บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 <u>ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง</u> (มาโนช , 2522)

มันฝรั่งมีชื่อสามัญว่า potato หรือ Irish potato มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <u>Solanum tuberosum</u> อยู่ในตระกูล Solanaceae เป็นพืชล้มลุกที่ชอบอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส มีลักษณะลำต้นเป็นกิ่งตั้งตรงยาวประมาณ 1-2 ฟุต ใบเป็นแบบใบประกอบ (compound leaf) ประกอบด้วยใบยอด (terminal leaf) และใบย่อย (leaflet) ลักษณะรูปรีปลายแหลม 2-4 คู่ ดอกมีกลีบดอก 5 กลีบ ประกอบด้วย เกสรตัวผู้ 5 อัน เกสรตัวเมีย 1 อัน สีของดอกขึ้นอยู่กับพันธุ์ อาจเป็นสีขาว ชมพู หรือชมพูอมม่วง หัวมันฝรั่งเกิดจากลำต้นใต้ดินที่เรียกว่า stolon ตอนปลายขยายใหญ่เพื่อสร้างหัว หัวมันฝรั่งเป็น modified stem ที่ผิวของหัวมันฝรั่งมี lenticels สำหรับถ่ายเทอากาศ lenticels นี้จะขยายใหญ่เมื่อได้รับความชื้น ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เชื้อโรคในดินเข้าสู่ภายในหัวได้ง่าย มันฝรั่งมีตา (eyes) แต่ละตาอาจจะแตกหน่อ (bud) และเจริญเติบโตเป็นต้นต่อไป มันฝรั่งต้นหนึ่งจะให้หัวเฉลี่ย 6-10 หัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดิน เมื่อผ่าหัวมันฝรั่งออกแล้วนำไปเก็บไว้ในที่เหมาะสม มันจะสร้างสารคล้ายไขมัน (suberin) ปิดแผลใหม่เพื่อป้องกันการเน่าได้ หัวมันฝรั่งเมื่อขุดขึ้นมาหรือยังไม่ได้ขุดขึ้นมาถ้าปล่อยให้ถูกแสงแดดนาน ๆ ผิวหัวจะกลายเป็นสีเขียว และบางพันธุ์จะกลายเป็นสีม่วง เนื่องจากปฏิกริยาของคลอโรฟิลล์

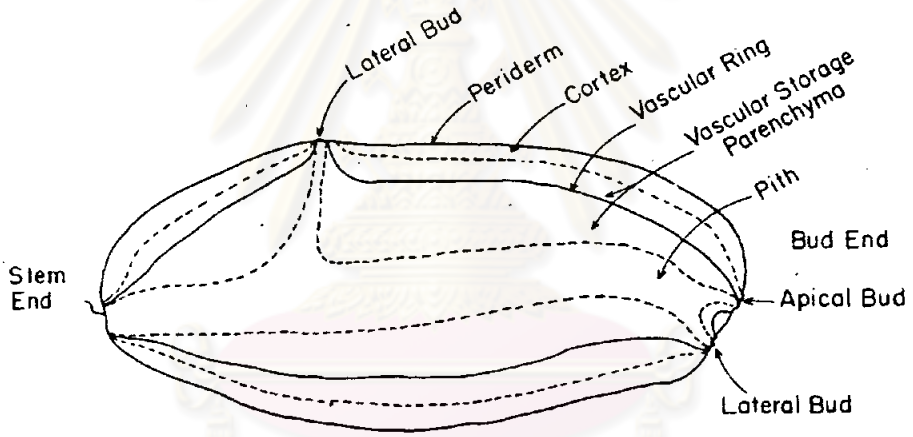
2.2 <u>โครงสร้างของหัวมันฝรั่ง</u>

ผิวด้านนอกของหัวมันฝรั่งประกอบด้วยชั้นของคอร์ก เพอริเดิม (corky periderm) ชั้นนี้จะช่วยป้องกันการสูญเสียของน้ำและต่อต้านการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อหัวมันฝรั่งถูกผ่าออกและทิ้งไว้จะเกิดมีการสร้างเซลใหม่ขึ้นที่ผิวเรียกว่า "wound periderm"

รูปที่ 1 ลักษณะของต้นมันฝรั่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถัดจากชั้นเพอริเดิม (periderm) จะเป็นชั้นของคอร์เทค ซึ่งเป็นชั้นแคบ ๆ ของเนื้อเยื่อพาเรนไคมา (parenchyma) ชั้นคอร์เทคนี้จะถูกจำกัดโดยวาสคูล่า ริง (vascular ring) ทั้งด้านในและด้านนอกของชั้นคอร์เทค จะเป็นชั้นของวาสคูล่า สตอเรจ (vascular storage) ในชั้นพาเรนไคมาจะมีปริมาณของแป้งสูง สำหรับชั้นของพิท (pith) จะประกอบด้วยเซลขนาดใหญ่ที่มีปริมาณของแป้งน้อยกว่าเซลตรงบริเวณท่อน้ำท่ออาหาร (vascular area) และด้านในของชั้นคอร์เทค



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างของหัวมันฝรั่ง (Smith, 1975)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่ง

องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งจะแปรไปตามชนิดของพันธุ์ พื้นที่ที่ใช้เพาะปลูก วิธีการปลูก ความแก่ของมันฝรั่งขณะเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว

Johnson et al. (1968) พบว่าปริมาณของธาตุโปตัสเซี่ยมและฟอสฟอรัสในหัวมันฝรั่งจะเพิ่มขึ้นจากส่วนปลายต้น (stem end) ไปยังส่วนปลายหน่อ (bud end) ตรงบริเวณพิทจะมีปริมาณของธาตุแมงกานีส สังกะสี และทองแดง น้อยกว่า แต่มีปริมาณของธาตุคลอรีนมากกว่าส่วนอื่น ๆ ของหัว

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบอย่างประมาณของหัวมันฝรั่ง (William, 1975)

องค์ประกอบ	ช่วงเปอร์เซ็นต์
น้ำ	63.2-86.9
ของแข็งทั้งหมด	13.1-36.8
โปรตีน	0.7-4.6
ไขมัน	0.02-0.96
คาร์โบไฮเดรททั้งหมด	13.3-30.53
เส้นใย	0.17-3.48
เถ้า	0.44-1.9

2.3.1 แป้ง (Starch)

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญตัวหนึ่งของมันฝรั่ง มีอยู่ประมาณร้อยละ 65-80 ของน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยส่วนที่เป็น อะไมโลส (amylose) กับอะไมโลเพคติน (amylopectin) ในอัตราส่วน 1 : 3 สารทั้งสองเป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysccharide) ของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันและมีผลทำให้แป้งมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปด้วย เมื่อประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในอัตราส่วนที่ต่างกัน

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของอะไมโลส์กับอะไมโลเพคติน (ศิริลักษณ์, 2523)

อะไมโลส์	อะไมโลเพคติน
1. ละลายน้ำได้ดีกว่า	1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำหนืดข้นน้อยกว่า แต่ขุ่นกว่า	2. เมื่อต้มในน้ำหนืดข้นมากกว่าและใส
3. ให้สีน้ำเงินกับไอโอดีน	3. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลกับไอโอดีน
4. ประกอบด้วยโมเลกุลที่ต่อกันเป็นเส้นตรง	4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวุ้นได้	5. ต้มแล้วทิ้งไว้ไม่จับตัวเป็นวุ้น

อาหารจากส่วนต่าง ๆ ของพืชจะเคลื่อนที่ลงสู่หัวในรูปของน้ำตาลและเปลี่ยนไปเป็นแป้ง Recondo และ leloir พบว่า เอนไซม์ ADPG-alphaglucan glucosyl transferase จะต่อ glucosyl unit จาก adenosine diphosphate glucose เกิดเป็นเม็ดแป้งในหัวมันฝรั่ง

เมื่ออุณหภูมิของมันฝรั่งเพิ่มขึ้นสูงกว่า 50°ซ น้ำจะเคลื่อนที่ผ่านจากส่วนของ non-starchy ของเซลไปยังเม็ดแป้ง (starch granule) จากนั้นเม็ดแป้งจะเริ่มต้นบวม แป้งจะเกิดเจลลาติไนซ์ (gelatinize) ที่อุณหภูมิในช่วง 63 -72 องศาเซลเซียส

ปริมาณของแป้งที่มีอยู่ในหัวมันฝรั่งจะมีผลต่อคุณภาพของลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เช่น ลักษณะเป็นแป้ง หนืด sloughing, lack of sogginess มันฝรั่งที่มีปริมาณของแป้งสูงเมื่อได้รับความร้อน เซลจะพยายามแยกออกมาอย่างมากเพราะว่าเกิดการบวมเนื่องจากเจลลาติไนซ์ (gelatinize) ส่วนมันฝรั่งที่มีปริมาณของแป้งต่ำเมื่อได้รับความร้อน เซลจะพยายามรักษารูปเดิมไว้ ผลก็คือเกิดลักษณะแฉะ (sogginess)

มันฝรั่งที่มีปริมาณของแป้งสูงจะมีคุณสมบัติเหมาะกับการนำมาผลิตเป็นมันฝรั่งทอด เพราะจะให้ความกรอบมากกว่า ดูดซับน้ำมันได้น้อยกว่า และให้รสชาติ ที่ดีกว่ามันฝรั่งทอดที่ผลิตจากมันฝรั่งที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่า

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 รูปของเม็ดแป้งมันฝรั่งพันธุ์ Russet-Burbank ขนาดขยาย 310 เท่า (Smith, 1975)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2 น้ำตาล (Sugar)

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ในหัวมันฝรั่ง คือ

1. พันธุ์ มันฝรั่งพันธุ์ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำส่วนใหญ่จะมีการสะสมของน้ำตาลมากกว่ามันฝรั่งพันธุ์ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง

2. อายุหลังเก็บเกี่ยว มันฝรั่งหลังเก็บเกี่ยวใหม่ ๆ มักจะมีปริมาณน้ำตาลอยู่น้อยกว่ามันฝรั่งที่เก็บเกี่ยวนานกว่า

3. ขนาดของหัวมันฝรั่ง มันฝรั่งที่มีขนาดของหัวเล็กจะมีร้อยละของน้ำตาลสูงกว่ามันฝรั่งที่มีขนาดของหัวใหญ่

4. วิธีการเก็บหลังเก็บเกี่ยว เก็บหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิประมาณ 10-15 °ซ จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์อย่างช้า ๆ แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 °ซ ปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังแสดงในตารางที่ 3 และถ้าเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำในบรรยากาศของไนโตรเจนจะไม่มีการสะสมของน้ำตาลแต่จะมีการสูญเสียแป้ง

5. มันฝรั่งที่เกิดการงอก ปริมาณของน้ำตาลในมันฝรั่งจะลดลงระหว่างที่มีการงอก

6. ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง ปริมาณน้ำตาลจะมีที่บริเวณตรงกลางมากกว่าส่วนนอก

การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในหัวมันฝรั่งเกิดจากปฏิกริยา

$$\text{Uridine diphosphate glucose} + \text{Fructose} \rightleftharpoons \text{Sucrose} + \text{Uridine diphosphate}$$

สำหรับปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ ที่เกิดขึ้นในหัวมันฝรั่งขณะเก็บรักษาเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกริยาไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครสของเอนไซม์อินเวอร์เตส (invertase)

2.3.3 สารประกอบพวกฟีนอลิก (Phenolic substance)

สารประกอบพวกฟีนอลิกจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของมันฝรั่งสด สารประกอบพวกฟีนอลิกได้แก่ 1. lignin 2. coumarin 3.anthocyanin และ flavones 4.tannin 5.monohydric phenol 6.polyhydric phenols

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณน้ำตาลของมันฝรั่ง 6 พันธุ์ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และ 5 องศาเซลเซียส จากเขตต่าง ๆ

Variety and Location	1948				1949			
	No storage	3 month		6 month	No storage	3 month		6 month
		12°c	5°c	5°c		12°c	5°c	5°c
	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent
Chippewa :								
Indiana	0.40	0.08	1.79	1.68	0.29	0.36	0.82	0.59
Maine	0.40	0.03	0.85	0.80	0.29	0.22	1.17	1.07
Michigan	0.63	0.38	1.14	1.34	0.44	0.31	1.23	1.32
Green Mountain :								
Maine, I	1.14	0.59	1.79	1.78	0.62	0.42	1.03	1.12
Maine, II	0.55	0.63	1.63	1.69	0,56	0.42	1.01	1.27
New York	0.58	0.60	1.69	1.92	1.00	1.10	2.15	2.01
Irish Cobbler :								
Maine	0.30	0.21	0.73	1.08	0.40	0.26	0.77	0.92
North Dakota	0.53	0.32	1.45	1.77	0.50	0.31	0.98	1.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Variety and Location	1948				1949			
	No storage	3 month		6 month	No storage	3 month		6 month
		12°c	5°c	5°c		12°c	5°c	5°c
	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent
Wisconsin	0.31	0.21	1.02	1.37	0.41	0.28	1.05	1.34
Katahdin :								
Colorado	0.46	0.41	1.13	1.29	0.75	0.28	0.83	1.02
Maine	0.38	0.36	1.25	1.54	0.42	0.30	1.36	1.45
Pennsylvania	0.41	0.32	1.45	1,59	0.24	0.22	0.87	1.12
Russet Burbank :								
Idaho, Aberdeen	0.20	0.38	1.27	1,23	0,36	0.28	0,91	0.91
Idaho, Ashton	0.52	0.37	1.11	1.16	1,02	0.55	1.09	1.19
Washington	0.28	0.37	1.20	1.46	0,42	0.25	0.81	0,87
Triumph :								
North Dakota, Grand Forks	0.67	0.74	2.10	2.64	1.00	0.56	1.54	1.75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

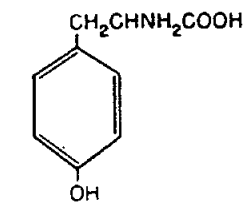
ตารางที่ 3 (ต่อ)

Variety and Location	1948				1949			
	No storage	3 month		6 month	No storage	3 month		6 month
		12°c	5°c	5°c		12°c	5°c	5°c
	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent
North Dakota, Walhalla	0.70	0.64	1.80	2.17	0.81	0.64	1.70	1.95

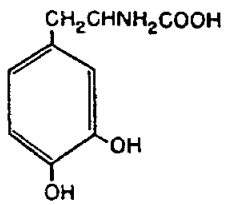
1. From Heinze, Kirkpatrick, and Dochterman (1955).

2. Each figure represents the mean of three analyses, all expressed on fresh-weight basis.

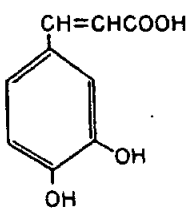
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



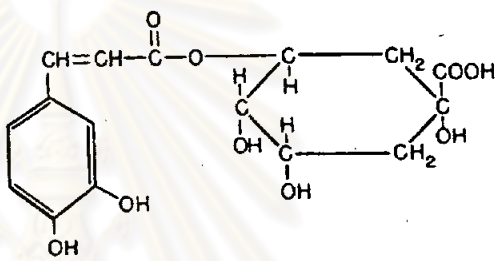
Tyrosine



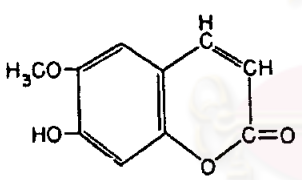
Dihydroxyphenylalanine
(DOPA)



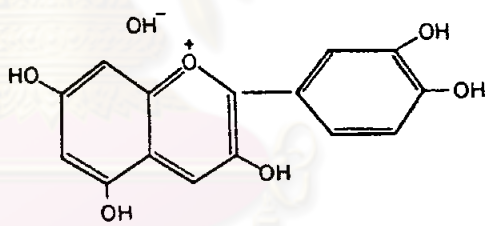
Caffeic Acid



Chlorogenic Acid



Scopoletin



An Anthocyanidine

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางตัว (Smith, 1977)

1. ลิกนิน (lignin) มีอยู่ปริมาณน้อยในบริเวณท่อน้ำท่ออาหาร

2. แทนนิน (tannin) ประกอบด้วยน้ำตาลที่ถูก esterified ด้วย polyphenolic acid แทนนินสามารถเคลื่อนที่ในเนื้อเยื่อซูเบอริน (suberin) ของมันฝรั่ง เป็นตัวที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิว

013318

3. คูลมาริน (coumarin) เป็นอนุพันธ์ของแลคโตนของ o-hydroxy cinamic acid อนุพันธ์ของ coumarin มักจะรู้จักในรูปของ scopoletin และ esculetin

4. ไทโรซีน (tyrosine) เป็น monohydric phenol อยู่ในบริเวณด้านในของหัวมันฝรั่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 0.1-0.3 ของน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่ง สามารถตกตะกอนออกจากมันฝรั่งได้โดยการสกัดด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ ไทโรซีนจะถูกออกซิไดซ์โดยเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) เกิดเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกว่ามีลานิน (melanine)

5. กรดคลอโรจินิก (chlorogenic acid) เป็น polyhydric phenol มีอยู่ประมาณร้อยละ 0.025-0.150 ของน้ำหนักหัวมันฝรั่งแห้ง มีอยู่ในชั้นเพอริเดิมมาก

มันฝรั่งที่อยู่ในสภาพปกติ จะไม่ถูกออกซิไดซ์โดยสารประกอบฟีนอลิก ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี แต่เมื่อมันฝรั่งถูกขูดถลอก ตัด ปอกเปลือก ติดเชื้อ สารประกอบฟีนอลิกจะถูกเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็ว

2.3.4 ไกลโคอัลคาลอยด์ (Glycoalkaloid)

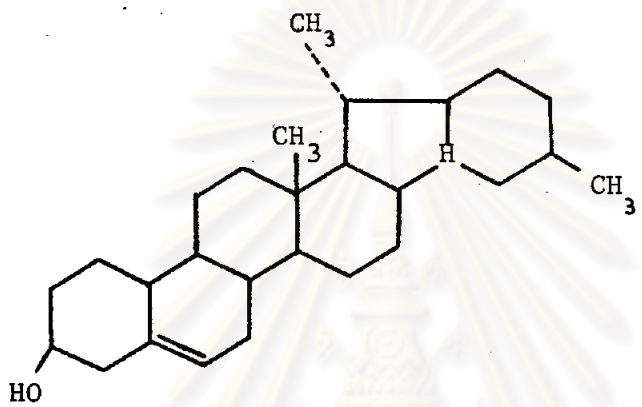
เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารพิษและเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในมันฝรั่ง มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนที่เป็นอัลคาลอยด์ ต่อกับของผสมของไกลโคไซด์(glycoside) และต่ออนุกรมกับโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบของไกลโคอัลคาลอยด์ในมันฝรั่ง

alkaloid	glycoside	sugar component
Solanidine	alpha-chaconine	glucose-rhamnose-rhamnose
	beta-chaconine	glucose-rhamnose
	gamma-chaconine	glucose-rhamnose
	alpha-solanine	galactose-glucose-rhamnose
	beta-solanine	galactose-glucose
	gamma-solanine	galactose

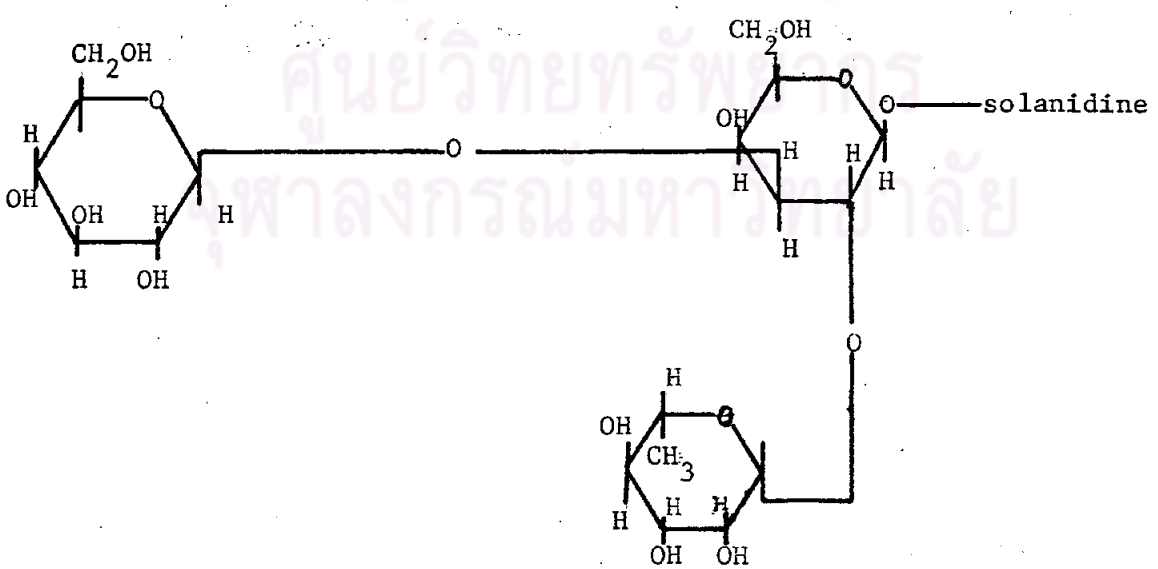
Bushway,1976 พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของไกลโคอัลคาลอยด์ คือ α - chaconine และ α - solanine ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 95-99

โซลานิดีน(Solanidine) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{27}H_{43}NO$ น้ำหนักโมเลกุล = 397.62



รูปที่ 5 แสดงสูตรโครงสร้างของ Solanidine (Merck index)

โซลานิน (Solanine) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{45}H_{73}NO_{15}$ น้ำหนักโมเลกุล = 818.04 เมื่อทำการไฮโดรไลซ์โซลานินจะได้โซลานิดีนกับน้ำตาลโมเลกุลเดียว



รูปที่ 6 แสดงสูตรโครงสร้างของ solanine (Merck index)

คุณสมบัติทางเคมีของโซลานิน (solanine)

- ละลายน้ำได้เล็กน้อยหรือแทบจะไม่ละลายเลย
- ละลายได้ในแอลกอฮอล์ที่ทำให้เป็นกรด
- ไม่ละลายในอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เบนซีน และปิโตรเลียมอีเทอร์

คุณสมบัติทางกายภาพของโซลานิน (solanine)

- มีรสขม กลิ่นฉุน ทำให้คอมีรสขื่น
- ถ้าบริโภคในปริมาณที่มากจะทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการ ปวดศีรษะ อาเจียน กระเพาะอักเสบ

Morgenstern, 1906 ได้ศึกษาพบว่า โซลานินในต้นมันฝรั่ง 18 ชนิด มีปริมาณของโซลานินโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.0125 อีก 7 ชนิดมีปริมาณโซลานินเฉลี่ยร้อยละ 0.0058 มันฝรั่งชนิดเนื้อเหลืองจะมีปริมาณของโซลานินน้อยกว่าชนิดอื่น ๆ หัวมันฝรั่งที่ยังโตไม่เต็มที่จะมีปริมาณของโซลานินมากกว่าหัวมันฝรั่งที่โตเต็มที่ และหัวมันฝรั่งเล็ก ๆ จะมีปริมาณของโซลานินมากกว่าหัวมันฝรั่งใหญ่ ๆ

Gortner, 1949 ได้เสนอว่า มันฝรั่งที่มีปริมาณของโซลานินมากกว่าร้อยละ 0.020 จะไม่ปลอดภัยที่จะใช้เป็นอาหาร

Lepper, 1940 ได้เสนอว่า แม้แต่ในการปลูกรุ่นเดียวกัน ปริมาณของโซลานินก็จะแตกต่างกันไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เก็บ

Conner, 1937 พบว่า แสงทางปลายสีน้ำเงินของสเปคตรัมจะทำให้การเกิดโซลานินดีขึ้น ในขณะที่แสงทางด้านเหลือง-แดง ของสเปคตรัมเหมาะสำหรับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และการเกิดกูลโคส ไม่ทำให้ปริมาณของโซลานินเพิ่มขึ้น

Hardenburg, 1949 พบว่าปริมาณของโซลานินจะเกิดมากตรงบริเวณที่มีการเผาผลาญสูงเช่น ยอด หน่อ ตา และบริเวณคอร์เทคของหัวมันฝรั่ง

รสขมในมันฝรั่ง จะมีมากขึ้นเมื่อปริมาณของไกลโคลอัลคาลอยด์ทั้งหมด (total glycoalkaloid) สูงขึ้น มันฝรั่งที่มีปริมาณของไกลโคลอัลคาลอยด์สูง เมื่อรับประทานแล้วจะรู้สึกแสบร้อนในปากคล้ายกับเวลารับประทานพริกเผ็ด ๆ

มันฝรั่งที่ผ่านขบวนการแปรรูป เช่น การปอกเปลือก จะลดปริมาณของไกลโคลอัลคาลอยด์ทั้งหมดได้ร้อยละ 30-50 การต้ม อบ จะลดปริมาณไกลโคลอัลคาลอยด์ทั้งหมดลงได้เล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนการทอดจะลดปริมาณของไกลโคลอัลคาลอยด์ทั้งหมดลงได้เล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญ (Bushway, 1981)

ได้มีการทดสอบระดับความเป็นพิษของโซลานินในสัตว์ทดลอง หนู (rat) และกระต่าย พบว่า LD_{50} ของหนู (rat) และกระต่าย = 30 และ 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยฉีดเข้าทางเส้นเลือด (Merck index)

2.4 บทบาทของมันฝรั่งในประเทศไทย

2.4.1 แหล่งที่ทำการปลูก

เนื้อที่ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยเกือบทั้งหมดอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ แหล่งใหญ่ได้แก่ ตำบลข่อแล อำเภอแม่แตง เขตอำเภอฝาง เชียงดาว และสันทราย สำหรับเขตอำเภอฝางและเชียงดาวสามารถปลูกนอกฤดูกาลได้ คือ ช่วงฤดูฝน โดยการนำไปปลูกบนเขาที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 300-1300 เมตร จำนวนเนื้อที่ปลูกแต่ละปีอยู่ระหว่าง 5000-8000 ไร่ ปริมาณผลผลิตมันฝรั่งในแต่ละปีไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของราคา

ตารางที่ 5 สถิติผลผลิตมันฝรั่งทั่วประเทศไทย

ปี พ.ศ.	ผลผลิตทั้งหมด (กิโลกรัม)	ผลผลิตเฉลี่ย/ไร่ (กิโลกรัม)
2517	7,191,690	1,045
2518	7,886,537	1,591
2519	2,872,238	1,116
2520	5,547,745	1,679
2521	4,071,775	1,659
2522	6,300,680	1,429
2523	8,857,370	1,242

ที่มา : สถิติการปลูกพืชไร่และพืชผัก กรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2523

2.4.2 พันธุ์ที่ใช้ปลูก

มันฝรั่งจากประเทศเนเธอร์แลนด์ได้เข้ามามีบทบาทในประเทศไทยประมาณสิบปีมาแล้ว โดยเริ่มแรกนั้นเกษตรกรใช้มันฝรั่งพันธุ์พื้นเมืองที่ชาวเขาปลูกในภาคเหนือของประเทศซึ่งพันธุ์อาลู ซึ่งให้ผลผลิตต่ำขนาดของหัวเล็ก ไม่สม่ำเสมอ เนื้อในจะมีสีค่อนข้างขาวเปลือกหนา เมื่อนำไปทอดจะมีรสชื่นเล็กน้อย ปัจจุบันแทบจะไม่มีผู้ปลูกเลย สำหรับพันธุ์ต่างประเทศที่ปลูกในประเทศไทยได้แก่

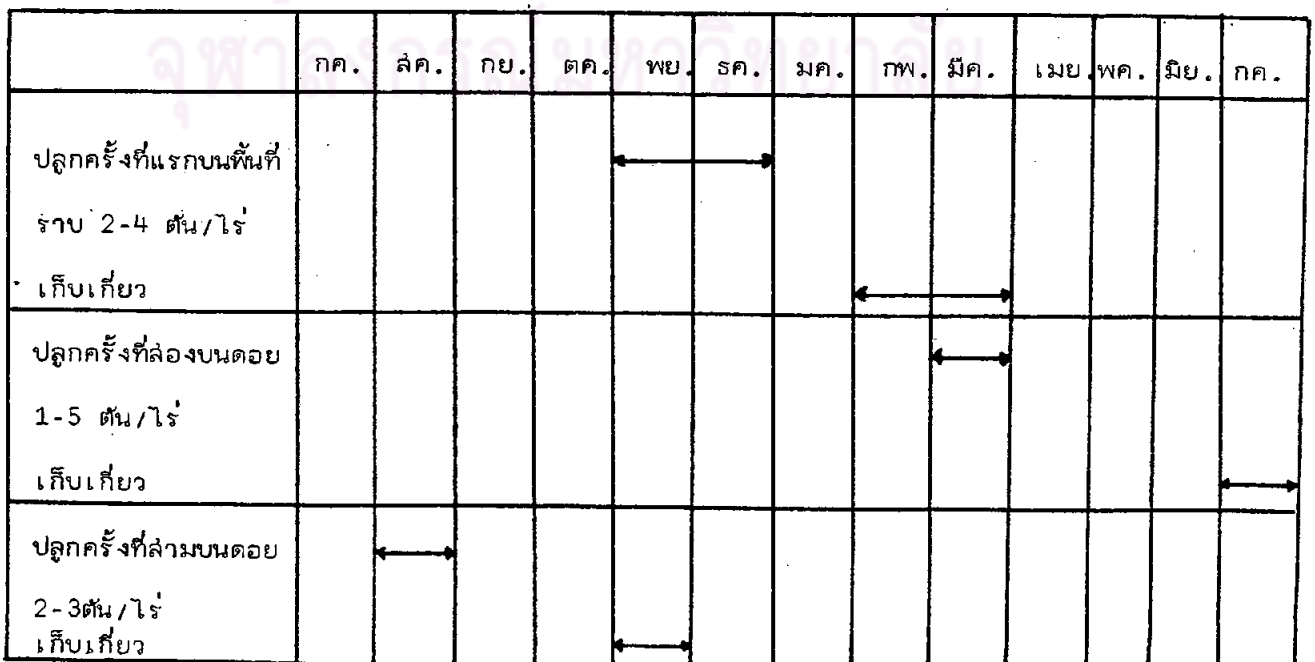
1. พันธุ์บินท์เจ (Bintji) เป็นพันธุ์จากเนเธอร์แลนด์ที่นำเข้ามาปลูกเป็นพันธุ์แรก เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Munstersen และ Fransen เป็นพันธุ์ค่อนข้างเบา

ต้นเจริญเติบโตเร็วมาก แข็งแรง ใบมีสีเขียวเข้ม ทรงพุ่มจะซ่อนลำต้นไว้ มองเห็นลำต้นเฉพาะส่วนยอดของต้นเท่านั้น ดอกมีสีขาว หัวค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปไข่ ขนาดหัวสม่ำเสมอ เปลือกหนา แต่เรียบและมีสีเหลืองชีด ๆ ตาตื้น เนื้อสีเหลืองอ่อน พันธุ์นี้เหมาะในการทำมันฝรั่งทอดกรอบ (potato chips) และมันฝรั่งทอดแบบแท่ง (french fried) แต่ต่อมาพบว่า ผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำและไม่ต้านทานต่อโรคใบไหม้ (late blight) โรคเน่าแห้ง (dry lot) ทำให้สูญเสียง่าย ปัจจุบันพันธุ์นี้มีผู้ปลูกน้อยลงกว่าเดิมมาก

2. พันธุ์เคนนีเบค (Kennebac) เป็นพันธุ์จากสหรัฐอเมริกา บริษัทแปรรูปมันฝรั่งได้สั่งเข้ามาให้เกษตรกรปลูกเพื่อส่งโรงงาน เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Chippewa X Katahdin กับ Earlaine X W-hybrid เจริญเติบโตเร็ว ทรงพุ่มแข็งแรง ใบใหญ่ หัวค่อนข้างใหญ่ กลมรี และเนื้อสีขาว เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลาง (3.7 ตัน/ไร่ ในแปลงทดลอง)

3. พันธุ์สปุนต้า (Spunta) เป็นพันธุ์มันฝรั่งจากเนเธอร์แลนด์ที่ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการปลูก เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Bea กับ No. 96-56 เป็นพันธุ์ค่อนข้างเบาเช่นเดียวกับพันธุ์บินท์เจ อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน เจริญเติบโตเร็ว ทรงต้นสูง แข็งแรง ใบสีเขียวแก่ ค่อนข้างเล็ก ดอกสีขาวมีขนาดหัวใหญ่มาก รูปทรงยาว งอเล็กน้อย เปลือกสีเหลืองอ่อน พันธุ์นี้เมื่อเก็บไว้นาน ๆ หัวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแก่เกือบดำ ต้านทานแล้งได้ดีพอสมควร คุณภาพในการเก็บรักษาปานกลาง

2.4.3 ฤดูการเพาะปลูกมันฝรั่ง



เกษตรกรเริ่มปลูกมันฝรั่งครั้งแรกบนที่ราบในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม โดยสั่งพันธุ์มาจากต่างประเทศ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม การปลูกครั้งที่สองจะปลูกบนดอยที่บ้านหลวงติดแดนพม่าใกล้อ่างข่าง การปลูกครั้งที่สามจะปลูกบนดอยเช่นกัน เนื่องจากมีอากาศเย็นเป็นเวลายาวนาน การปลูกครั้งที่สองจะเริ่มประมาณเดือนมีนาคม ใช้หัวพันธุ์จากการปลูกครั้งแรก เก็บเกี่ยวได้ในเดือนกรกฎาคม การปลูกครั้งที่สามจะปลูกบนดอยแม่โถบวกจั่น สามหมื่น เริ่มประมาณเดือนสิงหาคม โดยใช้พันธุ์จากการปลูกครั้งที่สอง เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ถ้าปริมาณน้ำน้อยการปลูกครั้งที่สองและสามอาจให้ผลผลิตน้อยมาก

2.4.4 <u>การเตรียมพันธุ์ก่อนปลูก</u>

หัวพันธุ์มันฝรั่งที่สั่งเข้ามาปลูกจากเนเธอร์แลนด์ส่วนใหญ่เมื่อถึงมือเกษตรกรจะปลูกได้ทันทีเนื่องจากหัวพันธุ์มีตาที่แตกงอกออกมาแล้ว แต่สำหรับหัวพันธุ์ที่ได้จากการปลูกในฤดูฝนต้องรอให้พ้นระยะพักตัว (dormancy period) เสียก่อน จึงนำมาปลูกได้ ปกติระยะพักตัวของมันฝรั่งจะนานประมาณ 8-12 สัปดาห์ ความยาวนานของระยะพักตัวขึ้นอยู่กับ

1. พันธุ์ พันธุ์เบาปกติจะมีระยะพักตัวสั้น

2. อายุของหัวเมื่อเก็บเกี่ยว หัวมันฝรั่งที่ยังไม่แก่เต็มที่จะมีระยะพักตัวนานกว่าหัวที่แก่จัด

3. อุณหภูมิขณะเจริญเติบโต มันฝรั่งที่ปลูกในแหล่งที่มีอากาศร้อนจะมีระยะพักตัวสั้นกว่ามันฝรั่งที่ปลูกในแหล่งที่เย็นกว่า

4. การเก็บรักษามันฝรั่ง ถ้าเก็บมันฝรั่งในโรงเก็บที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้มีระยะพักตัวสั้นกว่าหัวมันฝรั่งที่เก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ

5. การกระทบกระเทือนของหัวพันธุ์ หัวมันฝรั่งที่มีบาดแผลอันเนื่องมาจากการเก็บเกี่ยว การขนส่ง จะทำให้มันฝรั่งงอกเร็วกว่าหัวที่มีสภาพดีปกติ

หัวพันธุ์มันฝรั่งขณะนำไปปลูก แต่ละหัวควรจะแตกหน่อยาวพอสมควร เพื่อว่าเมื่อปลูกแล้วจะได้ตั้งตัวเร็ว และมีกิ่งหลายกิ่งต่อต้น โดยปกติเมื่อพันระยะพักตัวไปแล้ว ตาที่อยู่ส่วนยอดของหัวจะแตกหน่อก่อน ต่อจากนั้นตาอื่น ๆ จะเริ่มแตกหน่อตามมาภายหลัง ก่อนนำไปปลูกหน่อที่แตกออกมาควรมีความยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร

2.4.5 วิธีการปลูก

เกษตรกรในประเทศไทยนิยมปลูกทั้งวิธีผ่าหัวและไม่ผ่าหัว การผ่าหัวโดยทั่ว ๆ ไปก็เพื่อต้องการประหยัดหัวพันธุ์ เนื่องจากหัวพันธุ์ที่สั่งจากต่างประเทศมีราคาแพง นอกจากนั้นการผ่าหัวยังช่วยกระตุ้นให้ตามันฝรั่งงอกเร็วขึ้น แต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกทั้งหัวเล็กน้อย ในด้านความแข็งแรงและการเจริญเติบโต การปลูกทั้งหัวดีกว่ามากทั้งนี้เนื่องจากหัวมีอาหารสะสมที่จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตได้ดีกว่า ข้อเสียของการปลูกแบบผ่าหัวคือหัวมันฝรั่งที่ถูกผ่านั้นเกิดโรคได้ง่าย การผ่าหัวควรกระทำด้วยความระมัดระวังอย่าให้แผลที่เกิดจากการผ่าช้ำ การผ่าจะผ่าออกกี่ชิ้นนั้นขึ้นอยู่กับตาบนหัวมันฝรั่ง แต่ชิ้นที่ผ่าควรจะมีตาติดอยู่อย่างน้อย 1 ตา เสร็จแล้วนำชิ้นส่วนที่ผ่าไปวางเรียงไว้ในที่ร่มกลบด้วยขี้เถ้าแกลบบาง ๆ หรือรดน้ำพอชื้นประมาณ 10-15 วัน เมื่อหน่อที่งอกมีความยาวพอควรก็นำไปปลูก

2.4.6 โรคของมันฝรั่งที่พบในประเทศไทย

มันฝรั่งเป็นพืชที่มีโรคทำความเสียหายหลายโรคด้วยกัน ซึ่งเป็นเหตุทำให้การปลูกมันฝรั่งไม่ได้ผลเต็มที่ โรคที่เกิดกับมันฝรั่งนี้อาจเกิดกับหัว ต้น หรือใบ บางโรคเมื่อเป็นรุนแรงจะทำให้ต้นตายอย่างรวดเร็ว บางโรคทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโตเป็นเหตุให้ได้ผลผลิตไม่เต็มที่และบางโรคทำให้คุณภาพของหัวลดลง เช่นผิวเป็นแผลและไม่สวยงาม โรคที่พบระบาดอยู่ในท้องที่ปลูกมันฝรั่งในภาคเหนือได้แก่

1. โรคใบไหม้ (late blight) เกิดจากเชื้อรา Phytophthora infestans โรคนี้ทำความเสียหายแก่มันฝรั่งมากที่สุด ลักษณะอาการของโรค เริ่มจากใบเป็นแผล ช้ำเป็นวงกลมคล้ายถูกน้ำร้อนลวก และจะลุกลามขยายโตออกไปจนเป็นแผลใหญ่

สีเขียวหม่นปนเทา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-3 เซนติเมตร บนแต่ละใบอาจมีแผลได้มากกว่า 1 แผล ถ้าอากาศมีความชื้นสูงและค่อนข้างเย็น เมื่อพลิกดูด้านใต้ใบจะพบสปอร์ของเชื้อรางอกออกมาเป็นขุยสีขาวตามขอบแผล รอยแผลดังกล่าวนี้จะทำให้ใบเน่าอย่างรวดเร็ว แต่ถ้ามีความชื้นน้อยแผลจะแห้งเป็นสีน้ำตาล โรคนี้นอกจากจะเกิดบนใบแล้วยังเกิดได้บนลำต้นหรือกิ่งก้านใบได้ด้วย โดยเริ่มมีอาการช้ำตามกิ่งเหมือนโดนน้ำร้อนลวกเช่นกัน แล้วจะลามออกตามความยาวของกิ่งหรือต้น ทำให้เกิดแผลสีเทา และทำให้ส่วนที่ถูกทำลายเน่าเปื่อย เมื่อมีฝนตกหรือเวลารดน้ำ น้ำจะชะเชื้อราตกไปในดินทำให้หัวมันฝรั่งเป็นโรคนี้ได้ เมื่อนำหัวมันฝรั่งที่มีเชื้อโรคไปปลูก เชื้อโรคนี้จะเจริญขึ้นมาพร้อมกับหน่อมันฝรั่ง โรคนี้จะเป็นกับต้นมันฝรั่งทุกขนาดไม่จำกัดอายุ หัวที่เป็นโรคจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลหรือม่วงแล้วยุบเน่าทั้งหัว หัวที่เป็นโรคเมื่อผ่าดูเมล็ดแป้งจะเป็นจุดสีแดงอิฐ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2521)

2. <u>โรคโคนเน่า</u> เกิดจากเชื้อรา <u>Rhizoctonia solani</u> ลักษณะอาการของโรคคือ โคนต้นระดับคอดินจะเริ่มปรากฏเป็นแผลสีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลแก่ เนื้อเยื่อของพืชตรงกลางแผลจะบุ๋มลึกลงไปทำให้มีขอบแผลเห็นได้ชัดเจน รูปร่างของแผลส่วนมากเป็นรูปวงกลมหรือวงรีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร ต้นที่มีจำนวนแผลน้อยจะไม่ตายแต่จะทำให้เกิดอาการขอบใบแห้งมองดูคล้ายโรคใบไหม้ ต้นมันฝรั่งอาจจะเติบโตต่อไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยวแต่ต้นจะไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ผลผลิตจะน้อย หัวมันฝรั่งที่ได้จะมีขนาดเล็ก เนื้อเยื่อภายในจะแห้งเป็นแผลบุ๋มลึกลงไป

3. <u>โรคเน่าแห้งหรือโรคเหี่ยว</u> (Scalerotium rot or Dry rot) ลักษณะอาการที่สังเกตได้คือ ต้นมันฝรั่งจะปรากฏอาการเหี่ยวและตายลงใน 3-4 สัปดาห์ หลังจากแสดงอาการโคนต้นจะมีสีน้ำตาลอ่อน บริเวณที่สูงระดับดินประมาณ 2.5 เซนติเมตร เมื่อถอนต้นดูจะพบว่ารากมีสีน้ำตาลเน่าเปื่อย ในดินที่มีความชื้นสูงจะพบเส้นใยของเชื้อราสีเทาและมีเม็ด Sclerotium สีน้ำตาลขนาดเท่าเม็ดผักกาดแทรกอยู่บริเวณผิวดินหรือที่โคนต้น

4. โรคใบม้วน (potato leafroll) เป็นโรคเกิดจากเชื้อไวรัส ลักษณะอาการที่พบคือ ใบม้วนขึ้นขอบใบอาจจะมีสีม่วงหรือสีเหลืองหรือสีเขียวอ่อน ใบเล็กกว่าปกติต้นจะแคระแกรน

5. โรคใบด่างหรือใบขีด เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ลักษณะอาการที่พบคือ ใบมีลักษณะสีเหลืองอ่อนสลับเขียวเมื่อโรคมีอาการรุนแรงอาการขีดหรือเหลืองจะขยายกว้างออกไปและในที่สุดก็แห้งตาย

6. Potato virus Y เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ลักษณะอาการที่พบเห็นคือใบด่าง เส้นใบมีสีดำเมื่อเป็นมาก ใบส่วนใหญ่จะแห้งตาย ลักษณะที่พบอีกอย่างหนึ่งคือ ใบล่างเริ่มเหี่ยวและร่วงถ้าเป็นมากจะเหลือเฉพาะใบที่ยอดเท่านั้น

2.4.7 แมลงศัตรูมันฝรั่งที่พบในประเทศไทย

แมลงศัตรูมันฝรั่งที่ทำความเสียหายมากมีเพียง 2 ชนิดคือ

1. หนอนกระทู้ในดิน เป็นหนอนที่อาศัยในดิน จะทำลายหัวมันฝรั่งโดยการกัดกินทำให้เป็นแผลกว้างคุณภาพของหัวไม่ดี กัดกินหน่ออ่อนเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคหัวเน่า

2. เสี้ยนดิน เป็นมดชนิดหนึ่ง เสี้ยนดินจะทำลายหัวมันฝรั่งรุนแรงพอ ๆ หรือมากกว่าหนอนกระทู้ หัวที่ถูกทำลายจะเป็นแผลเป็นรูลึก ๆ หลายแผล ซึ่งทำให้มันฝรั่งเสียคุณภาพและทำให้โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียในดินเข้าทำลายหัวได้ง่ายในขณะหัวยังอ่อนหรือหัวพันธุ์ปลูกใหม่

2.4.8 ลักษณะการใช้ประโยชน์ของมันฝรั่งภายในประเทศ (เจ้าหน้ากองควบคุมพืชเสพติด,2524)

มีอยู่ 2 รูปแบบคือ

1. บริโภคในรูปมันสด คนไทยนิยมบริโภคมันฝรั่งในรูปมันสดตามสักษณะของผักทั่ว ๆ ไป เช่น แกงมัสมั่น แกงกระหรี่ บาบิคิว แซมกับผักอย่างอื่น และยังใช้ทำอาหารแบบตะวันตกตามภัตตาคารในรูปของมันทอดประกอบจานเนื้อสับ (แฮมเบอร์เกอร์) เป็นต้น ประมาณว่าการบริโภคมันฝรั่งในรูปมันสดภายในประเทศเฉลี่ย 3000 ตัน/ปี

2. บริโภคในรูปมันแผ่น ปัจจุบันได้มีโรงงานทำการผลิตมันแผ่นทอด (potato chip) ออกจำหน่ายยังท้องตลาด ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของท้องตลาดมาก เพราะนำมาปรุงแต่งรสให้เหมาะสมสำหรับการรับประทานเป็นของว่างและแกล้ม

ความต้องการใช้ภายในประเทศ

ความต้องการส่วนใหญ่มักบริโภคกันตามโรงแรม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 เป็นต้นมา เฉลี่ยประชาชนบริโภคปีละประมาณ 5900 ตัน/ปี

2.4.9 ราคาและความเคลื่อนไหว

ผลผลิตมันฝรั่งออกสู่ตลาดเพียงแค่ระยะ 6 เดือนเท่านั้น โดยจะเริ่มทยอยออกสู่ตลาดตั้งแต่เดือนเมษายน เดือนพฤษภาคมจะเป็นเดือนที่ผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุด ประมาณร้อยละ 69.54 แล้วลดลงอย่างรวดเร็วเหลือไม่ถึงร้อยละ 1 ในเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม เมื่อพ้นฤดูฝนในเดือนสิงหาคมจะออกสู่ตลาดร้อยละ 14.42 หลังจากนั้นไม่ปรากฏว่ามีผลผลิตเข้าสู่ตลาดอีกเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะช่วงเวลาดังกล่าวราคามันฝรั่งไม่สูงพอที่จะจูงใจให้พ่อค้าในท้องถิ่นขายมันฝรั่งของตนออกไป โดยจะทำการเก็บรักษาไว้รอจนกว่าราคาจะสูงกว่า ซึ่งจะตกในราวเดือนธันวาคม ในเดือนนี้ผลผลิตจะออกสู่ตลาดร้อยละ 13.98 แล้วเว้นช่วงไปจนถึงมันฤดูหนาว ดังนั้นราคาขายส่งในตลาดกรุงเทพฯ ในระยะเดือนพฤษภาคมซึ่งผลผลิตออกสู่ตลาดมากราคาจะลดต่ำลง ประมาณกิโลกรัมละ 3.94 บาท แล้วจะเริ่มสูงขึ้นจนสูงสุดในเดือนพฤศจิกายนประมาณกิโลกรัมละ 6.65 บาท จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนไหวของราคามันฝรั่งจะเคลื่อนไหวแบบฤดูกาล

ตารางที่ 6 แสดงร้อยละของมันฝรั่งที่ออกสู่ตลาดในเดือนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับราคาขายส่งเฉลี่ยในกรุงเทพฯ

เดือน	อัตราส่วนร้อยละที่ผลผลิตออกสู่ตลาด	ราคา (บาท) ขายส่งเฉลี่ย 5 ปี (2515-2519) ในกรุงเทพฯ
มกราคม	-	4.89
กุมภาพันธ์	-	3.12
มีนาคม	-	3.08
เมษายน	0.44	3.33
พฤษภาคม	69.54	3.98
มิถุนายน	0.69	6.03
กรกฎาคม	0.93	4.81
สิงหาคม	14.42	3.90
กันยายน	-	4.46
ตุลาคม	-	5.62
พฤศจิกายน	-	6.65
ธันวาคม	13.98	6.08
รวม	100	4.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.10 <u>ภาวะการณ์ด้านมันฝรั่งในโครงการปลูกพืชทดแทนและการตลาดที่สูง ไทย/สหประชาชาติ</u>

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่อยู่ในโครงการปลูกพืชทดแทนพืชเสพติด ซึ่งมีอยู่หลายอำเภอด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 7

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7 แผนที่แสดงแหล่งผลิตมันฝรั่งของโครงการปลูกพืชทดแทน และการตลาดที่สูง ไทย/สหประชาชาติ จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งผลิตมันฝรั่งของโครงการที่ใหญ่พอสมควร ได้แก่ หมู่บ้านหลวง ซึ่งสามารถผลิตมันฝรั่งออกจำหน่ายได้ประมาณ 200 ตัน/ปี และยังมีที่หมู่บ้านอื่น ๆ อีกรวมกันประมาณ 200 ตัน/ปี รวมมันฝรั่งของโครงการขณะนี้ประมาณ 400 ตัน/ปี (ซึ่งยังไม่รวมพื้นที่ที่จะขยายออกไปในอนาคต)

2.5 กรรมวิธีการผลิตชิ้นมันฝรั่งทอดแช่แข็งทั่ว ๆ ไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.1 การปอกเปลือก (peeling)

เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่ง การปอกเปลือกด้วยวิธีต่าง ๆ จะมีผลต่อผลผลิต (yield) ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ต่อแรงงานที่ต้องการใช้ในการปอกเปลือก จำนวนของเสีย และราคาที่ต้องใช้ในการกำจัดของเสีย

จุดประสงค์ของการปอกเปลือกที่ดีคือ

1. มีการสูญเสียเปลือกน้อยที่สุด
2. ต้องการให้การปอกเปลือกอยู่ในสภาพที่พอเหมาะสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแต่ละชนิด คือ การปอกเปลือกต้องไม่มากหรือน้อยเกินไป
3. เกิด heat ring น้อยที่สุด
4. ใช้พลังงานและสารเคมีน้อยที่สุด
5. ใช้น้ำในขบวนการน้อยที่สุด
6. ให้มลภาวะน้อยที่สุด

วิธีการปอกเปลือกมันฝรั่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งมี 4 วิธีคือ

1. การปอกเปลือกโดยวิธีขัดถู (abrasive peeling)
2. การปอกเปลือกโดยวิธีใช้ไอน้ำ (steam peeling)
3. การปอกเปลือกโดยวิธีใช้สารละลายด่าง (lye peeling)
4. การปอกเปลือกโดยวิธีใช้สารละลายด่างจำนวนเล็กน้อย (dry caustic process)

2.5.1.1 การปอกเปลือกโดยวิธีขัดถู (abrasive peeling)

การปอกเปลือกโดยวิธีนี้จะมีการสัมผัสที่ผิวของมันฝรั่งด้วยลูกกลิ้งหรือแผ่นขัดสีอย่างสม่ำเสมอ เพื่อกำจัดเอาเปลือกออก การปอกเปลือกวิธีนี้มักจะใช้ในอุตสาหกรรมมันฝรั่งทอด (potato chip) มันฝรั่งกระป๋อง (canned potato) ที่ไม่ต้องการให้เกิดปัญหาเรื่อง heat ring เพราะว่าส่วนที่เกิด heat ring จะเกิดเปลี่ยนสีมาก เมื่อทำการทอดในน้ำมัน

การปอกเปลือกโดยวิธีนี้จะมีการสูญเสียเปลือกมาก ถ้าขนาดและรูปร่างของมันฝรั่งไม่สม่ำเสมอ ตาลึก (Wright and Whiteman 1949) แต่ถ้ามันฝรั่งมีขนาดใหญ่ ผิวเรียบ ตาไม่ลึก การปอกเปลือกโดยวิธีนี้จะมีการสูญเสียน้อยลง

2.5.1.2 การปอกเปลือกโดยวิธีใช้ไอน้ำ (steam peeling)

เป็นวิธีการปอกเปลือกที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งน้อยกว่าการปอกเปลือกด้วยสารละลายด่าง การปอกเปลือกโดยวิธีนี้จะใช้ไอน้ำที่มีความดันสูงผ่านลงบนผิวของมันฝรั่ง ผิวของมันฝรั่งจะอ่อนตัวลง เมื่อปล่อยให้สัมผัสกับบรรยากาศที่ความดันลดลงอย่างรวดเร็ว จะเกิดมีการระเหยของความชื้นในเนื้อเยื่อมันฝรั่งที่ร้อน ทำให้เปลือกหลุดออก แต่การปอกเปลือกโดยวิธีนี้มีขอบเขตจำกัดคือ เกิดปัญหาเรื่อง heat ring จึงนิยมใช้กับอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งประเภทมันฝรั่งตากแห้งในรูปของเกล็ดและเม็ด

2.5.1.3 การปอกเปลือกโดยวิธีใช้สารละลายด่าง (lye peeling)

เป็นวิธีการปอกเปลือกโดยใช้สารละลายด่างที่ร้อนสัมผัสผิวทำให้ผิว ตำหนิ ตาอ่อนตัวลงและหลุดออกเมื่อมีการฉีดด้วยน้ำล้างที่มีความดันสูง ๆ หรือวิธีการอื่น ๆ

สภาวะของการปอกเปลือกขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของพันธุ์ที่มีตาตื้นหรือตาลึก
2. อายุการเก็บหัวมันฝรั่ง
3. ความเข้มข้นของด่างที่ใช้ มักจะใช้อยู่ในช่วง 5-20%
4. อุณหภูมิที่ใช้แช่ในช่วง 76-98 องศาเซลเซียส
5. เวลาที่ใช้แช่มันฝรั่ง 1-6 นาที

การปอกเปลือกด้วยสารละลายด่างที่ดีนั้นจะต้องมีความสมดุลย์กันระหว่างความเข้มข้นของสารละลายด่าง อุณหภูมิที่ใช้ และเวลาที่ใช้แช่ อุณหภูมิ

ของสารละลายด่างที่ใช้ ถ้าสูงจะช่วยให้สารละลายด่างซึมเข้าไปในบริเวณผิวและตา มากกว่าใช้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายด่างและลดความเข้มข้นของด่าง เป็นสิ่งที่ต้องการ แต่สารละลายด่างที่อุณหภูมิสูง ๆ จะเกิดปัญหาเรื่องการระเหยมากเกินไป ความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้แล้ว จำเป็นที่จะต้องปรับโดยการเติมน้ำและสารละลายด่างลงไปเพิ่ม ความเข้มข้นของสารละลายด่างสามารถที่จะตรวจสอบได้โดยการติเตรทกับสารละลายกรดโดยใช้ฟีนอลทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์

การปอกเปลือกด้วยสารละลายด่างเป็นวิธีที่ปอกเปลือกได้สะอาดที่สุด มีการสูญเสียเปลือกน้อย กำจัดหรือลดการเกิด heat ring ในอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งใหญ่ ๆ มักจะใช้ขบวนการปอกเปลือกโดยวิธีใช้สารละลายด่าง หรืออาจจะมีการใช้ร่วมกันระหว่างการปอกเปลือกโดยวิธีใช้ไอน้ำกับการปอกเปลือกโดยวิธีใช้สารละลายด่าง

2.5.1.4 <u>การปอกเปลือกโดยวิธีใช้สารละลายด่างจำนวนเล็กน้อย (dry caustic peeling)</u>

เป็นวิธีการปอกเปลือกที่ดัดแปลงมาจากขบวนการปอกเปลือกด้วยสารละลายด่างเพื่อแก้ปัญหา มลภาวะและการกำจัดของเสีย เป็นขบวนการที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย จึงใช้คำว่า "Dry" ขั้นตอนประกอบด้วยล้างมันฝรั่งด้วยสารละลายด่างที่เจือจาง ผ่านรังสีความร้อน (infrared heat) ลงบนผิวมันฝรั่ง ขัดถูกมันฝรั่งด้วยการหมุนหรือลูกกลิ้งยาง ล้างมันฝรั่งด้วยน้ำจำนวนเล็กน้อย

ข้อแตกต่างของการปอกเปลือกด้วยวิธีสารละลายด่าง (lye peeling) กับการปอกเปลือกด้วยวิธีใช้สารละลายด่างจำนวนเล็กน้อย (dry caustic peeling) คือในขบวนการปอกเปลือกด้วยวิธีใช้สารละลายด่าง จะมีการให้ความร้อนในถังสารละลายทั้งหมด ความร้อนและด่างจะซึมผ่านเข้าไปในผิวมันฝรั่ง ส่วนการปอกเปลือกด้วยวิธีใช้สารละลายด่างจำนวนเล็กน้อย (dry caustic peeling) เนื้อเยื่อบริเวณผิวตื้นๆของมันฝรั่งเท่านั้นที่จะสัมผัสกับสารละลายด่าง ส่วนรังสีความร้อนจะได้รับภายหลังการแช่มันฝรั่งในสารละลายด่าง จากนั้นจะทำการขัดผิวและล้างสารละลายด่างออกด้วยน้ำๆ

การปอกเปลือกโดยวิธีนี้จะใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นในช่วง 6-10% อุณหภูมิประมาณ 87-98 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ล้างมันฝรั่ง 30-80 วินาที ผ่านรังสีความร้อน 60-90 วินาที

สิ่งที่เกิดเปลี่ยนแปลงระหว่างการปอกเปลือกด้วยสารละลายด่างคือชั้นของเพอริเดิม และด้านนอกของเนื้อเยื่อพาเรนไคมาจะนุ่มและหลุดออกเมื่อทำการล้างด้วยน้ำ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการปอกเปลือกโดยใช้สารละลายด่าง เนื่องจากมันฝรั่งพันธุ์ลุนต้าเป็นพันธุ์ที่มีตาตื้น การปอกเปลือกโดยวิธีนี้จะมีการสูญเสียเปลือกน้อยและปอกเปลือกได้สะอาดที่สุด

2.5.2 การทอด

ในการทอดจะทำให้ลักษณะของอาหารเปลี่ยนและอาจเปลี่ยนเนื้อสัมผัสด้วย เมื่อทำการทอดลักษณะของอาหาร ส่วนนอกจะเป็นสีเหลืองทอง และมีกลิ่นหอมทำให้น่ารับประทาน อาหารทอดจะมีลักษณะดีหรือไม่ย่อมขึ้นกับความร้อน หรืออุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร การใช้น้ำมันเป็นสื่อในการให้ความร้อนมี 3 วิธี

1. Saute' คือการทาน้ำมันในกะทะเพียงเล็กน้อยเพื่อมิให้อาหารติดกะทะ เช่น การทำแพนเค้ก แป้งจี่ บ้าบิ่น

2. Pan frying คือการใช้น้ำมันมากกว่า saute' แต่ไม่ท่วมอาหาร

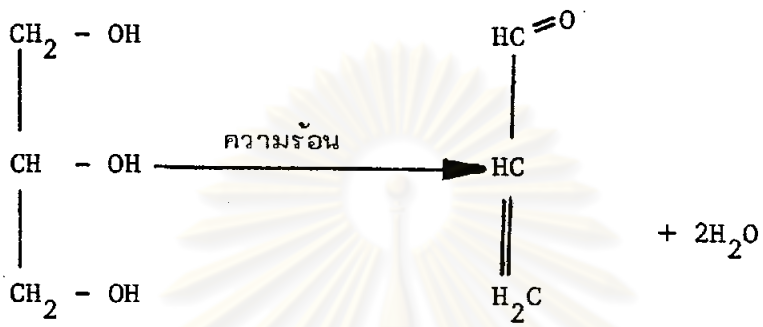
3. Deep fat frying คือการทอดในน้ำมันมากจนท่วมอาหาร

อุณหภูมิที่ใช้ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 177 ถึง 199 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้กันส่วนใหญ่คือ 190 องศาเซลเซียส

2.5.2.1 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด

น้ำมันทุกชนิดมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 เมื่อน้ำมันได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิหนึ่งจะสลายตัวและมีควันเกิดขึ้น อุณหภูมินี้เรียกว่า จุดเป็นควัน

ของไขมัน (smoke point) หากปล่อยให้น้ำมันร้อนขึ้นเรื่อย ๆ อาจลุกเป็นไฟขึ้น เมื่อน้ำมันเป็นควัน glycerol สลายตัวได้สารที่เรียกว่า acrolein และในน้ำมันมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น acrolein เป็นสารระเหยได้ ทำให้ผู้ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดแสบตาและรู้สึกบาดคอทำให้อาหารมีกลิ่นควันไม่น่ารับประทาน



glycerol acrolein

น้ำมันแต่ละชนิดสลายตัวที่อุณหภูมิต่างกัน จุดเป็นควันของน้ำมันขึ้นกับกรดไขมันอิสระ ถ้าปริมาณกรดไขมันอิสระน้อย จุดเป็นควันจะสูง และน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงจะมีจุดเป็นควันต่ำ

ดังนั้น การเลือกน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะพิจารณาจาก

1. เป็นน้ำมันพืช
2. เป็นน้ำมันที่มีจุดเป็นควันสูง
3. เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระน้อย
4. เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพอควร

2.5.2.2 <u>การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันระหว่างทอด</u> (ศิริลักษณ์, 2522)

น้ำมันไขมันที่ได้รับความร้อนสูงมากเป็นระยะเวลานานอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีเกิดขึ้น ซึ่งจะไปมีผลต่อคุณภาพในการใช้ทอดอาหารและคุณค่าทางโภชนาการของไขมันนั้นด้วย การเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่อาจเกิดขึ้นได้แก่

1. มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น

2. มีค่าไอโอดีนลดลง (ค่าไอโอดีนคือน้ำหนักเป็นมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ทำปฏิกริยาพอดีกับน้ำมัน 100 กรัม)

3. มีค่าดรรชนีหักเหเพิ่มขึ้น ค่าดรรชนีหักเหเป็นระดับการหักเหที่แสงผ่านจากตัวกลางโปร่งใสอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง วัดได้จากอัตราของ sine ของมุมตกต่อ sine ของมุมหักเหของแสง เมื่อลำแสงผ่านทะลุลงสู่น้ำมัน ค่าดรรชนีหักเหนี้จะผันแปรตามความยาวของคลื่นแสงและอุณหภูมิ

4. จุดเป็นควันต่ำลง

5. ค่าเปอร์ออกไซด์สูงขึ้น (ค่าเปอร์ออกไซด์คือปริมาณออกซิเจนที่ว่องไวต่อปฏิกริยาทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำมัน คิดเป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม)

6. จุดละลายต่ำลง

7. สีคล้ำลง

8. ความหนืดข้นเพิ่มขึ้น

9. การเป็นฟองเพิ่มขึ้น

2.5.2.3 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทำมันฝรั่งทอด

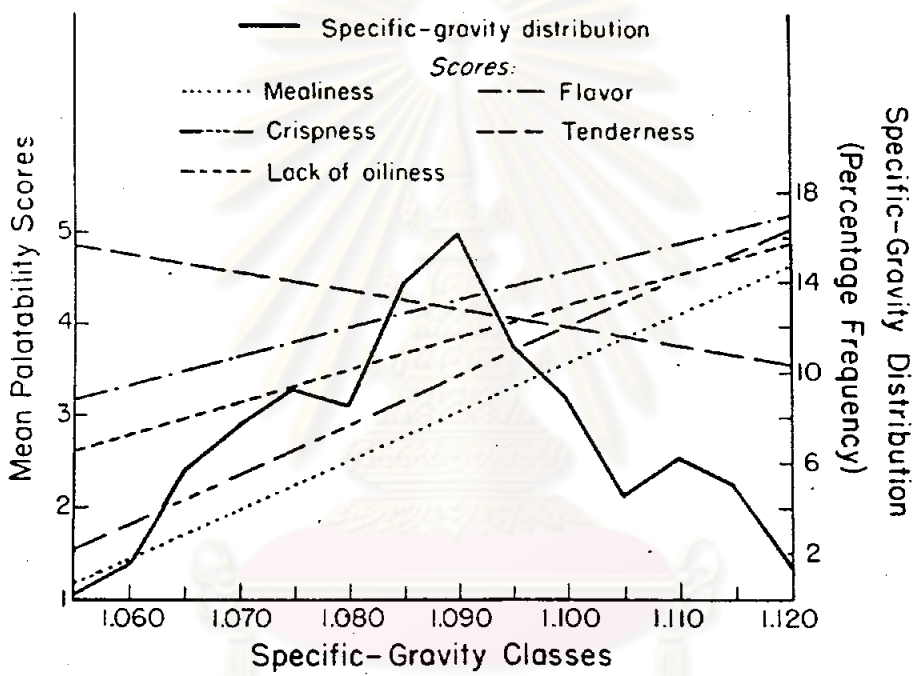
2.5.2.3.1 ปริมาณผลผลิต

ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดเป็นสิ่งที่สำคัญมากในแง่ของการค้าเพราะการซื้อขายมันฝรั่งทอดจะถือน้ำหนักเป็นเกณฑ์ ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะหรือปริมาณของแข็งทั้งหมดของหัวมันฝรั่ง (Whiteman, 1949) ผลผลิตของมันฝรั่งทอดจะเพิ่มขึ้นเมื่อความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น มันฝรั่งทอดที่ทำจากหัวมันที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะกินเนื้อที่ในการเก็บรักษามากกว่าพวกที่ทำจากพันธุ์ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง และยังมีผลต่อการดูดซับน้ำมัน มันฝรั่งทอดที่ทำจากหัวมันที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะดูดซับน้ำมันได้ต่ำกว่าพวกที่ทำจากความถ่วงจำเพาะต่ำ ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิต (Brown, 1960) นอกจากนี้มันฝรั่งทอดที่ทำจากมันที่มี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17768597

ความถ่วงจำเพาะสูงยังมีผลต่อคุณภาพของมันทอดในแง่ของรสชาติ mealiness และความกรอบ ดีกว่ามันฝรั่งทอดที่ทำจากมันที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า ดังนั้นคุณภาพของวัตถุดิบที่ผู้ผลิตมันฝรั่งทอดต้องคำนึงถึงคือ ความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับคุณสมบัติทางการยีม

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งคือ (Smith, 1975)

1. <u>พันธุ์ของมันฝรั่ง</u> พันธุ์ของมันฝรั่งมีมากมายหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป บางพันธุ์มีความถ่วงจำเพาะสูง บางพันธุ์มีความถ่วงจำเพาะต่ำ ซึ่ง Burton (1966) ได้จัดแบ่งพันธุ์มันฝรั่งออกเป็น 3 พวก ตามร้อยละของของแข็งที่มีทั้งหมดคือ

พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งสูงคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 23-25 ของน้ำหนักสด หรือมีความถ่วงจำเพาะ 1.095 ขึ้นไป

พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งปานกลางคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 21-23 ของน้ำหนักสด หรือมีความถ่วงจำเพาะในช่วง 1.086-1.094

พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งต่ำสุดคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 20 หรือต่ำกว่า หรือมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.081 หรือต่ำกว่า

2. <u>ความแก่อ่อนของมันฝรั่ง</u> ผู้ผลิตมันฝรั่งทอดต้องการมันฝรั่งที่แก่เต็มที่เพราะความแก่ของมันฝรั่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของมันฝรั่งหลายประการ เช่น ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่ง สีของมันฝรั่งทอดตลอดจนคุณภาพในการเก็บรักษา (keeping quality) นอกจากนี้ความแก่ของมันฝรั่งยังมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่ง คือ เมื่อความแก่ของมันฝรั่งเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดของเม็ดแป้ง (starch granule) ใหญ่ขึ้น

3. <u>ปัจจัยในการเพาะปลูก</u> (culture factors) มีผลกระทบกระเทือนต่อความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งได้แก่

- การให้น้ำแก่มันฝรั่งซึ่งตามปกติมักจะได้จากฝน มันฝรั่งที่มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอจะให้มันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ถ้าให้น้ำมากเกินไปโดยเฉพาะปลายฤดูของการเพาะปลูกจะเป็นเหตุให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะต่ำ (Smith, 1975)

- การให้ปุ๋ยแก่ต้นมันฝรั่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับความถ่วงจำเพาะเช่นกัน กล่าวคือการให้ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโปแตสเซี่ยมมากเกินไปความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งจะต่ำ ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเร่งความแก่ของหัวมันฝรั่ง และช่วยเพิ่มความถ่วงจำเพาะด้วย (Smith, 1975)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การฆ่าต้นมันฝรั่ง (vine killing) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่ง ก่อนทำการเก็บเกี่ยวมันฝรั่งต้องทิ้งหัวมันฝรั่งไว้ให้แก่เต็มที่เพื่อให้อยู่ในสภาพดี ในขณะเก็บเกี่ยวไม่บอบช้ำ การกำจัดต้นเป็นเรื่องจำเป็นก่อนลงมือเก็บเกี่ยว การกำจัดลำต้นโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือใช้สารเคมี และใช้เครื่องจักร หรือใช้ทั้งสองแบบรวมกัน การกำจัดต้นถ้าทำเร็วเกินไปจะทำให้ผลได้ต่อไร่และความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งลดลง เพราะพืชที่ปล่อยให้แก่อย่างช้า ๆ อาหารจากส่วนใบและลำต้นจะเคลื่อนลงไปอยู่ที่ส่วนหัวซึ่งมักจะเป็นรูปของน้ำตาล แล้วน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นแป้ง ซึ่งผลอันนี้จะช่วยให้มีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น ถ้าเรากำจัดลำต้นเร็วเกินไป อาหารจากลำต้นจะเคลื่อนลงสู่หัวไม่ทันจึงเป็นผลให้มีความถ่วงจำเพาะต่ำ (Burton, 1966)

2.5.2.3.2 <u>สีของมันฝรั่งทอด</u>

สีของมันฝรั่งทอดเป็นปัญหาสำคัญในการประกอบอุตสาหกรรมประเภทนี้ สีของมันฝรั่งทอดขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันฝรั่ง ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านการเพาะปลูกและอุณหภูมิในการเก็บรักษา

การเกิดสีในมันฝรั่งทอดเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีดังนี้คือ (Smith, 1967)

1. <u>การเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากการปอกเปลือก</u>

(discoloration of peeled potatoes) การเปลี่ยนแปลงสีของหัวมันฝรั่งที่ปอกเปลือกหรือหั่นเป็นชิ้น เกิดจากปฏิกิริยาที่เรียกว่า enzymatic oxidation มันฝรั่งที่มีการหั่นหรือปอกแล้วทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศหรืออ๊อกซิเจนจะเกิดมีสีดำขึ้น ซึ่งสีดำนี้เรียกว่า มีลานิน (melanin) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง ไทโรซีน กับ ไทโรซิเนส ดังนั้นการเกิดสีในมันฝรั่งที่หั่นแล้วมักจะเป็นปัญหาในอุตสาหกรรมการแปรรูปมันฝรั่งที่ต้องปอกเปลือก ซึ่งการเปลี่ยนสีนี้อาจป้องกันได้โดยไม่ให้ยืนมันฝรั่งที่หั่นแล้วสัมผัสกับอากาศ หรือโดยการทำลายเอนไซม์ด้วยวิธีใช้ความร้อนลวก (blanching) หรือโดยการใช้สารเคมีซัลเฟอร์ไดอ๊อกไซด์ หรือ โซเดียมไบซัลไฟต์

2. การเปลี่ยนสีในมันฝรั่งทอด เกิดจากปฏิกิริยาเอนไซม์ (Enzymatic browning) หรือ Maillard reaction ตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานี้คือ carbonyl group ของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอมิโน

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีของมันฝรั่งทอดเป็นอย่างมากคือ อุณหภูมิในการเก็บรักษามันฝรั่ง จุดประสงค์ของการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งเพื่อที่จะให้อยู่ในสภาพเหมาะแก่การรับประทานและเก็บไว้ใช้ได้ตลอดปีโดยไม่เน่าเสียและไม่งอก มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (วยีรา, 2524) มันฝรั่งที่จะใช้ทำมันฝรั่งทอดแล้วให้สีเป็นที่พอใจนั้นควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส

ปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์มีความสัมพันธ์กับความเข้มของสีมันฝรั่งทอดมาก กล่าวคือ มันฝรั่งที่เหมาะสมในการใช้ทำมันฝรั่งทอดควรจะมีปริมาณน้ำตาลประมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักทั้งหมด และมันฝรั่งทอดที่สีเข้มจนไม่เป็นที่ยอมรับโดยมากจะมีน้ำตาลร้อยละ 0.92 (Smith, 1975)

การลวกในน้ำร้อน (water blanching) จุดประสงค์เพื่อเป็นการทำลายเอนไซม์ที่มีส่วนทำให้เกิดสีดำในมันฝรั่งที่หั่นหรือปอกเปลือกทิ้งไว้ ทั้งยังช่วยลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในเนื้อมันฝรั่งเดิมให้ลดน้อยลง การลวกทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่มีคุณภาพดีขึ้นคือ

1. ทำให้มันฝรั่งทอดมีสีสม่ำเสมอ
2. ลดปริมาณของน้ำมันที่ถูกดูดซับที่ผ่านขั้นผิวของชั้นมันที่มีลักษณะเป็นแป้งที่ gelแล้ว
3. ลดเวลาที่ใช้ในการทอด
4. ช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของมันฝรั่งทอดดีขึ้น

ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับสีของมันฝรั่งทอดคือ ความแก่อ่อนของมันฝรั่ง มันฝรั่งที่แก่จัดจะให้มันทอดมีสีอ่อนกว่ามันฝรั่งที่แก่ไม่เต็มที่ สีที่เกิดจากมันฝรั่งไม่แก่ เรียกว่า

เนื่องมาจากสารประกอบพวกคาร์โลตินอยล์ (carotenoid) ซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงทำให้ไม่สามารถกำจัดได้โดยการล้างชิ้นมันด้วยน้ำก่อนทำการทอด (Smith, 1975)

2.5.2.3.3 ปริมาณของน้ำมันที่ถูกดูดซับในชิ้นมันฝรั่งทอด

ปริมาณน้ำมันที่ดูดไว้ในชิ้นมันฝรั่งทอดมีความสำคัญต่อผู้ผลิต เพราะน้ำมันจัดเป็นส่วนประกอบที่มีราคาสูง ซึ่งจะเป็นปัจจัยอันหนึ่งที่ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้มันฝรั่งทอดที่มีปริมาณน้ำมันในชิ้นมันสูง จะทำให้กลิ่นและรสเลื่อมเสียได้เร็วขึ้นด้วย แต่ถ้ามันทอดที่มีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ต่ำเกินไปจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขาดกลิ่นรสที่ดี ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้ศึกษาดูว่าปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดนี้ควรจะมีอยู่ปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีกลิ่นและรสดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และไม่ทำให้ราคาสูงจนเกินไป (Mookherjee, 1965)

วิธีการเตรียมมันฝรั่งเพื่อทำมันฝรั่งทอดมีผลเกี่ยวกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอด เช่น การทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้งก่อนทอด จะช่วยให้ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดต่ำลง มันทอดมีความกรอบมากขึ้น (Smith, 1975)

ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่ง แม้จะเป็นเพียงปัจจัยรองก็ตาม น้ำมันที่เหมาะในการทอดควรเป็นน้ำมันที่ใช้เพื่อการหุงต้ม และใช้เพื่อการทอดโดยตรง ควรจะเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพอควร น้ำมันที่ใช้เพื่อการทอดดีที่สุดควรจะเป็นน้ำมันพืชที่ไฮโดรจิเนตแล้ว (hydrogenated vegetable oil)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมันฝรั่ง ถ้าอุณหภูมิขณะทอดมันฝรั่งสูง จะทำให้การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งต่ำเพราะขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำจึงทำให้มีน้ำมันส่วนน้อยที่จะถูกดูดไว้ได้ในเวลาจำกัด อุณหภูมิในการทอดมันอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง ถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูง ช่วงของอุณหภูมิในการทอดจะแคบลงและลดต่ำลง (Smith, 1967)

2. ระยะเวลาในการทอดมันฝรั่งมีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันทอด ตามปกติถ้าชิ้นมันแช่อยู่ในน้ำมันเป็นเวลานานย่อมจะดูดน้ำมันไว้ได้มาก ดังนั้นถ้าใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำ จะต้องใช้เวลาทอดนานจึงทำให้มีน้ำมันอยู่ในชิ้นมันฝรั่งมาก

ซึ่งเป็นจุดที่ควรจะศึกษาดูว่าควรจะทอดมันฝรั่งที่อุณหภูมิใดจึงจะเหมาะคือ สีมันฝรั่งทอดดีและมีปริมาณน้ำมันอยู่พอเหมาะที่จะให้รสกลิ่นเป็นที่ถูกใจผู้บริโภค

3. พื้นที่ผิวหน้าทั้งหมดของอาหาร ถ้าพื้นผิวหน้าทั้งหมดของอาหารมากจะดูดซึมน้ำมันได้มากกว่า

4. จุดมีควันของน้ำมันที่ใช้ทอด จุดมีควันคือ อุณหภูมิต่ำสุดที่ไขมันเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดเป็นแก๊สแตกตัวระเหยออกมาในอัตราเร็วพอที่จะทำให้มองเห็นควันแก๊สได้ การดูดซึมน้ำมันมีความสัมพันธ์โดยทางกลับกันอย่างมีนัยสำคัญกับจุดมีควันของน้ำมัน ถ้าน้ำมันมีจุดมีควันต่ำจะมีการดูดซึมน้ำมันได้มาก ทำให้อาหารดำและมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป

น้ำมันที่ใช้นอกจากจะเป็นสื่อให้ความร้อนยังมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะในขั้นตอนการเก็บ การทดลองเพื่อชี้ว่าอาหารเปลี่ยนไปในทางที่ไม่ดีคือ การตรวจสอบ การเหม็นหืน (rancidity) เนื่องจากการป้องกันไม่ให้เกิดการเหม็นหืนเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการแปรรูปอาหาร การประกอบอาหารและการเก็บอาหารหลายชนิด

2.5.2.3.4 <u>กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด</u>

กลิ่นของมันฝรั่งทอด มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากกับน้ำมันที่ใช้ทอด กลิ่นของมันฝรั่งทอดทั้งหมดนั้นเกิดจากสารประกอบ melanoidins และสารที่ทำให้เกิดกลิ่นซึ่งระเหยได้ กลิ่นของมันฝรั่งทอดเป็นสารประกอบพวก 2, 4 decadienal กับ 2,5 dimethyl pyrazine (Buttery, 1970)

2.5.2.3.5 สักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอด

คุณภาพของสักษณะเนื้อของอาหารเกือบทุกชนิดมักเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติตามธรรมชาติของสารประกอบประเภท high polymer เช่น แป้ง (starch) เพคติน เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส สำหรับมันฝรั่งทอด การทอดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสักษณะเนื้อกล่าวคือ สารประกอบของผนังเซล (cell wall) คือเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และพวกสารเพคติก (pectic substance) ซึ่งส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในรูปของแคลเซียม เพคติเนต (calcium pectinate) นี่เป็น polymeric gels ในขณะที่ทำการทอด โครงสร้างของเซลในชิ้นมันฝรั่งยังอยู่ในสภาพเดิม แต่เซลของเม็ดแป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็น gel และน้ำในเซลจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว บางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน (Smith, 1967) น้ำมันในมันที่ทอดแล้วส่วนใหญ่จะอยู่ในผนังเซลและในช่องว่างระหว่างเซลและตามช่องว่างอื่น ๆ ความกรอบของมันทอดเป็นผลที่ได้จากการแยกของเซล เนื่องจากการขยายตัวของไอน้ำที่อยู่ในชิ้นมันฝรั่ง เมื่อส่วนผิวแห้งสนิท (Brown, 1960)

2.5.3 การแช่แข็ง (freezing)

การแช่แข็งเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยในการถนอมอาหาร ใช้หลักการลดอุณหภูมิของอาหารลงให้ต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ชลอการเน่าเสียและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของอาหาร แต่จะลดอุณหภูมิให้เย็นลงเพียงใดก็ตาม จะไม่ทำให้อาหารนั้นอยู่ในสภาพที่ปลอดเชื้อได้ การแช่แข็งจะนำเอาอาหารมาแช่เย็นจนแข็งที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ปกตินิยมทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียล เพื่อให้น้ำที่มีอยู่ในอาหารกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง อาหารที่แช่แข็งนี้สามารถเก็บรักษาได้นานถึงปีในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ประมาณ -18 องศาเซลเซียส

2.5.3.1 กระบวนการแช่แข็ง

กระบวนการแช่แข็งมี 2 วิธีคือ

1. <u>การแช่แข็งอย่างช้า</u> (slow freezing) คือการทำให้อาหารแข็งตัวที่อุณหภูมิประมาณจุดเยือกแข็งต่ำกว่า -5 องศาเซลเซียสอย่างช้า ๆ โดยใช้เวลานานประมาณ 3-72 ชั่วโมง วิธีนี้ได้แก่การแช่อาหารในช่องแช่แข็งของตู้เย็นที่ใช้ตามบ้าน ซึ่งจะมีอุณหภูมิระหว่าง -1 ถึง -15 องศาเซลเซียส แล้วแต่ประสิทธิภาพของตู้เย็น การแช่แข็งแบบช้านี้พบว่าผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในเนื้ออาหารจะมีขนาดใหญ่ ทำให้ไปดันผนังเซลของเนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ เกิดการบอบช้ำและฉีกขาดขึ้นได้ ซึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนต่อคุณภาพของอาหารหลังจากที่ผลึกน้ำแข็งละลายจนอาหารกลับสู่สภาพเดิม อาหารนั้นจะมีลักษณะเละ ชุ่มน้ำและมีส่วนของเหลวภายในเซลไหลออกมามาก (dripping)

2. <u>การแช่แข็งอย่างเร็ว</u> (quick freezing) คือการนำอาหารมาผ่านอุณหภูมิในช่วงที่สามารถทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งได้มากที่สุด ในระยะเวลาสั้นไม่ควรเกินกว่า 30 นาที วิธีนี้พบว่าผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดเล็กละเอียดไม่ทำให้เซลของอาหารบอบช้ำมากนัก ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

2.5.3.2 <u>เครื่องแช่แข็ง</u>

เครื่องแช่แข็งมีอยู่หลายแบบ บางแบบอาจมีภาระบรรจุก่อนหรือหลังจากการแช่แข็ง ขึ้นอยู่กับวิธีการแช่แข็งซึ่งมีวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

1. <u>การแช่แข็งด้วยการจุ่มโดยตรง</u> (direct immersion) วิธีนี้ได้นำมาใช้เป็นเวลานานพอสมควร นิยมใช้กับอาหารที่มีรูปร่างไม่คงที่หรืออาหารที่เป็นชิ้นยังไม่บรรจุ โดยการจุ่มอาหารลงในน้ำยาหรือสารเคมีให้ความเย็น (refrigerant) โดยตรง สารที่ให้ความเย็นจะต้องไม่มีพิษหรือทำปฏิกริยากับอาหารนั้น อาจมีสีหรือกลิ่นได้แต่ควรเป็นที่ยอมรับ สารละลายเกลือและน้ำตาลยังนิยมใช้อยู่ แต่ถ้าต้องการอุณหภูมิที่ต่ำมากนิยมใช้สารฟรีออน เพราะการถ่ายเทความร้อนจากอาหารจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

2. <u>การแช่แข็งโดยใช้ลมเย็นเป่าลงบนอาหาร</u> (air blast) ทำได้โดยการเป่าอากาศลงบนอาหารที่เตรียมไว้ในถาดหรือให้อาหารเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาแบบต่อเนื่องกันในอัตราเร็วสูงโดยให้อากาศนั้นผ่านขดลวดทำความเย็นซึ่งหล่อไว้ด้วยสาร

ระบายความร้อนโดยมากจะเป็นแอมโมเนียหรือฟรีออน ส่วนใหญ่นิยมบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุก่อนนำมาแช่แข็ง อุณหภูมิของลมเย็นที่ถูกเป่าลงบนอาหารประมาณ -34 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าอัตราเร็วของการแช่แข็งแบบนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องและขนาดของอาหารที่นำมาแช่แข็ง ข้อเสียของการแช่แข็งโดยวิธีนี้คือผิวหน้าของอาหารเกิด freezer burn จึงจำเป็นต้องบรรจุอาหารก่อนแช่แข็งเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว

3. <u>การแช่แข็งแบบลมเป่าให้อาหารลอยตัว</u> (fluidized bed freezing) หลักการคล้ายกับแบบที่สองแต่ความเร็วลมจะสูงกว่า เพราะต้องเป่าให้อาหารลอยตัวอยู่ในอากาศไม่ตกลงมา ทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก เนื่องจากผิวหน้าอาหารจะสัมผัสกับลมเย็นโดยรอบด้าน และช่วยให้อาหารมีลักษณะไม่แข็งติดกันเป็นก้อน วิธีนี้เหมาะจะใช้กับอาหารที่มีขนาดเล็ก และสม่ำเสมอ เช่น เมล็ดถั่ว ๆ เมล็ดข้าวโพด เป็นต้น

4. <u>การแช่แข็งแบบแผ่น</u> (plate freezer) คือการนำอาหารเข้าสู่ตู้เย็นที่หุ้มฉนวนโดยวางลงบนแผ่นโลหะซึ่งเป็นเหล็กปลอดสนิมเรียงเป็นชั้นซ้อนกัน ภายในตู้จะมีเครื่องทำความเย็น และสามารถส่งสารให้ความเย็นผ่านไปตามท่อระหว่างชั้นของแผ่นโลหะที่วางอาหารไว้ แล้วจึงอัดแผ่นโลหะให้ผิวหน้าแบบสนิทกับชั้นอาหารโดยอาศัยแรงกด จนอาหารมีอุณหภูมิเย็นลงถึง -18 องศาเซลเซียส รูปเครื่องแช่แข็งแบบแผ่นแสดงอยู่ในรูปที่ 15 ในงานวิจัยนี้ได้เลือกเครื่องแช่แข็งแบบใช้แผ่นถ่ายเทความร้อน

2.5.3.3 <u>ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่แข็ง</u>

ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายชนิดคือ

1. ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะความหนา
2. การเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี
3. ค่าการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์
4. อุณหภูมิเริ่มต้น และสุดท้ายของผลิตภัณฑ์
5. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวผลิตภัณฑ์
6. อุณหภูมิของตัวกลางให้ความเย็น

2.5.4 <u>ภาชนะบรรจุ</u>

ภาชนะบรรจุนอกจากจะช่วยในเรื่องการบรรจุ การขนส่ง และการจำหน่ายแล้ว หน้าที่ที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ภาชนะบรรจุจะต้องช่วยปกป้องผลิตภัณฑ์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งไม่ต้องการ คุณสมบัตินี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้คุณสมบัติที่ต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดแช่แข็งคือ

1. เป็นภาชนะที่ยืดหยุ่นได้ (flexible) เพื่อสะดวกในการขนส่งและเก็บรักษา เช่น พลาสติก

2. ต้องทนอุณหภูมิต่ำได้ เพราะทำการแช่แข็งและเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียล

3. กันการซึมผ่านของน้ำได้ดี ผลิตภัณฑ์แช่แข็งที่มีการสูญเสียน้ำจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ

4. กันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน เนื่องจากออกซิเจนจะเร่งการเกิด Lipid oxidation ของผลิตภัณฑ์

5. ใช้ความร้อนปิดผนึกได้

6. ราคาถูก

คุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8

2.5.5 <u>การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่แข็ง</u>

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดี ทำได้ดังนี้คือ

2.5.5.1. <u>การป้องกัน</u> ควรจะดำเนินการป้องกันในสิ่งที่จะเป็นต้นเหตุแห่งการนำมาซึ่งการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. ใช้มันฝรั่งที่แก่เต็มที่และสดเป็นวัตถุดิบ

2. รักษาความสะอาดในการทำ ตลอดจนเครื่องมือต่าง ๆ ตามลุ่ยลักษณะ

ตารางที่ 7 แสดงคุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่าง ๆ (Taipack, Co., Ltd)

Type of plastic / Property	Unit	Eval film (EF)	Oriented Polypropylene (OPP)	Polyester (PET)	Polypropylene (CP)	Low density Polyethylene LDPE	High density Polyethylene (HDPE)	Polyvinylidene chloride (PVDC)
Thickness	μ	15	20	12	20	30	20	30
Moisture Permeability	g/m^2. 24 hrs. 30 μ	50	5.0	22.1	12.5	16.3	7.9	10.9
Moisture absorption	%	3.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Oxygen permeability coefficient	* *	0.02	77	2.4	137	270	249	1-5
Oil resistance	hr	∞	44	∞	35	20	40	>200
Melting point	°c	180	175	260	120	105-115	137	150-160

** $cc.cm/cm^2$. sec. cm Hg x 10^{12}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ซับน้ำมันออกให้มากที่สุดก่อนนำไปแช่แข็ง เพราะน้ำมันจะเป็นตัวที่ทำให้เกิด ไลปิค ออกซิเดชั่น (lipid oxidation)

2.5.5.2 การเก็บรักษา การเก็บรักษาควรระวังในสิ่งต่อไปนี้คือ

1. ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน -18 องศาเซลเซียส

2. ควรเก็บที่อุณหภูมิคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ

3. ควรเก็บไว้ในที่ที่มีแสงสว่างน้อยที่สุด เพราะแสงสว่างจะเร่งการเกิดปฏิกริยาไลปิค ออกซิเดชั่น

4. ผลิตภัณฑ์แช่แข็งที่มีการละลายแล้ว แต่ใช้ไม่หมด อย่างน้อยควรเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (chill)

ในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์ชิ้นมันฝรั่งทอดแช่แข็งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้คือ (Atkinson, 1967)

1. Lipid Oxidation น้ำมันที่อยู่ในมันฝรั่งทอดจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นอัลดีไฮด์หรือคีโตน ซึ่งอัลดีไฮด์หรือคีโตนนี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนซึ่งเรียกว่า oxidative rancidity กลิ่นหืนจะเกิดได้มากขึ้นถ้าอุณหภูมิการเก็บสูงหรือไม่คงที่ (fluctuate) เราอาจชลอหรือยับยั้งการเกิด oxidative rancidity โดยเก็บมันฝรั่งทอด (par-fried) ในภาชนะบรรจุซึ่งป้องกันแสงรวมทั้งการซึมผ่านของออกซิเจนและน้ำได้ดี การใช้ระบบบรรจุแบบสูญญากาศหรือระบบก๊าซ เช่น ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะช่วยป้องกันได้ดียิ่งขึ้น

2. Dehydration ชิ้นมันฝรั่งทอดแช่แข็งจะมีการสูญเสียน้ำในระหว่างการแช่แข็งและการเก็บ ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสแห้งลง และลักษณะที่ปรากฏ เช่น สีก็อาจจะเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้ยังมีผลทำให้น้ำหนักของมันฝรั่งทอดลดลงอีกด้วย

3. Recrystallization เกิดเนื่องจากอุณหภูมิการเก็บไม่คงที่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นผลึกน้ำแข็งละลายเป็นน้ำ และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง น้ำที่ละลายนั้นก็กลายเป็นผลึกน้ำแข็งใหม่ การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่อของอาหาร

4. Snow เกิดเนื่องจากการระเหยของน้ำออกมาที่ผิว แล้วได้รับความเย็นกลายเป็นผลึกน้ำแข็งใหม่อยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์

2.5.6 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (organoleptic properties)

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นั้น ส่วนมากใช้วิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale ซึ่งเป็นการตัดสินผลิตภัณฑ์โดยอาศัยจิตใต้สำนึกในแง่ของความพึงพอใจ โดยผู้ทดสอบแสดงออกมาในรูปของความชอบและความไม่ชอบ วิธีนี้เข้าใจง่าย และผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ การแบ่งช่วงคะแนนอาจแบ่งออกเป็น 5-9 ช่วง ผู้ทดสอบจะให้คะแนนผลิตภัณฑ์ตามลักษณะที่กำหนดให้ ซึ่งผลของคะแนนสามารถนำมาประเมินค่าทางสถิติได้

ในการประเมินค่าทางประสาทสัมผัส โดยการให้ผู้ทดสอบหลาย ๆ คน รับและให้คะแนนผลิตภัณฑ์อาหารหลายตัวอย่างในเวลาต่อเนื่องกันนั้น จัดเป็นการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completly randomize design) (CRD) สำหรับในกรณีที่ต้องการดูผลของแฟกเตอร์ที่ 1 และแฟกเตอร์ที่ 2 ร่วมกัน ในแง่ของการตัดสินผลิตภัณฑ์โดยอาศัยจิตใต้สำนึก จัดเป็นการวางแผนการทดลองแบบแฟกตอเรียล ข้อมูลของคะแนนที่ได้นำมาประเมินผลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) (จรัญ, 2523)

2.5.7 การควบคุมคุณภาพ (Krammer, 1970)

การควบคุมคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่ต้องการให้มีคุณภาพดี คงที่ และสม่ำเสมอ

การควบคุมคุณภาพที่ดีจะต้องมีขั้นตอนต่อไปนี้คือ

2.5.7.1 ควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ ก่อนทำการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพดี คงที่ และสม่ำเสมอทุกครั้ง

2.5.7.2 ควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิตได้แก่

- ควบคุมวิธีการผลิต เครื่องมือ เครื่องจักร อุณหภูมิ ให้ถูกต้องเหมือนกันทุกครั้ง

- ควบคุมเกี่ยวกับเชื้อจุลินทรีย์ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียในภายหลัง เช่น การล้างทำความสะอาดเครื่องมือ ฆ่าเชื้อก่อนทำการผลิตทุกครั้ง การบรรจุโดยใช้เครื่องมือที่ทำให้ปราศจากเชื้อลงใส่ในภาชนะที่สะอาด

- ควบคุมทางเคมี โดยตรวจดูผลิตภัณฑ์เมื่อทำการเก็บในระยะหนึ่งว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้างหรือไม่ เช่น การเกิดออกซิเดชั่น

2.5.7.3 ควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จเรียบร้อย (finished products) เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพดี และสามารถเก็บรักษาในสภาพนั้นได้จนจำหน่ายและบริโภคหมด จึงต้องทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บดังนี้

- คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น รส ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะสังเกตได้ด้วยตา การดมกลิ่น และการชิม

- คุณสมบัติทางเคมี เช่น การหาค่า TBA (Thiobarbituric acid value) การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) การหาค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid value) การหาค่าไอโอดีน (iodine number) เป็นต้น คุณสมบัติทางเคมีจะบอกให้ทราบถึงสักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

- การควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ เช่น ตรวจหาปริมาณและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ทางจุลชีววิทยา เพื่อให้แน่ใจว่าปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ หรือไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย หรือทำให้ผลิตภัณฑ์เสียเมื่อเก็บไว้ เป็นต้น

2.5.8 อายุการเก็บผลิตภัณฑ์

ตามคำจำกัดความ IFT (1974) อายุการเก็บผลิตภัณฑ์จะหมายถึงช่วงระยะเวลาระหว่างการผลิตไปจนถึงการนำออกขายปลีก โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพ

เป็นที่น่าพอใจ มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่ออายุของผลิตภัณฑ์ เช่น องค์ประกอบของอาหาร กรรมวิธีผลิต วิธีการบรรจุ สภาวะที่ใช้ระหว่างขนส่งหรือเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ

เนื่องจากมันฝรั่งทอดแข่แข็งเป็นอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น การเกิดกลิ่นหืนจึงเป็นปัญหาสำคัญในการเก็บรักษา เพราะนอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านกลิ่นรส ยังทำให้เกิดการสูญเสียกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายและวิตามินซึ่งละลายในน้ำมันอีกด้วย กลิ่นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งเกิดจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวรวมกับออกซิเจนในอากาศได้สารประเภทเปอร์ออกไซด์ (peroxide) สารตัวนี้เมื่อสลายตัวจะให้สารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ ตัวใหม่ เช่นกรดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สารประกอบคาร์โบนิล (carbonyl compound) จะก่อให้เกิดกลิ่นหืน เนื่องจากปฏิกริยานี้ไม่จำเป็นต้องมีสารอื่นเกี่ยวข้องด้วยเลย บางครั้งเรียกปฏิกริยานี้ว่า autoxidation กรดไขมันที่ถูกทำลายได้เร็วเนื่องจากปฏิกริยานี้คือ กรดลิโนลีอิค และกรดลิโนลีนิค (Swern, 1964)

การติดตามปฏิกริยาการเกิดกลิ่นหืนทำได้หลายวิธีคือ การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) การหากรดไขมันอิสระ (free fatty acid) การหาค่าไอโอดีน (iodine number) และการหาค่า TBA (Thiobarbituric acid number) สำหรับการศึกษาครั้งนี้วิธีหาค่า TBA จะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดด้วยเหตุผลหลายอย่างคือ

1. การวิเคราะห์ไม่ต้องใช้สารละลายสกัดไขมันออกมาก่อนเหมือนวิธีอื่น ทำให้วิเคราะห์ได้รวดเร็ว สามารถติดตามปฏิกริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นในไขมันพวกที่ไม่ถูกสกัดด้วยสารละลายธรรมดา (non extractable fat) เช่น ฟอสฟอไลปิด (phospholipid) และไขมันที่รวมอยู่กับโปรตีน ไขมันพวกนี้ก่อให้เกิดกลิ่นหืนมากกว่าไขมันพวกที่ถูกสกัดออกได้ด้วยสารละลาย extractable fat เช่น triglyceride
2. ค่า TBA จะมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกลิ่นที่เกิดขึ้น
3. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ มี sensitivity สูง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบคาร์โบนิลที่มีอยู่ในอาหารที่เกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน ของไขมัน สรุปว่า สารประกอบที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน คือ มาลอนดีไฮด์ (malonaldehye) สามารถถูกแยกออกมาได้โดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำของอาหารที่มีสภาพเป็นกรด มาลอนดีไฮด์ที่ถูกกลั่นออกมาสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก (2-Thiobabituric acid) ให้สารละลายสีชมพูดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย