บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในยุคปัจจุบันนี้คนไทยส่วนใหญ่นิยมรับประทานอาหารที่มีความสะดวกสบายทำขึ้นแล้วสามารถได้ทันที ไม่ต้องเตรียมหรือใช้เวลานาน เช่น อาหารกึ่งสำเร็จรูป และอาหารที่นิยมรับประทานได้แก่ ส้มตำ ยำชนิดต่าง ๆ เนื่องจากมีรสชาติที่กลมกล่อม ทั้งรสเปรี้ยว หวาน เค็ม เผ็ด และเครื่องปรุงเหล่านี้เวลาที่จะใช้ต้องมีการเตรียมที่ค่อนข้างยุ่งยาก และหกเลอะได้ง่าย เช่น น้ำ มะนาว น้ำปลา

2.1 เครื่องปรุงรส

เครื่องปรุงรสไม่ได้จัดเป็นอาหารที่นำมาบริโภคโดยตรง แต่เตรียมไว้เพื่อการปรุงแต่งขณะที่ทำการหุงต้มให้ได้รสชาติตามความนิยมของผู้บริโภคที่คุ้นเคย จึงทำให้เครื่องปรุงรสมีบทบาทสำคัญต่อวงการธุรกิจอาหารเกือบทุกประเภท ตั้งแต่การเตรียมการจำหน่ายปลีกให้กับแม่บ้านได้นำมาใช้ในการปรุงแต่งอาหารเองในครอบครัวเรือนหรือผลิตให้กับภัตตาคารและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป ความสำคัญของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสมีดังนี้ (สายสนม , 2540)

1. ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการหุงต้มอาหารและให้รสชาติที่สม่ำเสมอตามความนิยมของผู้บริโภค

2. มีคุณสมบัติที่เป็นอาหารกึ่งยาสมุนไพร เนื่องจากเครื่องปรุงรสจะมีองค์ประกอบของเครื่องเทศทั้งหลาย นอกจากจะให้กลิ่นกับอาหารแล้วยังมีผลทางยาที่ช่วยส่งเสริมสร้างสุขภาพด้วยการจัดกลุ่มอาหารประเภทนี้ว่า nutraceutical food ซึ่งหมายถึง อาหารและเครื่องดื่มที่บริโภคแล้วมีผลทางยาที่มีผลต่อสุขภาพได้ด้วย

3. ช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตผลจากพืชเครื่องเทศที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ

2.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส (สายสนม, 2540)

จำแนกโดยอาศัยหลักความแตกต่างของลักษณะทางภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสได้ 3 ประเภทคือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. เครื่องปรุงรสที่อยู่ในรูปผง เป็นเครื่องปรุงรสที่ผลิตได้ง่ายโดยการนำเครื่องเทศชนิด ต่าง ๆ มาผสมกันเพื่อจำหน่ายในรูปขายปลีกที่บางครั้งผู้ใช้คิดว่าเป็นประกอบของอาหารโดยไม่ทราบว่ามาจากส่วนผสมใด

2. เครื่องปรุงรสที่อยู่ในรูปของข้นหนืด (paste) จัดเป็นเครื่องปรุงรสที่มีพัฒนารูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการขนถ่าย จึงมักเติมน้ำมันหรือของเหลวบางอย่างเพื่อปรับให้มีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนสี่เหลี่ยม สะดวกต่อการบรรจุ การใช้ เช่น ซุปก้อน เป็นต้น

3. เครื่องปรุงรสที่เป็นของเหลว ตัวอย่างเครื่องปรุงรสเหล่านี้ ได้แก่ ซอสหอยนางรม ซีอิ้ว น้ำปลา ซอสพริก เป็นต้น

2.3 ซุป

ซุปเป็นอาหารที่นิยมรับประทานมากในแถบยุโรป ซุปที่รับประทานกันส่วนมาจะเตรียมจากวัตถุดิบสด ซึ่งขั้นตอนในการเตรียมซุปต้องใช้ระยะเวลานานพอควร ดังนั้นจึงได้มีการผลิตซุปสำเร็จรูปเพื่อช่วยขั้นตอนในการเตรียมอาหาร ในปัจจุบันซุปนิยมผลิตในอุตสาหกรรมมี 3 ประเภท คือ

ซุปบรรจุกระป๋อง (canned soup) ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปซุปเข้มข้น เป็นซุปที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากสามารถรับประทานได้สะดวก โดยการเติมน้ำหรือนมลงไปตามอัตราส่วนที่กำหนด นำไปให้ความร้อนแล้วรับประทานได้เลย

ซุปผง (dried soup) เป็นซุปอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมาก ซุปส่วนใหญ่ประกอบด้วยส่วนของเนื้อแห้ง ผักแห้ง น้ำมันเครื่องเทศ สารให้กลิ่น และสารให้ความหนืด ซึ่งส่วนผสมเหล่านี้จะถูกบรรจุอยู่ในถุงที่สามารถป้องกันความชื้นได้ ซุปผงมีข้อดีคือ มีน้ำหนักน้อย ทำให้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง รวมทั้งมีอายุการเก็บนาน และนำไปคืนรูปเพื่อรับประทานได้ง่าย

วิธีการผลิตซุปผงในระดับอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ วิธีแรกทำได้โดยนำส่วนผสมต่าง ๆ มาปรุงเป็นซุปโดยใช้น้ำปริมาณน้อยที่สุด จากนั้นนำซุปที่ได้ไปทำแห้ง ซึ่งจะได้ซุปผงที่มีลักษณะเนื้อเดียวกันและมีคุณภาพดี ส่วนอีกวิธีหนึ่งทำได้โดยนำส่วนผสมแห้งต่าง ๆ มาผสมกันแล้วจึงบรรจุลงถุง ซุปซึ่งผลิตด้วยวิธีนี้จะมองเห็นส่วนผสมต่าง ๆ ได้ชัดเจน แต่ส่วนผสมต่าง ๆ ที่ใช้จะต้องคืนรูปภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ซุปแช่แข็ง (frozen soup) ซุปชนิดนี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคมากนัก ถึงแม้ว่าซุปแช่แข็งมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าซุปกระป๋องและซุปผงเนื่องจากทั้ง 2 ชนิดได้รับความร้อนในระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง

2.4 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องปรุงรสซุปหน่อไม้ผง

2.4.1. มะนาว

มะนาวเป็นไม้ยืนต้นขนาดย่อม มีชื่อสามัญว่า lime เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กจัดอยู่ในตระกูลส้ม (citrus fruit) เชื่อว่าเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดีตะวะนออก หรือทางภาคเหนือของอินเดียได้กระจายพันธ์เข้ามาสู่แผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชีย มีหลายพันธุ์ แต่ที่แพร่หลายและนิยมปลูกกันมากก็คือ มะนาวหนัง มะนาวชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นลูกกลมผิวบางเรียบค่อนข้างจะเป็นมัน มีผลดกหรือเราเรียกว่า "มะนาวสวน" ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน จะเป็นช่วงฤดูที่มีมะนาวมาก ซึ่งเกิดภาวะล้นตลาดและมีราคาต่ำ จึงเหมาะที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus aurantifolia* (Thirsm. & Panz.) Swing

วงศ์ Rutaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก แผ่กิ่งก้านสาขากว้างการแตกออกของกิ่งค่อนข้างไม่เป็นระเบียบลักษณะทรงต้นสูงประมาณ 5 เมตร มีช่วงการแตกใบอ่อนหลายครั้ง และเกือบทุกครั้งที่มีการแตกใบอ่อนมักจะมีดอกออกตามมาด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นมะนาวและปัจจัยอื่น ๆ เช่น การใส่ปุ๋ย การตัดกิ่ง

ลำต้น มีลักษณะงอ เปลือกสีเทาปนน้ำตาล กิ่งอ่อนมีสีเขียวอ่อน สีจะค่อย ๆ เข้มขึ้นบนลำต้นจะมีหนาม ส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณซอกใบเป็นสีเขียวจนถึงสีเขียวอมเหลือง หนามมีลักษณะ แข็ง อ้วน และสั้น

ใบ มีแผ่นใบอันเดียว สีเขียวอ่อน รูปร่างค่อนข้างยาวหรือรูปไข่ ปลายใบมีรูปร่างแหลมขอบใบมีหยัก แผ่นใบกว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร และยาว 6-12 เซนติเมตร ใบกลิ่นแรงเมื่อขยี้ก้านใบมีขนาดสั้น มีปีกแคบหรืออาจไม่ปีก ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ ใบอ่อนมีสีเขียวอมแดง

ดอกเกิดที่บริเวณซอกใบ อาจจะเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อ ดอกที่ตูมมีขนาดความยาว 1-2 เซนติเมตร มีสีแดงเจืออยู่ด้วย กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อน กลีบดอกสีขาว และด้านท้องมีสีม่วงปน

เกสรตัวผู้มีจำนวนมากมายถึง 20-40 อัน เชื่อมติดกับเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-8 อันเกสรตัวเมียมีรังไข่รูปร่างเกือบทรงกระบอกหรือทรงถังเบียร์ ก้านเกสรตัวเมียจะหลุดร่วงเองได้

ผล รูปร่างยาวหรือรูปไข่ที่ปลายมีลักษณะเป็นปุ่มเล็ก ๆ ผลมีขนาดความยาวประมาณ 7 ถึง 12 เซนติเมตร ผิวเมื่อสุกจะออกสีเหลืองหรือสีทอง มีต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกเห็นได้ชัด ผิวเปลือกมีลักษณะขรุขระใน 1 ผล จะมี 8-10 กลีบ เนื้อสีเหลืองอ่อน รสเปรี้ยว มีกลิ่นหอม

เมล็ด ขนาดเล็ก รูปร่างคล้ายรูปไข่ ด้านปลายหัวท้ายจะแหลม มีเนื้อเยื่อสะสมอาหารภายในเป็นสีขาว เมล็ดหนึ่งหากนำไปเพาะสามารถให้ต้นกล้าได้หลายต้น แต่อาจทำให้กลายพันธุ์ ควรใช้กิ่งตอนจะดีกว่า

2.4.1.1 ส่วนประกอบของผลมะนาว

ส่วนประกอบสำคัญของพืชตระกูลส้มจะคล้าย ๆ กัน จากภายนอกสู่ภายในจะมีเปลือกซึ่งประกอบด้วย epidermis, fiavedo, oil glands, albedo และ vascular bundle ส่วนกลีบจะประกอบด้วย segment wall, juice vascles และเมล็ด นอกจากนี้ส่วนของแกนจะประกอบด้วย vascular bundle และ parenchyma tissue

องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

ผลผลิตอีกชนิดหนึ่งที่ได้จากผลมะนาวก็คือน้ำมันหอมระเหยมะนาว (lime oil) ซึ่งสามารถสกัดได้จากเปลือกมะนาวโดยวิธีการกลั่น ซึ่งพบว่าผิวมะนาวที่นำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยจะให้ผลผลิตเพียงแค่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ (Ashurst, 1999)

องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยมะนาว (Ashurst, 1999) แสดงในตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยมะนาว

ชนิด	ปริมาณของสาร (%)
Limonene	52
Gamma-terpinene	8
Alpha-terpineol	7
Terpinolene	5
Para-cymene c	5
1,4-cineole	3
1,8- cineole	2

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชนิด	ปริมาณของสาร (%)
Beta-pinene	2
Bisabolene	2
Fenchol	1
Terpinen-4-ol	0.7
Borneol	0.7
2-vinyl-2,6,6-trimrthyl tetrahydropyran	0.5
	0.4

ที่มา : Ashurst, 1999

2.4.1.2 น้ำมะนาว

2.4.1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะนาว

ส่วนประกอบของน้ำมะนาวจะเปลี่ยนไปตามพันธุ์และสถานที่ปลูก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะนาวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดซิตริกและวิตามินซีแสดงในตารางที่ 2.2

2.4.1.2.2 สารที่ทำให้เกิดรสขมในมะนาว

มะนาวจัดเป็นผลไม้ตระกูลส้ม พืชในตระกูลนี้ได้แก่ ส้ม เลมอน เกรปฟรุ๊ต (grape fruit) เป็นต้น ในอุตสาหกรรมการทำน้ำผลไม้ตระกูลส้มนี้มักประสบปัญหาเรื่องรสขม สาเหตุของความขมเกิดจากสารลิโมนอยด์ ลิโมนอยด์ตัวสำคัญที่ทำให้เกิดรสขมคือ ลิโมนิน (limonin) ซึ่งเป็นสารประเภทอนุพันธุ์ของกลุ่มเทอร์ฟีน (triterpene derivative) ลิโมนิน เปลี่ยนแปลงมาจากสารตั้งต้นที่ไม่มีรสขม คือลิโมโนเอทเอริง แลคโตน (limonoate A-ring lactone) การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด ถูกแรงบีบคั้น

เป็นกลุ่มสารประเภท triterpene derivative ซึ่งประกอบด้วยสาระสำคัญ ๆ อัน เป็นสาเหตุของความขมในน้ำผลไม้ แต่ก็มีลิโมนอยด์บางตัวที่ไม่มีรสขม เช่น obacunone หรือ มีรสขมแต่น้อย ตัวอย่างลิโมนอยด์ที่มีรสขมได้แก่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. Limonin : เป็นสารที่พบเป็นตัวหลักในผลไม้ประเภทนี้
2. Nomilin
3. Nomilinic acid
4. Lchangin
5. Obacunoic acid

