บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล้วยน้ำว้า [1]

ชื่อสามัญ Pisang Awak

ชื่อพ้อง กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยใต้ กล้วยอ่อง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa* (ABB group) "Kluai Nam Wa"

แหล่งที่พบ พบได้ทุกภาคของไทย

ลักษณะทั่วไป

ต้น ลำต้นสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีสีเขียวอ่อน มีประดำบ้างเล็กน้อย

ใบ ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว

ดอก ก้านช่อดอกไม่มีขน ปลีรูปไข่ค่อนข้างป้อม ปลายป้าน ด้านนอกสีแดงอมม่วงมีนวลหนา ด้านในมีสีแดงเข้ม

ผล เครือหนึ่งมีประมาณ 7 - 10 หวี หวีหนึ่ง มี 10 - 16 ผล ก้านผลยาว เปลือกหนา สุกมีสีเหลือง เนื้อสีขาว รสหวาน ไส้กลางมีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ทำให้แบ่งออกเป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว

การใช้ประโยชน์ ผลใช้แปรรูป และรับประทานสด

กล้วยน้ำว้า...ของดีมีคุณค่า...ราคาถูก

กล้วยน้ำว้าเป็นพืชบ้านที่ทุกคนรู้จักดี ปลูกง่ายโตเร็ว.. ออกดอกผล ให้แล้วก็จากไปพร้อมกับทิ้งทายาทใหม่ ขยายพันธุ์มากมาย กล้วยน้ำว้า เป็นผลไม้ เป็นผัก เป็นอาหารคาว อาหารหวาน อาหารว่าง ส่วนต่าง ๆ ของกล้วยใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่น อาหารสัตว์ เป็นภาชนะ เป็นวัสดุอุปกรณ์ เป็นของเล่น และเป็นส่วนสำคัญในพิธีกรรมหลายอย่าง

กล้วยทุกสถานะไม่ว่าดิบ ห่าม หรือสุก สามารถนำมาประกอบอาหาร ได้หลายรูปแบบ และรสชาติความอร่อยที่ไม่ซ้ำแบบกัน กล้วยน้ำว้าสุกงอม ครูดใช้เป็นอาหาร เริ่มต้นที่ดีสำหรับทารก เพราะย่อยง่าย ช่วยระบายท้อง กล้วยดิบ และห่ามใช้แกงคั่ว ฉาบ ปิ้ง นึ่ง ทอด อบ กวน เชื่อม กล้วยสุกมักนำมาทำเป็นของหวาน เช่น กล้วยบวชชี กล้วยแขก กล้วยตาก ขนมกล้วย นอกจากนี้

ส่วนที่เป็นดอก ของกล้วยที่เรียกว่า หัวปลี สามารถนำมาแกงเลียงใช้เป็นอาหารบำรุงน้ำนมสำหรับหญิงหลังคลอด ใส่ต้มข่า ต้มยำ ยำหัวปลี ลวกและเผาจิ้มน้ำพริก และใช้เป็นเครื่องเคียง ผัดไทย ผัดหมี่ เต้าเจี้ยวหลน กะปิหลน ขนมจีนน้ำพริก ช่วยเพิ่มรสชาติอาหารให้อร่อยยิ่งขึ้น

ผลกล้วยดิบ

1. นำมาทำขนม แปรรูปและถนอมอาหารได้ดังนี้ กล้วยฉาบเค็ม - หวาน กล้วยคืนรูป กล้วยอบเนย กล้วยรังนก ฯลฯ

2. ผลดิบนำมาประกอบอาหารได้ เช่น แกงเผ็ดหมูย่างกับกล้วยดิบ ตำกล้วย ฯลฯ ผลกล้วยสุก นำมาทำขนมและแปรรูปถนอมอาหารได้ เช่น กล้วยกวน กล้วยลอยแก้ว กล้วยแขก กล้วยตาก กล้วยเชื่อม

3. กล้วยบวชชี กล้วยทอดชุบ น้ำแข็ง กล้วยห่มผ้า ข้าวต้มใส่กล้วย ขนมกล้วย ซอสพริกผสมกล้วย ข้าวเม่าทอด แยมกล้วย น้ำกล้วยปั่น กล้วยแผ่น ขนมเบื้องกล้วย กล้วยทับ กล้วยปิ้ง ฯลฯ

ใบกล้วย ใช้ประโยชน์ดังนี้

ใบกล้วยสด

1. ใช้ห่อของ
2. ทำสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ เช่น กระทง บายศรี ฯลฯ
3. ใช้เป็นเครื่องรองเตารีดเพื่อลดความร้อนใบกล้วยแห้งมีขี้ผึ้ง นำมาขัดพื้นกระดานทำให้พื้นลื่นเป็นมัน
4. มวนบุหรี่ ห่อหุ้มกิ่งก้าน ห่อหุ้มผลไม้บางชนิดเพื่อบ่มผิว และป้องกันแมลงได้ดี

กาบกล้วย ใช้ประโยชน์ดังนี้

กาบกล้วยแห้ง นำมาใช้สานเป็นกระเป๋าถือสตรี ประดิษฐ์ของใช้

กาบกล้วยสด

1. คลุมดินเพื่อรักษาความชื้น
2. แกะสลัก เรียกว่าแทงหยวก เป็นลายกนกเพื่อตกแต่งประดับพิธีต่าง ๆ
3. ทำกระทงไว้ลอยกระทง

ก้านกล้วย ใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

ก้านกล้วยแห้ง ทำเป็นเชือก

ก้านกล้วยสด ทำเป็นของเล่นเด็ก เช่น ม้าก้านกล้วย

หัวปลี ใช้ประกอบอาหาร เช่น ต้มยำปลาช่อนกับหัวปลี ห่อหมกไก่ ใส่หัวปลี ยำหัวปลี ต้มข่าไก่กับหัวปลี

หยวกกล้วย

1. ใช้ประกอบอาหารได้ เช่น แกงส้มหยวกกล้วย ฯลฯ
2. ใช้เป็นอาหารสัตว์
3. ต้นกล้วย ใช้ทำแพ, ใช้ในงานมงคลคู่กับต้นอ้อย เช่น ยกเสาเอก

ยางกล้วย ใช้เป็นสีย้อมด้ายทอผ้าให้มีสีน้ำตาล ไม่ตก ไม่ลอก ทนทาน

เมล็ด กล้วยที่ใช้รับประทานเป็นพวกที่มีจำนวนโครโมโซม 3 ชุด จะไม่มีเมล็ด กล้วยพวกนี้อาจมีเกสรตัวเมียเป็นหมันทั้งหมด หรือในกรณีที่ได้รับละอองดอกเกสรที่มีชีวิตก็อาจติดเมล็ดได้บ้าง เมล็ดของกล้วยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร รูปร่างเกือบกลมหรือรูปเหลี่ยม เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมาก

ลั่นทม จอนจวบทรง (2535) รายงานกล้วยอบเพื่อชีวิตโดยการนำกล้วยน้ำว้ามาแปรรูปเป็นกล้วยอบของหมู่บ้านแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ และกล่าวถึงคุณค่าทางอาหารของกล้วยชนิดต่างๆ (ตารางที่ 2.1)

Wang, Chen (1999) ศึกษาการแลกเปลี่ยนของความร้อนและมวลในระหว่างการอบผักและผลไม้ ที่ระดับความร้อนต่ำ พบว่ากล้วยมีคุณสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของกล้วยชนิดต่าง ๆ ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม [2]

ปริมาณสารอาหาร	ชนิดของกล้วย				
	กล้วยน้ำว้า	กล้วยหอมทอง	กล้วยไข่	กล้วยหักมุก	กล้วยเล็บมือนาง
พลังงาน (kcal)	122	131	145	112	81
โปรตีน (g)	1.2	1.0	1.5	1.2	1.8
คาร์โบไฮเดรท (g)	26.1	31.4	34.4	26.3	18.0
ไขมัน (g)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
วิตามินต่าง ๆ					
เอ (ml)	375	132	633	116	133
บีหนึ่ง (ml)	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03
บีสอง (ml)	0.04	0.03	0.09	0.10	0.04

ตารางที่ 2.1 ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของกล้วยชนิดต่าง ๆ ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม (ต่อ)

ปริมาณสารอาหาร	ชนิดของกล้วย				
	กล้วยน้ำว้า	กล้วยหอมทอง	กล้วยไข่	กล้วยหักมุก	กล้วยเล็บมือนาง
ไนอาซิน (ml)	0.6	1.0	1.4	0.8	0.6
ซี (ml)	14	7	1.6	16	8
เกลือแร่ (mg)					
แคลเซียม	12	26	24	18	10
ฟอสฟอรัส	32	46	22	22	24
เหล็ก	0.8	0.6	0.5	0.4	1.3
น้ำ (g)	71.6	66.3	62.8	71.2	79.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าคุณสมบัติทางกายภาพของกล้วย [3]

คุณสมบัติ	ค่า	หน่วยวัด	อ้างอิง
สัมประสิทธิ์การแพร่ (D)	0.256	m^2/s	Eckert, Drake (1972)
ความร้อนแฝงเป็นไอ(ΔH)	2.44309×10^6	J/kg	Eckert, Drake (1972)
ค่าการซึมผ่าน (K_D)	1×10^{-19}	M^2	Wang, Chen (1999)
ค่าอิ่มตัววิกฤติ (S_{cr})	0.44	-	Wang, Chen (1999)
ค่าความชื้นอิ่มตัว (μ_{sat})	758	Kg/m^3	Wang, Chen (1999)
ค่าความพรุน (ε)	0.758	-	Wang, Chen (1999)
การนำความร้อนในเฟสแก๊ส (λ_g)	0.025	J/(s m °C)	Eckert, Drake (1972)
การนำความร้อนในเฟสของเหลว (λ_l)	0.65	J/(s m °C)	Eckert, Drake (1972)
การนำความร้อนใสเฟสของแข็ง (λ_s)	0.0629	J/(s m °C)	Touloukian (1973)
ค่าความหนืด (μ_l)	$0.458509 - 5.30474 \times 10^{-3} \times T$	Kg/(m s)	Eckert, Drake (1972)
ความหนาแน่นเฟสแก๊ส (ρ_g)	1.29	Kg/m^3	Eckert, Drake (1972)
ความหนาแน่นเฟสของเหลว (ρ_l)	1000	Kg/m^3	Eckert, Drake (1972)
ความหนาแน่นเฟสของแข็ง (ρ_s)	183	Kg/m^3	Wang, Chen (1999)
ค่าความตึงผิว (σ)	$0121978 - 0.0001683 \times T$	Kg/s^2	Eckert, Drake (1972)

กระบวนการอบกล้วยและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

การทำกล้วยตากหรือกล้วยอบนั้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ๆ คือ การเลือกตัดกล้วยมาบ่มเพื่อเป็นวัตถุดิบและการอบกล้วย การตัดกล้วยเพื่อบ่ม พบว่าถ้าตัดกล้วยเมื่ออ่อนเกินไปจะทำให้กล้วยมีผลเล็ก เมื่อสุกสีไม่เหลืองตลอดผล รสชาติไม่หวานและไส้แกร็น ส่วนกล้วยที่ตัดเมื่อแก่จัดนำมาบ่มแล้วคุณภาพดีทั้งรสชาติและสี เริ่มมีเปลือกเป็นสีเหลืองจาง ๆ อันแสดงถึงการที่กล้วยแก่จัด นอกจากนี้ในหนังสือ Food Technology in Australia ได้แนะนำว่าวิธีที่ง่ายที่สุดเพื่อดูว่ากล้วยแก่เพียงพอจะตัดโดยอาศัยการสังเกตเหลี่ยมของผลกล้วย ถ้ากล้วยลบเหลี่ยมหมดและมีลักษณะกลมแสดงว่ากล้วยแก่จัดเต็มที่แล้ว

2.2 วิธีการบ่มกล้วย [2]

(1) โดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการหมุนเวียนของอากาศในบริเวณที่เก็บกล้วย วิธีนี้เป็นวิธีการทำให้กล้วยสุกโดยไม่เร่งการสุกของกล้วยจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เสียหายภายในเนื้อกล้วย การบ่มกล้วยจะบ่มทั้งเครือหรือวางซ้อนกันเป็นหวี ๆ โดยใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน การเร่งให้กล้วยสุกด้วยวิธีใด ๆ ก็ตามจะทำให้กล้วยอบมีรสฝาดเนื้อแข็งสีแดงเข้มไม่น่ารับประทาน การบ่มกล้วยต้องบ่มในโรงตาข่ายเพื่อป้องกันแมลงมาเจาะทำลายเพราะกล้วยที่ถูกแมลงเจาะเมื่อนำมาอบแล้วกล้วยจะมีจุดดำแข็งบริเวณที่ถูกแมลงเจาะ อายุการสุกที่เหมาะสมของกล้วยที่จะนำมาทำกล้วยอบโดยการตัดกล้วยน้ำว้าเป็นหวี ๆ เก็บไว้ในกระสอบป่านที่อุณหภูมิห้องพบว่าเมื่อกล้วยสุกได้ 5 วัน เหมาะสมที่จะนำมาทำกล้วยอบ

(2) ให้อุณหภูมิอบกองกล้วยสูงมาก ๆ วิธีนี้กล้วยอาจสุกแบบเผามากกว่าจะมีลักษณะเหมือนปกติ กลิ่นและรสชาติไม่น่ารับประทาน ถ้าบ่มกล้วยในที่อุณหภูมิสูงเวลาในการเก็บรักษาสั้นคุณภาพของกล้วยที่ได้ไม่ดีคือ ทำให้มีกลิ่น เนื้อสุกก่อนเปลือก และเละในที่สุด

(3) ใช้สารเคมีบางชนิดช่วย สารที่นิยมใช้กันมากคือแก๊สเอททีลีน ผลไม้ที่สุกนั้นเป็นเพราะผลไม้ผลิตแก๊สเอททีลีนออกมา un-saturate hydrocarbon เช่น อาเซททีลีน (acetylene) และโปรปีลีน (propylene) ปริมาณแก๊สเอททีลีนที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้กล้วยเสียหายคือควรใช้ในปริมาณหนึ่งในสิบเท่าของขนาดห้องเก็บกล้วย

(4) แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ช่วยให้กล้วยสุกเร็วขึ้น

(5) Aucin หรือ 2, 4-dichlorophenoxy acetic เมื่อใช้ 200-1600 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) ฉีดพ่นบนกล้วยจะช่วยให้กล้วยสุกเร็วขึ้น

(6) Aerosol เป็นสารประกอบของ 44% dimethylether กับ 5%cyclohexane และ 0.1%2, 4-D โดยน้ำหนัก ช่วยเร่งการสุขของกล้วยให้เร็วขึ้น การบ่มด้วยวิธีนี้ไม่มีผลเสียหายต่อกล้วยแต่

ประการใด รสชาติของกล้วยน่ารับประทาน แต่พบว่าสาร dimethylether และ 2, 4-D เป็นสารที่เป็นอันตรายจึงไม่ควรใช้ในการบ่มกล้วย คุณภาพของกล้วยนอกจากขึ้นกับกรรมวิธีการบ่มดังกล่าวแล้วพันธุ์กล้วยที่ใช้ปลูกตลอดจนสภาพการปลูก และปัจจัยต่าง ๆ ในการเพาะปลูกคือ ระยะห่างระหว่างต้นและวิธีการปลูก การใส่ปุ๋ย การกำจัดโรค แมลง ตลอดการบำรุงรักษานับว่ามีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณภาพของกล้วยเป็นอย่างมาก

การถนอมอาหารในปัจจุบันใช้วิวัฒนาการทางเทคโนโลยีเพื่อแปรรูปวัตถุดิบจำนวนมากพร้อม ๆ กันเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป หรือปรับปรุงกรรมวิธีการถนอมอาหารสมัยโบราณให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งในด้านความสะอาด สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และเพื่อยืดอายุการเก็บอาหารนั้นให้ได้นาน

เทคโนโลยีการถนอมผลิตผลการเกษตรต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ และสถิติ ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานทางสังคมธุรกิจและการจัดการ ควบคู่กับความรู้ในการแปรรูปผลิตผลการเกษตร ให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ หรือปรับปรุงของเดิมให้ดียิ่งขึ้นทั้งในลักษณะที่มองเห็นหรือสัมผัสได้ เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว เป็นต้น รวมทั้งสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น คุณค่าทางโภชนาการ

2.3 ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป หมายถึง อาหารที่ได้ผ่านขั้นตอนการหุงต้ม หรือกระบวนการแปรรูปผลิตผลการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อให้อาหารนั้นสามารถเก็บได้เป็นเวลานานพอสมควรโดยไม่เน่าเสีย สามารถดื่มหรือรับประทานได้ทันทีเมื่อต้องการ จะอุ่นหรือไม่อุ่นให้ร้อนก่อนรับประทานก็ได้ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ อาหารบรรจุกระป๋อง เช่น สับปะรดกระป๋อง หรือบรรจุกล่อง เช่น นมสด

2.4 ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป หมายถึง อาหารที่ได้ผ่านขั้นตอนการหุงต้มหรือกระบวนการแปรรูปแล้ว และสามารถเก็บไว้ได้นานเช่นเดียวกัน จะต้องนำไปหุงต้มและปรุงรสหรือปรุงแต่งก่อนจึงจะรับประทานได้ เช่น น้ำผลไม้เข้มข้น ซึ่งต้องผสมน้ำก่อนดื่ม น้ำพริกแกง เป็นต้น

2.5 การแปรรูปหรือการถนอมอาหาร [4] โดยหลักใหญ่คือ การทำลายหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่หรืออาจเกิดขึ้นในอาหาร และทำให้เกิดการเน่าเสียให้หมดไป ปัจจุบันผลิตผลการเกษตรมีมากขึ้นและประชากรมากขึ้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและทดลองใช้เทคโนโลยี เพื่อถนอมผลิตผลการเกษตรให้สามารถเก็บไว้ได้นาน เช่น การใช้ความร้อนจากไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการทำอาหารกระป๋อง การใช้รังสีแกมมาเพื่อยับยั้งหรือทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์ทำให้การเปลี่ยนแปลง

ทางเคมีช้าลง และยังเป็นการทำลายการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกด้วย ในที่นี้จะกล่าวถึงกรรมวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมากในปัจจุบัน คือ

1. การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง
2. การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเยือกแข็ง
3. การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้ง เช่น ปลาหยอง กาแฟผง
4. การถนอมอาหารโดยการหมักดอง เช่น ซีอิ๊ว น้ำส้มสายชู
5. การถนอมอาหารโดยใช้รังสี เช่น หอมหัวใหญ่อาบรังสี

2.5.1. การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูง [4]

ภาชนะบรรจุได้มีการปรับปรุงพัฒนามาโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ทำจากดีบุก ต่อมาดีบุกหายากและแพงขึ้น จึงใช้กระป๋องที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเคลือบผิวทั้งสองด้านด้วยดีบุก ทำให้ประหยัดปริมาณของดีบุกที่ใช้ได้มาก ขณะเดียวกันก็ได้มีการใช้กระป๋องที่ทำจากอลูมิเนียมซึ่งน้ำหนักเบาแต่มีข้อเสียคือบุบง่าย ส่วนมากจึงใช้ทำกระป๋องเพื่อบรรจุน้ำผลไม้ หรือ เครื่องดื่ม หรือ นมสด แต่การใช้กระป๋องอลูมิเนียมไม่แพร่หลายเท่ากับกระป๋องที่ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก นอกเหนือจากภาชนะจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการถนอมผลิตผลการเกษตรแล้วประเภทของอาหารก็มีความสำคัญมาก ว่าจะใช้ความร้อนสูงเท่าใดในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารที่ต้องการเก็บรักษาเนื่องจากการถนอมผลิตผลทางการเกษตร โดยความร้อนจะเปลี่ยนสภาพของอาหารจากสดเป็นอาหารสุกที่พร้อมจะรับประทานได้ ดังนั้นจึงมีการเติมเครื่องปรุงต่าง ๆ หรือเปลี่ยนสภาพเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ ซึ่งในปัจจุบันเรียกว่า "การแปรรูปอาหาร" ส่วนประกอบอาจจะมีทั้งเนื้อสัตว์ ผัก และเครื่องเทศ สำหรับอาหารคาวหรือถ้าเป็นอาหารหวาน เช่น ผลไม้บรรจุในน้ำเชื่อมเป็นต้น กรรมวิธีการผลิตอาหารกระป๋องหรืออาหารในขวดแก้ว จำเป็นต้องใช้ความร้อน เพื่อทำให้อาหารที่บรรจุภายในสุก และเพื่อทำลายเชื้อจุลลินทรีย์ ความร้อนที่ใช้จะต้องสัมพันธ์กันเพราะถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไป อาจจะทำให้อาหารที่บรรจุในกระป๋อง/ขวดนิ่มและไม่น่ารับประทาน ถ้าความร้อนต่ำเกินไปอาจจะมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ซึ่งจะทำให้อาหารนั้นเสีย เกิดกระป๋องบวมและระเบิดได้ในที่สุด การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน หมายถึงการฆ่าเชื้อในอาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันการเสื่อมสลายหรือเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์หรือจากการปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ในอาหาร การฆ่าเชื้อโดยความร้อนมี 3 ระดับ คือ การฆ่าเชื้อ (Sterilization) การฆ่าเชื้อระดับการค้า (Commercially sterilization) และการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization)

การฆ่าเชื้อ หมายถึงการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูงภายใต้ความดัน เพื่อให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั้งหมดถูกทำลาย

การฆ่าเชื้อระดับการค้า หมายถึงการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูงเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ ในอาหารเกือบทั้งหมดเพื่อให้อาหารนั้น ๆ สามารถบริโภคได้โดยไม่เป็นอันตราย และสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสียในภาวะปกติ

การฆ่าเชื้อแบบปาสเตอร์ หมายถึงการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำเดือด (ต่ำกว่า 100° ซ.) เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วน แต่ทั้งนี้ต้องดำเนินควบคู่กับสภาวะอย่างอื่น เช่นควรเก็บในตู้เย็นภายหลังการผลิตแล้ว หรืออาหารนั้นมี pH ต่ำ หรือมีปริมาณน้ำตาล หรือเกลือสูง

นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ได้แบ่งกลุ่มอาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 2 กลุ่ม คือ

1. **กลุ่มอาหารที่เป็นกรด** (acid foods) คืออาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ส่วนมากเป็นพวกผลไม้ เช่น สับปะรด ส้ม หรือผักที่มีรสเปรี้ยว เช่น มะเขือเทศ กระเจี๊ยบแดง เป็นต้น

2. **กลุ่มอาหารที่เป็นกรดต่ำ** (low acid foods) คืออาหารที่มีค่า pH 4.5 หรือสูงกว่า ส่วนมากจะเป็นอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ และผักต่าง ๆ เช่น เนื้อ หมู ปลา ข้าวโพดฝักอ่อน และหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น

2.5.2. การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น [4]

การให้ความเย็น (Refrigeration) หมายถึง กรรมวิธีการกำจัดความร้อนออกจากสิ่งของหรือพื้นที่ที่ต้องการทำให้เย็นหรือต้องการให้มีอุณหภูมิลดลง ซึ่งการทำให้เย็นลงนี้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

การแช่เย็น (Chilling) หมายถึงการทำให้อุณหภูมิของสิ่งของนั้นลดลง แต่อยู่เหนือจุดเยือกแข็งของสิ่งนั้น โดยของสิ่งนั้นยังคงสภาพเดิมอยู่ เช่น การแช่เย็นอาหารจะเป็นการลดอุณหภูมิของอาหารต่ำลงแม้ที่ -1 ° ซ. แต่ต้องไม่ทำให้น้ำหรือองค์ประกอบในอาหารนั้นแปรสภาพหรือแข็งเป็นน้ำแข็ง

การแช่แข็ง (Freezing) หมายถึงการทำให้อุณหภูมิของสิ่งของนั้นลดต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็งของสิ่งนั้น (-1 ถึง -40 ° ซ.) การแช่แข็งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพขององค์ประกอบในสิ่งของเช่นในกรณีที่เป็นอาหาร ความเย็นจัดจะทำให้จุลินทรีย์ไม่อาจนำไปใช้ได้ แต่ความเย็นจัดไม่ได้ทำลายจุลินทรีย์ให้ตาย

จุดเยือกแข็ง (Freezing point) คือ “อุณหภูมิที่เกิดภาวะสมดุลระหว่างของแข็งกับของเหลว ณ ความดันมาตรฐาน 1 บรรยากาศ หรืออุณหภูมิที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ณ ความกดมาตรฐาน 1 บรรยากาศ”

การถนอมอาหารด้วยความเย็นมีหลายวิธี

1) **การใช้น้ำแข็ง** ความเย็นของน้ำแข็งที่ใช้ในการแช่อาหารจะลดอุณหภูมิของอาหารได้เร็ว และถ้ามีปริมาณน้ำแข็งเพียงพอก็จะทำให้อาหารนั้นเย็นลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับ 0 ° ซ.

2) **การใช้สารผสมแช่แข็ง** การใช้น้ำแข็งผสมเกลือแกงหรือเกลืออนินทรีย์อื่น ๆ จะทำให้ได้สารผสมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 ° ซ.

3) **การใช้น้ำแข็งแห้ง** น้ำแข็งแห้งคือ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เย็นจนแข็ง มีอุณหภูมิประมาณ -80 ° ซ. ใช้ในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการแช่แข็งมาแล้ว เหมาะสำหรับการขนส่งในระยะเวลา 2 – 3 วัน

4) **การใช้ไนโตรเจนเหลว** ไนโตรเจนเหลวที่ความดันปกติจะระเหยกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ -196 ° ซ. ณ อุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถทำให้อาหารเย็นลงได้อย่างรวดเร็ว และเนื่องจากไนโตรเจนเป็นแก๊สเฉื่อย ไม่เป็นอันตรายกับอาหารและผู้บริโภค

5) **การใช้เครื่องทำความเย็น** เครื่องทำความเย็นที่ใช้กันโดยทั่วไป โดยเฉพาะตามบ้านเรือน คือ ตู้เย็น

เครื่องทำความเย็น

1) **ระบบคอนแทค (Contact system)** ระบบการให้ความเย็นเป็นแบบเพลท (plate) หรือคอนแทค (contact) เครื่องทำความเย็นในระบบนี้มักทำเป็นตู้ไม่ทำเป็นห้อง ตู้แช่แข็งชนิดนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุกล่องที่มีความสูงเท่า ๆ กัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์กับขดท่อทำความเย็นเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว อาหารที่แช่แข็งในตู้นี้จึงมีคุณภาพดี

2) **ระบบชาร์พ (Sharp system)** ประกอบด้วยขดท่อทำความเย็น ตู้ทำเป็นชั้นสำหรับวางอาหารที่ต้องการแช่แข็งเรียงลงบนถาด แล้วนำไปวางบนชั้นของขดท่อทำความเย็น การถ่ายเทความร้อนระหว่างอาหารกับขดท่อทำความเย็นเป็นไปอย่างช้า ๆ เนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสมีเพียงด้านเดียว การให้ความเย็นแบบนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

3) **ระบบลาส (Blast system)** ระบบนี้ให้ความเย็นด้วยพัดลมจึงนิยมทำเป็นห้อง มีชุดของท่อทำความเย็นวางอยู่ด้านหนึ่ง พัดลมทำหน้าที่พัดพาความเย็นไปสู่ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จะเย็นเร็วแต่มักมีปัญหาเกี่ยวกับผิวหน้าของอาหารแห้ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน ๆ โดยเฉพาะถ้าพัดลมมีความเร็วสูงเกินไป จึงควรป้องกันด้วยการบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุ หรือมีการหุ้ม ห่อ เรียบร้อยแล้ว

4) **ระบบอิมเมอร์ส หรือ ระบบจุ่มแช่ (Immersion system)** เป็นการให้ความเย็นด้วยการแช่ผลิตภัณฑ์ลงในของเหลวที่เย็นจัด เครื่องทำความเย็นทำเป็นรูปถัง มีขดท่อทำความเย็นวางรอบ

ถังของเหลวที่ใช้แช่ผลิตภัณฑ์ ต้องเป็นของเหลวที่มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ การแช่แข็งวิธีนี้เหมาะสำหรับแช่แข็งสัตว์น้ำที่มีขนาดใหญ่และแช่ทั้งตัว

2.5.3. การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง [4]

หลักการในการทำแห้งมีหลายวิธีคือ

1) ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)

2) พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

3) ให้อาหารข้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer)

4) กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer)

5) ลดความชื้นในอาหาร โดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave)

หลักในการทำอาหารให้แห้ง คือจะต้องไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลการเกษตรออกไป แต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร

การถ่ายเทความร้อน จะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิของเครื่องมือที่ใช้ในการอบ และอาหารที่ต้องการทำให้แห้ง การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ

1) การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง

2) การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

3) การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยังอาหารซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

ในทางปฏิบัติ การถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่นำไปอบแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร น้ำ หรือความชื้นจะเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าของอาหารเมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการอบ

เครื่องอบแห้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการอบอาหารจำนวนมากในคราวเดียวกันให้แห้งนั้นมีหลายแบบ แต่ละแบบก็มีหลายขนาด

1) **ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์** โดยมีหลักการทำงานคือ ตู้หรือโรงอบประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งทำด้วยวัสดุใส เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้นตกลงบนแผงรับแสงนี้แล้วจะทะลุผ่านไปยังวัสดุสีดำ ภายในตู้และเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อนซึ่งความร้อนนี้จะไปกระทบกับอาหารทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมา และผ่านออกไปทางช่องระบายอากาศของตู้อบ หรือโรงอบ มีผลทำให้อาหารแห้ง ในระหว่างการอบควรกลับผลิตภัณฑ์นั้นวันละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้แห้งเร็วและสม่ำเสมอ ส่วนมากตู้อบแสงอาทิตย์นี้จะใช้กับพวกผัก ผลไม้ และธัญพืช ข้อดีสำหรับการใช้ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์คือ

(1) ได้ผลิตภัณฑ์สีสวย และสม่ำเสมอ

(2) สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้

(3)ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้ประมาณหนึ่งในสาม

(4) ประหยัดพื้นที่ในการตาก เพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลผลิตได้หลายถาดหรือหลายชั้น

(5) ประหยัดแรงงาน เพราะไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้าที่ร่มในตอนเย็น และเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อน ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารแห้งลดลง

2) **เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น** ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้า หรือแก๊ส ส่วนมากใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีหลายแบบหลายขนาด โดยใช้หลักการที่แตกต่างกันแล้วแต่ประโยชน์ของการใช้สอย เช่น

(1) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด ตู้อบบุด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนมีถาดสำหรับวางอาหารที่จะอบ เครื่องมือชนิดนี้จะใช้อบอาหารที่มีปริมาณน้อย หรือสำหรับงานทดลอง

(2) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่อง มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ นำอาหารที่ต้องการอบแห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์ เมื่ออาหารเคลื่อนออกจากอุโมงค์ก็จะแห้งพอดี ตัวอย่างอาหาร เช่น ผัก หรือ ผลไม้อบแห้ง

(3) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย การทำงานของเครื่องอบแบบนี้คือ ต้องฉีดของเหลวที่ต้องการทำให้แห้งพ่นเป็นละอองเข้าไปในตู้ที่มีลมร้อนผ่านเข้ามา เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป ไข่ผง น้ำผลไม้ผง ซุบผง เป็นต้น

(4) เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง เครื่องทำแห้งแบบนี้ให้ความร้อนแบบนำความร้อนซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กปลอดสนิท อาหารที่จะทำแห้งต้องมีลักษณะข้นและป้อนเข้าเครื่อง ตรงผิวนอกของลูกกลิ้งเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ความร้อนจะถ่ายเทจากลูกกลิ้งไปยังอาหาร

(5) เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง ประกอบด้วยเครื่องที่ทำให้อาหารเย็นจัด (freezer) แผ่นให้ความร้อน และตู้สุญญากาศ หลักการในการทำแห้งแบบนี้คือการไล่น้ำจากอาหารออกไปในสภาพสุญญากาศ การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการนำความร้อน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดคือ กาแฟผงสำเร็จรูป

(6) ตู้อบแห้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ ขณะนี้ได้มีการใช้ไมโครเวฟคลื่นความถี่ 13x106 ไซเกิล เพื่อลดความชื้นของผัก เช่น กะหล่ำปลี และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี สีสวย ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตู้อบแห้งแบบไมโครเวฟร่วมกับการใช้สุญญากาศ คือ ผลิตภัณฑ์น้ำส้มผง ซึ่งยังคงคุณภาพของ สี กลิ่น และรสของส้มไว้

2.5.4. การถนอมอาหารโดยการหมักดอง [4]

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในด้านจุลชีววิทยามีมากขึ้น สามารถใช้กระบวนการหมักเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ได้มากขึ้น และมีการใช้จุลินทรีย์บริสุทธิ์ที่มีประสิทธิภาพให้ผลผลิตสูงสุด ซีอิ๊วและเต้าเจี้ยว ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ มักจะผลิตพร้อมกัน เนื่องจากใช้วัตถุดิบอย่างเดียวกัน ในปัจจุบันมีการใช้สปอร์เชื้อรา แอสเพอร์จิลลัส ฟลาวัส โคลัมนาริส เพื่อผลิตซีอิ๊ว ทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพสม่ำเสมอตลอดปี ซึ่งเดิมเคยมีปัญหาเรื่องการปนเปื้อนจากเชื้อราชนิดอื่น ๆ ในฤดูฝน ทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร และที่สำคัญยิ่งคือสปอร์เชื้อราที่ใช้ไม่สร้างสาร alphatoxin ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

2.5.5. การถนอมอาหารโดยใช้รังสี [4]

รังสี หมายถึง คลื่นแสงหรือคล้ายกับแสง ซึ่งมีความยาวคลื่นทั้งสั้นและยาว การแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพมีลักษณะคล้ายสายน้ำของอนุภาค หรือคลื่น ซึ่งมาจากหน่วยเล็กที่สุดของสสารคือปรมาณู ธาตุชนิดหนึ่งประกอบด้วยปรมาณูชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะทางเคมีเหมือนกันแต่มีน้ำหนักต่างกัน ปรมาณูชนิดต่าง ๆ ของธาตุเดียวกันแต่มีน้ำหนักแตกต่างกันนี้เรียกว่า ไอโซโทป รังสีที่ใช้ในการถนอมอาหารนั้นอาจใช้รังสีใดรังสีหนึ่งดังนี้

1) รังสีแกมมา เป็นรังสีที่นิยมใช้มากในการถนอมอาหาร สารที่เป็นต้นกำเนิดรังสีนี้ คือ โคบอล-60 หรือซีเซียม-137

2) รังสีเอกซ์ ได้จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานที่ต่ำกว่า หรือ เท่ากับ 5 ล้าน อิเล็กตรอนโวลต์

3) รังสีอิเล็กตรอน ได้จากเครื่องผลิตรังสีอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานที่ต่ำกว่า หรือเท่ากับ 10 ล้าน อิเล็กตรอนโวลต์

หลักการถนอมอาหารด้วยรังสี

รังสีที่ฉายลงไปในอาหารจะไปทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือทำให้การเปลี่ยนแปลงทางเคมีลดลง ซึ่งมีผลทำให้การเก็บรักษาอาหารนั้นมีอายุยืนนานโดยไม่เน่าเสีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและปริมาณรังสีที่อาหารได้รับและวัตถุประสงค์ในการฉายรังสี ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

1) ควบคุมการงอกของพืชผักในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณรังสีที่ฉายบนอาหารประมาณ 0.05-0.12 กิโลเกรย์ ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้อาหารนั้นมีปริมาณรังสีเฉลี่ยสูงสุดได้ถึง 0.15 กิโลเกรย์ เช่น กระเทียม หอมใหญ่ มันฝรั่ง เป็นต้น ซึ่งสามารถควบคุมการงอกและลดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บในห้องเย็นได้นานกว่า 6 เดือน

2) การควบคุมการแพร่พันธุ์ของแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณรังสีที่ฉายบนอาหารประเภทนี้ประมาณ 0.2-0.7 กิโลเกรย์ และกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้อาหารนั้นมีปริมาณรังสีเฉลี่ยสูงสุดได้ 1 กิโลเกรย์ เช่น ข้าว ถั่ว เครื่องเทศ ปลาแห้ง เป็นต้น ซึ่งรังสีจะทำลายไข่แมลงและควบคุมการแพร่พันธุ์ของแมลงและตัวหนอนในระหว่างการเก็บรักษา หรือระหว่างรอการจำหน่าย

3) ยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสด การฉายรังสีอาหารทะเลและเนื้อสัตว์ด้วยรังสีประมาณ 1-3 กิโลเกรย์ จะช่วยลดปริมาณแบคทีเรียลงได้มาก ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องบรรจุในภาชนะและเก็บในห้องเย็น ส่วนผลไม้ เช่น มะม่วง กล้วย ถ้าฉายรังสีด้วยปริมาณ 0.3-1 กิโลเกรย์ จะชะลอการสุกและควบคุมการแพร่พันธุ์ของแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้อายุการเก็บนานขึ้น ส่วนสตรอเบอรี่ ถ้าฉายรังสีด้วยประมาณ 3 กิโลเกรย์ จะช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เน่าเสียลงบางส่วน ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาหรือในระหว่างการจำหน่าย และการฉายรังสี ประมาณ 1-2 กิโลเกรย์ จะสามารถชะลอการบานของเห็ด ทำให้การจำหน่ายมีระยะนานขึ้น

4) ทำลายเชื้อโรคและพยาธิในอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์อาจมีพยาธิหรือเชื้อโรคติดอยู่ได้ เช่น พยาธิใบไม้ตับที่มีในปลาดิบ สามารถทำลายได้ด้วยรังสีต่ำประมาณ 0.15 กิโลเกรย์ แหนมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากหมูที่คนไทยนิยมรับประทานดิบ ๆ ถ้าฉายรังสีในประมาณ 2-3 กิโลเกรย์ จะเพียงพอที่จะทำลายเชื้อ ซาลโมเนลลา ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดท้องร่วง และทำลายพยาธิที่อาจจะติดมากับเนื้อหมูก่อนทำแหนมก็ได้

กระบวนการฉายรังสี

ในประเทศไทยการฉายรังสีอาหาร ควบคุมและดำเนินการโดย สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ส่วนมาตรฐานเกี่ยวกับปริมาณของรังสีที่ใช้และความปลอดภัยต้องเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข อาหารที่จะผ่านกระบวนการฉายรังสีมีทั้งผลผลิตการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว และผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูป ดังนั้นการบรรจุหีบห่ออาจมีความจำเป็นตามชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น แหนม หมูยอ ซึ่งห่อหุ้มด้วยใบตอง ส่วนหอมใหญ่ มันฝรั่ง ไม่มีสิ่งห่อหุ้ม เป็นต้น ในการฉายรังสีผลิตผลเหล่านี้ต้องบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสม นำไปผ่านพลังงานคลื่นไฟฟ้าในรูปของรังสี ซึ่งอยู่ในตึกแยกหากจากตึกกำเนิดรังสี และได้รับการออกแบบให้มั่นคงแข็งแรงได้มาตรฐานด้านความปลอดภัย เป็นหลักประกันว่าจะไม่เป็นอันตราย หรือก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อชุมชนได้ นอกจากนี้ การออกแบบอาคารปฏิบัติงานต่าง ๆ

ปริมาณรังสีที่ใช้ในการถนอมอาหาร

หน่วยของรังสีเรียกว่า เกรย์ อาหารใดก็ตามเมื่อผ่านการฉายรังสีแล้ว รังสีได้คายหรือถ่ายพลังงานให้เท่ากับ 1 จูล ต่ออาหารจำนวน 1 กิโลกรัม เรียกว่า 1 เกรย์ หน่วยของรังสีวัดเป็นแรด ซึ่ง 100 แรดเท่ากับ 1 เกรย์ และ 1,000 เกรย์เท่ากับ 1 กิโลเกรย์ องค์การอนามัยโลกและทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ได้สรุปว่า การฉายรังสีอาหารใดก็ตามด้วยระดับรังสี ไม่เกิน 10 กิโลเกรย์ จะมีความปลอดภัยในการบริโภค และไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไป แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของรังสีที่อาหารได้รับต้องเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของอาหารและตามวัตถุประสงค์ว่าด้วยการถนอมอาหารในระดับต่าง ๆ

การแสดงฉลาก

อาหารอาบรังสีต้องมีฉลากแสดงข้อความเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับทราบข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเลือกซื้ออาหารมาบริโภค โดยในฉลากจะต้องระบุรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ชื่อและที่ตั้งของสำนักงานใหญ่ของผู้ผลิตและผู้ฉายรังสี

2) วัตถุประสงค์ในการฉายรังสี โดยแสดงข้อความว่า "อาหารที่ได้ผ่านการฉายรังสีเพื่อ........แล้ว" (ความที่เว้นไว้ให้ระบุวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี)

3) วันเดือนและปีที่ทำการฉายรังสี

4) แสดงเครื่องหมายว่าอาหารนั้น ๆ ได้ผ่านการฉายรังสีแล้ว

2.6 ทฤษฎีการอบแห้ง [4] คือ กระบวนการลดความชื้นส่วนใหญ่ใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยโดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของ

การระเหย ความร้อนจะถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุ ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ในการระเหยน้ำ ในขณะเดียวกันไอน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณผิววัสดุมายังกระแสอากาศ ถ้าผิวมีปริมาณน้ำอยู่จำนวนมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากแล้ว อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นจะลดลง ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเท ความร้อนและอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต เมื่อวัสดุมีความชื้นลดต่ำลงจนถึงความชื้นวิกฤต น้ำจากภายในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิววัสดุในรูปของของเหลวหรือไอน้ำ แล้วจึงระเหยเคลื่อนที่ไปยังกระแสอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรก ขณะที่วัสดุยังมีความชื้นสูงพอประมาณเมื่อความชื้นลดต่ำมากแล้วน้ำอาจเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ

2.7 การอบแห้งช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ [4]

การถ่ายเทความร้อน และมวลระหว่างวัสดุและอากาศ เหมือนกับการถ่ายเทความร้อนและมวลที่เกิดขึ้นที่กระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น น้ำจะเกาะที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมาก เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างที่ผิววัสดุและของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้นและเมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้นและเมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นของกระแสอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้นทำให้เกิดการถ่ายเทมวลดีขึ้น ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ คือ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

2.8 การอบแห้งช่วงอัตราการอบแห้งลดลง [4]

ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและมวลมิได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้น แต่เกิดภายในเนื้อของวัสดุด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

อัตราการระเหยน้ำจะถูกควบคุม โดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุ ในขณะนั้นอุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้น และสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น และมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแล้ว จะเป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น

2.9 การอบแห้งความชื้นสมดุล [4]

ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้งเพราะเมื่อทำการอบแห้งวัสดุโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่) ความชื้นของวัสดุจะลดลงต่ำจนถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีความดันไอเท่ากับความดันไอของบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ และอุณหภูมิของวัสดุก็เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบ ๆ ด้วย ซึ่งเรียกชื้นในขณะนั้นว่าความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ และ Water Activity ของวัสดุนั้น ค่า และ Water Activity หรือความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) ของวัสดุจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 [6]

ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) = $(100 \times P_w / P_{wo})$

P_w = ความดันไอของน้ำที่สมดุลกับวัสดุ, (Pa)

P_{wo} = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน, (Pa)

ความชื้นในวัสดุ เป็นตัวบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุมักจะถูกนิยามให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนเทียบกับมวลวัสดุ นิยมบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 2 แบบ [2] คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก, M_W (Wet Basis)

จะใช้น้ำหนักของวัสดุชื้น (ก่อนการทำการไล่ความชื้นออก) เป็นมาตรฐานของการคำนวณ

$$M_w = [(w - d)/w] \times 100 \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง, M_d (Dry Basis)

ในกระบวนการอบแห้ง น้ำหนักของวัสดุเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อความสะดวกจะใช้น้ำหนักของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานการคำนวณ

$$M_d = [(w - d)/d] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w หมายถึง ความชื้นมาตรฐานเปียก, %

M_d หมายถึง ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %

w หมายถึง น้ำหนักสดของวัสดุ, kg

d หมายถึง น้ำหนักของวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

จากสมการ (1) และ (2) ทำให้ทราบว่าความชื้นมาตรฐานเปียกนั้น จะมีค่าไม่เกิน 1 หรือ 100% ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนั้นอาจมีค่าเกิน 100% ก็ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นทั้ง 2 มาตรฐาน มีดังนี้

$$M_w = (100 \times M_d)/(100 + M_d) \text{ หรือ} \quad (3)$$

$$M_d = (100 \times M_w)/(100 - M_d) \quad (4)$$

ในการลดปริมาณความชื้นออกจากผลิตผล ก็คือการกำจัดน้ำออกจากผลิตผลนั่นเอง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$d = [w \times (100 - M_i)]/(100 - M_f) \quad (5)$$

โดยที่ M_i หมายถึง ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้น, %

M_f หมายถึง ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้าย, %

สำหรับปริมาณน้ำที่ต้องกำจัดออกไป มีค่าดังสมการ

$$W_w = w - d \quad (6)$$

โดยที่ W_w = หมายถึง น้ำหนักของน้ำที่ถูกกำจัดออก, kg.

2.10 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีในระหว่างการบ่มกล้วย [5]

น้ำหนักของผลกล้วยและเปอร์เซ็นต์น้ำตาลจะเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การสุกของกล้วย ส่วนความหนาของเปลือกและระยะเวลาสุกหลังการตัดจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การสุขเพิ่มขึ้น คุณภาพกล้วยขึ้นกับขนาดความหวานตลอดจนความหนาของเปลือกซึ่งมีประโยชน์ด้านการขนส่ง พบว่าปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น 22.0, 23.3 และ 28.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อกล้วยน้ำว้ามีอายุการสุกเป็น 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ ในระหว่างการสุกของกล้วย ส่วนที่เป็นเนื้อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้ได้มาจากเปลือกและอาจจะได้มาจากขั้วของหวี (stalk) ด้วยเหตุนี้เปลือกจึงเสียน้ำหนักไปและเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนของเปลือกต่อเนื้อในขณะที่กล้วยสุก นอกจากนี้ยังได้แนะนำว่ากล้วยที่เหมาะแก่การรับประทานคือกล้วยที่มีอัตราส่วนเนื้อต่อเปลือกเท่ากับ 2 ต่อ 1

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกล้วยในระหว่างการบ่ม Fruton Joseph, Sofia Simmonds (1956) รายงานว่าคาร์โบไฮเดรทในกล้วยดิบอยู่ในรูปของแป้ง เมื่อเป็นกล้วยสุกแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส (sucrose) กลูโครส (glucose) และฟรคโตส (fructose) แต่ในกล้วยน้ำว้าส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส ขณะที่ปริมาณน้ำตาลในกล้วยอบเป็นน้ำตาลรีดิวซ์รวมและน้ำตาลซูโครส

2.11 วิธีการทำกล้วยอบ [6]

การทำกล้วยอบในสหรัฐอเมริกาและประเทศบราซิลทำจากกล้วยสุกและทำเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยบดผง (banana powder) สำหรับการทำกล้วยตากในประเทศไทย ควรเลือกกล้วยที่มีผลแก่จัด ผลกลมไม่เหลี่ยม กล้วยเมื่อสุกได้ที่คือเมื่อจับหวีขึ้นสลักผลใดผลหนึ่งจะหลุดจากขั้ว ถ้าสุขมากเกินไปคือลูกจะหลุดจากหวีเมื่อยกขึ้น ไม่ควรนำมาทำเป็นกล้วยตากเพราะจะทำให้ได้กล้วยตากที่ไม่ดี สีไม่สวย ถ้ากล้วยอ่อนเกินไปเมื่อนำมาทำกล้วยตากจะทำให้เนื้อกล้วยตากแห้งแข็ง การที่จะเลือกกล้วยสุกเพื่อทำกล้วยตากนั้นต้องเป็นกล้วยที่สุกเองโดยธรรมชาติ กล้วยที่ถูกเร่งให้สุกโดยวิธีใดวิธีหนึ่งเมื่อนำมาทำกล้วยตากจะทำให้สีและลักษณะกล้วยตากไม่น่ารับประทาน ซึ่งสอดคล้องกับ ลั่นทม จ่อนจวบทรง (2535) รายงานว่าการเร่งให้กล้วยสุกด้วยวิธีใด ๆ ก็ตามเมื่อนำมาทำกล้วยอบจะได้กล้วยที่มีรสฝาด แข็ง สีแดงเข้มไม่น่ารับประทาน

2.12 เทคโนโลยีการอบกล้วย [7]

การทำกล้วยตากมีมานานในประเทศไทย โดยอาศัยการตากแดดตามธรรมชาติและ/หรืออาศัยแหล่งความร้อนอื่นเช่น แก๊สหุงต้ม ไฟฟ้า ถ่าน แกลบ และ ฟืน การทำกล้วยตากโดยอาศัยแสงแดดเป็นวิธีที่มีมาแต่โบราณที่มีข้อจำกัดมาก แม้ต้นทุนการทำแห้งจะต่ำก็ตาม แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยอาศัยแหล่งความร้อนจากไฟฟ้าและแก๊สได้ เนื่องจากปัญหาเรื่องการรักษาความสะอาดทำได้ยากและยังใช้พื้นที่ในการทำลานตากกว้างมาก อีกทั้งยังไม่สามรถกระทำได้ต่อเนื่องตลอดเวลา คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่ำ การตากแดดต้องใช้เวลามากประมาณ 4-7 วัน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกล้วยในกระบวนการอบและภายหลังการอบ [8]

ถ้าเก็บผลไม้แห้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะเกิดการเปลี่ยนแปลง สี กลิ่น-รส ได้ง่ายโดยเกิดสีคล้ำลง แต่การเปลี่ยนแปลงของผลไม้ในระหว่างการอบและภายหลังการอบ ซึ่งรวมความเป็นการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น-รส และ เนื้อสัมผัส ปัจจัยเหล่านี้มีมาตั้งแต่ในขั้นตอนการล้าง การปอกเปลือก การตัดและการทำแห้ง อันเนื่องมาจากขาดการควบคุม การเจริญเติบโตและปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ และปฏิกิริยาของเอนไซม์ในเนื้อผลไม้ มาจากปัจจัยหลัก 2 ประการ

(1) เนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์เรียกว่า Enzymatic Browning Reaction ซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์จำพวก Polyphenol Oxidase กับพวก Phenolic Compound เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้กล้วยอบเกิดสีน้ำตาลและกลิ่นหืนขึ้นโดยมีสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

ปริมาณวิตามินซี ที่มีอยู่ในเนื้อกล้วยเป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเร็วขึ้น โดยสีที่เปลี่ยนไปเป็นการสลายตัวของวิตามินซีไปเป็น Dehydroascorbic Acid

อุณหภูมิ มีอิทธิพลมากที่สุดในการช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเจนกับอาหารแห้ง ปฏิกิริยาเพิ่มเป็น 4 เท่าทุก ๆ ระยะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส

ความชื้น ผลไม้สดการเกิดสีคล้ำจะช้า แต่ผลไม้แห้งความเข้มข้นของความชื้นมีมากทำให้ปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของความชื้น

ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ ถ้ามีออกซิเจนมากจะทำให้กล้วยอบมีสำคล้ำเร็วขึ้น

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ถ้าค่าพีเอชสูงหรือค่อนข้างเป็นด่างจะเกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้น เมื่อปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะทำให้กล้วยอบเปลี่ยนแปลงไป และมีสีดำ

(2) การเปลี่ยนสีไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ แต่อาจเกิดเนื่องมาจากกระบวนการผลิต การขนส่ง การเก็บรักษาวัตถุดิบ และกรรมวิธีการอบกล้วย

2.13 การนำความร้อน [8]

การนำความร้อน คือการส่งผ่านความร้อนจากจึดทีมีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดทีมีอุณหภูมิต่ำกว่า มีวัตถุเป็นตัวกลางโดยวัตถุจะอยู่กับที่ แต่ความร้อนจุค่อยๆ แผ่กระจายไปตามเนื้อวัตถุนั้น เช่น เราจับแก้วน้ำร้อน ตอนแรกๆจะไม่รู้สึกร้อน แต่จะค่อยๆ ร้อนจนจับไม่ได้ โลหะ แก้ว ซึ่งเป็นวัสดุที่นำความร้อนได้ ส่วนไม้ แห้ง กระเบื้อง เป็นวัสดุทีไม่นำความร้อน

วัสดุที่นำความร้อนได้ เรียกว่า ตัวนำความร้อน ซึ่งเป็นวัสดุประเภทโลหะ

ส่วนวัสดุทีไม่นำความร้อน เรียกว่า ฉนวนความร้อน วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน ได้แก่ ไม้ ผ้า พลาสติก

2.14 มิติและหน่วย [8]

มิติทางกลศาสตร์โดยทั่วไปจะแบ่งเป็นมิติปฐมภูมิหรือมิติพื้นฐาน (primary dimension) ซึ่งได้แก่ มวล (mass, M) ความยาว (length, L) เวลา(time, t) อุณหภูมิ (temperature, T) และอีกแบบหนึ่งคือมิติทุติยภูมิหรือมิติรอง (secondary or derived dimension) ซึ่งจะเป็นมิติที่เขียนอยู่ในรูปของมิติพื้นฐาน ได้แก่ ความเร็ว (velocity, V) พลังงาน (energy, E) ปริมาตร (volume, V) เป็นต้น ในสื่อชุดนี้จะใช้ระบบหน่วย SI เป็นหลัก ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มิติและหน่วย SI พื้นฐานทางกลศาสตร์

มิติ	หน่วย	ตัวย่อ
มวล (mass)	kilogram	kg
ความยาว (length)	meter	m
อุณหภูมิสัมบูรณ์ (temperature)	kelvin	K
เวลา (time)	second	s
กระแสไฟฟ้า	ampere	A

2.15 อุณหภูมิ [8]

อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติตัวหนึ่งที่ใช้บอกระดับพลังงานของระบบ ถ้านำวัตถุสองก้อนที่อุณหภูมิต่างกันมาสัมผัสกันก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จนกว่าอุณหภูมิของวัตถุทั้งสองเท่ากันกระบวนการการถ่ายเทความร้อนจึงจะสิ้นสุดลง ณ จุดที่อุณหภูมิของวัตถุทั้งสองเท่ากันนี้เราเรียกว่าสมดุลทางความร้อน (thermal equilibrium) สำหรับกฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์ซึ่งเป็นกฎที่กล่าวถึงสมดุลทางความร้อนได้กล่าวว่า "ถ้าวัตถุสองก้อนต่างก็มีความสมดุลทางความร้อนกับวัตถุก้อนที่สามวัตถุทั้งสามก้อนก็จะมีความสมดุลทางความร้อนต่อกัน"

สำหรับการวัดอุณหภูมินั้นมีวิธีการวัดได้สองแบบคือวัดค่าอุณหภูมิที่แท้จริงของวัตถุนั้นเลย ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้นี้จะเรียกว่า อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature) ซึ่งจะต้องทราบจุดที่วัตถุใดมีอุณหภูมิเป็นศูนย์อย่างแท้จริง ซึ่งกฎข้อที่สามของเทอร์โมไดนามิกส์จะเป็นกฎที่นิยามจุดที่มีอุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ (absolute zero temperature) ส่วนการวัดค่าอีกแบบหนึ่งคือการวัดอุณหภูมิเทียบต่อคุณสมบัติหรือลักษณะของสารใดสารหนึ่ง ตัวอย่างเช่นกำหนดจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความดันมาตรฐานเป็นจุดอ้างอิง ซึ่งอุณหภูมิที่ได้นี้จะเรียกว่าอุณหภูมิสัมพัทธ์ สำหรับในระบบหน่วย SI อุณหภูมิองศาสัมบูรณ์จะใช้ เคลวิน (kelvin, K) ส่วนอุณหภูมิสัมพัทธ์จะเป็นองศาเซลเซียส(Celsius,°C) และสำหรับหน่วยอังกฤษจะเป็น แรงคิน (Rankine, R) และ ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit,°F) ตามลำดับสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในระบบต่างๆจะเป็นไปตามนี้

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$$

$$\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}C)$$

$$T(^{\circ}F) = 1.8\,T(^{\circ}C) + 32$$

$$T(R) = T(^{\circ}F) + 459.69$$

$\Delta T(R) = \Delta T(^\circ F)$

$T(R) = 1.8\ T(K)$

2.16 การถ่ายเทความร้อน [8]

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่ถ่ายเทระหว่างระบบกับระบบอื่นหรือระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม การถ่ายเทความร้อนระหว่างวัตถุสองชิ้นใดๆจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังนั้นพลังงานที่ถือว่าเป็นพลังงานความร้อนทางเทอร์โมไดนามิกส์จะหมายถึงพลังงานที่ถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมโดยมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของอุณหภูมินอกจากนี้พลังงานที่เรียกว่าความร้อนนั้นจะหมายถึงเฉพาะในขณะที่พลังงานนั้นกำลังเดินทางข้ามขอบเขตของระบบเท่านั้น และเมื่อพลังงานนั้นได้เดินทางข้ามขอบเขตไปแล้วไม่ว่าจะอยู่ในระบบหรือสิ่งแวดล้อมก็จะถือว่าพลังงานนั้นได้เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่นไม่ใช่ความร้อนอีกต่อไป กล่าวอย่างง่ายๆ ก็คือความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่ขอบเขต (boundary phenomena) เท่านั้น นอกจากนี้แล้วในเมื่อความร้อนเกิดขึ้นที่ขอบเขตแล้วเปลี่ยนรูปไปทันทีเมื่อข้ามขอบเขตไปแล้ว ความร้อนจึงไม่สามารถกำหนดสภาวะของระบบได้ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือความร้อนไม่เป็นคุณสมบัติของระบบ

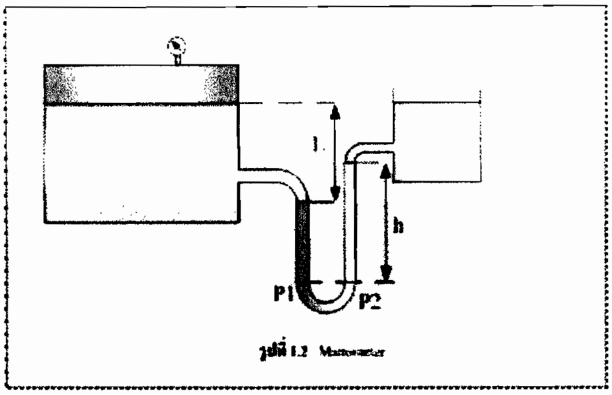
สำหรับกระบวนการใดๆที่เกิดขึ้นโดยที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเลยจะเรียกว่ากระบวนการอะเดียแบติก (adiabatic process) โดยวิธีการที่จะทำให้เกิดกระบวนการเช่นนี้ขึ้นได้มีอยู่สองวิธี วิธีแรกคือการหุ้มฉนวนระบบอย่างดีเพื่อทำให้ไม่สามารถเกิดการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในปัญหาที่จะได้พบต่อไปหากได้มีการกำหนดว่าระบบได้รับการหุ้มฉนวนอย่างดีหมายความว่าจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ส่วนวิธีที่สองคือการทำให้ระบบและสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิเท่ากันเพราะเนื่องจากว่าการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเท่านั้น

เนื่องจากความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ดังนั้นความร้อนจึงมีมิติเป็นมิติของพลังงาน (หรืองาน) นั่นคือมีมิติเป็นมิติของแรงคูณกับมิติของระยะทาง สำหรับหน่วยนั้นในระบบหน่วย SI จะมีหน่วยเป็น kJ (โดย 1 kJ = 1 kN-m) และนิยมใช้สัญลักษณ์ Q หรือ แทนปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทขณะเกิดกระบวนการจากสภาวะที่ 1 ไปสู่สภาวะที่ 2 สำหรับปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อหน่วยมวลจะใช้สัญลักษณ์ q โดย

$$q = Q/m$$

ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อน (rate of heat transfer) ก็คือปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรือ $Q = Q/t$ และมีหน่วยในระบบหน่วย SI เป็น kJ/s หรือ kW ความร้อนนั้นเป็น

ค่าที่บอกถึงปริมาณ (quantity) เพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่นหากกล่าวว่าเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมปริมาณ 5 kJ จะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าเกิดการถ่ายเทจากแหล่งใดสู่แหล่งใด แต่ทิศทางของการถ่ายเทความร้อนนั้นมีความสำคัญเพราะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าแหล่งนั้นมีพลังงานเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในทางเดียวกันจึงมีการกำหนดเป็นข้อตกลงเครื่องหมายของความร้อนขึ้น โดยกำหนดว่า ความร้อนที่ถ่ายเทสู่ระบบมีเครื่องหมายเป็นบวก และความร้อนที่ถ่ายเทออกจากระบบเป็นลบ



รูปแสดง เครื่องหมายของงานและความร้อน

2.17 หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน [8]

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ วิธีการถ่ายเทความร้อน แบ่งออกเป็น 3 วิธีหลักๆ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Termal radiation) การนำความร้อน คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระยะวัตถุที่สัมผัสกัน ส่วนการพาความร้อน คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทพลังงาน โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของมวลสารของไหล หรือ ก๊าซ ที่มีพลังงานบรรจุอยู่มากจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สำหรับการแผ่รังสีความร้อน คือ ถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยสเปคตรัมการแผ่รังสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกมาจากพื้นผิวของวัตถุที่ถูกกระตุ้นทางความร้อน รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ (ซึ่งรวมแสงที่ตามองเห็น คลื่นวิทยุ และรังสีเอ็กซ์) จะกระจายออกทุกทิศทุกทาง และเมื่อรังสีนี้ไปกระทบอีกวัตถุหนึ่ง บางส่วนอาจสะท้อนกลับ บางส่วนอาจส่งผ่านทะลุไป และบางส่วนอาจถูกดูดกลืนไว้ ถ้ารังสีที่ตกกระทบคือ รังสีความร้อน รังสีที่ถูกดูดกลืนไว้จะปรากฏเป็นความร้อนภายในวัตถุที่ดูดกลืนรังสีนั้นไว้

2.18 ขดลวดความร้อน

ขดลวดความร้อน หรือแผ่นความร้อน มักทำจากโลหะผสมระหว่างนิเกิลกับโครเมียม เรียกว่า นิโครม ซึ่งมีสมบัติคือมีจุดหลอมเหลวสูงมากจึงทนความร้อนได้สูงเมื่อมีความร้อนเกิดขึ้นมาก ๆ จึงไม่ขาด และมีความต้านทานสูงมาก

ตารางที่ 2.4 สภาพนำความร้อนของวัสดุบางชนิด ที่ 27 องศาเซลเซียส [8]

วัสดุ	สภาพนำความร้อน , k (w/m.K)
ทองแดง	386
อะลูมิเนียม	204
เหล็กคาร์บอน	54
หินอ่อน	2.1-2.94
หินทราย	1.85
กระจก	0.25-0.8
ขี้เลื่อย	0.06
ใยแก้ว	0.04
พลาสติกใส	0.2-0.3
น้ำ	0.6
อากาศ	0.026

2.19 ฉนวนใยแก้ว (Glass Fiber) [9]

ฉนวนใยแก้วผลิตขึ้นมาจากการฟั่นก้อนแก้วแข็ง ด้วยการปั่นจนเป็นเส้นเกลียวบาง ฉนวนชนิดนี้ที่ทำออกมามีทั้งลักษณะแบบลูสฟิลล์แบบแผ่นอัด (Boards) และเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่ม

ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่มโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 9.61 ถึง 16.02 kg/m^3 และจากผลของเส้นใยที่ยาว วัสดุชนิดนี้จึงมีแนวโน้มที่จะมีแนวโน้มที่จะคืนสภาพความหนา ออกแบบใหม่ได้ภายหลังการบรรจุ เมื่อใช้ในลักษณะเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบห่มคลุมนี้ ฉนวนใยแก้วจะมีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 24.4 m.k/w

สำหรับใยแก้วแบบลูสฟิลล์ทำได้ด้วยการโม่ใยแก้วอัดเป็นแผ่น ซึ่งทำให้ฉนวนแบบลูสฟิลล์ที่ได้มีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 19.84 m.k/w และทั้งแบบลูสฟิลล์และแบบอัดเป็นแผ่นหรือคลุมของฉนวนใยแก้ว น้ำสามารถจะซึมเข้าไปได้เป็นจำนวนมากกว่า 180 perm-cm แต่การดูดซับน้ำไว้กับน้อยไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากใยแก้วด้วยตนเองเป็นสารอนินทรีย์ จึงเป็นวัสดุที่ไม่ลุกไหม้ อย่างไรก็ตามตัวประสานอินทรีย์ ที่ใช้ในการประสานเป็นฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นสามารถลุกไหม้ได้ ฉะนั้นวัสดุที่ใช้เป็นตัวประสาน ASTM E-84 จึงกำหนดให้มีคุณสมบัติโดยประมาณดังนี้ : ระดับการกระจายของเปลวไฟ 15-20 ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง 5-15 และระดับการเกิดควัน 0-20 สำหรับผิวหน้าของฉนวนใยแก้วที่ใช้กับอาคารโดยปกติจะประกอบด้วยกระดาษเคลือบแอสฟัลต์ หรือกระดาษแผ่นบางซ้อนทับกัน และเนื่องจากผิวหน้าเป็นผิวที่สามารถลุกไหม้ได้ จึงไม่สามารถใช้ในลักษณะหันเข้าหาเปลวไฟหรืออุณหภูมิเกินกว่า 80 องศาเซลเซียส ซึ่งการเกิดการลุกไหม้ของผิวหน้าหรือตัวประสานอินทรีย์สามารถทำให้เกิดควันที่เป็นอันตรายได้

ฉนวนใยแก้วแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นไม่ปรากฏว่ามีการยุบตัว หรือ หดตัวตามอายุการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ลูสฟิลล์อาจมีการยุบตัวหากใช้ฉนวนที่ความหนาแน่นต่ำกว่าข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิต ส่วนคุณสมบัติของวัสดุด้านอื่น ๆ เช่น สมรรถนะทางความร้อน และสภาพต้านทานไฟไหม้ไม่ปรากฏว่ามีผลกระทบเนื่องจากอายุการใช้งานและอุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร ณ สภาวะอุณหภูมิที่ติดตั้งปกติ นอกจากนี้ฉนวนใยแก้วไม่ทำให้แบคทีเรียหรือฝังใจเจริญเติบโต และไม่เป็นอาหารของสัตว์ใด ๆ รวมทั้งไม่มีสภาวะกัดกร่อนวัสดุที่หุ้ม และไม่มีกลิ่นเป็นที่น่ารังเกียจ

สำหรับฉนวนใยแก้วแบบแผ่นอัด ที่ผลิตขึ้นมามีหลากหลายคุณสมบัติ ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นรากฐานและเปอร์เซ็นต์ของใยแก้วที่ผสมอยู่ สำหรับชนิดที่มีความหนาประมาณ 64.0 kg/m^3 จะมีสภาพต้านทานความร้อนในระดับชั้น 27.8 m.k/w

การประยุกต์ใช้งานฉนวนใยแก้วโดยทั่วไปจะใช้งานเป็นฉนวนหลังคาอาคาร ผนัง พื้นห้องใต้ถุนตึก และกับระบบท่อ นอกจานี้ยังใช้งานด้านอุตสาหกรรม เช่น เป็นฉนวนหุ้มถังเก็บระบบเชิงกลและท่อส่งลม เป็นต้น

2.20 การเชื่อมโลหะ [9]

การพัฒนาการเชื่อมในยุคแรกเริ่มขึ้นในต้นศตวรรษที่ 19 โดย Edmund Davy ได้ค้นพบแก๊สอะเซทิลีน และต่อมาได้นำมาใช้กับการเชื่อมออกอะเซทิลีน ส่วนการอาร์กไฟฟ้าได้ค้นพบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1801 โดย Sir Humphry Davy

ในปี ค.ศ. 1881 Auguste De Meritens ได้บันทึกเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะแบบหลอมละลายเป็นครั้งแรกโดยนำไปเชื่อมต่อแผ่นตะกั่วหม้อแบตเตอรี่เข้าด้วยกัน โดยใช้แท่งคาร์บอนอาร์กให้ความร้อน

การเชื่อมด้วยแท่งลวดเชื่อมเปลือยนั้น N.G Slavianoff เป็นผู้ค้นพบ ซึ่งกรรมวิธีการเชื่อมนี้ยังมีอุปสรรค เนื่องจากความแข็งของรอยเชื่อมต่ำกว่าโลหะชิ้นงาน และอาร์กไม่สม่ำเสมอจึงได้มีการพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปี ค.ศ. 1907 Kjellberg วิศวกร ชาวสวีเดนได้จดทะเบียนลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลักซ์ที่ให้อาร์ก สม่ำเสมอและได้เนื้อโลหะเชื่อมมีความบริสุทธิ์ดีขึ้นกว่าใช้ลวดเปลือยหลังจากปี ค.ศ. 1919 ได้มีการยอมรับการเชื่อมโลหะและใช้กันอย่างกว้างขวาง จึงได้มีการพัฒนากรรมวิธีการเชื่อมใหม่ ๆ ขึ้นมาอีกมาก

1. กรรมวิธีการเชื่อม

กรรมวิธีการเชื่อมสำคัญ ๆ ที่นำมาใช้กันดังนี้

การเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding) คือการต่อโลหะ 2 ชิ้นติดกัน โดยให้ความร้อนแก่ชิ้นงานบริเวณที่จะต่อกันจนหลอมละลาย ดังนั้นกรรมวิธีนี้เนื้อเชื่อมจึงหลอมละลายติดแน่น

การเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมเติม (โดยทั่วไปเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับชิ้นงาน ซึ่งมีธาตุอื่นผสมเล็กน้อย ได้แก่ธาตุกำจัดออกซิเจน และธาตุที่ทำให้โลหะไหลตัวดี) หรือการเชื่อมแบบไม่เติมลวดเชื่อม

การเชื่อมโลหะแบบใช้แรงกด (Pressure Welding) คือการเชื่อมโลหะให้ติดกันโดยใช้แรงกดและความร้อนร่วมกัน ได้แก่

- การเชื่อมจุด (Spot Welding)
- การเชื่อมแบบใช้แรงกด ให้ความร้อนด้วยแก๊ส
- การเชื่อมแบบใช้แรงกด และความร้อนเกิดขึ้นจากความเสียดทานระหว่างชิ้นงานทั้งสอง (Friction Welding)

กรรมวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding) แบ่งออกตามการให้ความร้อนและการปกคลุมรอยเชื่อมได้ดังนี้

การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) ความร้อนได้จากการสันดาประหว่างแก๊สเพลิงกับออกซิเจนในทุกวันนี้ได้แก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง สำหรับเปลวไฟชั้นนอกของออกซีอะเซทิลีนยังทำหน้าที่ปกคลุมรอยเชื่อมอีกด้วย

การเชื่อมอาร์กด้วยมือ (Arc Welding) คือกรรมวิธีเชื่อมที่ได้รับความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอาร์กไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ซึ่งลวดเชื่อมทำหน้าที่ทั้งการจ่ายกระแสเชื่อมและเป็นวัสดุ

เติมรอยเชื่อมในขณะเดียวกัน ลวดเชื่อมมีทั้งชนิดหุ้มฟลักซ์และชนิดเปลือย ฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อมเมื่อหลอมละลายจะกลายเป็นสแลกปกคลุมรอยเชื่อม

การเชื่อมอาร์กฟลักซ์คลุมหรือการเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding) คือกรรมวิธีเชื่อมอาร์กที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมเปลือย กับชิ้นงานเชื่อม โดยมีฟลักซ์ชนิดเม็ดละเอียด ปกคลุมอาร์กไว้ ซึ่งฟลักซ์ที่อยู่ติดกับรอยเชื่อมจะหลอมละลายกลายเป็นสแกล ส่วนฟลักซ์ที่ไม่หลอมละลายสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ลวดเชื่อมมีทั้งชนิดเส้นกลมและชนิดแถบแบน โดยจะป้อนเติมบ่อหลอมละลายอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ

การเชื่อมทิก (Tungsten Inert – Gas Arc Welding) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมทังสเตนกับชิ้นงาน โดยที่ลวดทังสเตนจะไม่หลอมละลาย และบริเวณอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊สเฉื่อย ได้แก่แก๊สอาร์กอนที่นิยมใช้กันในยุโรปขณะที่แก๊สฮีเลียมนิยมใช้กันในสหรัฐอเมริกากรรมวิธีการเชื่อมทิกจะใช้ลวดเติมหรือไม่ใช้ก็ได้

การเชื่อมมิก (Metal – Inert – Gas Arc Welding) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อน ที่เกิดจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมเปลือยกับชิ้นงานเชื่อม โดยที่ลวดเชื่อมจะหลอมละลายเติมลงในรอยเชื่อมและบริเวณอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊สคลุม (Shielding Gas) ซึ่งมีใช้กันอยู่หลายชนิด ได้แก่ อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสม

2. ความปลอดภัยทั่วไปในการเชื่อม (Safety In Welding)

ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด นับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องศึกษาและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตราย ซึ่งจะนำความสูญเสียมาให้แก่ชีวิตและทรัพย์สินทั้งของตนเองและผู้อื่นดังนั้นก่อนปฏิบัติงานต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและศึกษาวิธีใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยเสียก่อน

3. อันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้กับช่างเชื่อม ได้แก่

- แก๊สพิษที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมโลหะบางชนิด
- การระเบิดที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายหรือใช้ถังกำเนิดแก๊สอะเซทิลีน
- การระเบิดที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อม
- ช่างเชื่อมหรือผู้ร่วมงาน ถูก เปลวไฟลวดหรือไหม้ โดยสะเก็ดเชื่อมโลหะร้อนหรือสแลกร้อน
- ตาเจ็บเนื่องจากได้รับรังสีเชื่อม หรือโดนเศษโลหะและสแลก
- ท่อหรือถังบรรจุวัสดุไวไฟระเบิด
- ไฟไหม้เนื่องจากสะเก็ดเชื่อมสแลกร้อนและโลหะร้อน
- ไฟฟ้าดูด

4. อันตรายจากควันเชื่อม

การเชื่อมโลหะบางชนิดจะก่อให้เกิดควันหรือแก๊สอันตราย ซึ่งเป็นส่วนเล็ก ๆ ของออกไซด์ที่เกิดจากการเชื่อม จึงต้องทำให้แก๊ส หรือควันดังกล่าวเจือจางลงโดยติดตั้งระบบระบายอากาศ หรือทำการเชื่อมในบริเวณที่โล่งหรือกว้างพอ โดยเฉพาะการเชื่อมอาร์กและแก๊ส ควันที่เกิดขึ้นจากงานเชื่อม ลวดเชื่อมและฟลักซ์ ก่อให้เกิดแก๊สพิษที่ทำลายสุขภาพหรือมีกลิ่นเหม็นก่อความรำคาญ

ชนิดของควันที่เกิดจากการเชื่อมโลหะ

การเชื่อมโลหะแต่ละชนิดจะให้ควันลักษณะแตกต่างกันดังนี้

- ควันที่เกิดจากการเชื่อมเหล็กเป็นควันของเหล็กของไซด์ ปกติแล้วจะได้เป็นอันตราย
- ควันทองแดง ปกติแล้วออกไซด์ของทองแดงนั้นไม่มีอันตราย แต่เมื่อเชื่อมทองแดงในที่จำกัดโดยไม่มีการระบายอากาศก็สามารถทำให้เจ็บป่วยได้ซึ่งมีอาการคล้ายกับการหายใจเอาควันสังกะสีเข้าไป
- ควันสังกะสี โดยเฉพาะที่เกิดจากการเชื่อมเหล็กอาบสังกะสีในบริเวณจำกัดและการถ่ายเทอากาศไม่ดีพอซึ่งจะทำให้ง่ายเชื่อมมีอาการผิดปกติขึ้น ได้แก่ ปวดศีรษะ เป็นไข้ และแน่นหน้าอก
- ควันตะกั่ว ตะกั่วในทุกลักษณะเป็นอันตรายต่อร่างกาย ควันของตะกั่วที่สูดดมเข้าไปจะสะสมในทุกส่วนของอวัยวะร่วมทั้งกระดูกด้วย ทำให้มีอาการท้องผูก คลื่นไส้อาเจียนและอาการอื่น ๆ อีกมาก
- ควันแมงกานีสและแมงกานีสผสม เป็นอันตรายต่อระบบหายใจและเกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบประสาทของช่างเชื่อม
- ควันแคดเมียม เมื่อโลหะที่ชุบหรือเคลือบไว้ด้วยแคดเมียมได้รับความร้อนจะเกิดควันที่เป็นอันตรายอย่างร้ายแรง การเชื่อมแคดเมียมนั้นจะต้องจัดระบายอากาศให้ดีพอ และยังมีวัสดุบางชนิดที่เคลือบไว้ด้วยปรอท เมื่อนำมาเชื่อมจะเกิดควันที่เป็นอันตรายเช่นเดียวกัน
- ควันที่เกิดจากการเชื่อมโลหะอื่น ๆ เช่น อะลูมิเนียม ไททาเนียม โครเมียม นิกเกิลและวานาเดียมถึงจะไม่เป็นอันตราย แต่อย่าลืมว่าในการเชื่อมโลหะทุกชนิดต้องให้มีอากาศบริสุทธิ์เพียงพอเพื่อสุขภาพช่างเชื่อมเอง