บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำเสนอตามลำดับดังนี้ คือ ถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าฮวย แป้ง และกะทิ

ถั่วเหลือง (soy bean)

1. ประโยชน์ของถั่วเหลือง

1.1 ประโยชน์ทางด้านอาหาร ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนที่มีมากเกือบไม่แพ้เนื้อสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าอาหารจากอาหารส่วนที่กินได้ 100 กรัม

ประเภท	พลังงาน (Kcal)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	แคลเซียม (mg)	ฟอสฟอรัส (mg)	เหล็ก (mg)
ถั่วเหลืองดิบ	411	34.0	18.7	26.7	245	500	10.0
เต้าหู้เหลือง	148	13.5	6.7	8.5	160	230	14.0
เต้าหู้อ่อน	46	4.3	1.9	2.9	250	53	14.0
ถั่วแระต้ม	168	17.8	4.7	13.7	194	330	0.4
ไข่ไก่	160	12.3	11.7	1.4	126	204	1.6
เนื้อหมู	108	19.6	3.3	0	-	-	-
ปลาทูนึ่ง	136	24.9	4.0	0	163	640	3.0
เนื้อไก่	127	23.6	3.6	0	-	20	2.8

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2527 : 1-20

1.2 ประโยชน์ทางด้านเภสัช ถั่วเหลืองนอกจากจะมีคุณค่าทางด้านอาหารสูงแล้ว ยังพบว่า ถั่วเหลืองมีสารพฤกษเคมี (phytochemical) หลายชนิดที่ช่วยป้องกันและรักษาโรค ได้แก่ (ดัดนางค์ ทองสุข. 2542 : 212-213 และสรจักร ศิริบริรักษ์. 2542 : 105-108)

1.2.1 สารเลซิทิน (lecithin) ช่วยเสริมสร้างประสาทและบำรุงต่อมไร้ท่อ

1.2.2 สารซาโปนิน (saponins) ช่วยควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.2.3 สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส (protease inhibitors) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านมะเร็ง

1.2.4 ไอโซฟลาโวนส์ (isoflavones) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่ทำหน้าที่ช่วยป้องกันและรักษาโรคมะเร็ง และสารนี้มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเพศธรรมชาติ คือ ไฟโตเอสโตรเจน ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิง จะช่วยลดความรุนแรงของโรคกระดูกผุ ลดความรู้สึกไม่สบายตัวในระยะหมดประจำเดือน และลดอัตราเสี่ยงจากโรคมะเร็ง

2. การแปรรูปถั่วเหลืองเป็นอาหาร ถั่วเหลืองสามารถนำมารับประทานได้หลายรูปแบบ เช่น รับประทานเมล็ดอ่อนโดยการนำมาต้ม (เรียกว่า ถั่วแระ) เมล็ดแก่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด ซึ่งแบ่งตามวิธีการผลิตเป็น 2 ลักษณะ คือ (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550 : เวบไซต์)

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการหมัก (non-fermented product) มีอยู่หลายชนิด ได้แก่

2.1.1 น้ำมันถั่วเหลือง เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) อยู่ร้อยละ 80 ซึ่งมีสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอล น้ำมันถั่วเหลืองใช้ในการปรุงอาหาร ทำปลากระป๋อง เนยเทียม น้ำมันสลัด สีหมึก กลีเซอรีน และสบู่ ส่วนกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อย่างดีเนื่องจากมีโปรตีนสูง

2.1.2 น้ำนมถั่วเหลือง ที่เรียกกันทั่วไปว่า "น้ำเต้าหู้" หรือ "นมถั่วเหลือง" สามารถใช้เป็นอาหารของคนได้ทุกเพศทุกวัย ใช้เป็นอาหารเสริมดื่มแทนนมวัว แม้ว่าคุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วเหลืองอาจจะด้อยกว่านมวัวบ้างแต่ก็เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้นมวัว และยังเหมาะสำหรับสตรีวัยทองดังที่กล่าวมาแล้ว

2.1.3 เต้าหู้ เป็นอาหารพื้นเมืองของคนไทยเชื้อสายจีน สามารถทำอาหารได้หลายแบบ ราคาถูก เต้าหู้ที่มีขายในท้องตลาดมีหลายแบบ ได้แก่ เต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน เต้าหู้หลอด เต้าหู้แห้ง ฯลฯ

2.1.4 เต้าฮวย มีลักษณะคล้ายเต้าหู้อ่อน แต่เนื้อนิ่มกว่า ทำเป็นอาหารหวานรับประทานร่วมกับน้ำขิง

2.1.5 ฟองเต้าหู้ มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ นิยมใช้ประกอบอาหารประเภทแกงจืด ใช้ห่อหมูหรือกุ้งทำหอยจ๊อ

2.1.6 ถั่วงอกหัวโต เป็นอาหารผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง นอกจากคุณภาพของโปรตีนและไขมันจะเปลี่ยนแปลงไปไม่มากแล้ว ยังจะได้วิตามินซี และวิตามินเอในปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่การรับประทานถั่วงอกหัวโตจะต้องทำให้สุกก่อนเพื่อให้โปรตีนมีคุณภาพสูงขึ้น

2.1.7 แป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม เป็นแป้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้แก้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปัญหาในด้านทุพโภชนา โดยเฉพาะโรคขาดโปรตีนและแคลอรี่ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหารเสริมเด็กอ่อน อุตสาหกรรมทำขนมอบ อุตสาหกรรมการทำน้ำนมถั่วเหลือง เป็นต้น

2.1.8 ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soy) เป็นอาหารสัตว์ที่อุดมด้วยไขมันในปริมาณสูง เหมาะที่จะใช้เลี้ยงลูกสุกรแรกเกิดจนถึงอายุประมาณ 1 เดือน หรือน้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัม ซึ่งจะทำให้ลูกสุกรโตเร็ว

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมัก (fermented product) ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักจะใช้เป็นสารชูรสอาหาร ทำให้อาหารมีรสและกลิ่นน่ารับประทานขึ้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่

2.2.1 ซีอิ๊ว ใช้เป็นเครื่องจิ้มและเครื่องปรุงอาหารแทนน้ำปลาหรือเกลือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารจีนและอาหารมังสวิรัติ

2.2.2 เต้าเจี้ยว นำมาใช้ประกอบอาหารประเภทผัด ซุป ทอด และใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำจิ้ม

2.2.3 เต้าหู้ยี้ รับประทานกับข้าวต้ม และใช้ทำเป็นส่วนประกอบของน้ำจิ้มประเภทสุกี้

3. พันธุ์ถั่วเหลือง ในปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรได้ปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณภาพเมล็ด และปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ซึ่งพันธุ์ที่นิยมปลูกแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 พันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูก

ชื่อพันธุ์	ปี พ.ศ. ที่รับรอง	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำมัน (%)	โปรตีน (%)	ความต้านทานต่อโรค
สจ. 4	2519	280	13-15	18	39	ทนทานต่อโรคราสนิม
สจ. 5	2523	275	13-15	19	42	ทนทานต่อโรคราสนิม
นครสวรรค์ 1	2529	245	18-19	21	39	ต้านทานปานกลางต่อโรคใบจุดนูน อ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง
สุโขทัย 1	2529	245	14-16	21	39	ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน และไวรัสใบด่าง
มข. 35	2537	305	16-17	20	47	ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน และโรคราน้ำค้าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ชื่อพันธุ์	ปี พ.ศ. ที่รับรอง	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำมัน (%)	โปรตีน (%)	ความต้านทานต่อโรค
สุโขทัย 2	2538	320	14-16	22	38	ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน ไวรัสใบด่าง และราน้ำค้าง
เชียงใหม่ 60	2530	300	15-17	20	44	ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน และไวรัสใบด่าง และทนทานต่อโรคราสนิม
จักรพันธ์ 1	2541	285	11-12	22	41	ต้านทานปานกลางต่อโรคใบจุดนูน
เชียงใหม่ 2	2541	235	15-16	19	35	ต้านทานปานกลางต่อโรคราน้ำค้าง และใบจุดนูน
ถั่วเหลืองผิวดำ สุโขทัย 3	2542	300	12-14	24	43	ต้านทานปานกลางต่อโรคใบจุดนูน
เชียงใหม่ 3	2543	330	12-13	22	39	ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน ราน้ำค้าง ไวรัสใบด่าง และทนทานต่อโรคราสนิม
เชียงใหม่ 4	2543	325	11-12	21	40	ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน ราน้ำค้าง และทนทานต่อโรคราสนิม

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. 2550 : เวบไซต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์นั้นมีปริมาณโปรตีนและน้ำมันแตกต่างกัน โดยถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 มีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ ร้อยละ 47 ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด คือ ร้อยละ 35 ส่วนปริมาณน้ำมัน พบว่า พันธุ์ถั่วเหลืองผิวดำ สุโขทัย 3 มีปริมาณน้ำมันสูงสุด คือ ร้อยละ 24 ส่วนพันธุ์ สจ. 4 มีปริมาณน้ำมันต่ำสุด คือ ร้อยละ 18

4. องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนในถั่วเหลือง โปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่จะเก็บไว้ใน cotyledon โปรตีนหลักเป็น กลอบูลิน (globulin) ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่า 100 Kdal จากการใช้ ultra-centrifugation สำหรับแบ่งชั้นโปรตีนถั่วเหลืองบนอัตราความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การตกตะกอน ($S_{20,w}$) ของโปรตีน (S คือ สัมประสิทธิ์การตกตะกอน ซึ่งแสดงถึงอัตราเร็วของการตกตะกอน ค่า S นี้จะขึ้นกับขนาดและรูปร่างของโมเลกุลโปรตีน โดยจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อโปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น แต่จะไม่เป็นปฏิภาคโดยตรง เนื่องจากมีความเสียดทานที่เกิดขึ้นกับตัวทำละลายและรูปร่างของโมเลกุล) ทำให้สามารถออกแบบโปรตีนถั่วเหลืองเป็น 2S, 7S, 11S และ 15S แต่ที่พบส่วนใหญ่

คือ 7S และ 11S มีรายละเอียด ดังนี้ (พรพรรณ พัวไพบูลย์. 2548 : 6-7)

4.1 โปรตีนชนิด 2S จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 22 ที่สำคัญได้แก่ สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin inhibitors) ซึ่งสามารถทำลายได้โดยใช้ความร้อนเพื่อให้ร่างกายสามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้มากขึ้น

4.2 โปรตีนชนิด 7S มีอยู่ ประมาณร้อยละ 37 ในจำนวนนี้ครึ่งหนึ่งจะเป็น glycoprotein ที่สำคัญได้แก่ hemagglutinins, lipoxygenases, β-amylase และ 7S-globulin

4.3 โปรตีนชนิด 11S มีอยู่ประมาณร้อยละ 31 ซึ่งเป็น 11S- globulin

4.4 โปรตีนชนิด 15S มีอยู่ประมาณร้อยละ 11 โปรตีนชนิดนี้มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนัก 600,000 ดาลตัน

ซึ่งชนิดของโปรตีนทั้งหมดนี้ สรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของโปรตีนถั่วเหลือง

ชนิดของโปรตีน	ปริมาณ (%)	องค์ประกอบ	น้ำหนักโมเลกุล (Kdal)
2S	22	Trypsin Inhibitors	8 – 21.5
		Cytochrome C	12
7S	37	Hemagglutinins	110
		Lipoxygenases	102
		β-amylase	61.7
		7S-globulin	180 – 210
11S	31	11S- globulin	350
15S	11	-	600

ที่มา : พรพรรณ พัวไพบูลย์. 2548 : 7

ถั่วเหลืองจะสะสมโปรตีนไว้ในรูปของ protein bodies หรือ storage proteins ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 – 20 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 5 – 8 ไมครอน และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 200,000 – 600,000 ดาลตัน ในธรรมชาติโมเลกุลของโปรตีนขนาดใหญ่เหล่านี้สามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นด้วยการเชื่อมกันของพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide linkage polymer) (วรรณี พฤษศิริสมบัติ. 2541 : 10)

เมื่อนำน้ำนมถั่วเหลืองไปตกตะกอนทำเป็นเต้าหู้ เต้าหู้จะมีลักษณะเป็นอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชนิดของโปรตีน กล่าวคือ เจลของโปรตีน 11S จะมีลักษณะเนื้อแน่น ส่วนเจลของโปรตีน 7S จะมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่า ดังนั้นถ้าเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราส่วนของโปรตีน 11S ต่อ 7S ในปริมาณสูง ก็จะทำให้ได้เต้าหู้ที่มีลักษณะเนื้อแน่น แข็ง (วรรณี พฤษศิริสมบัติ. 2541 : 11)

เต้าหู้ (tofu or doufu or soy bean curd)

1. ความหมายและประวัติ

1.1 ความหมาย

"เต้าหู้" หมายถึง อาหารที่ทำจากน้ำนมถั่วเหลือง โดยทำให้น้ำนมถั่วเหลืองจับตัวกันเป็นก้อน และกดทับใส่พิมพ์ให้เป็นก้อน ซึ่งวิธีการทำก็คล้ายคลึงกับการทำเนยแข็งจากนมวัว (http://tofu.researchtoday.net/about-tofu.htm)

1.2 ประวัติการกำเนิดเต้าหู้ ไม่มีใครทราบแน่ชัดว่ามีการทำเต้าหู้มาตั้งแต่สมัยใด เพียงแต่ทราบว่ามีการทำและบริโภคเต้าหู้มาตั้งแต่สมัยจีนโบราณ และมีการเผยแพร่เข้าไปในประเทศญี่ปุ่น ตลอดจนถึงประเทศต่าง ๆ ในกลุ่มเอเชีย มีความเชื่อเกี่ยวกับกำเนิดเต้าหู้อยู่ 3 ทฤษฎี ดังนี้ (http://tofu.researchtoday.net/about-tofu.htm)

1.2.1 ทฤษฎีที่ 1 มีความเชื่อว่าเจ้าชายหลิวอัน (Liu-An) แห่งราชวงศ์ฮั่น ทางตอนเหนือของจีน เป็นผู้ค้นพบการทำเต้าหู้ เมื่อประมาณ 164 ปีก่อนคริสตศักราช ซึ่งทฤษฎีนี้เป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

1.2.2 ทฤษฎีที่ 2 มีความเชื่อว่ามีการค้นพบกรรมวิธีการทำเต้าหู้ ซึ่งเป็นการค้นพบโดยบังเอิญเมื่อต้มน้ำนมถั่วเหลืองและมีการเติมเกลือทะเลลงไป ซึ่งในเกลือทะเลมีเกลือแคลเซียมและเกลือแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ เกลือนี้จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองจับตัวเป็นก้อนคล้ายเจล

1.2.3 ทฤษฎีที่ 3 มีความเชื่อว่าคนจีนโบราณได้เรียนรู้เกี่ยวกับการทำให้โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองจับตัวเป็นก้อน (กลายเป็นเต้าหู้) โดยพัฒนามาจากวิธีการทำเนยแข็ง (โปรตีนในนมวัวจับตัวเป็นก้อน) ของพวกมองโกเลียหรือชาวหมู่เกาะอินเดียตะวันออก

2. ชนิดของเต้าหู้ เต้าหู้ที่มีขายในประเทศไทยมีหลายชนิด ได้แก่ (วชิราพร รักษ์สมเพชร. 2542 : 11-12 และวันทนีย์ ป้อมบุบผา. 2547 : 11-12)

2.1 เต้าหู้อ่อน (soft tofu) เต้าหู้ชนิดนี้เกิดจากการทำให้น้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอนในขณะที่น้ำนมถั่วเหลืองมีอุณหภูมิสูง ทำให้โปรตีนตกตะกอนและอุ้มน้ำไว้ได้ดี นำตะกอนมาเทใส่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พิมพ์แล้วกดน้ำออกเล็กน้อย สารตกตะกอนสำหรับเต้าหู้ชนิดนี้ คือ แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulphate ; $CaSO_4.2H_2O$ คนจีนเรียกว่า "เจี๋ยะกอ")

2.2 เต้าหู้หลอด (packaged tofu) เต้าหู้ชนิดนี้เกิดจากการต้มน้ำนมถั่วเหลืองให้เดือด และทำให้น้ำนมถั่วเหลืองเย็นแล้วจึงเติมสารตกตะกอน จากนั้นบรรจุในภาชนะหรือบรรจุถุง แล้วนำไปทำให้ร้อนขึ้น โปรตีนที่มีสารตกตะกอนอยู่ด้วยเมื่อโดนความร้อนจะจับกันเป็นก้อนและอุ้มน้ำไว้ได้ดี สารตกตะกอนสำหรับเต้าหู้ชนิดนี้ในทางอุตสาหกรรมมักจะนิยมใช้กลูโคโน เดลต้า แลกโตน (glucono delta lactone : GDL) สารชนิดนี้เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนไปเป็นกรดกลูโคนิก (gluconic acid) แต่ถ้าเป็นระดับครัวเรือนนิยมใช้แคลเซียมซัลเฟต

2.3 เต้าหู้แข็ง (hard tofu) เป็นเต้าหู้ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าเต้าหู้อ่อน ในการทำเต้าหู้แข็งบางรายอาจจะมีการทำเหมือนเต้าหู้อ่อนแต่บีบน้ำออกจากก้อนเต้าหู้มากกว่าเต้าหู้อ่อน แต่บางรายอาจจะเปลี่ยนสารตกตะกอนเป็นแมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulphate ;$MgSO_4.7H_2O$ ชื่อสามัญ คือ ดีเกลือ)

2.4 เต้าหู้แห้ง (dried tofu) เป็นเต้าหู้ที่สามารถเก็บไว้ได้นาน เนื่องจากเป็นเต้าหู้ที่ไม่มีน้ำอยู่ด้วย การทำเต้าหู้แห้งนี้สามารถเติมวิตามินที่เหมาะสมลงไปหรืออาจจะแต่งสี กลิ่น ให้คล้ายคลึงเนื้อก็ได้ เต้าหู้แห้งมีสีได้หลายสีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม และมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียว ซึ่งในการนำไปปรุงอาหารบริโภคจะต้องนำไปแช่น้ำให้นุ่มก่อน

เต้าหู้นอกจากจะนำไปทำกับข้าวแล้ว ยังนำไปทำเป็นขนมหวานได้อีกด้วย เช่น เต้าฮวย ซึ่งมีวิธีการทำเหมือนเต้าหู้อ่อน เพียงแต่ไม่การกดเอาน้ำออก เมื่อจะรับประทานก็นำไปผสมกับน้ำขิง หรือมีการผสมน้ำตาล กรดผลไม้ และเครื่องปรุงอื่น ๆ ผสมกับน้ำนมถั่วเหลือง ก่อนที่จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองจับตัวเป็นก้อน เช่น เต้าหู้ผสมถั่วลิสง (peanut tofu) เต้าหู้ผสมอัลมอนด์ (almond tofu) เต้าหู้ผสมมะม่วง (mango tofu) เต้าหู้ประเภทนี้บางทีไม่ได้ทำจากน้ำนมถั่วเหลือง แต่ทำจากนมวัว หรือกะทิ แล้วใช้วุ้น (agar) เจลาติน (gelatin) อะกาโรส (agarose) เป็นตัวทำให้เกิดเจล (http://en.wikipedia.org/wiki/Tofu)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ การทำเต้าหู้ ผลผลิตที่ได้จะเป็นอย่างไร จะดีหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ดังนี้ (เพลินใจ ตังคณะกุล. 2545 : 93-96)

3.1 พันธุ์ของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์จะมีสีเปลือก (seed coat) สีจมูก (hilum) และปริมาณสารอาหารแตกต่างกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ที่ผลิต ดังนี้

3.1.1 ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีจมูกสีดำ เปลือกสีเข้ม จะให้เต้าหู้ที่มีสีคล้ำไม่น่ารับประทาน แต่ในปัจจุบันในการทำน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้จะนิยมใช้ถั่วเหลืองซีกซึ่งเอาเปลือก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ออกแล้ว จึงทำให้สีของน้ำนมถั่วเหลืองและสีของเต้าหู้มีสีขาวนวลสวย

3.1.2 ถั่วเหลืองที่มีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อนำมาทำน้ำนมถั่วเหลืองจะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณโปรตีนสูง และเมื่อนำน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณโปรตีนสูงมาทำเต้าหู้ ก็จะได้เต้าหู้ที่มีปริมาณโปรตีนสูงด้วย

3.2 การทำให้เมล็ดถั่วเหลืองนุ่ม ในการทำเต้าหู้จะต้องแช่ถั่วเหลืองในน้ำเพื่อให้โครงสร้างของเซลล์นุ่ม ซึ่งจะลดพลังงานในการโม่ถั่วให้ละเอียด เพิ่มอัตราการสกัดสารอาหารให้เร็วขึ้น อัตราการดูดน้ำของถั่วเหลืองขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำที่แช่ถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิสูงถั่วเหลืองจะดูดซึมน้ำได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 2 ชั่วโมง สามารถดูดซึมน้ำได้เท่ากับถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 6 – 8 ชั่วโมง ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการดูดซึมน้ำจนอิ่มตัวในอัตราเดียวกัน คือ ถั่วเหลือง 1 กรัม ดูดซึมน้ำได้สูงสุด 1.2 กรัม แต่เวลาที่ใช้ในการดูดซึมน้ำแตกต่างกัน

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการแช่ถั่วเหลืองก็คือ หากแช่นานเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะของการหมัก ความเป็น กรด – ด่าง จะเปลี่ยนแปลง ได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีอายุการเก็บสั้น กลิ่นไม่ดี เกิดการตกตะกอนของโปรตีน

3.3 อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการปั่นถั่วเหลือง การแช่ถั่วเหลืองในน้ำเย็นและปั่นถั่วเหลืองให้ละเอียดด้วยน้ำเย็นจะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีกลิ่นถั่วซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของคนบางกลุ่ม แต่สำหรับคนที่ไม่ชอบกลิ่นถั่ว การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำนมถั่วเหลืองจำเป็นต้องกำจัดหรือลดกลิ่นถั่วให้น้อยลง พบว่า การแช่และปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ช่วยกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนม ซึ่งกลิ่นถั่วนี้เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxidase กับไขมันในถั่ว ปฏิกิริยานี้เกิดได้ดีเมื่อมีความชื้นหรือน้ำผสมกับเนื้อถั่วขณะตีป่น การตีป่นถั่วเหลืองในน้ำร้อน ความร้อนจะยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นถั่ว

3.4 การต้มน้ำนมถั่วเหลือง หลังจากที่ปั่นถั่วเหลืองกับน้ำให้ละเอียด กรองเอากากถั่วเหลืองออกแล้ว จะนำน้ำนมถั่วเหลืองไปต้มจนเดือด และควรจะต้มต่ออีกประมาณ 15 นาที เพื่อให้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ ลดกลิ่นถั่ว และทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) อยู่ในสภาวะพร้อมที่จะตกตะกอนหากใส่สารตกตะกอนลงไป นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้ดีขึ้น พบว่า โปรตีนจะถูกย่อยหากต้มน้ำนมถั่วเหลืองให้เดือดที่อุณหภูมิ 98°C นาน 15 นาที การต้มด้วยความร้อนพอเหมาะจะทำลายสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน แต่การใช้ความร้อนที่มากเกินไปอาจจะมีผลเสียต่อคุณค่าทางโภชนาการได้เช่นกัน คือ กรดอะมิโนซีสทีน (cystine) และเมไทโอนีน (methionine) จะถูกทำลายลง 30 % เมื่อต้มเดือดนาน 30 นาที นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการต้มน้ำนมถั่วเหลืองให้เดือดนานเกิน 20 นาที จะทำให้ของแข็งในของเหลว (total solid) และปริมาตร

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RATCHAPHAT MAHESARAKHAM UNIVERSITY

ของเต้าหู้ลดลงและมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ ดังนั้นจึงควรต้มน้ำนมถั่วเหลืองประมาณ 10 – 15 นาที เพื่อให้น้ำนมถั่วเหลืองคงคุณค่าทางโภชนาการไว้สูงสุด

จากการศึกษาของ Liu, Zhi-Sheng., Chang, K.C. and Li, Li-Te. (2004 : 815) เกี่ยวกับผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเต้าหู้หลอดซึ่งใช้กลูโคโนเดลต้าแลกโตนเป็นสารตกตะกอน โดยทดลองเอาน้ำนมถั่วเหลืองมาทำให้เสียสภาพธรรมชาติด้วยการให้ความร้อนแบบ 2 ระดับ (two-step heating) คือ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 95°C เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับการให้ความร้อนระดับเดียว (one-step heating) คือ 95°C เป็นเวลา 5 นาที จากการศึกษา พบว่า การให้ความร้อนแบบ 2 ระดับ ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีความหนืดเพิ่มขึ้น 150 % และเต้าหู้หลอดที่ได้มีค่า Young's modulus เพิ่มขึ้น 20 % และมีอัตราการแยกตัวของเวย์ (syneresis) ลดลง 10 %

3.5 ชนิดของสารตกตะกอน (coagulant) สารตกตะกอนที่ต่างกันจะทำให้เต้าหู้มีลักษณะแตกต่างกัน มีผลงานวิจัยหลายฉบับได้ศึกษาการทำเต้าหู้โดยใช้สารตกตะกอนต่างชนิดกัน พบว่า เต้าหู้ที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น การใช้แคลเซียมซัลเฟต จะได้เต้าหู้ที่มีลักษณะดี คือ เนื้อนุ่ม เนียน อยู่ตัว ยืดหยุ่น เต้าหู้ที่ได้มีน้ำหนักมาก ปริมาณไนโตรเจนสูง แต่มีข้อเสียเนื่องจากแคลเซียมซัลเฟตละลายน้ำได้น้อย จึงเกิดการนอนก้น ทำให้เต้าหู้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ส่วนการใช้แมกนีเซียมซัลเฟต การตกตะกอนของโปรตีนจะเกิดขึ้นเร็วมาก ตะกอนจับตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ เมื่อตักลงพิมพ์ทำเป็นเต้าหู้จะได้เต้าหู้ที่มีเนื้อแน่น เหนียวเหมือนยาง ส่วนแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2.6H_2O$)และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2.2H_2O$) จะได้เต้าหู้เนื้อแข็ง เปราะ ผลงานวิจัยยังพบว่า ซัลเฟตไอออน (SO_4^-) มีสมบัติอุ้มน้ำได้ดี จึงส่งผลให้เต้าหู้นุ่ม อยู่ตัว ไม่แข็ง นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้สารตกตะกอนชนิดอื่น เช่น แคลเซียมแอซีเตต แคลเซียมกลูโคเนต กลูโคโน เดลต้าแลกโตน ฯลฯ

จากการศึกษาของ มณีรัตน์ อาวจำปา (2531 : บทคัดย่อ) เกี่ยวกับสารตกตะกอนที่ใช้ทำเต้าหู้หลอด 2 ชนิด คือ แคลเซียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ โดยน้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้ทำเต้าหู้หลอดได้จากอัตราส่วนของถั่วเหลืองเมล็ดแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 : 4 พบว่า เต้าหู้หลอดที่ใช้แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอนในปริมาณ 2 % จะให้สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัสและความสม่ำเสมอเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในเกณฑ์ดี ส่วนเต้าหู้หลอดที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1 – 3 % เป็นสารตกตะกอนนั้นผู้บริโภคไม่ยอมรับ และเมื่อใช้สารตกตะกอนมากขึ้นรสขมเฝื่อนจะมากขึ้น

3.6 ความเข้มข้นของสารตกตะกอน ปริมาณของสารตกตะกอนมีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้เป็นอย่างมาก (แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับชนิดของสารตกตะกอนด้วย) หากใช้สารตกตะกอนในปริมาณที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เหมาะสมจะตกตะกอนโปรตีนได้หมด จะเกิดน้ำใสสีเหลืองอ่อน (เวย์ : whey) แยกตัวออกจากตะกอน ถ้าใช้น้อยเกินไปโปรตีนจะตกตะกอนไม่หมด เวย์จะขุ่น และเต้าหู้จะมีปริมาตรมากเนื่องจากอมน้ำได้มาก เต้าหู้ที่ได้คุณภาพไม่ดี ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้สารตกตะกอนมากเกินไป ปฏิกิริยาการเกิดตะกอนจะเกิดขึ้นเร็ว ปริมาตรของเต้าหู้จะลดลง มีลักษณะแข็ง และมีรสฝาดขมของสารตกตะกอน

การทำเต้าหู้อ่อนและเต้าฮวย จะใช้แคลเซียมซัลเฟต ประมาณ 2.7 % ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง การทำเต้าหู้แข็งนิยมใช้แคลเซียมซัลเฟตผสมกับแมกนีเซียมซัลเฟต อัตราส่วน 4 : 1 โดยจะใช้ประมาณ 2.5 % ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง และการทำเต้าหู้หลอดจะใช้กลูโคโน เดลต้า แลกโตน ประมาณ 1.1 % ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง

3.7 อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองขณะเติมสารตกตะกอน อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองขณะเติมสารตกตะกอน จะมีผลต่อปริมาตรและเนื้อสัมผัสของตะกอน กล่าวคือ ถ้าเติมสารตกตะกอนลงในน้ำนมถั่วเหลือง (หลังจากเดือดแล้ว) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 80°C ตะกอนจะเกิดขึ้นเร็ว มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไม่เกาะกัน เมื่อตักส่วนของตะกอนมาใส่พิมพ์ จะได้เต้าหู้เนื้อแน่น หยาบ ได้ปริมาตรต่ำ แต่ถ้าเติมสารตกตะกอนลงในน้ำนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิประมาณ 70° – 75°C จะเกิดตะกอนอย่างช้า ๆ ตะกอนมีลักษณะเป็นก้อนเล็ก ๆ เบา ๆ และเกาะกัน เมื่อตักใส่พิมพ์ทำเป็นเต้าหู้ จะได้เต้าหู้ที่มีเนื้อแน่น ยืดหยุ่น ฉะนั้นในการทำเต้าหู้เมื่อต้มน้ำนมถั่วเหลืองให้เดือดนาน 10 – 15 นาที อุณหภูมิของนมถั่วเหลืองจะสูงประมาณ 98°C ก่อนเติมสารตกตะกอน ต้องทำให้อุณหภูมิของนมถั่วเหลืองลดลงเหลือ 70° – 75°C จึงเติมสารละลายของสารตกตะกอน ระหว่างการคน (กวน) ให้เกิดตะกอน จะต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองให้อยู่ในช่วง 70° – 75°C จนกว่าการเกิดตะกอนจะเสร็จสิ้น (มีน้ำใสสีเหลืองอ่อนแยกออกมา)

3.8 ผลของการผสม (mixing) ในการตกตะกอน การทำเต้าหู้แต่ละชนิดจะใช้เทคนิคในการผสมสารตกตะกอนที่แตกต่างกัน เช่น การทำเต้าหู้อ่อนหรือเต้าฮวยจะใช้วิธีเทน้ำนมถั่วเหลืองที่ร้อนจัดลงในสารแขวนลอยของสารตกตะกอนให้เร็วและแรงเพียงครั้งเดียว โดยอาศัยแรงกระแทกของน้ำนมถั่วเหลืองก่อให้เกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างสารแขวนลอยกับน้ำนมถั่วเหลือง ทำให้ปฏิกิริยาการตกตะกอนโปรตีนเกิดอย่างสมบูรณ์ จากนั้นห่อผ้าใส่พิมพ์ทับเอาน้ำออกบางส่วน จะได้เป็นเต้าหู้อ่อน ในการทำเต้าหู้หลอดจะใช้สารละลาย GDL เทลงในน้ำนมถั่วเหลืองที่เย็น (น้ำนมถั่วเหลืองต้มให้เดือดและทำให้เย็น) ผสมให้เข้ากัน แล้วจึงบรรจุใส่ถุงพลาสติก นำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80°C เป็นเวลาประมาณ 20 – 30 นาที จนโปรตีนจับตัวเป็นก้อน ส่วนเต้าหู้แข็งจะใช้วิธีเทสารละลายสารตกตะกอนลงในน้ำนมถั่วเหลืองที่มีอุณหภูมิประมาณ 70° – 75°C แล้วใช้ไม้พายค่อย ๆ คน ตะกอนจะเกิดอย่างช้า ๆ (การคนแรง ๆ และนานจะทำให้ตะกอนแตก

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กระจาย มีช่องอากาศเกิดขึ้นมาก น้ำหนักและความชื้นของตะกอนจะลดลง) จากนั้นตักตะกอนใส่ผ้าใส่ลงในพิมพ์ กดทับน้ำออก จะได้เต้าหู้แข็ง (มีบางรายทำเต้าหู้อ่อนด้วยวิธีเดียวกันนี้ เพียงแต่เปลี่ยนสารตกตะกอน)

3.9 การกดทับน้ำ ในการทำเต้าหู้แข็งและเต้าหู้อ่อนจำเป็นที่ต้องมีการกดทับน้ำส่วนเกินออกและการกดทับจะทำให้โปรตีนจับกันเป็นก้อน ในการกดทับนั้นจำเป็นจะต้องใช้น้ำหนักกดทับที่เหมาะสมและเวลาที่ใช้ในการกดทับจะต้องเหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเต้าหู้ที่ต้องการผลิต กล่าวคือ ถ้าเป็นเต้าหู้อ่อนจะกดทับด้วยน้ำหนักน้อย ๆ ก่อนประมาณ 2 – 4 กรัม/ตารางเซนติเมตร ประมาณ 5 นาที จากนั้นเพิ่มน้ำหนักเป็น 15 กรัม/ตารางเซนติเมตร นาน 10 – 15 นาที หากเป็นเต้าหู้แข็งจะใช้น้ำหนัก 20 – 30 กรัม/ตารางเซนติเมตร นาน 20 – 30 นาที

4. กลไกในการเกิดเจลโปรตีน การทำเต้าหู้เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากเจลของโปรตีนถั่วเหลือง ได้มีผู้เสนอกลไกเกี่ยวกับการเกิดเจลของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง ดังนี้

4.1 กลไกที่ 1 Lee และ Rha (วรรณี พฤษศิริสมบัติ. 2541 : 11) ได้เสนอกลไกในการเกิดเจลจากการใช้แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอนว่า "เจลโปรตีนเกิดจากการ cross-link ระหว่างโมเลกุลโปรตีนโดยแคลเซียมไอออนจะจับกับประจุลบของโปรตีนด้วยพันธะไอออนิก และกรดไฟติก (phytic acid) จะทำตัวเหมือนสะพานเชื่อมในการเกิดเจลโปรตีน"

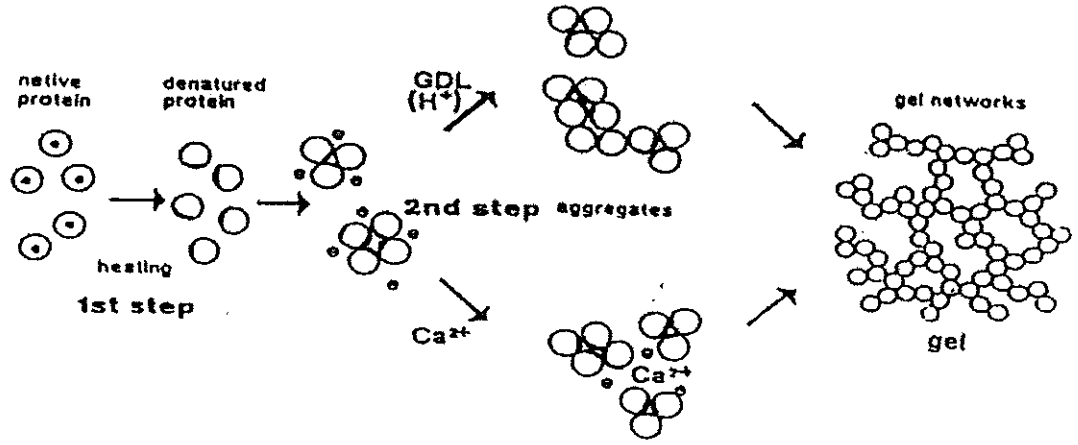
4.2 กลไกที่ 2 Kohyama, Sano และ Doi (วรรณี พฤษศิริสมบัติ. 2541 : 11-12) ได้เสนอกลไกในการเกิดเจลโปรตีนในนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารตกตะกอน (แคลเซียมซัลเฟต หรือ GDL) ลงไปว่า การเกิดเจลโปรตีนประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

4.2.1 ขั้นที่ 1 เมื่อโปรตีนได้รับความร้อนจากการต้มน้ำนมถั่วเหลือง โปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติไปส่วนหนึ่ง ซึ่งจากการเสียสภาพธรรมชาตินี้จะทำให้โปรตีนหันด้านที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ซึ่งแต่เดิมในสภาพธรรมชาติจะอยู่ด้านในจะเปลี่ยนมาอยู่ด้านนอก และเมื่อโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติก็จะมีประจุเป็นลบ

4.2.2 ขั้นที่ 2 โปรตีนที่เสียสภาพธรรมชาติและมีประจุเป็นลบ จะจับกับประจุของสารตกตะกอนทำให้โปรตีนมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าและเข้ามาจับกันด้วยปฏิกิริยาไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย (gel networks) ขึ้นมา ดังภาพที่ 2.1

การตกตะกอนของโปรตีนนี้ จะตกตะกอนพร้อมกับของแข็งอื่น ๆ ในน้ำนมถั่วเหลือง เช่น ไขมัน เกลือแร่ ฯลฯ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.1 กลไกการเกิดเจลโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารตกตะกอนลงไป (วงกลมหมายถึง โมเลกุลของโปรตีนและส่วนที่เป็นสีดำ คือ บริเวณที่เป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ)
ที่มา : วรรณี พฤษศิริสมบัติ. 2541 : 12

4.3 กลไกที่ 3 (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2524 : 1-5) ทฤษฎีนี้กล่าวว่า แคลเซียมไม่ใช่ตัวการที่ทำให้โปรตีนถั่วเหลืองตกตะกอน แต่ตัวการที่สำคัญคือ pH กล่าวคือ โปรตีนถั่วเหลืองจะตกตะกอนที่ pH 6.0 ซึ่งทฤษฎีนี้สรุปจากผลการทดลองใช้สารประกอบของแคลเซียมชนิดต่าง ๆ เป็นสารตกตะกอน ได้แก่ แคลเซียมกลูโคเนต แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแอซีเตต แคลเซียมแลกเตต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และสารที่ไม่มีส่วนประกอบของแคลเซียม ได้แก่ กรดแอซีติก และกลูโคโน เดลต้า แลกโตน จากการทดลอง พบว่า สารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ เกือบทั้งหมดทำให้โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอนได้ โดยเริ่มต้นที่น้ำนมถั่วเหลืองที่มี pH 6.40 เมื่อเติมสารตกตะกอนลงไป pH จะค่อย ๆ ลดลง เมื่อ pH ลดลงถึง 6.0 โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองจะเริ่มตกตะกอน ยกเว้น แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ในความเข้มข้นที่ใช้ทดลองไม่สามารถทำให้โปรตีนถั่วเหลืองตกตะกอน จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าภาวะความเป็นกรดที่ pH 6.0 เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้โปรตีนตกตะกอน

เต้าฮวย (bean curd jelly)

1. ความหมาย มีผู้ให้ความหมายของ "เต้าฮวย" ไว้หลายความหมาย ดังนี้

1.1 ความหมายที่ 1 คือ ขนมหวานของจีนที่จัดเป็นเต้าหู้ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเนื้อนิ่มเป็นพิเศษ ซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็น "ขนมพุดดิ้งเต้าหู้" (tofu pudding) (http://en.wikipedia.org/wiki/Douhua)

1.2 ความหมายที่ 2 คือ ของหวานชนิดหนึ่ง ทำด้วยน้ำนมถั่วเหลืองที่มีลักษณะแข็งตัว ปรุงด้วยน้ำขิงต้มกับน้ำตาล (ราชบัณฑิตยสถาน. 2546 : 477)

สรุปได้ว่า "เต้าฮวย" คือ ขนมหวานที่ทำด้วยน้ำนมถั่วเหลืองแล้วทำให้แข็งตัว จัดเป็นเต้าหู้ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเนื้อนิ่มเป็นพิเศษ

ในกลุ่มชนเชื้อสายจีนทั้งหลายมักจะนิยมกินเต้าฮวยเป็นขนมหวาน ซึ่งเต้าฮวยที่ขายมีทั้งประเภทแบบไม่มีบรรจุภัณฑ์เฉพาะ เช่น ขายโดยคนหาบเร่ รถเข็น ร้านค้าทั่วไป หรืออาจจะขายแบบบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ขายในตู้เย็น ตัวอย่างเช่น ในจีนตอนเหนือเรียกว่า เต้าฮัว (douhua) ซึ่งจะรับประทานกับซอสถั่วเหลือง เครื่องเทศ หรือเครื่องปรุงรส ในไต้หวันจะนิยมเสิร์ฟเต้าฮวยในน้ำขิง (น้ำเชื่อมที่มีกลิ่น-รสขิง) หรือน้ำเชื่อมกลิ่นอัลมอนด์ และอาจจะมีถั่วลิสง ข้าวโอ๊ต ถั่วเขียว ผสมบนหน้าเต้าฮวยมาด้วย ในฤดูร้อนมักจะนิยมรับประทานแบบเย็น ๆ โดยการเติมน้ำแข็งก้อนเล็ก ๆ ลงไป ฤดูหนาวจะนิยมรับประทานร้อน ๆ ในฟิลิปปินส์ เรียกว่า ทาโฮ (taho) จะนิยมขายในตอนเช้าแบบหาบเร่ นิยมรับประทานแบบร้อน ๆ ใส่น้ำเชื่อมและสาคู นอกจากนี้แล้วเต้าฮวยยังนิยมรับประทานกันทั่วไปทั้งในฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ฯลฯ ซึ่งบางแห่งจะเสิร์ฟในน้ำเชื่อมธรรมดา หรือบางแห่งนิยมเสิร์ฟในน้ำขิง (http://en.wikipedia.org/wiki/Douhua)

2. การทำเต้าฮวย การทำเต้าฮวยมีหลักการเดียวกับการทำเต้าหู้ กล่าวคือ เป็นการทำให้โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอน จากเรื่องเต้าหู้จะเห็นว่าเต้าฮวยเหมือนกับเต้าหู้หลอด เต้าหู้อ่อน กล่าวคือ ใช้แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอนโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งทำให้โปรตีนที่จับตัวเป็นเจลสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ดีในเจล

ในการทำเต้าฮวยควรจะใช้อุณหภูมิประมาณ 70 – 80 องศาเซลเซียส จะได้เต้าฮวยที่มีเนื้อละเอียด แต่ถ้าตกตะกอนโปรตีนที่อุณหภูมิสูงจะได้ตะกอนเนื้อหยาบ (โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์สุราษฎร์ธานี. 2551 : เวบไซต์) ฉะนั้นในการทำเต้าฮวยควรจะรักษาอุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองไว้ที่ 70 – 80 องศาเซลเซียส ด้วยการทำเต้าฮวยในภาชนะที่เป็นฉนวนความร้อน เช่น ภาชนะไม้ ดินเผา เป็นต้น ถ้าทำเต้าฮวยปริมาณมากและทำในภาชนะขนาดใหญ่ ความร้อนจากการต้มน้ำนมถั่วเหลืองเดือดก็เป็นการเพียงพอที่จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองจับตัวเป็นเจลเนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนออกมาภายนอกภาชนะยาก แต่ถ้าทำเต้าฮวยในภาชนะขนาดเล็ก จำเป็นจะต้องให้ความร้อนเพิ่ม แต่ควรระวังมิให้อุณหภูมิสูงเกิน 80 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้เต้าฮวยเนื้อหยาบและมีรูพรุนดังที่กล่าวแล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เต้าฮวยกับเต้าหู้หลอดมีลักษณะเนื้อเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่บรรจุภัณฑ์เนื่องจากมีวิธีการทำแตกต่างกัน กล่าวคือ การทำเต้าหู้หลอดจะต้องทำให้น้ำนมถั่วเหลืองเย็นสนิทแล้วจึงค่อยเติมสารตกตะกอน บรรจุถุง แล้วจึงนำไปให้ความร้อนเพื่อทำให้โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองจับตัวเป็นเจล ส่วนการทำเต้าฮวยจะใช้วิธีเทน้ำนมถั่วเหลืองร้อนจัด (เดือดใหม่ ๆ) ลงผสมกับสารตกตะกอนทิ้งไว้ระยะหนึ่งโดยไม่ให้กระทบกระเทือนโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองจะจับตัวเป็นเจล

การทำเต้าฮวยในปัจจุบันมีวิธีการทำหลายแบบ ถ้าทำแบบโบราณจะใช้แคลเซียมซัลเฟตทำให้โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองจับตัวเป็นเจล ซึ่งวิธีการนี้จะได้เนื้อเต้าฮวยที่มีลักษณะเนียนนุ่ม ถ้าทำแบบง่าย ๆ จะประยุกต์วิธีการทำโดยใช้สารที่เป็นเจลได้ดีเมื่อเย็น เช่น วุ้น เจลาติน แต่ลักษณะของเนื้อเต้าฮวยที่ได้จะแตกต่างจากการใช้แคลเซียมซัลเฟต กล่าวคือ ถ้าใช้มากลักษณะเจลของเต้าฮวยจะเป็นแบบวุ้น ถ้าใช้น้อยก็จะไม่เป็นเจลแข็ง ลักษณะเนื้อไม่เนียนนุ่มเท่าที่ควร และน้ำนมที่ใช้ก็มีทั้งแบบน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมวัว (เรียกว่า เต้าฮวยนมสด) ในที่นี้จะเสนอวิธีการทำ 4 วิธี ดังนี้

2.1 การทำเต้าฮวยแบบโบราณ โดยทำจากน้ำนมถั่วเหลืองและใช้แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอน มีวิธีทำดังนี้ (คมสัน หุตะแพทย์ และวารี ยินดีชาติ. 2542 : 28)

ส่วนผสม

1. ถั่วเหลือง	1	กิโลกรัม
2. น้ำ	5.5	ลิตร
3. แคลเซียมซัลเฟต	16	กรัม
4. แป้งมัน	40	กรัม

วิธีทำ

1. นำถั่วเหลืองแช่น้ำไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง
2. นำถั่วที่แช่แล้วผสมน้ำ บดให้ละเอียด กรองเอาแต่ส่วนที่เป็นของเหลว จะได้น้ำนมถั่วเหลืองดิบ
3. นำน้ำนมถั่วเหลืองดิบตั้งไฟ ต้มให้เดือด
4. เอาแคลเซียมซัลเฟตละลายน้ำ แล้วผสมแป้งมันลงไปในชามอ่างหรือถังไม้
5. เทน้ำนมถั่วเหลืองที่เดือดใหม่ ๆ ลงไปในอ่างที่มีแคลเซียมซัลเฟตอยู่ ไม่ต้องคน น้ำนมถั่วเหลืองจะแข็งตัวกลายเป็นเต้าฮวยภายใน 5 นาที

2.2 การทำเต้าฮวยแบบใช้ผงวุ้นทำให้เกิดการจับตัวเป็นเจล โดยทำจากน้ำนมถั่วเหลืองผสมกับนมวัวและใช้วุ้นทำให้เกิดเจล มีวิธีทำดังนี้ (My Culinary Journal. 2551 : website)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ส่วนผสม

1. ถั่วเหลือง	500	กรัม
2. น้ำ	2,875	มิลลิลิตร
3. นมสดระเหย	125	มิลลิลิตร
4. ผงวุ้น	1	ช้อนโต๊ะ
5. น้ำตาลทราย	2	ช้อนโต๊ะ
6. ใบเตย	3-4	ใบ

วิธีทำ

1. ปั่นถั่วเหลือง (ที่ผ่านการแช่น้ำมาแล้ว 6 ชั่วโมง) กับน้ำ 2,000 มิลลิลิตร กรอง และเติมน้ำส่วนที่เหลือ จะได้น้ำนมถั่วเหลืองดิบ

2. แบ่งน้ำนมถั่วเหลืองดิบมา 500 มิลลิลิตร ละลายผงวุ้นลงไป จากนั้นจึงเทลงผสมกับน้ำนมทั้งหมด เติมน้ำตาลทราย

3. นำไปต้มโดยใส่ใบเตยลงไปต้มด้วย คนตลอดเวลา จนเดือด จากนั้นต้มต่อด้วยไฟอ่อนอีก 10 นาที

4. ยกลงจากเตา ผสมนมสดระเหยลงไป คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็นลง (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที) ช้อนฟองออก

5. เทใส่ภาชนะ ทิ้งให้แข็งตัวเป็นเจล นำเข้าตู้เย็น

6. เสิร์ฟพร้อมน้ำเชื่อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3 การทำเต้าฮวยนมสดแบบมีเต้าฮวยผสมกับนมสด โดยใช้นมวัวและใช้ผงวุ้นหรือเจลาตินทำให้จับตัวเป็นเจล มีวิธีทำดังนี้ (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2551 : เวบไซต์)

ส่วนผสมทำเต้าฮวย

1. น้ำ	4.5	ลิตร
2. นมสด	1	กระป๋อง
3. นมข้นหวาน	1	กระป๋อง
4. น้ำตาลทราย	300	กรัม
5. ผงวุ้น	2	ช้อน (ช้อนขนาด 6 มิลลิลิตร)
6. ผงเจลาติน	1	ช้อน (ช้อนขนาด 6 มิลลิลิตร)
7. สารแต่งกลิ่นวานิลา	3	ช้อน (ช้อนขนาด 3 มิลลิลิตร)

ส่วนผสมทำนมสด

1. น้ำ 3 ลิตร
2. นมสด 4 กระป๋อง
3. น้ำตาลทราย 300 กรัม

วิธีทำเต้าฮวย

1. นำน้ำใส่หม้อ ต้มให้น้ำเดือด
2. ใส่ผงเจลาติน 1 ช้อน คนให้เข้ากันกับน้ำเพื่อให้ผงเจลาตินกระจายตัวไม่ติดกันเป็นก้อน
3. ใส่ผงวุ้น 2 ช้อน คนให้เข้ากัน ใส่สารแต่งกลิ่นวานิลา 3 ช้อน หรือกลิ่นอื่น ๆ ตามชอบ
4. เติมน้ำตาลทรายลงไป คนให้น้ำตาลละลาย เติมนมข้นหวาน 1 กระป๋อง และนมสด 1 กระป๋อง พอเดือดก็ยกลงจากเตา
5. นำหม้อไปพักแช่ในน้ำเย็นพร้อมคนไปด้วย เพื่อให้อุ่นก่อนจะตักใส่ถ้วย

วิธีทำนมสด

1. นำน้ำใส่หม้อ ต้มให้น้ำเดือด
2. ใส่นมสด 4 กระป๋อง ใส่น้ำตาล 300 กรัม แล้วคนให้น้ำตาลละลาย และต้มให้เดือดได้ที่ และยกลงจากเตา
3. นำหม้อแช่ในน้ำเย็น

วิธีบรรจุลงภาชนะ

1. เตรียมภาชนะ
2. เทวุ้นเต้าฮวยลงในถ้วยประมาณครึ่งถ้วย และพักทิ้งไว้รอให้วุ้นเต้าฮวยแข็ง ใช้เวลาประมาณ 20 นาที
3. ใส่เครื่อง ถั่วแดงเชื่อม วุ้นมะพร้าว มันไข่เชื่อม โรยหน้าลงไปบนวุ้นเต้าฮวย
4. เทน้ำนมสดลงไปให้เต็มถ้วย ปิดฝาภาชนะ และนำไปแช่เย็น

2.4 การทำเต้าฮวยนมสดแบบไม่มีนมสดผสมกับเต้าฮวย โดยใช้นมวัวและใช้ผงวุ้นกับแคลเซียมซัลเฟตทำให้จับตัวเป็นเจล มีวิธีทำดังนี้ (ศูนย์ข้อมูลอาชีพ ฝ่ายส่งเสริมการมีงานทำ สำนักงานจัดหางานจังหวัดเชียงใหม่. 2551 : เวบไซต์)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ส่วนผสมทำเต้าฮวย

1. นมสด	4	กิโลกรัม
2. น้ำตาลทราย	4	ช้อนโต๊ะ
3. ผงวุ้น	200	กรัม
4. แคลเซียมซัลเฟต	3	ช้อนโต๊ะ
5. แป้งมัน	1/4	ถ้วยตวง

ส่วนผสมทำฟรุตสลัด

1. สับปะรดศรีราชา	2	กิโลกรัม
2. มะละกอแขกดำ	1	กิโลกรัม
3. น้ำตาลทราย	6-8	ช้อนโต๊ะ

วิธีทำฟรุตสลัด

1. นำผลไม้ทั้งสองปอกเปลือก ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

2. นำสับปะรดที่หั่นแล้ว ผสมกับน้ำตาลทราย 3-4 ช้อนโต๊ะ ยกขึ้นตั้งไฟอ่อน เขย่าไปเรื่อยๆ จนกว่าน้ำตาลทรายจะละลายเข้ากับสับปะรด (ห้ามใช้ทัพพีคน เพราะจะทำให้เละ) เสร็จแล้วตั้งพักไว้

3. สำหรับมะละกอ หากดิบมาก ใส่น้ำตาลทรายผสม 4 ช้อนโต๊ะ หากเป็นมะละกอสุก ใส่น้ำตาลทราย 2 ช้อนโต๊ะ ยกขึ้นตั้งไฟอ่อน เขย่าไปเรื่อยๆ จนน้ำตาลทรายละลายเข้ากับมะละกอ จึงยกขึ้นพักไว้

วิธีทำเต้าฮวย

1. นำแป้งมัน ผงวุ้น และเจี๊ยะกอ คลุกเคล้าให้เข้ากัน (เจี๊ยะกอเป็นตัวทำให้นมแข็งตัวเร็วและอยู่ตัว)

2. ตั้งหม้อใส่นมสดใช้ไฟอ่อน ใส่แป้งมันที่ผสมแล้วในข้อ 1 และน้ำตาลทรายผสมลงไป คนไปเรื่อย ๆ เพื่อไม่ให้นมไหม้ติดก้นหม้อ จนเดือด ใช้เวลาประมาณ 30 - 45 นาที สังเกตได้จากนมจะมีกลิ่นหอมโชยขึ้นมา หากมีฟองให้ช้อนออก

3. เมื่อนมสุก กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นใช้ถ้วยสแตนเลสตวงใส่ถ้วยพลาสติกประมาณ ¼ ถ้วย ได้เต้าฮวยประมาณ 28 ถ้วย

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นอีก ½ ชั่วโมง

5. เมื่อนำนมที่แช่ออกจากตู้เย็น ให้ใส่ฟรุตสลัด โดยตักสับปะรดใส่ 2 ช้อนโต๊ะ มะละกออีก 1 ช้อนโต๊ะ ปิดฝาให้เรียบร้อย ติดสลาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

แป้ง

1. ความหมาย คนไทยจะคุ้นเคยกับคำว่า "แป้ง" ซึ่งหมายถึง สิ่งที่เป็นผงละเอียดที่ได้จากการบดเมล็ดพืช หัวพืช ฯลฯ เช่น แป้งสาลีได้จากการบดเมล็ดข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้าได้จากการบดเมล็ดข้าวเจ้า แป้งเท้ายายม่อมได้จากการบดหัวของต้นเท้ายายม่อม แป้งมันสำปะหลังได้จากการบดหัวมันสำปะหลัง ฯลฯ แต่ "แป้ง" ในภาษาอังกฤษ จะใช้ศัพท์ 2 คำ คือ

1.1 ฟลาวร์ (flour) หมายถึง แป้งที่ได้จากการบดส่วนของพืช ซึ่งฟลาวร์นี้มิได้มีแต่คาร์โบไฮเดรตล้วน ๆ แต่มีสิ่งอื่นเจือปนอยู่มาก เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ ฯลฯ เช่น แป้งข้าวเจ้า (rice flour) มีโปรตีน 7 - 8 % (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2550 : 1) แป้งสาลี (wheat flour) ซึ่งมี 3 ชนิด คือ แป้งสาลีทำขนมปังมีโปรตีน 12 – 13 % แป้งสาลีอเนกประสงค์มีโปรตีน 10 – 11 % แป้งสาลีทำเค้กมีโปรตีน 8 – 9 % (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540 : 119)

1.2 สตาร์ช (starch) หมายถึงแป้งที่กำจัดสิ่งเจือปน (โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ ฯลฯ) ออกไปจนเหลือแต่คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ เช่น corn starch, wheat starch ฯลฯ สำหรับแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) ที่ผลิตในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูง จัดเป็นแป้งสตาร์ช เนื่องจากมีกรรมวิธีการผลิตที่ทันสมัย (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2550 : 1)

2. โครงสร้างของสตาร์ช สตาร์ชเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสและเป็นโฮโมพอลิแซคคาไรด์ที่พบมากในพืช สตาร์ชได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช พืชเก็บสะสมสตาร์ชไว้ตามส่วนต่าง ๆ เช่น หัว ราก เมล็ด ลำต้น และผล โดยรวมตัวกันอยู่เป็นเม็ดสตาร์ช (starch granule) ที่อาจมีหรือไม่มีเมมเบรนหุ้มก็ได้ เรียกว่า อะไมโลพลาสต์ (amyloplast) ภายในเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์กลูแคน 2 ชนิด ผสมกัน คือ อะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์สายยาวของ α-(1→ 4) กลูแคน และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) เป็นสายแขนงที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ต่อกันด้วยพันธะ α-(1→ 4) เป็นสายตรง และมีพันธะ α-(1→ 6) เป็นสายแขนง อะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่เป็นองค์ประกอบในเม็ดสตาร์ชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่น้ำหนักโมเลกุล degree of polymerization ของแต่ละสายตำแหน่งที่อยู่ในเม็ดสตาร์ช และสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกทิน ดังนั้นสมบัติของสตาร์ชที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549 : 154-155) สตาร์ชส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอะไมโลสประมาณ 15 – 25 % ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืช จากผลการศึกษาของ ดวงพร อุดมสิน และเติมศักดิ์ ส่งวัฒนา (2539 : 70) พบว่า แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณ อะไมโลส เท่ากับ 6.59 % แป้งสาลีอเนกประสงค์มีปริมาณอะไมโลส เท่ากับ 5.12 % และแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลส เท่ากับ 1.34 %

213144

3. สมบัติของสตาร์ช สตาร์ชมีสมบัติทั่วไป ดังนี้ (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549 : 163-164, 198)

3.1 เป็นแหล่งสะสมพลังงานของพืช เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่สัตว์

3.2 ไม่มีรสหวาน

3.3 ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะพองตัวได้เป็นสารละลายข้นหนืดในน้ำร้อนและกลายเป็นเจล

3.4 ในธรรมชาติสตาร์ชจะอยู่ในรูปเม็ดสตาร์ช เมื่อเม็ดสตาร์ชกระจายตัวอยู่ในน้ำและนำไปทำให้ร้อนเม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำทำให้พองตัวออกมีขนาดใหญ่ขึ้น และเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization) ได้เป็นสารละลายที่มีความข้นหนืดและเมื่อปล่อยสารละลายให้เย็นลงจะเกิดเป็นเจล จึงใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) และสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด แต่ถ้ามีอุณหภูมิต่ำมาก เช่น ในตู้เย็นหรือนำไปแช่แข็งจะเกิดการตกตะกอน เรียกว่า รีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ทำให้ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์อาหารเปลี่ยนไป

3.5 สตาร์ชที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วนจะได้เป็นเดกซ์ทริน แต่ถ้าถูกไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์จะได้น้ำตาลมอลโทสและกลูโคส

4. เจลาทิไนเซชันของสตาร์ช (วรรณา ตุลยธัญ. 2549 : 90 – 92)

การต้มสตาร์ชในภาวะที่มีน้ำมากเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 55 °C มีผลให้เกิดการเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของเม็ดสตาร์ช จะได้สารละลายข้นหนืดที่เรียกว่า แป้งเปียก หรือ สตาร์ชเพสต์ (paste) เจลาทิไนเซชันและเพสทิง (pasting) จึงเป็นคำที่ใช้เรียกการเปลี่ยนแปลงโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการที่เม็ดสตาร์ชไฮเดรตน้ำจนได้สารละลายหนืด

ตามปกติเม็ดสตาร์ชที่สมบูรณ์จะไม่ละลายน้ำ (อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °C) แต่โมเลกุลน้ำสามารถเข้าสู่ภายในเม็ดสตาร์ช เม็ดสตาร์ชจึงไฮเดรตน้ำไว้ได้และพองตัวออกเล็กน้อย (ประมาณ 5 %) เมื่อเทน้ำออกแล้วนำไปอบแห้งจะได้สตาร์ชที่มีสมบัติปกติ แต่ถ้าให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเจลาทิไนเซชันจะทำให้เม็ดสตาร์ชส่วนใหญ่ขยาย ไฮเดรตน้ำได้มากขึ้น โครงสร้างที่มีระเบียบภายในเม็ดสตาร์ชถูกทำลายไป อะไมโลสบางส่วนละลายออกสู่ภายนอกเม็ดสตาร์ช ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เจลาทิไนเซชันเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะผันกลับไม่ได้ กล่าวคือ เมื่ออบแห้งจะไม่ได้เม็ดสตาร์ชอย่างเดิม

ในขณะที่ให้ความร้อนแก่สตาร์ช ความร้อนจะทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลสตาร์ชโดยเริ่มที่บริเวณอสัณฐานก่อน น้ำจะเข้าสู่ภายในเม็ดสตาร์ชได้มากขึ้น เมื่อน้ำถูกไฮเดรตมากขึ้นเม็ดสตาร์ชเกิดการขยายใหญ่ขึ้น เมื่อให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เกิดการหลอมละลายบริเวณผลึก

ภายในเม็ดสตาร์ช น้ำก็จะเข้าได้มากขึ้นจนเม็ดสตาร์ชขยายเต็มที่และความมีระเบียบของโครงสร้างภายในถูกทำลายหมดไป ช่วงอุณหภูมิที่การหักเหของแสงสองแนวของเม็ดสตาร์ชเริ่มหายไป (2 %) จนกระทั่งหมดไป 98 % เรียกว่า อุณหภูมิเจลาทิไนเซชัน ซึ่งจะบอกเป็นช่วงอุณหภูมิ เนื่องจากเม็ดสตาร์ชพองตัวไม่พร้อมกันทุกเม็ด เม็ดใหญ่จะพองได้ง่ายกว่าสตาร์ชเม็ดเล็ก สตาร์ชต่างชนิดกันจะมีช่วงอุณหภูมิเจลาทิไนเซชันแตกต่างกัน

เมื่อเม็ดสตาร์ชขยายใหญ่เต็มที่จะเป็นช่วงที่เม็ดสตาร์ชอ่อนแอที่สุด เมื่อได้รับแรงเฉือนปะทะจากการกวนเม็ดสตาร์ชจะถูกทำลาย โครงสร้างแตกออก ความหนืดอาจลดลงได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังจากเจลาทิไนซ์ เรียกว่า เพสทิง เมื่อแป้งเปียกหรือเพสต์เย็นตัวลง โมเลกุลสตาร์ชโดยเฉพาะอะไมโลสจะค่อย ๆ เข้ามารวมกลุ่มเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโมเลกุลสร้างเป็นขอบเขตรอยต่อ การรวมกลุ่มจะมากขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น โดยเฉพาะถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า รีโทรเกรดเดชัน

จะเห็นว่าสตาร์ชแต่ละชนิดมีโครงสร้างแตกต่างกันจึงทำให้มีสมบัติแตกต่างกันพอสรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สมบัติของสตาร์ชบางชนิด

สมบัติ	ข้าวโพด	ข้าวโพด-เหนียว	มันฝรั่ง ข้าวเหนียว	ข้าวสาลี	ข้าวเจ้า	มันสำปะหลัง
อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกทิน	26 : 74	5 : 95	22 : 78	25 : 75	17 : 83	17 : 83
อุณหภูมิเจลาทิไนเซชัน (°C)	62 - 74	63 - 72	56 - 69	52 - 64	61 - 78	52 - 64
ขนาดของเม็ดสตาร์ช (μm)	5 - 25	5 - 25	15 - 100	2 - 35	3 - 8	5 - 35
สตาร์ชเพสต์หรือแป้งเปียก						
ความหนืด	ปานกลาง	สูง-ปานกลาง	สูงมาก	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	สูง
ลักษณะเนื้อสัมผัส*	ร่วน	เหนียว	เหนียว	ร่วน	ร่วน	เหนียว
ความใส	ทึบแสง	ขุ่นเล็กน้อย	ใส	ทึบแสง	ทึบแสง	ใส
ความคงทนต่อแรงเฉือน*	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง-ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
อัตราการคืนตัว*	สูง	ต่ำมาก	ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ

ที่มา : วรรณา ตุลยธัญ. 2549 : 84 และ * กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550 : 60

จากการที่สตาร์ชแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันนี้เอง เราจึงต้องเลือกใช้สตาร์ชในการทำผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมตามสมบัติของมัน จากการศึกษาความหนืดและการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งอเนกประสงค์ ของ ดวงพร อุดมสิน และเติมศักดิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ส่งวัฒนา (2539 : 70) พบว่า ขณะที่ให้ความร้อนความหนืดของน้ำแป้งข้าวเหนียวมีความหนืดสูงสุด แป้งข้าวเจ้าต่ำสุด แต่เมื่ออุณหภูมิน้ำแป้งลดลง แป้งข้าวเจ้ามีความหนืดสูงสุดและแป้งอเนกประสงค์ต่ำสุด และได้วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของน้ำแป้งทั้ง 3 ชนิด โดยวิเคราะห์ค่า springiness cohesiveness gumminess adhesiveness hardness chewiness และค่า initial modulus พบว่า แป้งข้าวเจ้ามีค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สูงสุด แสดงว่าแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้าง และไม่แตกหักง่าย ฉะนั้นแป้งข้าวเจ้าจึงเหมาะที่จะนำมาทำก๋วยเตี๋ยวได้ดีกว่าแป้งข้าวเหนียวและแป้งอเนกประสงค์

จากการศึกษาของศศิพร รัตนสุวรรณ์ (2548 : บทคัดย่อ) เกี่ยวกับผลของสตาร์ชต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแบบคงตัวชนิดไขมันต่ำโดยใช้สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวเป็นสารเพิ่มความคงตัวในปริมาณ 0 % , 0.5 %, 1.0 % และ 2.0 % พบว่า ทั้งชนิดและปริมาณของสตาร์ชมีผลต่อการเพิ่มความเป็นกรดของโยเกิร์ต ทำให้ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรส คือ อะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอทานอลลดลง สตาร์ชเพิ่มความแข็งแรงแก่เจลของโยเกิร์ตจึงทำให้โยเกิร์ตสามารถกักเก็บเวย์ได้ดีกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ใช้สตาร์ช โครงสร้างจุลภาคของโยเกิร์ตชี้ให้เห็นถึงการพองตัวของสตาร์ชรวมถึงการแทรกตัวของสตาร์ชในรูพรุนของตาข่ายโปรตีน ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต พบว่า สตาร์ชข้าวเหนียว 2 % ได้รับการยอมรับมากที่สุด

กะทิ (coconut milk)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. ความหมาย (ภาวินี ใจสว่าง. 2545 : 4)

The Standard Task Force of The Asian Pacific Coconut Community (APCC) ได้เสนอให้ใช้คำจำกัดความสำหรับผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวเพื่อความเข้าใจตรงกัน โดยกำหนดว่า "กะทิ" (coconut milk) หรือ "หัวกะทิ" (coconut cream) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ปราศจากเส้นใยซึ่งคั้นจากเนื้อมะพร้าวโดยอาจจะมีน้ำมะพร้าวผสมอยู่ด้วยก็ได้

Malaysian Food Regulation ได้ให้คำจำกัดความว่า กะทิจะต้องมีไขมันไม่ต่ำกว่า 30 % โปรตีนไม่ต่ำกว่า 3 % และน้ำไม่เกิน 55 % "หัวกะทิ" เป็นส่วนที่ได้จากการแยกอิมัลชันของน้ำกะทิโดยตั้งทิ้งไว้หรือการเหวี่ยงแยก (centrifugation) ซึ่งหัวกะทิจะประกอบด้วยไขมันไม่ต่ำกว่า 50 % โปรตีนไม่ต่ำกว่า 5 %

Seow และ Gwee ได้ให้คำจำกัดความว่า "กะทิ" เป็นอิมัลชันทึบแสงสีขาวระหว่างโปรตีน – น้ำ – น้ำมัน ซึ่งได้จากการบีบอัดจากเนื้อมะพร้าวขูดโดยการเติมน้ำหรือไม่เติมน้ำก็ได้

2. สมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิ (ภาวินี ใจสว่าง. 2545 : 4)

กะทิ มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายนม เป็นอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำโดยมีอนุภาคน้ำมันกระจายอยู่ในน้ำ ซึ่งแต่ละหยดน้ำมันถูกล้อมรอบด้วยโปรตีน โปรตีนจะช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างโมเลกุลของน้ำและน้ำมัน แต่กะทิก็ยังแยกชั้นได้ง่ายเมื่อตั้งทิ้งไว้ทั้งนี้เพราะกะทิมีสัดส่วนไขมันสูงมากเมื่อเทียบกับโปรตีนจึงทำให้ปริมาณโปรตีนไม่มากพอที่จะขัดขวางการรวมตัวกันของอนุภาคไขมัน โดยที่อนุภาคไขมันชนกันแล้วจับกันเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้นจึงเคลื่อนที่สู่ด้านบนได้เร็วขึ้นจนเกิดการแยกชั้นเป็นหัวกะทิและหางกะทิ

3. สมบัติทางเคมีของกะทิ

กะทิ มีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้ คือ ความชื้น 76.2 % ไขมัน 15.0 % โปรตีน 0.3 % เกลือแร่ 0.4 % คาร์โบไฮเดรต 8.1 % กรดไขมันอิสระ 0.2 % และมี pH 6.2 โปรตีนส่วนใหญ่เป็นอัลบูมิน และโกลบูลิน ซึ่งโปรตีนที่ละลายน้ำมี 30 % ส่วนโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่อยู่ในรูปน้ำตาลซูโครส และส่วนน้อยอยู่ในรูปของแป้ง แร่ธาตุส่วนใหญ่เป็นฟอสฟอรัส แคลซียม และโพแทสเซียม สำหรับกะทิที่คั้นเสร็จใหม่ ๆ จะมีวิตามินบีและวิตามินซีเล็กน้อย (ภาวินี ใจสว่าง. 2545 : 6-7) ไขมันในกะทิส่วนใหญ่เป็นไขมันอิ่มตัวซึ่งมีประมาณ 94 % ของไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัวมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ ดังนี้ กรดคาไพรลิก (8 : 0) 9.5 % กรดคาพริก (10 : 0) 4.5 % กรดลอริก (12 : 0) 51.0 % กรดไมริสติก (14 : 0) 18.5 % กรดปาล์มมิติก (16 : 0) 7.5 % และกรดสเตียริก (18 : 0) 3.0 % สำหรับไขมันไม่อิ่มตัวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ ดังนี้ กรดโอเลอิก (18 : 1) 5.0 % และกรดลิโนเลอิก (18 : 2) 1.0 % (วันทนีย์ ป้อมบุบผา. 2531 : 242)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY