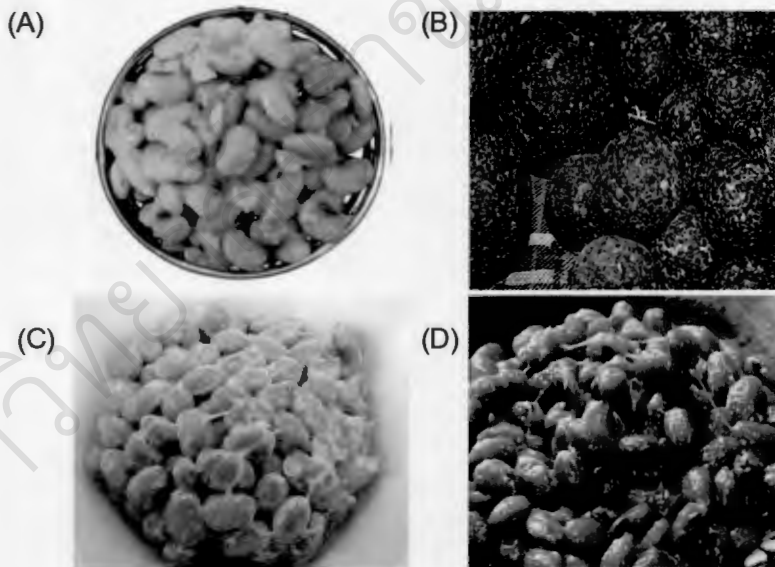
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลืองหมัก

ถั่วเหลืองหมักแบ่งตามประเภทของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้หมักได้เป็น 2 ประเภท (Teng, Lin, & Hsieh, 2004) ได้แก่

1. ถั่วเหลืองหมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ อิโทฮิกินัตโตะ (*Itohiki Natto* หรือ *Natto*) ของญี่ปุ่น ดาวาดาวา (*Dawadawa*) หรืออิรุ (*Iru*) ของไนจีเรีย คินีมา (*Kinema*) ของประเทศเนปาลและอินเดีย จุงคุกแจง (*Chungkukjang*) ของเกาหลี และถั่วเน่า (*Thua Nao*) ของไทย แสดงลักษณะถั่วเหลืองหมักแบบต่างๆ ในภาพ 1

2. ถั่วเหลืองหมักโดยใช้เชื้อรา ได้แก่ ฮานานัตโตะ (*Hama Natto*) โดชิ (*Douche*) มิโอะ (*Miso*) และเทมเป้ (*Tempeh*)

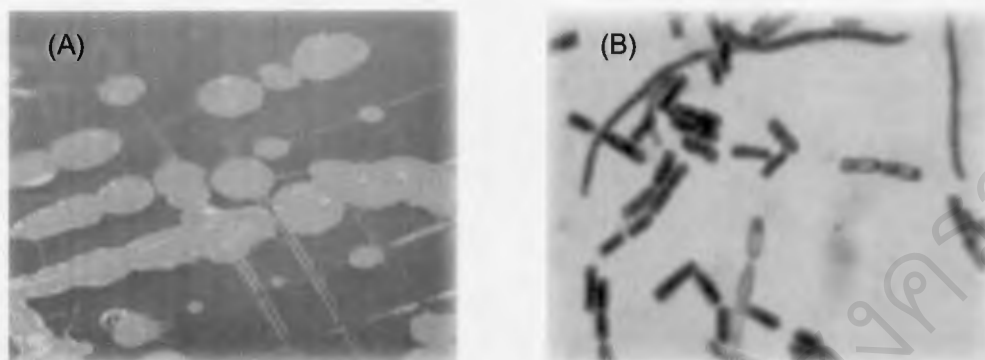


ภาพ 1 ลักษณะของถั่วเหลืองหมักของไทย (A) ดาวาดาวา (B) นัตโตะ (C) และ จุงคุกแจง (D)

ที่มา : Teng, Lin, & Hsieh (2004)

แบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักถั่วเหลืองคือ *B. subtilis* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อนขนาดกว้าง 0.7 - 0.8 ไมโครเมตร และยาว 2 - 3 ไมโครเมตร ลักษณะ

โคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะกลม หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน มีผิวขุ่นและด้าน สีครีม จนถึงสีน้ำตาล (ภาพ 2) ต้องการอากาศในการเจริญ พบได้ทั่วไปในฟางข้าวและเมล็ดธัญพืช



ภาพ 2 ลักษณะโคโลนี (A) และรูปร่างเซลล์ (B) ของแบคทีเรีย *B. subtilis*

ที่มา : เกตุการ ดาจันทา, ชวชชัย ศุภวิทิตพัฒนา, ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, อุทัยวรรณ ฉัตรธง และเอกชัย ชูเกียรติโรจน์ (2555)

การบริโภคถั่วเหลืองหมักในประเทศต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกัน เช่น ใช้เป็นเครื่องปรุงรสหรือบริโภคกับข้าวโดยตรง แสดงความแตกต่างในการบริโภคถั่วเหลืองหมักในตาราง 1

ตาราง 1 การบริโภคถั่วเหลืองหมักในประเทศต่างๆ

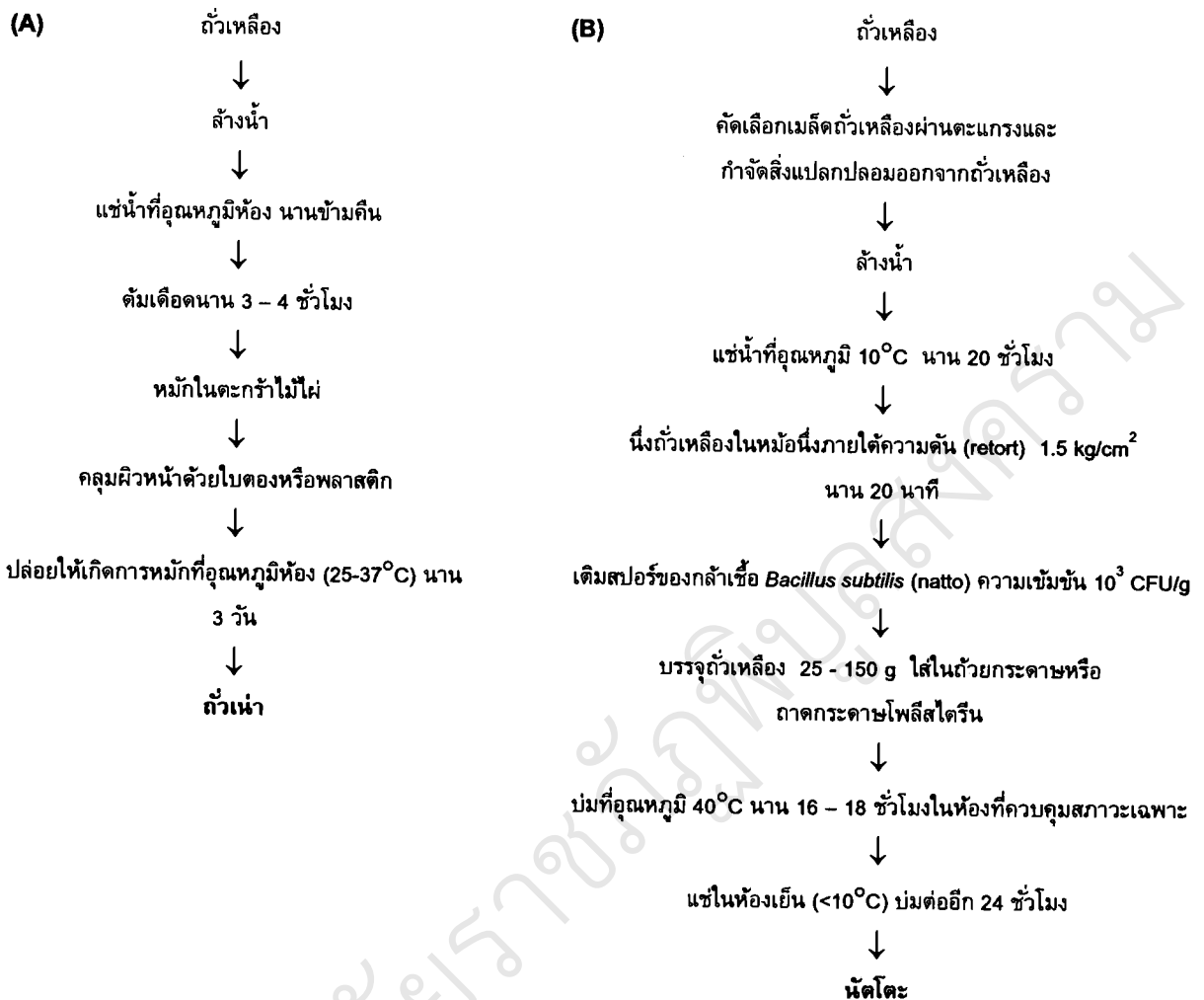
ถั่วเหลืองหมัก	ประเทศ	ลักษณะการบริโภค	เอกสารอ้างอิง
ถั่วเน่า	ไทย	- เครื่องปรุงรสในอาหารพื้นเมือง - ห่อหมกถั่วเน่าผสมกับเกลือ พริก ตะไคร้ หอมแดง และกระเทียม กิน กับข้าวเหนียว	Sundhagul, Smanmathuroj & Bhodacharoen (1972)
นัตโตะ	ญี่ปุ่น	- บริโภคกับข้าวโดยตรง - เครื่องปรุงรสในอาหารพื้นเมือง เช่น ซุป มิโซะ และซูชิ - บริโภคเป็นเครื่องเคียงเครื่องดื่ม เช่น สาเก และชา - ผสมเครื่องปรุงรสอื่น เช่น มิโซะ เกลือ น้ำตาล กระเทียมและทำการหมักนาน 2- 3 วัน รับประทานเป็นอาหารหลัก	Kiuchi & Watanabe (2004)

ตาราง 1 (ต่อ)

ถั่วเหลืองหมัก	ประเทศ	ลักษณะการบริโภค	เอกสารอ้างอิง
คินีมา	อินเดีย	ทอดคินีมาในน้ำมัน 3-5 นาที และเติมมะเขือเทศ หอมแดง เครื่องเทศ เกลือ และน้ำเล็กน้อย	Tamang, Sarkar, & Hesseltine (1988); Nout, Bakshi, & Sarkar (1998)
ดาวาดาวา	ไนจีเรียและกานา	เครื่องปรุงรสในอาหารพื้นเมือง	Omafuvbe, Abiose, & Shonukan (2002)
จุงคุดแจง	เกาหลี	เครื่องปรุงรสในอาหารพื้นเมือง	Kwak, Lee, & Park (2007)

ที่มา : Dajanta (2010)

กระบวนการผลิตถั่วเน่า คินีมา และดาวาดาวามีลักษณะใกล้เคียงกัน เป็นการหมักถั่วเหลืองต้มสุกในภาชนะที่ทำได้ในแต่ละพื้นที่ ปกคลุมผิวหน้าถั่วเหลืองด้วยไบโตะงหรือไบฟิซชนิดอื่น ปล่อยให้เกิดการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ในธรรมชาติเป็นระยะเวลา 2-3 วัน จนได้ถั่วเหลืองหมักที่มีกลิ่นเหม็นของแอมโมเนีย สี และรสชาติเฉพาะตัว คุณภาพของถั่วเหลืองหมักที่ได้ไม่สม่ำเสมอ บางครั้งอาจมีการเน่าเสียและมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งแตกต่างกับนัตโตะที่เป็นการหมักถั่วเหลืองด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์ *B. subtilis* สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาอย่างเฉพาะ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นและรสชาติที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลก แสดงแผนผังกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันของถั่วเน่าและนัตโตะในภาพ 3



ภาพ 3 แผนผังการผลิตถั่วเน่า (A) และนัตโตะ (B)

ที่มา: Chukeatirote et al. (2006); Hosoi & Kiuchi (2003)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองหมัก

ถั่วเหลืองหมักจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก นอกจากใช้เป็นอาหารเสริมรสชาติแล้วยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงหลายประเภท ดังนี้

2.2.1 กรดอะมิโนอิสระ (free amino acids)

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีราคาถูก ถั่วเหลืองสายพันธุ์การค้าของไทย เช่น เชียงใหม่ 60 มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 39 ขององค์ประกอบทั้งหมด (Dajanta, 2010) ถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักเป็นแหล่งของกรดอะมิโนอิสระที่ร่างกายสามารถดูดซึมและย่อยสลายได้ง่าย เนื่องจากโปรตีนในถั่วเหลืองจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสที่เชื้อแบคทีเรียสร้างขึ้นในระหว่างการหมัก นอกจากนี้ยังช่วยให้ถั่วเหลืองหมักมีรสชาติอร่อยคล้ายกับผงชูรสซึ่งเป็น

รสชาติของกรดอะมิโนอิสระกลูตามิกและแอสปาทิก (Tseng, Lee, Li, & Mau, 2005) จากรายงานของ Dajanta, Apichartsrangkoon, Chukeatirote, & Frazier (2011) พบว่า ถั่วเน่าที่หมักด้วยยีสต์เชื้อบริสุทธิ์ *B. subtilis* strain TN51 มีกรดอะมิโนอิสระทั้งหมดมากกว่า ถั่วเน่าที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติถึง 2 เท่า กรดอะมิโนอิสระในถั่วเหลืองหมักมีประโยชน์ต่อร่างกายในด้านการรักษาโรคหลายชนิด เช่น ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDL และ ไตรกลีเซอไรด์ในเลือด จึงเป็นการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งมักเป็นโรคแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ (Hermansen, Sondergaard, Hoie, Carstensen, & Brock, 2001) ชนิดของกรดอะมิโนอิสระในถั่วเหลืองหมักแตกต่างกันขึ้นกับกระบวนการหมัก สายพันธุ์ของถั่วเหลืองและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนอิสระใน ถั่วเน่าและถั่วเหลืองหมักของต่างประเทศในตาราง 2

ตาราง 2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนอิสระในถั่วเน่าและถั่วเหลืองหมักของต่างประเทศ

กรดอะมิโนอิสระ	ถั่วเน่า ¹	คินิมา ²	ดาวาคาวา ³	จุงคุดแจง ⁴	นัตโตะ ⁵
Ala	0.12 - 4.44	4.73	0.12	0.40	0.66
Arg	0.10 - 0.52	0.22	0.15	1.02	0.17
Asp	0.22 - 1.53	6.25	0.15	0.50	0.84
Cys	0.10 - 8.62	<0.01	0.03	0.51	0.00
Glu	1.13 - 6.11	21.06	0.12	4.58	4.12
Gly	0.25 - 1.07	5.08	0.11	0.51	0.72
His	0.29 - 1.76	4.25	0.07	1.07	1.70
Ile	0.12 - 1.69	6.22	0.12	3.62	2.10
Leu	0.27 - 3.70	9.50	0.22	7.73	4.56
Lys	0.35 - 4.40	8.23	0.18	1.30	3.24
Met	0.13 - 0.63	3.15	0.03	1.43	1.24
Phe	1.01 - 3.56	11.82	0.14	5.74	5.26
Pro	0.00 - 3.24	3.54	0.15	0.12	0.30
Ser	0.05 - 0.70	3.24	0.15	1.49	0.44
Thr	0.08 - 0.55	2.79	0.11	0.06	0.62
Tyr	0.42 - 2.19	4.86	0.09	1.88	3.77
Trp	3.92 - 21.30	<0.01	0.03	-	-
Val	0.26 - 2.47	7.05	0.13	-	2.19

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงในหน่วย กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง; (-), ไม่ระบุข้อมูล

ที่มา : ¹Dajanta, Chukeatirote, & Apichartsrangkoon (2011); ²Sarkar, Jones, Craven, Somerset, & Palmer (1997);

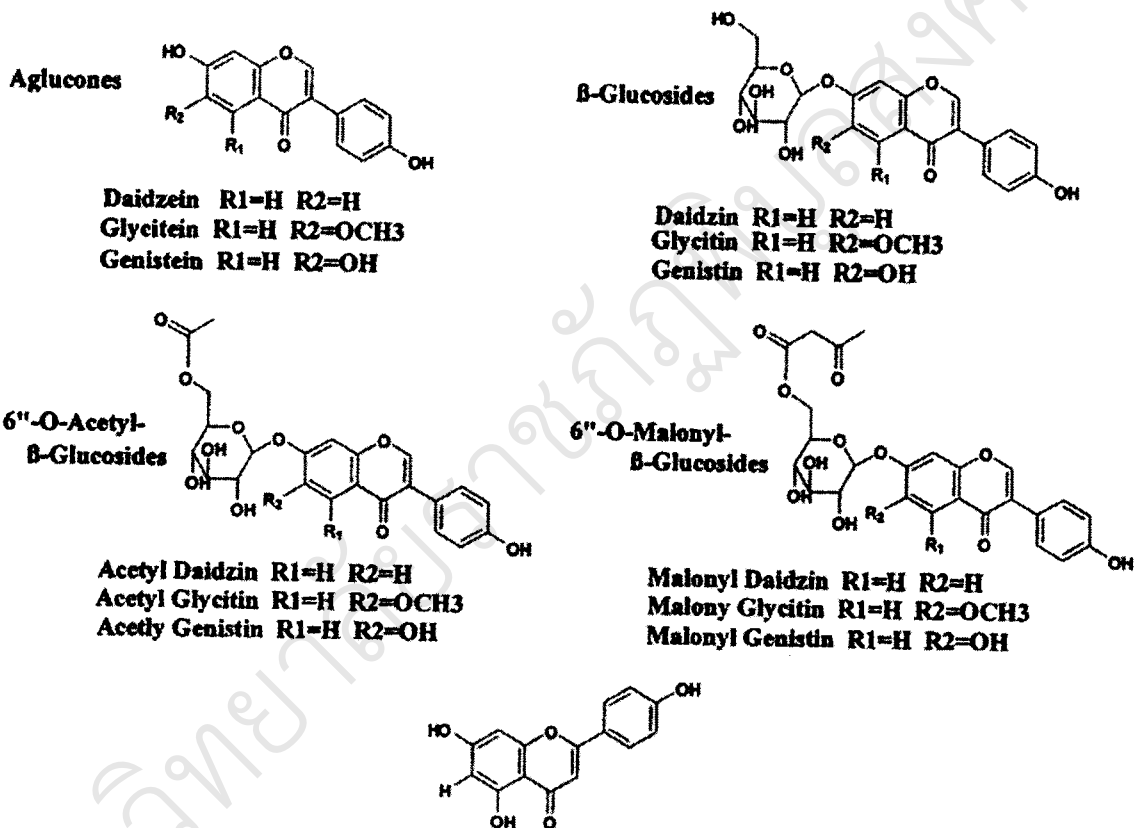
³Dakwa, Sakyi-Dawson, Diako, Annan, & Amoa-Awua (2005); ⁴Lee, Park, Jung, Park, & Kim (2005); ⁵Nikkuni et al.

(1995)

2.2.2 ไอโซฟลาโวน (isoflavone)

ไอโซฟลาโวน (ภาพ 4) เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในถั่วเหลืองพบไอโซฟลาโวน 12 อนุพันธ์ โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 อนุพันธ์ คือ

- (1) acetyl glycoside ได้แก่ acetyldaidzin, acetylgenistin และ acetylglycintin
- (2) aglycone ได้แก่ daidzein, genistein และ glycitein
- (3) glycoside ได้แก่ daidzin, genistin และ glycitin
- (4) malonyl glycoside ได้แก่ malonyl daidzin, malonyl genistin และ malonyl



ภาพ 4 สูตรโครงสร้างของไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง

ที่มา: Griffith & Collisn (2001)

ไอโซฟลาโวน มีโครงสร้างและการออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนของเพศหญิง สามารถใช้ทดแทนการขาดหรือน้อยลงของฮอร์โมนเอสโตรเจน (phytoestrogen) ได้ในหญิงวัยหมดประจำเดือน (Setchell, 1998) มีรายงานวิจัยหลายฉบับเสนอแนะว่าการบริโภคสารไอโซฟลาโวนในปริมาณ 100 มิลลิกรัม ต่อวันช่วยลดภาวะไม่พึงประสงค์ของวัยหมด

ประจำเดือนได้ (Makela, Pylkkänen, Santti, & Adlercreutz, 1995; Eden, 1998; Kim et al., 2006) ซึ่งประเทศไทยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ไอโซฟลาโวนในรูปของอาหารเสริมในราคาที่แพงถึงกิโลกรัมละ 30,000 บาท การรับประทาน genistein ในปริมาณ 54 มิลลิกรัมต่อวันติดต่อกันนาน 6-12 เดือนจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงและมีมวลกระดูกเพิ่มขึ้น (Morabito, Crisafulli, & Vergara, 2002; Crisafulli, Altavilla, & Marini, 2005) นอกจากนี้ยังมีรายงานที่บ่งชี้ว่าไอโซฟลาโวนช่วยป้องกันโรคมะเร็ง (Jung, Park, & Park, 2006) โรคเบาหวาน (Liu et al., 2006) ลดคอเลสเตอรอลในเลือด (Park, Jung, Rhee, & Choi, 2003) ป้องกันการเกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์ (Park, Jung, Rhee, & Choi, 2003) และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Georgetti, Vicentini, Yokoyama, Borin, & Spadaro, 2009; Dajanta, Apichartsrangkoon, & Chukeatirote, 2011b) สารไอโซฟลาโวนในกลุ่ม aglycone เป็นอนุพันธ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด โดยร่างกายสามารถดูดซึมได้ในปริมาณมากและรวดเร็วกว่าอนุพันธ์อื่นๆ มักพบในถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักมากกว่าถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก เช่น นัตโตะ (Wei, Chen, & Chen, 2008) และจังก์แจง (Kwak, Lee, & Park, 2007) จากผลงานวิจัยของ Dajanta, Chukeatirote, Apichartsrangkoon, & Frazier (2009) พบว่าถั่วเน่าที่หมักด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์ *B. subtilis* TN51 ช่วยเพิ่มปริมาณของสารไอโซฟลาโวนในกลุ่ม aglycone มากกว่าร้อยละ 300 เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักและเพิ่มสารไอโซฟลาโวนทั้งหมดมากกว่าถั่วเน่าที่หมักด้วยวิธีดั้งเดิมถึง 2 เท่า

2.2.3 สารประกอบฟีนอลและการต้านออกซิเดชัน

ถั่วเหลืองหมักได้รับการยอมรับว่าเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลและสารไอโซฟลาโวน มีรายงานการตรวจพบสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในถั่วเหลืองหมักมากกว่าถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก แสดงชนิดของสารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในถั่วเน่าและถั่วเหลืองหมักชนิดอื่นๆ ในตาราง 3

ตาราง 3 คุณภาพการต้านออกซิเดชันของถั่วเน่าและถั่วเหลืองหมักชนิดอื่น

ถั่วเหลืองหมัก	จุลินทรีย์ที่หมัก	ชนิดของสารสกัด	สารต้านออกซิเดชัน	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน
ถั่วเน่า ¹	<i>B. subtilis</i> TN51	เมทานอล	ไอโซฟลาโวนและสารประกอบฟีนอลิก	anti-DPPH radicals, total antioxidant
จุงคุดแจง ²	<i>Bacillus</i> species	เอทานอล	ไอโซฟลาโวนและสารประกอบฟีนอลิก	anti-DPPH radicals, LDL oxidation
คินีมา ³	<i>B. subtilis</i> DK-W1	เมทานอล	สารประกอบฟีนอลิก	- anti-DPPH radicals, metal chelator, LPIA
โคชิ ⁴	<i>Aspergillus oryzae</i>	น้ำ	ไอโซฟลาโวนและโปรตีนสายสั้น	50% inhibition of DPPH

หมายเหตุ : LDL = low density lipoprotein; LPIA = lipid peroxidation inhibition activity

ที่มา : ¹Dajanta, Apichartsrangkoon, & Chukeatirote (2011b); ²Kim, Song, Kwon, Kim, & Heo (2008); ³Moktan et al. (2008); ⁴Wang et al. (2008)

2.3 การหมักถั่วเหลืองด้วยกล้ำเชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์

กระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักพื้นเมืองมักเป็นการผลิตแบบพื้นบ้าน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ มีกลิ่นเหม็นของแอมโมเนีย บางครั้งอาจมีการเน่าเสียและมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรค มีรายงานการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคและสาเหตุการเน่าเสียหลายชนิด ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *S. epidermidis*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas aeruginosa*, Enterobacteriaceae, coliforms และ *Escherichia coli* ในดาวาดาวา (ถั่วเหลืองหมักของไนจีเรีย) คินีมา (ถั่วเหลืองหมักของอินเดียและเนปาล) และถั่วเหลืองหมักของไทยที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านดั้งเดิม (Jideani & Okeke, 1991; Nout, Bakshi, & Sarkar, 1998; Dike & Odunfa, 2003; Leejeerajumnean, 2003) จากปัญหาทางด้านสุขลักษณะดังกล่าวทำให้ในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยได้มีการวิจัยคัดเลือกกล้ำเชื้อที่เหมาะสมและนำมาพัฒนายกระดับกระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการผลิตคินีมา ดาวาดาวา และจุงคุดแจง (Tamang, Sarkar, & Hesseltine, 1988; Sarkar & Tamang, 1995; Tamang & Nikkuni, 1996; Omafuvbe, Abiose, & Shonukan, 2002; Lee, Park, Jung, Park, & Kim, 2005; Omafuvbe, 2008) การใช้กล้ำเชื้อบริสุทธิ์ในการหมักถั่วเหลืองช่วยเพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิดรวมทั้งการยอมรับของผู้บริโภคจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส สำหรับถั่วเน่าได้มีการศึกษานำกล้ำเชื้อบริสุทธิ์ *B. subtilis* TN51 มาใช้ในกระบวนการผลิตถั่วเน่าซึ่งพบว่าถั่วเน่าที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์มีคุณภาพที่ดีกว่าถั่วเน่าที่ผลิตจากวิธีดั้งเดิมทั้งทางเคมีกายภาพ การยอมรับจากผู้บริโภคจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส และสารอาหาร

ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Dajanta, Apichartsrangkoon, Chukeatirote, & Frazier, 2011; Dajanta, Apichartsrangkoon, & Chukeatirote, 2011a)

2.4 การผลิตผงกล้าเชื้อ

ในปัจจุบันการผลิตผงกล้าเชื้อ *B. subtilis* ในเชิงการค้าสำหรับการผลิตถั่วเหลืองหมักก็มีเพียงผงกล้าเชื้อสำหรับผลิตนัตโตะเท่านั้น และเทคโนโลยีการผลิตยังเป็นคงเป็นความลับในเชิงการค้า ผงกล้าเชื้อสำหรับผลิตนัตโตะเตรียมจากสปอร์ของเชื้อ *B. subtilis* สายพันธุ์ที่คัดแยกมาโดยเฉพาะ เนื่องจากมีความทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีและมีปริมาณเชื้ออยู่ประมาณ 10^8 สปอร์/กรัม การใช้ผงกล้าเชื้อเพิ่มความสะดวกต่อการใช้งานมากเพียงละลายผงกล้าเชื้อในน้ำต้มสุกและคลุกกับถั่วเหลืองต้มสุกทำให้ได้นัตโตะที่มีคุณภาพและปลอดภัย ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมของการหมักนัตโตะคือ 10^3 - 10^4 สปอร์/กรัม ดังนั้นผงเชื้อเพียง 1 กรัมสามารถใช้หมักถั่วเหลืองได้มากถึง 1 กิโลกรัม (Teng, Lin, & Hsieh, 2004) สำหรับการผลิตผงกล้าเชื้อสำเร็จรูปสำหรับหมักถั่วเน่าของไทยยังไม่มีรายงาน รวมถึงยังไม่มีการผลิตถั่วเน่าด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนากระบวนการผลิตผงกล้าเชื้อสำหรับหมักถั่วเน่าโดยใช้เชื้อ *B. subtilis* TN51

มีรายงานการผลิตกล้าเชื้อผงสำหรับกระบวนการผลิตอาหารหมักพื้นบ้านหลายชนิด เช่น ผงกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกสำหรับการผลิตหน่อไม้เปรี้ยว (วรรณทิชา ลากศิริ และ ศรีเวียง ทิพกานนท์, 2539) ผงกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกสำหรับการผลิตปลาสาม (ชุตินุช สุจริต, 2543) เป็นต้น ซึ่งกระบวนการผลิตผงกล้าเชื้อมีหลายวิธี เช่น วิธีการพ่นฝอย การใช้สารพวย และการทำแห้งด้วยวิธีการแช่แข็งแบบระเหิด การผลิตผงกล้าเชื้อด้วยวิธีการใช้สารพวยเป็นวิธีการที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือขั้นสูงที่มีราคาแพง เช่นเดียวกับวิธีการพ่นฝอยและการทำแห้งด้วยวิธีการแช่แข็งแบบระเหิด ซึ่งต้องใช้เครื่อง spray dryer และ freeze-dryer ตามลำดับ จากรายงานของชุตินุช สุจริต (2543) ที่ได้ศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสารพวยกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกสำหรับผลิตปลาสาม โดยการผันแปรชนิดของแป้ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และ แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวเหนียว พบว่าแป้งทั้ง 3 ชนิดสามารถใช้เป็นสารพวยที่ดีทำให้เชื้อแบคทีเรียแลคติกมีอัตราการรอดที่สูง นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาผงกล้าเชื้อในถุงโพลีเอทิลีน และถุงโพลีเอทิลีนฉาบอลูมิเนียมฟอยล์ช่วยรักษาอัตราการรอดของเชื้อไว้ได้นาน 20 วันในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และจากการศึกษาของเพิ่มพงษ์ ศรีประเสริฐ (2524) พบว่า การกระตุ้นให้เชื้อแบคทีเรียแลคติกเจริญในสภาพ solid state ให้เหมาะสมก่อนการทำให้เป็นผงแห้งด้วยการเติมสารพวยช่วยให้ได้ผงกล้าเชื้อที่มีคุณภาพและสามารถเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 3 เดือน

2.5 องค์ประกอบของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วย anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ glucosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่หนึ่งทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่อัลดีไฮด์ เรียกว่า reducing end group แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (แอมิโลส) และ พอลิเมอร์เชิงกิ่ง (แอมิโลเพกติน) โดยวางตัวในแนวรัศมี ซึ่งแป้งจากแหล่งต่างกันจะมีอัตราส่วนของแอมิโลสและแอมิโลเพกตินแตกต่างกัน ให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยองค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

2.5.1 แป้งสาลี

ข้าวสาลี (wheat) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Triticum* spp. มีปลูกตั้งแต่สมัยโบราณ ในประเทศอิหร่าน อียิปต์ กรีซ และประเทศในทวีปยุโรป ต่อมาได้ขยายพื้นที่ไปตามส่วนต่างๆ ของโลก ข้าวสาลีที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ที่ใช้ทำขนมปัง (*T. aestivum*) พันธุ์ที่ใช้ทำมักกะโรนี (*T. durum*) และพันธุ์ที่ใช้ทำขนมเค้ก (*T. compactum*) เนื่องจากสภาพอากาศและพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม แป้งข้าวสาลีจึงไม่เป็นที่นิยมปลูกในประเทศไทย ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องนำเข้าข้าวสาลีหรือแป้งสาลีจากต่างประเทศในยุคอียิปต์โบราณได้มีการนำแป้งจากข้าวสาลีมาใช้เคลือบผ้าลินินให้แข็งเพื่อใช้สำหรับห่อมัมมี่ ในปัจจุบันได้มีการนำแป้งสาลีมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ในด้านการซักกรีด ได้ใช้แป้งสาลีในการเคลือบผ้าให้อยู่ทรง โดยอาศัยความแตกต่างของเม็ดแป้ง เม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กจะเข้าไปในช่องว่างระหว่างเส้นใยของเนื้อผ้า ส่วนเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเคลือบผิวหน้าผ้า ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง แป้งสาลีใช้เป็นส่วนผสมอย่างหนึ่งเนื่องจากมีสีขาวบริสุทธิ์และเป็นองค์ประกอบในการขึ้นรูปเม็ดยา สำหรับอุตสาหกรรมอาหารได้มีการนำแป้งสาลีมาใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการเป็นเจลที่อุณหภูมิต่ำ และการเกิดกลูเตนในก้อนโดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแป้งสาลีที่สามารถกักเก็บอากาศไว้ได้และให้ความพองตัวในผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบ ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ เค้ก ขนมปัง เป็นต้น แป้งสาลียังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งแปรรูปต่างๆ เช่น ไดอัลดีไฮด์สตาร์ช (dialdehyde starch) สตาร์ชแซนไทด์ (starch xanthide) และวัตถุดิบในการหมักกรดอินทรีย์อีกมากมาย นอกจากนี้ยังมีการใช้งานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การผลิตกาวติด wallpaper เป็นต้น องค์ประกอบต่างๆ ในเมล็ดข้าวสาลี แสดงในตาราง 4 (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

ตาราง 4 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวสาลี

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	14
แป้ง	64
โปรตีน	12.5
ไขมัน	1.65
เยื่อใย	2.5
เถ้า	1.75
น้ำตาลและกัม	3.6

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2546)

แป้งสาลีมีองค์ประกอบของไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของโปรตีนกับเพนโทแซน ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายได้ในน้ำ มีผลต่อคุณลักษณะการยืดหยุ่นของกลูเตน (gluten) และการอุ้มก๊าซในการอบ โปรตีนชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในแป้งสาลีมีความสำคัญทั้งในด้านคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะในส่วนของไกลอะตินและกลูเตนินที่รวมตัวกันเป็นกลูเตน นอกจากนี้โปรตีนบางชนิดยังมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในขนมปัง

2.5.2 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวที่สำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยมีหลายชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวฟ่าง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวหอมมะลิ เป็นต้น

แป้งข้าวเจ้า หมายถึง แป้งที่ได้จากข้าวเจ้าขาว ซึ่งข้าวเจ้าขาวหมายถึง ข้าวที่เป็นเมล็ดเต็ม ข้าวหักหรือปลายข้าว ที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเจ้ามีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. แป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการทำขนมไทย และอาหารขบเคี้ยวโดยใช้เป็นส่วนประกอบหลักในตัวผลิตภัณฑ์ ขนมหลายชนิดที่ทำจากแป้งจะมีลักษณะ หรือคุณภาพเป็นไปตามการพองตัว ความชื้นของเมล็ดแป้งเป็นสำคัญ องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวเจ้าแสดงในตาราง 5 (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

ตาราง 5 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวเจ้า

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	2
แป้ง	79.2
โปรตีน	7.0
ไขมัน	0.4
เถ้า	0.5
น้ำตาลและกัม	0.9

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ (2546)

ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าในประเทศไทยนั้น ถึงจะเป็นการไม่เปียก แต่โปรตีนและสิ่งแปลกปลอมส่วนใหญ่ยังติดอยู่กับแป้ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จึงเป็นประเภทฟลาวาร์ (rice flour) การผลิตฟลาวาร์นิยมใช้ข้าวประเภทที่มีอะมิโลสสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปประกอบอาหารจะให้ลักษณะที่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค เช่น เมื่อนำไปทอดจะให้ความกรอบแข็งหรือเมื่อนำไปนึ่ง เย็นลงจะเกิดแผ่นฟิล์ม (เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่) ส่วนข้าวหอมมะลิที่ใช้บริโภคโดยทั่วไปไม่เหมาะสมใช้ผลิตฟลาวาร์ และมีปริมาณอะมิโลสต่ำ ส่วนการผลิตแป้งสตาร์ช (rice starch) คือการสกัดเอาโปรตีนและสิ่งแปลกปลอมในแป้งฟลาวาร์ออกจนเกือบหมด ปัจจุบันในประเทศไทยเริ่มมีการผลิตแป้งสตาร์ชจากข้าวกันบ้างแล้ว (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

2.5.3 แป้งถั่วเหลือง

แป้งถั่วเหลืองได้จากการบดถั่วเหลืองไขมันเต็มหรือ ถั่วเหลืองที่แยกไขมันออกแล้วโดยกำหนดขนาดความละเอียดของแป้งถั่วเหลืองว่า แป้งถั่วเหลืองจะต้องผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 100 เมชคิดเป็นปริมาณร้อยละ 97 เป็นอย่างน้อย แป้งถั่วเหลืองแตกต่างจากแป้งสาลีโดยแป้งถั่วเหลืองไม่มีโปรตีนชนิดกลูเต็น เหมือนกับแป้งสาลี แต่มีโปรตีนโกลบูลิน (globulin) และปริมาณโปรตีนและไขมันที่มากกว่า (Smith & Circle, 1972)

แบ่งถั่วเหลืองอาจแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ได้หลายชนิดเช่น

1. แบ่งถั่วเหลืองชนิดไม่มีไขมัน (defatted soy flour) ได้จากถั่วเหลืองผ่าซีกที่แยกเปลือกและไขมันออกแล้ว ผ่านการบดให้เป็นไปตามข้อกำหนดและให้มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1
2. แบ่งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soy flour) ได้จากถั่วเหลืองแยกเปลือกผ่านขั้นตอนการบดให้ละเอียดเป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งมีปริมาณโปรตีนและไขมันตามธรรมชาติโดยปกติจะมีไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 18
3. แบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันต่ำ (low fat soy flour) ได้จากการเติมไขมันลงในแบ่งถั่วเหลืองปลอดไขมันให้ได้ปริมาณไขมันตามต้องการ โดยปกติจะให้มีไขมันประมาณร้อยละ 4.5
4. แบ่งถั่วเหลืองชนิดมีเลซิทิน (lecithinated soy flour) ได้จากการเติมเลซิทิน (lecithin) ลงในแบ่งถั่วเหลืองชนิดไม่มีไขมันให้ได้ปริมาณเลซิทินตามต้องการจนถึงประมาณร้อยละ 15 แสดงองค์ประกอบของแบ่งถั่วเหลืองชนิดต่างๆ ในตาราง 6

ตาราง 6 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองและแบ่งต่างๆ

ชนิดของแบ่ง	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เส้นใย	เถ้า
ถั่วเหลือง	42.6	20.0	11.0	5.3	5.0
แบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม	46.6	22.1	5.0	2.1	5.2
แบ่งถั่วเหลืองชนิดไม่มีไขมัน	59.0	0.9	7.0	2.6	6.4
แบ่งถั่วเหลืองชนิดมีเลซิทิน	48.6	16.4	5.5	2.2	5.3

ที่มา : Smith & Circle (1972)