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะนาว

องค์ประกอบ	มะนาว (ปริมาณต่อ 100 กรัม)	
	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
pH	1.7-3.2	-
Soluble solid total (^{0}Brix)	8.3-14.1	10.0
Sugar, total as invert (g)	4.94-8.32	5.97
Reducing sugar (g)	0-1.74	0.14
Sucrose (g)	-	-
Protein (total N x 6.25) (g)	0.3-0.7	0.4
Amino nitrogen (g)	-	-
Fat (g)	0-0.11	-
Mineral, total ash (g)	0.25-0.4	0.35
Calcium (g)	4.5-10.4	7
Phosphorus (mg)	9.3-11.2	10
Vitamins		
Thimin (µg)	11-28	20
Riboflavin (µg)	11-18	15
Niacin (µg)	90-275	190
Flavanones (µg)	-	-
Folic acid (µg)	-	-
Vitamin A (µg)	3-5	4
Inositol (mg)	-	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	มะนาว (ปริมาณต่อ 100 กรัม)	
	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
Vitamin C (mg)	23.6-32.7	29
Citric acid (%)	5.2-5.9	5.5

2.4.1.3 การใช้ประโยชน์ของน้ำมะนาว

มะนาวจัดเป็นพืชที่เกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นคนไทยเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้ว่าคนไทยจำนวนมากเกือบทุกครัวเรือนบริโภคมะนาวเป็นประจำ จึงอาจกล่าวได้ว่ามะนาวเป็นพืชที่มีคุณค่ากับมนุษย์ การใช้ประโยชน์จากมะนาวอาจแบ่งเป็น

1. ทางด้านโภชนาการ กรมอนามัย (2549) ได้รายงานคุณค่าของมะนาวในส่วนที่กินได้ 100 กรัมคือ ให้พลังงาน 36 แคลรี่ ไขมัน 2.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.9 กรัม เยื่อใย 0.3 กรัม การใช้ประโยชน์ของมะนาว อาจใช้วิธีการรับประทานผลสดเป็นส่วนมาก ปรุงแต่งรสทั้งอาหารคาวและหวาน ใช้ทำเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (กาญจนา, 2530)

2. ทางการแพทย์ พบว่ามะนาวมีรสสารเอสเพอริดีน (hesperidin) และนาริงจิน (naringin) ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้มีฤทธิ์แก้อักเสบ ทางการแพทย์แผนโบราณนำเอาส่วนต่าง ๆ ของมะนาวใช้รักษาโรค เช่น น้ำในผล แก้โรคลักปิดลักเปิด ใบ ใช้ฟอกโลหิต เมล็ด คั่วให้เหลืองผสมในยาขับเสหะ รากใช้เป็นยาถอนพิษไข้

3. ทางด้านอุตสาหกรรมเกษตร โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยที่อยู่บนผิวเปลือกมะนาวเพื่อนำมาใช้ทำเครื่องสำอาง และผสมยารักษาโรคบางชนิด นอกจากนี้ยังสามารถนำมะนาวมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น มะนาวดอง มะนาวแช่อิ่ม น้ำมะนาวเข้มข้น น้ำมะนาวหวาน มาร์มาเลดมะนาว น้ำมะนาวผง เปลือกมะนาวเชื่อม แยมมะนาวดอง มะนาวกวนปรุงรส บ๊วยเปลือกมะนาวสามรส เพคตินผลจากเยื่อมะนาว แยมเปลือกมะนาว เยลลี่มะนาว กิมจ๊อมะนาว และกลิ่นมะนาวผง เป็นต้น

4. ทางด้านเศรษฐกิจ มะนาวเป็นพืชที่มีบททางการค้ามากขึ้น เนื่องจากสามารถส่งเป็นสินค้าส่งออก ทำรายได้ให้ประเทศปีละไม่น้อย โดยส่งออกในลักษณะดอง ตากแห้ง อบแห้ง น้ำมะนาว และผลสด โดยมีประเทศคู่ค้าสำคัญคือ ฮ่องกง

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มาเลเซีย สิงค์โปร์ ไต้หวัน กลุ่มประเทศประชาคมเศรษฐกิจยุโรป (EEC) ญี่ปุ่น ซาอุดิอาระเบีย ฮอลแลนด์

2.4.1.4 การเสื่อมคุณภาพของน้ำมะนาว

1. จุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกรดอินทรีย์ การสร้างแอลกอฮอล์ และการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ จุลินทรีย์ที่พบได้แก่พวกยีสต์ รา และบักเตรีที่ชอบกรด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน (aerobatic) น้ำมะนาวเมื่อตั้งทิ้งไว้สีจะเปลี่ยนและพบเชื้อจุลินทรีย์ขึ้น แต่สามารถทำลายได้โดยการพาสเจอร์ไรเซชัน อาศัยความร้อนที่ 150 $^{\circ}$F 2-3 นาที สามารถทำลายยีสต์และบักเตรีได้ แต่ถ้าเป็นเชื้อราต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าคือ 175 $^{\circ}$F 5-10 นาที

2. ปฏิกิริยาเอนไซม์โดยเอนไซม์เพคติเนส (pectinase) ซึ่งมีอยู่ในน้ำมะนาวจะย่อยเพคติน (pictin) ทำให้เกิดการตกตะกอนแยกชั้น ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งเอนไซม์นี้สามารถถูกทำลายได้อุณหภูมิ 185 $^{\circ}$F 4 นาที

3. น้ำมะนาวที่ผิวมะนาว ได้รายงานว่า กลิ่นรสของพืชตระกูลส้มเป็นผลเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหย (essencial oil) ที่ผิวเปลือก น้ำมันนี้เป็นสารระเหยของเทอร์พีน (terpene) เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpenes) แอลกอฮอล์ชั้นสูง (higher alcohol) แอลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (hetones) ไข (waxes) และเอสเทอร์ (ester) การที่น้ำมันหอมระเหยปะปนลงในน้ำมะนาว สารเทอร์พีนนี้จะสลายตัวในสารละลายที่เป็นกรดโดยเกิดกระบวนการโพลีเมอไรเซชัน (polymerzation) ทำให้กลิ่นรสของน้ำมะนาวเปลี่ยนไปในทางที่ไม่ดีคือจะทำให้น้ำมะนาวมีรสขม

4. ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวลดลง ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้าบีบมะนาวทิ้งไว้ในอากาศซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) นอกจากนี้และกลิ่นรสของมะนาวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงสามารถแก้ไขได้โดยไม่คั้นน้ำมะนาวทิ้งไว้ในอากาศเวลานาน เนื่องจากปริมาณวิตามินซีถูกทำลายได้ง่ายโดยออกซิเจนในอากาศ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ด่างลงไปรวมกับอาหารที่มีวิตามินซี เพราะตามปกติวิตามินซีจะรวมอยู่กับกรดและคงตัวมากกว่าเมื่ออยู่รวมกับกรดหรือเกลือ และไม่ควรใช้ภาชนะบรรจุน้ำมะนาวเป็นเหล็กหรือทองแดง เนื่องจากโลหะพวกนี้จะทำปฏิกิริยากับวิตามินซีทำให้ปริมาณลดลงและสีของน้ำมะนาวเปลี่ยนแปลงไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4.2. พริก

ใช้ปรุงแต่งรสอาหาร ผลมีสารแคปไซซิน (capsaicin) ซึ่งมีรสเผ็ดและมีสารจำนวนมาก แป้ง 7.8 % เส้นใย 4.5 % เบต้าแคโรทีน 1.3 mg % Vc 37 mg ต่อผลสด 10 g

สรรพคุณ : เป็นยาขับเสมหะ แก้ไข แก้ตานซาง เป็นส่วนผสมในยาขับลม ยาขี้ผึ้งทาถูนวด แก้ปวดเมื่อย เคล็ดขัดยอก

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของพริกเผ็ดและพริกหวาน (ต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 g)

ส่วนประกอบ	พริกหวาน	พริกเผ็ด
พลังงาน (kcal)	26	116
โปรตีน (g)	1.3	6.3
เส้นใย (mg)	1.4	15
แคลเซียม (mg)	12	8.6
เหล็ก (mg)	0.9	3.6
แคโรทีน (mg)	1.8	6.6
ไทอาซิน (mg)	0.07	0.37
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.08	0.51
ไนอาซีน (mg)	0.8	2.5
วิตามิน C (mg)	103.0	96
คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ย	(ANV) 6.61	27.92
ANV ต่อ นน. แห้ง 100g	82.6	8.07
นน.แห้ง 100 g	8.0	34.6
ของเหลือทิ้ง (%)	13.0	13

ที่มา : มณีฉัตร นิกรพันธุ์(2541)

2.4.3. ปลาร้า

ปลาร้าที่ดีต้องมีกลิ่นหอม เนื้อปลาสะอาด มีสีอมชมพู ไม่มีสิ่งปลอมปน เช่น ปีก ขา แมลงวัน และอื่นๆ สีของรำ/ข้าวคั่ว ไม่ดำคล้ำ เนื้อปลาไม่แข้งกระด้าง หรือยุ่ยและ มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นแอมโมเนีย กลิ่นสาบ หรือกลิ่นหืน รสชาติดีไม่เค็มเกินไป ควรมีเกลือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(NaCl) ประมาณ 11-16 % ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ประมาณ 4 – 6 ส่วนปลาร้าที่มีคุณภาพไม่ดีจะมีกลิ่นเปรี้ยว กลิ่นเหม็นสาบ อับ กลิ่นหืน เนื้อปลาจะมีสีดำคล้ำ เนื้อปลาจะแข็งกระด้างหรือเละมากไม่มีรสชาติของปลาร้า เค็มมาก รสเปรี้ยวหรือขม

ปลาร้าเป็นอาหารที่มีองค์ประกอบทางเคมีหรือมีคุณค่าทางอาหารสูง มีสารอาหารหรือคุณค่าทางโภชนาการอยู่มาก โดยมีแร่ธาตุที่สำคัญอยู่มาก โดยเฉพาะมีแคลเซียมและมีฟอสฟอรัสอยู่มาก ซึ่งเป็นธาตุที่ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันของร่างกายให้แข็งแรง ดังแสดงในตารางที่ 4 นอกจากนี้ปลาร้าที่ผลิตได้ดีตามกระบวนการผลิตที่สะอาดถูกต้องได้มาตรฐาน ก็ยังไม่พบอันตรายทางชีวภาพหรือจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของปลาร้า

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ	
น้ำ	52.50	กรัม
โปรตีน	15.30	กรัม
ไขมัน	8.00	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	3.90	กรัม
เส้นใย	0.50	กรัม
เถ้า	20.30	กรัม
pH	4.5 - 6	

ที่มา : ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และกองโภชนาการ กรมอนามัย (2549)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.5 จุลินทรีย์ในปลาร้า

ชนิดจุลินทรีย์	จำนวน (โคโลนี/กรัม)
จุลินทรีย์	$\leq 1\times10^{4}$
รา	≤ 200

ที่มา : ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2.5 การทำแห้ง

การทำแห้งหมายถึง การระเหยน้ำเกือบทั้งหมดออกจากอาหาร ภายใต้สภาพที่ควบคุมไว้เพื่อคุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้ความชื้นหรือประมาณ 1-5 % หรือหมายถึง กระบวนการลดความชื้นหรือปริมาณน้ำในอาหาร โดยอาศัยความร้อนที่สามารถควบคุมได้ หรือความร้อนจากแหล่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นซึ่งการทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารได้มาก อาหารแห้งที่ได้จะมีน้ำหนักน้อยลง จึงสะดวกต่อการขนส่งและการเก็บรักษา หรืออาจหมายถึงการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน กล่าวคือ การอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป จะมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการคือ

1. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่า 10 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ

2. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหาร เพื่อสะดวกต่อการขนส่ง ผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพของสด จะกินเนื้อที่ และการดูแลรักษาลำบาก โดยเฉพาะพวกนมสด ถ้าทำเป็นนมผงจะทำให้หนักเบาขึ้น การบรรจุ ขนส่งก็สะดวกและประหยัด ในการอบแห้งทั่ว ๆ ไป พบว่าอาหารแห้งที่ได้มีน้ำหนักลดไปมาก ปริมาณความชื้นที่ลดลงไปหลังจากทำแห้งแล้วแสดงในตารางที่ 6 การที่กล่าวว่า อาหารที่มีปริมาณน้ำต่ำ ๆ จะเก็บรักษาได้นานกว่านั้น จะสัมพันธ์อยู่

กับลักษณะการเกิดการเน่าเสียของอาหาร อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากเชื้อ จุลินทรีย์เป็นสำคัญ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์มีอยู่ทั่ว ๆ ไป ทั้งในใต้ดิน น้ำ และอากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่น่าจะเป็น แบคทีเรีย รา ยีสต์ ก็ตามจะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบความชื้นระหว่างอาหารในสภาพสดกับแห้ง

วัตถุดิบ	ความชื้น (%)		ความชื้นลดลง (%)
	ของสด	ของแห้ง	
นมสด	87	2-3	96-97
ไข่ทั้งฟอง	74	5	93
เนื้อสัตว์	75.	5-10	87-93
ใบชา - ชาผง	85	5-10	87-93

ตารางที่ 2.7 ความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละประเภทในช่วง a_w ต่าง ๆ

จุลินทรีย์	ค่า a_w ต่ำสุดที่จะเจริญได้
Normal Bacteria	0.81
Normal Yeast	0.88
Normal Mold	0.80
Halophilic Bacteria	0.75
Xerophilic Fungi	0.65
Osmophilic Yeast	0.60

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.1 วิธีการทำแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปอาศัยหลักการ 2 ประการ คือต้องให้ความร้อนแก่อาหารและต้องระบายความชื้นออกจากอาหาร จากหลักการดังกล่าวการผลิตอาหารจึงต้องทำให้อากาศอุ่นรอบอาหาร เพราะอากาศอุ่นสามารถจุความชื้นได้มากกว่าอากาศเย็น และต้องให้มีการหมุนเวียนอากาศ เพื่อให้อากาศกระทบกับอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ ต้องให้ความร้อนใน

สุญญากาศซึ่งจะเป็นการเพิ่มการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำ อาหารที่ได้จะมีลักษณะเหมือนธรรมชาติและควรจัดอาหารเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มผิวให้สัมผัสกับอาหารและความร้อน ซึ่งวิธีการปฏิบัติดังกล่าวนี้จะทำให้อาหารแห้งมีคุณภาพดี สีสวย และเก็บได้นานโดยใช้เทคโนโลยีในการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น

1.1.1 การทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum Drying)

เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (อacuum shelf dryer) การทำแห้งโดยใช้สุญญากาศ จะใช้กับอาหารที่ที่ถูกทำลายด้วยร้อนได้ง่าย อาหารอาจอยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลว การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นการนำความร้อน เครื่องทำแห้งประกอบไปด้วยห้องสุญญากาศ มีประตูเปิดปิดและช่องทางออกของไอน้ำ ชั้นวางอาหารจะมีลวดให้ความร้อนเชื่อมติดอยู่ โดยการนำอาหารมาเกลี่ยเป็นชั้นบาง ๆ บนถาด ความดันสุญญากาศจะควบคุมไว้ประมาณ 0.135-9.45 KN/m^2 ดูดเอาเอาน้ำและความชื้นออกจากเครื่องทำแห้ง ถาดวางอาหารจะต้องเรียบ เพื่อการถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้ดี อัตราการทำแห้งในช่วงรกจะสูง หลังจากนั้นอาหารจะหดตัว ทำให้อาหารไม่สัมผัสกับถาด อัตราการทำแห้งจึงค่อย ๆ ลดลง จะต้องควบคุมอุณหภูมิของถาดไม่ให้ร้อนจนเกินไป เพราะจะทำให้อาหารไหม้ เครื่องทำแห้งชนิดนี้จะมีราคาแพงมาก มักใช้กับอาหารที่สามารถถูกทำลายด้วยความร้อนได้ง่าย เช่น น้ำผลไม้เข้มข้น

1.1.2. การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze Drying)

การทำแห้งแบบเยือกแข็งเป็นวิธีกำจัดออกจากวัตถุดิบโดยการทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอ หรือเกิดการระเหิด (sublimation) โดยไม่ผ่านสถานะของเหลว ซึ่งข้อดีของการทำแห้งแบบเยือกแข็งผลิตภัณฑ์จะได้รับความเสียหายระหว่างกระบวนการทำแห้งน้อยที่สุด เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำโดยที่น้ำไม่ผ่านช่วงที่เป็นของเหลว ทำให้ของแข็งที่อยู่ในสภาพใกล้เคียงกลับสภาพเริ่มต้น ไม่สามารถผสมหรือเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอื่น ๆ นอกจากนั้นการทำแห้งโดยวิธีนี้ยังสามารถรักษาสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ไว้ได้มาก แต่ข้อเสียของวิธีนี้นี้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นรวมต่ำ และมีสมบัติการดูดความชื้นมากจึงทำให้มีการจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย และค่าใช้จ่ายในการทำแห้งสูง เนื่องจากต้องทำแห้งอุณหภูมิต่ำและระดับสุญญากาศที่สูง จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้ทางการค้า

1.1.3. การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying)

การผลิตน้ำผลไม้ผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นวิธีการทำแห้งของเหลวซึ่งมีลักษณะเป็นสารละลาย หรือ ของเหลวข้นโดยการฉีด พ่นหรือเหวี่ยงสารละลายดังกล่าวให้เป็นละอองฝอย (fine droplets) ผ่านเข้าไปสัมผัสกัลป์ลมร้อนในเครื่องทำแห้งแบบพ่น เมื่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเขาทอง
PHUBHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สัมผัสกับกระแสลมร้อน ของเหลวจะระเหยไปอย่างรวดเร็ว และแห้งก่อนที่จะตกลงมาทางด้านล่างของห้องอบแห้ง และผงที่ได้จะตกลงตามรูปกรวยตรงบริเวณก้นถังซึ่งจะถูกพาออกมาโดยกระแสลมไปยังที่ดักผง (dust collector) โดยใช้ระบบ cyclone ลมร้อนส่วนใหญ่ที่ออกจากห้องอบแห้งก็จะออกไปพร้อมกับผลิตภัณฑ์ไปยังส่วนดักผง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพใกล้เคียงของสด และผงมีลักษณะสม่ำเสมอคือ มีขนาดรูปร่างและความชื้นเหลืออยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในทุก ๆ อนุภาคผง

การอบแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะมีประโยชน์มาก เพราะให้การทำแห้งอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้ละลายน้ำง่ายและค่าใช้จ่ายในการผลิตค่อนข้างต่ำ แต่มีข้อเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ค่อยทนความร้อนสูง และสามารถควบคุมขนาดและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ได้ในระดับหนึ่ง

1.1.4. การทำแห้งแบบโฟม (foam – mat drying)

การทำแห้งแบบโฟมจะนิยมใช้กับผลไม้ซึ่งจะมีปริมาณของแข็งต่ำ และของเหวซึ่งมีส่วนประกอบน้ำตาล หากทำให้แห้งจนเป็นผงแล้วน้ำตาลเหล่านี้จะมีความเข้มข้นสูงขึ้นมากและดูดความชื้นกลับได้อย่างรวดเร็ว เหนียวติดภาชนะ หรือ ไม่สามารถทำให้เป็นผงได้ การทำแห้งแบบโฟมอาศัยสารที่ทำให้เกิดลักษณะเป็นโฟมที่คงตัวได้แก่ เมธิลเซลลูโลส (methylcellulose), soya albumion เป็นต้น ในการทำแห้งแบบโฟมมีวิธีการทำแห้ง 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดลักษณะเป็นโฟมที่คงตัวในระหว่างการทำแห้ง โดยตีปั่นเติมอากาศเข้าไปและเติมสารช่วยให้โฟมคงตัว ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการทำโฟมเข้มข้นและมีลักษณะเป็นรูพรุน ส่วนขั้นตอนสุดท้ายจะทำการบดเพื่อให้แผ่นโฟมมีลักษณะเป็นผง

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.6 ผลของการอบแห้งต่ออาหาร

1. ลักษณะเนื้อสัมผัส สำหรับอาหารผง ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดด้วย bulk density ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอาหารวิธีการทำแห้งที่ใช้ และขนาดของอนุภาคผลิตภัณฑ์ที่ได้ อาหารที่มีไขมันต่ำจะเกิด Free flowing powder ง่ายกว่าพวกที่มีไขมันสูง เช่น นมผง เมื่อนำไป rehydrate จะเกิด wettability, sinkability, dispersibility และ solubility และเกิดอาการชนิด instant powder ก็จะเกิด ลักษณะทั้ง 4 อย่างเช่นเดียวกัน อาหารที่เป็นผงขนาดเล็ก ๆ จะเก็บรักษาได้นานกว่าอาหารที่เป็นผงขนาดใหญ่ เพราะมีอากาศเข้าไปแทรกตัวอยู่มาก ตารางที่ 8 ค่า bulk density และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอาหารผงบางชนิด

ตารางที่ 2.8 ค่า bulk density และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอาหารผงบางชนิด

อาหาร	Bulk density (กิโลกรัม/เมตร^3)	% ความชื้น
ผงโกโก้	480	3-5
กาแฟบด	330	7
กาแฟ instant	330	2.5
กาแฟ creamer	470	3
แป้งข้าวโพด	560	12
ไข่ทั้งฟอง	340	2-4
นมผงปราศจากจากไขมัน	640	2-4
นมผงปราศจากไขมัน	550	2-4
(instant)	960	0.2
เกลือ (granular)	800	0.5
น้ำตาล (granular)	450	12.0
แป้งสาลี		

ที่มา : Fellow. 1997

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. กลิ่นและรสชาติ ระหว่างการอบแห้งความร้อนจะทำให้สารให้กลิ่นระเหยออกไปด้วย ดังนั้นการสูญเสียสารให้กลิ่นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ และความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดในอาหาร ความดันไอของสารที่ระเหยได้ และความสามารถในการละลายน้ำ หากเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจะสูญเสียตั้งแต่เริ่มต้นอบ ส่วนช่วงหลังของการอบจะมีการเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง จะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสชาติของอาหารได้

3. สี การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีผิวของอาหารและเปลี่ยนการสะท้อนแสงของสี มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการอบแห้ง ยิ่งการอบแห้งใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงยิ่งเกิดได้ง่าย และอาจเกิด browning reaction ระหว่างการเก็บรักษาหากยังมี activity ของเอนไซม์เหลืออยู่ สามารถป้องกันการทำงานของเอนไซม์ได้โดยนำไปลวกและใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือ

วิตามินซี แต่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำให้สีของแอนโธไซนานินหายไป และก๊าซเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างทำให้เปลี่ยนและผู้บริโภคบางคนเกิดอาหารแพ้ได้ เช่น มีอาการหอบหืด

การเกิดปฏิกิริยาเป็นสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับ a_w และอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างเก็บรักษา ยิ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงยิ่งมีสีคล้ำ โดยเฉพาะเมื่ออาหารมีความชื้นมากกว่า 4-5 เปอร์เซ็นต์และอุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส

4. คุณค่าทางโภชนา การใช้ความร้อนระเหยเอาน้ำออกจากอาหาร ทำให้อาหารมีน้ำลดหรือทำให้อาหารอยู่ในสภาพแห้ง เป็นวิธีการถนอมอาหารโดยการลด a_w แต่การใช้ความร้อนจะทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ดังนั้นการทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็งหรือ lyophilization จึงเป็นการทำแห้งหรือลด a_w โดยไม่ใช้ความร้อน อาหารที่อบแห้งจะมีคุณทางโภชนาการสูงและคงเหลือคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสไว้เป็นอย่างดี แต่วิธีนี้ต้องใช้เวลามาก เสียงพลังงานมาก ค่าใช้จ่ายและการลงทุนก็สูงด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งที่ใช้วิธีนี้มีราคาสูงขึ้น จึงนิยมใช้กับอาหารที่มีราคาสูง มีกลิ่นและลักษณะเนื้อเฉพาะ เช่น กาแฟ เห็ดหอม เครื่องเทศ สมุนไพร น้ำผลไม้ และเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านกระบวนการอบแห้งโดยวิธีนี้เก็บรักษาได้นานมาก

ขั้นตอนแรกของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง คือแช่แข็งอาหารให้แข็งใน freezing equipment อาหารชิ้นเล็ก ๆ จะแข็งตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดผนึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ๆ เพราะจะไม่ทำลายโครงสร้างของเซลล์อาหาร หากเป็นของเหลว อาจแช่แข็งโดยใช้วิธีช้าได้ หลังจากนั้นนำอาหารแช่แข็งไปใส่ในตู้ Freeze drier ที่ลดความดันต่ำลงประมาณ 4.58 Tour (610.5 Pa) ซึ่งจะทำให้ความดันไอน้ำในอาหารลดต่ำลงด้วย น้ำที่อยู่ในสภาพน้ำแข็งจะระเหิดกลายเป็นไอโดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลวและไอน้ำที่เกิดขึ้นจะถูกดูดออกไปด้วยปั๊มสุญญากาศ และกลั่นตัวบน refrigeration coils (นิธิยา. 2543)

5. การดูดคืนน้ำ (Rehydration) การดูดคืนน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ความร้อนลดระดับการดูดคืนของน้ำของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้ม อัตราเร็วและระดับของการดูดคืนน้ำ อาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า (วิไล, 2543)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.7 จุลชีววิทยาของอาหารที่ผ่านการทำแห้ง (วราวุฒิ, 2538)

จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผักแห้ง อยู่ในช่วงที่ไม่อาจตรวจนับได้จนถึงจำนวนล้านเซลล์ต่อกรัม จำนวนจุลินทรีย์ในช่วงก่อนการทำแห้งอาจมีปริมาณสูง เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของผักหลังจากการล้าง อย่างไรก็ตามการทำลายจุลินทรีย์ในผักเนื่องจากกระบวนการอบแห้งจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่พบในผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง

1. จุลชีววิทยาช่วงก่อนที่จะรับเข้าขั้นตอนกระบวนการแปรรูป

ผักและผลไม้อาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ติดมากับดินและน้ำในช่วงของการเก็บเกี่ยว รวมถึงจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่บริเวณผิวของผักและผลไม้ตามธรรมชาติ และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียซึ่งเจริญอยู่บริเวณที่มีการเสื่อมเสีย จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีการเจริญเติบโตเกิดขึ้นก่อนที่ผักจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง

2. จุลชีววิทยาในระหว่างขั้นตอนการอบแห้ง

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำแห้งในช่วงก่อนที่จะมีการรับเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง อาจมีการเจริญเติบโตในช่วงระหว่างการระหว่างการผลิตก่อนอบแห้ง นอกจากนี้แล้วอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เพิ่มเติมจากเครื่องมือที่ใช้และคนงานที่เกี่ยวข้อง

การนำผักและผลไม้มาล้างน้ำ ก็เพื่อกำจัดดินและสิ่งสกปรกอื่น ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ แต่ในทางตรงกันข้ามการล้างอาจเป็นการเพิ่มโอกาสการปนเปื้อนของ จุลินทรีย์ลงไปในอาหารมากขึ้นถ้าใช้น้ำที่ไม่ถูกสุขลักษณะ

การปอกเปลือกผักหรือผลหรือผลไม้ภายใต้น้ำหรือด่าง สามารถลดจำนวนของจุลินทรีย์ลงได้ทั้งเนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวนอกของผักและผลไม้นั่นเอง ส่วนการนำผักมาหั่นต่ออาจเป็นการเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ถ้าอุปกรณ์ที่ใช้มีความสะอาดไม่เพียงพอ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. จุลินทรีย์ในระหว่างการอบแห้ง

ความร้อนที่ใช้ในระหว่างการทำแห้งเป็นสาเหตุของการลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ผลของความร้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและกระบวนการทำแห้งที่ใช้

โดยปกติแล้วเชื้อยีสต์ทั้งหมดและเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่จะถูกทำลายด้วยความร้อน แต่สปอร์ของแบคทีเรียและเชื้อราที่มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนสามารถมีชีวิตรอดจากความร้อนที่ใช้ นอกจากนี้แล้วสภาพที่ไม่เหมาะสมในระหว่างกระบวนการทำแห้ง ก็อาจเกื้อหนุนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านั้นด้วย

4. จุลชีววิทยาภายหลังกระบวนการทำแห้ง

ปริมาณของจุลินทรีย์โดยทั่วไปในระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างช้า ๆ ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถต้านทานต่อการทำแห้งจะมีชีวิตรอดได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงพบว่าจุลินทรีย์ดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์ที่จะตรวจพบสูง จุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติที่ต่อต้านการเก็บรักษาในสภาพแห้งได้แก่ สปอร์ของแบคทีเรียและเชื้อรา บางสายพันธุ์ของแบคทีเรีย Micrococci และ Micro bacteria

2.8 การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง

โดยทั่วไปการเสื่อมเสียที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ (nonenzymic browning reaction) การเกิดออกซิเดชันของรงควัตถุ ลการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร

1. การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

การเกิดออกซิเดชันของไขมันเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืน แม้แต่ในอาหารที่แทบไม่มีไขมันเลย เช่น มันฝรั่งแห้งซึ่งมีไขมันเพียงร้อยละ0.3 (Ayward และ Haisman, 1969) Tims และ Watt (1958) การเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้กลิ่นรสที่ไม่ยอมรับของผู้บริโภคมาก กลิ่นหืนนี้สามารถประเมินได้หลายวิธีคือ วิธีทางประสาทสัมผัส การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ แต่วิธีที่นิยมมาในการวัดความหืนในอาหารคือ การหาค่า TBA (thiobarbituric acid value) ซึ่งทำได้โดยวัดความเข้มของสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของ 2- thiobarbituric acid กับสารที่ได้จาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ค่า TAB ที่เป็นที่ยอมรับสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป Turner และคณะ (1954) พบว่า ผู้ชิมเริ่มได้รับกลิ่นและรสหืน เมื่อเนื้อบดสุกมีค่า TBA เท่ากับ 0.46 และผู้ชิมไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีค่า TBA มากกว่า1.20 เป็นการยากที่จะกำหนดค่า TBA เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้องกับค่า TBA ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

2. การเกิดปฏิกิริยา Millard

เกิดปฏิกิริยา Millard หรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ (nonenzymic browning reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนและโปรตีนในอาหาร ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลแล้วยังทำให้เกิดสารระเหยหลายชนิด เช่น สารประกอบพวก เช่น สารประกอบพวก furans, สารประกอบ N-heterocyclic และสารประกอบคาร์บอนิลต่าง ๆ (Hurrell, 1982)

2.9 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2-8 เช่นนมผง ซุปผง และผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืช (breakfast cereal) มักจะบรรจุในถุงพลาสติกซึ่งลามิเนตด้วยโพลีเอทธิลีน, อลูมิเนียมฟอยด์ และกระดาษ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งส่วนใหญ่มักจะเก็บรักษาได้ดีในสภาพที่มีก๊าซเฉื่อย แต่พบว่าไม่เป็นที่นิยมในทางการค้า ซุปผงควรบรรจุในภาชนะบรรจุในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันออกซิเจนและความชื้น รวมทั้งการสูญเสียสารระเหยได้ดี (Paine, 1983) วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุเพื่อเก็บรักษาซุปผง ได้แก่ อลูมิเนียมฟอยด์, โพลีโพรพิลีน,เซลลูโลสอะซิเตต และโพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ เป็นต้น (Binsted และ Devey, 1970)

1. ชนิดและสมบัติของแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีน (polyethylene, PE)

ชนิดของแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีนจะแบ่งตามความหนาแน่นได้ 3 ชนิด คือ ชนิดความหนาแน่นต่ำจะมีค่า 0.910 ถึง 0.925 กรัมต่อมิลลิลิตร ชนิดความหนาแน่นกลางจะมีค่า 0.926 ถึง 0.940 กรัมต่อมิลลิลิตร และชนิดความแน่นสูงจะมีค่า 0.940 ถึง 0.965 กรัมต่อมิลลิลิตร (Sacharow, 1976) โพลีเอทธิลีนจะทนต่อตัวทำลาย กรด และด่าง ยกเว้นกรดไนตริกเข้มข้นที่ร้อน ส่วนน้ำมันและ grease อาจทำให้ผิวด้านนอกของโพลีเอทธิลีนเหนียวได้ พบว่า mineral oil สามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ความหนา 1.5 mil ภายใน 4-

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

139700

5 วัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันหรือน้ำมันสูงควรทดสอบก่อนว่าจะมีปัญหาดังกล่าวหรือไม่ แผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีนมีความสามารถป้องกันความชื้นได้ดีแต่ก๊าซจะซึมผ่านแผ่นฟิล์มนี้ได้ (Hanlon, 1984) โดยอัตราการซึมผ่านของน้ำ (water vapor transmission rate) และการซึมผ่านของก๊าซจะลดลงเมื่อความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีนเพิ่มขึ้น (Sacharow, 1976) ส่วนสมบัติอื่น ๆ พอจะสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3 สำหรับกลิ่นรสนั้นสามารถผ่านแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีนได้โดยกลิ่นรสชนิดหนึ่งอาจซึมผ่านได้เร็วกว่ากลิ่นรสอีชนิดหนึ่ง ทำให้กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไปได้ พื้นผิวหน้าของแผ่นโพลีเอทธิลีนนั้นมีลักษณะไม่มีขั้ว (nonpolar) ทำให้ติดหมึกพิมพ์ได้ยาก ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยทำให้แผ่นฟิล์มร้อนด้วยเปลวไฟก่อนพิมพ์ (Hanlon, 1984)

2. สมบัติของแผ่นฟิล์มไนลอน (polyamide)

แผ่นฟิล์มไนลอนเป็นแผ่นฟิล์มที่ทนความร้อนได้สูงถึง 350 องศาฟาเรนไฮต์ มีความเหนียว ทนต่อน้ำมัน และ grease ได้ดี ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ภัณฑ์ที่ต้องบรรจุร้อน และเหมาะสมกับการบรรจุแบบสุญญากาศหรือบรรจุร่วมก๊าซ (Tenney และ Stewart, 1989) นอกจากนี้ยังทนต่อกรดและด่างเจือจางแต่ไม่ทนต่อกรดเข้มข้น แผ่นฟิล์ม ไนลอนมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซต่ำกว่าอัตราการซึมผ่านของน้ำสูง ดังนั้นจึงสามารถใช้ไนลอนเป็นภาชนะบรรจุที่สามารถนำไปฆ่าเชื้อได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้ไนลอนเป็นภาชนะบรรจุที่สามารถนำไปฆ่าเชื้อได้ เนื่องจากไอน้ำที่เกิดขึ้นระหว่างการฆ่าเชื้อสามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มได้ (Sacharow, 1976) ส่วนในกรณีที่จะใช้แผ่นฟิล์ม

3. สมบัติของอลูมิเนียมฟอยด์ (aluminium foil)

อลูมิเนียมฟอยด์เป็นวัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นได้ดีมาก อลูมิเนียมฟอยด์ที่มีความหนามาก ๆ ก๊าซจะซึมผ่านไม่ได้เลย ส่วนอลูมิเนียมฟอยด์ที่มีความหนาต่ำกว่า 0.001 นิ้ว จะมีการซึมผ่านได้บ้าง ดังแสดงที่ 5 นอกจากนี้อลูมิเนียมฟอยด์ยังมีลักษณะปรากฏที่ดี คือ มีผิวหน้าเป็นมันเงาสวยงาม ทนต่อตัวทำละลายและ grease ได้ดีแต่ไม่ทนกรดและด่าง ยกเว้นกรดอ่อน ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการเคลือบด้วยไขหรือแลคเกอร์สำหรับอลูมิเนียมฟอยด์ที่บางมาก ๆ มักจะลามิเนตกับฟิล์มชนิดอื่นเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรง เช่น ลามิเนตกับเซลโลเฟน, โพลีเอสเตอร์ (Hanlon, 1984)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.9 สมบัติบางประการของแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีน

สมบัติ	ชนิดของแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีน		
	ความหนาแน่นต่ำ	ความหนาแน่นกลาง	ความหนาแน่นสูง
ความหนาแน่น (กรัม / มิลลิลิตร)	0.910-0.925	0.926-0.940	0.941-0.965
Tensile strength (psi)	17.0	25.0	40.0
Heat sealing range ($^{\circ}$C)	250-350	250-350	275-350
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (cc/100 in^2 / 24 hr. แผ่นฟิล์ม ขนาด 1 mil)	500	225	125
อัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (cc/100 in^2 / 24 hr. แผ่นฟิล์ม ขนาด 1 mil)	1,350	500	350
อัตราการซึมผ่านของน้ำ (cc/100 in^2 / 24 hr. แผ่นฟิล์ม ขนาด 1 mil)	1.4	0.6	0.3

ที่มา : Sacharow (1976)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.10 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยืดอายุการเก็บรักษา

การยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์นั้น นอกจากจะทำได้โดยการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมแล้ววิธีการบรรจุก็มีผลเช่นกัน การลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุด้วยจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานยิ่งขึ้น เพราะจะไปช่วยลดการเสื่อมเสียที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน (Labuza, 1982b) การลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุอาจทำได้โดยการบรรจุแบบสุญญากาศ หรือการบรรจุร่วมกับวัสดุดูดซับออกซิเจน (oxygen-absorber หรือ deoxidizer) วัสดุดูดซับออกซิเจนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น active iron oxide ซึ่งหลังจากดูดก๊าซออกซิเจนแล้วจะเปลี่ยนรูปเป็น oxidized iron และ iron hydroxide ที่เสถียร องค์ประกอบส่วนใหญ่ของวัสดุดูดซับออกซิเจนเป็นผงเหล็ก (iron powder) และยังมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ [$Ca(OH)_2$] เป็นองค์ประกอบด้วย วัสดุดูดซับออกซิเจนช่วยดูดซับเอาออกเจนในว่างภายในภาชนะบรรจุเข้าไปไว้ จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารไว้ได้ ปัจจุบันมีการนำวัสดุดูดซับออกซิเจนมาใช้กันแพร่หลายในญี่ปุ่น จีน ฮ่องกง และอินโดนีเซีย โดยเฉพาะอาหารแห้งและอาหารกึ่งแห้งทั้งหลาย

ตารางที่ 2.10 สมบัติบางประการของแผ่นฟิล์มไนลอนความ 1 mil

สมบัติ	ไนลอน 6	ไนลอน 6,6
ความถ่วงจำเพาะ	1.13	1.14
Tensile strength (psi)	11,000	11,000
Tensile modulus (psi)	100,000	100,000
Elongation (%)	400	350
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (cc/100 in^2 / 24 hr.)	2.6	3.5
อัตราการซึมผ่านของน้ำ (cc/100 in^2 / 24 hr. , 90 % RH)	19	19

ที่มา : Tenney และ Stewart (1989)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.11 อัตราการซึมผ่านของความชื้นของอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแผ่นฟิล์ม	อัตราการซึมผ่านของความชื้น (g / 100 in^2 / 24 hr. ที่ 100 ^{o}F 100% RH)
อลูเนียมฟอยด์ความหนาแน่น 0.00035 นิ้ว	0.37
อลูเนียมฟอยด์ความหนาแน่น 0.0005 นิ้ว	0.10
อลูเนียมฟอยด์ความหนาแน่น 0.00035 นิ้ว ลามิเนต โพลีเอทธิลีนความหนา 0.005 นิ้ว	0.05
อลูเนียมฟอยด์ความหนาแน่น 0.001 นิ้ว ลามิเนต โพลีเอทธิลีนความหนา 0.001 นิ้ว	0.03

ที่มา : Hanlon (1984)

2.11 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการแปรรูปโดยการแห้ง

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่รวบรวมผลิตภัณฑ์ให้อยู่รวมกันและปกป้องผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ที่ดีจะต้องสามารถป้องกันปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายในเกิดความเสียกายหรือเสื่อมคุณภาพ รวมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานยิ่งขึ้น การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์จำเป็นต้องทราบถึงความต้องการในการปกป้องผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดในการป้องกันที่แตกต่างกัน (ปุ่น และสมพร, 2541)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพนัสนิคม
PANYAPAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 2.12 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับอาหารที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้ง

ประเภทบรรจุภัณฑ์	คำแนะนำและเหตุผล
ซองพลาสติก Polyethylene	มีราคาถูกและปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย
ซองพลาสติก Polypropylene	สามารถป้องกันความชื้นได้ดีแต่ปิดผนึกได้ยากกว่าฟิล์ม Polyethylene เนื้อพลาสติกมีความใสช่วยเพิ่มคุณค่าของสินค้า
ขวดแก้ว	สามารถเก็บกลิ่นได้ดี ไม่ยอมให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับเครื่องเทศได้ เว้นแต่มีการปิดผนึกที่ไม่ดีให้กับสินค้า
ขวดพลาสติก	ควรเลือกพิจารณาพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง เช่น High density polyethylene เพื่อป้องกันกลิ่นซึมผ่านวัสดุภัณฑ์
อลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil)	ป้องกันผลิตภัณฑ์จากก๊าซ ความชื้น และแสงสว่างได้ดีมาก มีความเงางามเป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค แต่ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ และฉีกขาดง่าย
ซองเคลือบหลายชั้น (Laminated film)	เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บริโภคได้เพียงครั้งเดียว ควรพิจารณาซองที่เคลือบด้วยเปลวอลูมิเนียมซึ่งจะสามารถเก็บกลิ่นได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY