

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

#### ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายของมันฝรั่ง

นักสำรวจชาวสเปนพบว่า มันฝรั่งเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ บริเวณประเทศเปรู ซึ่งมีการปลูกมันฝรั่งเพื่อใช้บริโภคเป็นอาหารหลักเป็นเวลายาวนานแล้ว มีการนำเข้ามาปลูกในยุโรประหว่างปี ค.ศ. 1531-1535 ต่อมาในปี ค.ศ. 1586 จึงแพร่พันธุ์เข้าไปในประเทศอังกฤษ และไอร์แลนด์และแพร่หลายในประเทศยุโรปอย่างมากในปี ค.ศ. 1750 (ไสว, 2534) โดยกลายเป็นอาหารหลักในประเทศไอร์แลนด์ จึงมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Irish potato (Hawkes, 1992)

สำหรับประเทศไทย ไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่ามีการนำมันฝรั่งเข้ามาในปี พุทธศักราชใดแต่ชาวเขาและชาวจีนฮ่ออพยพ ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณภูเขาทางภาคเหนือได้รู้จักการปลูกมันฝรั่งมาเป็นเวลานานแล้วและเรียกมันฝรั่งว่า “มันอาลู” โดยมีการสันนิษฐานว่าอาจเป็นพันธุ์ที่ปลูกในประเทศอินเดียซึ่งถูกนำเข้ามาโดยชาวอังกฤษและแพร่ขยายมายังประเทศพม่า แต่ในปัจจุบันมันฝรั่งพันธุ์อาลู ได้สูญพันธุ์ไปแล้ว เนื่องจากมีคุณภาพและผลผลิตต่ำ เกษตรกรจึงหันมาปลูกหัวมันฝรั่งที่นำพันธุ์มาจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ (มาโนช, 2541)

#### แหล่งที่ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ในเขตภาคเหนือ สำหรับในจังหวัดเชียงใหม่ เขตที่ปลูกมาก ตำบลช่อแล อำเภอแม่แตง บ้านเจดีย์หลวง อำเภอสันทราย อำเภอฝางและอำเภอเชียงดาว ซึ่งนิยมปลูกในช่วงฤดูหนาวและยังสามารถนำไปปลูกในช่วงฤดูฝนได้ โดยเฉพาะบนที่สูงซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังมีการปลูกในเขตจังหวัดพะเยา เชียงราย แพร่ น่าน ลำปาง ตาก เพชรบูรณ์ และสกลนคร (ศิริพร, 2540) สำหรับในปี 2543/44 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้คาดคะเนพื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งไว้ประมาณ 61,398 ไร่ ซึ่งคิดเป็นผลผลิตประมาณ 107,435 ตัน (สมฤทธิ์, 2543)

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง

มันฝรั่งมีชื่อสามัญว่า Irish potato, white potato และ potato จัดเป็นพืชในวงศ์ Solanaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Solanum tuberosum* L. มีจำนวนโครโมโซมเป็นเตตราพลอยด์

(tetraploid) คือ  $2n=4x=48$  (Vincent and Mas, 1997) เป็นพืชล้มลุกอยู่ในตระกูลเดียวกับพริก มะเขือ มะเขือเทศและยาสูบ เป็นต้น (นิธิยาและคณีย์, 2533)

มันฝรั่งเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ที่สะสมอาหารไว้ที่ลำต้นใต้ดิน ส่วนของลำต้นเหนือดิน ตั้งตรง แตกกิ่งก้าน มีความสูงอยู่ระหว่าง 50-100 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ ลำต้น โดยทั่วไปเมื่อตัดตามขวางจะกลวงและเป็นรูปสามเหลี่ยม ใบเป็นแบบใบประกอบซึ่งประกอบด้วย ใบยอด และใบย่อย มีลักษณะกลม ส่วนลำต้นที่อยู่ใต้ดิน จะมีลักษณะกลม แต่ไม่กลวง การออกดอกขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพดินฟ้าอากาศในขณะปลูก การออกดอกอาจจะไม่มีการติดเมล็ดก็ได้ ดอกมันฝรั่งมี 2 เพศ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย โดยที่กลีบดอกทั้ง 5 กลีบ จะเชื่อมติดกันที่ฐาน ทำให้มีลักษณะเป็นหลอดสั้นๆ ผิวของกลีบดอก จะเรียบ ส่วนปลายของกลีบดอกจะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม กลีบดอกมีสีขาว สีฟ้าอ่อน หรือสีม่วง แล้วแต่พันธุ์ เกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับเรณู 5 อัน ซึ่งมีก้านชูเกสรตัวผู้เชื่อมติดกับส่วนฐานของ กลีบดอก อับเรณูจะติดกันเป็นกรวย หุ้มยอดเกสรตัวเมียไว้ สีของอับเรณูจะมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อน จนถึงสีส้ม ส่วนของเกสรตัวเมีย 1 อัน ประกอบด้วยรังไข่ ซึ่งมีไข่อ่อนเป็นจำนวนมาก ยอดเกสรตัวเมีย (style) และยอดเกสรตัวเมีย (stigma) เมื่อละอองเกสรตัวผู้ตกบนยอดเกสรตัวเมียเข้าไปผสมกับไข่อ่อน เมื่อผสมแล้ว รังไข่จะเจริญเป็นผล ซึ่งภายในประกอบด้วยเมล็ดเป็นจำนวนมาก เมล็ดมีรูปร่างกลมแบน รูปร่างของผลอาจจะกลมเป็นรูปไข่หรือทรงกระบอก หัวมันฝรั่งที่ใช้บริโภคเป็นส่วนหนึ่งของลำต้นใต้ดิน (tuber) ทำหน้าที่สะสมอาหารและขยายพันธุ์ส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์เรียกว่า stolon ความยาวของstolon จะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความยาวของวัน อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ โดย stolon จะเริ่มเจริญและสร้างหัวหลังจากปลูกได้ 2-3 สัปดาห์ แต่หากปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอาจใช้เวลาเพียง 1-2 สัปดาห์เท่านั้น ส่วนประกอบของหัวมันฝรั่งที่อยู่ชั้นนอกสุด คือ ส่วนเพอริเดิม (periderm) ซึ่งมีลักษณะคล้ายแว็กซ์ จะป้องกันการสูญเสียน้ำ และการเกิดแผล ชั้นถัดเข้าไปเป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหาร ซึ่งมีท่อน้ำและท่ออาหารกระจายอยู่โดยทั่วไป ผิวของมันฝรั่ง อาจจะเป็นสีเขียว สีแดง สีเหลือง หรือสีม่วง แล้วแต่ลักษณะประจำพันธุ์ ผิวของมันฝรั่งจะมีรูเล็กๆ เรียกว่า lenticels ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจและถ่ายเทอากาศ lenticels จะขยายใหญ่ขึ้นหากปลูกในสภาพดินชื้น ทำให้หัวมันฝรั่งที่เก็บเกี่ยวได้ไม่สวยงาม นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุให้เชื้อโรคเข้าสู่ภายในหัวได้ง่าย ถ้าส่วนของหัวมันฝรั่งได้รับแสงแดดจะทำให้ผิวเปลี่ยนเป็นสีเขียว และไม่เหมาะสมต่อการบริโภค (นิธิยาและคณีย์, 2533) สีเขียวดังกล่าวเกิดจากการที่หัวมันฝรั่งได้รับแสง ทำให้มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และการสร้าง glycoalkaloid ที่ทำให้เกิดรสขมขึ้น (Gull, 1960 อ้างโดย Rastovski et al., 1981) การเพิ่มขึ้นของ

ปริมาณ glycoalkaloid ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการได้รับแสง ความเข้ม และความยาวของคลื่นแสง (Rastovski et al., 1981)

### พันธุ์ของมันฝรั่ง

พันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 ประเภทคือ พันธุ์ที่ใช้บริโภคสดและพันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป ซึ่งได้แก่

1. พันธุ์สปุนตา (Spunta) เป็นพันธุ์ของประเทศเนเธอร์แลนด์ มีอายุปานกลาง 100 ถึง 200 วัน เจริญเติบโตเร็ว ทรงต้นตรง โคนต้นมีสีม่วง ดอกสีขาว ลักษณะหัวยาวใหญ่ ตาคั้น ผิวสีเหลืองเรียบ เนื้อในสีเหลือง ให้ผลผลิตสูง พันธุ์นี้เมื่อเก็บไว้นานๆ หัวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแก่เกือบดำ ด้านทานแล้งได้ดีพอสมควร นิยมใช้ในการบริโภคสด (มาโนช, 2541)

2. พันธุ์เคนเนเบค (Kennebec) เป็นพันธุ์จากประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการผลิตหัวพันธุ์จำหน่ายในหลายประเทศ เช่น แคนาดา เนเธอร์แลนด์ ออสเตรเลีย นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2521 โดยบริษัทแปรรูปมันฝรั่ง เป็นพันธุ์อายุปานกลาง ลักษณะใบใหญ่ พุ่มหนา หัวค่อนข้างใหญ่ ทรงกลมรูปไข่ ตาคั้น ผิวสีเหลืองอ่อนเรียบ เนื้อสีขาว ทนแล้งได้ดีพอสมควร นิยมใช้เพื่อแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดกรอบโดยเฉพาะ (มาโนช, 2541)

3. พันธุ์แอตแลนติก (Atlantic) เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการผลิตพันธุ์จำหน่ายในหลายประเทศ เช่น แคนาดา สกอตแลนด์ เป็นต้น อายุเก็บเกี่ยวปานกลางระหว่าง 85-120 วัน มีทรงพุ่มหนา ใบสีเขียวเข้มค่อนข้างใหญ่ รูปร่างหัวกลมค่อนข้างเล็ก เนื้อสีขาว ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพในการแปรรูปดี ปัจจุบันเป็นพันธุ์ที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในประเทศไทย (มาโนช, 2541)

4. พันธุ์ฝาง 60 ได้รับการทดสอบพันธุ์ที่สถานีทดลองพืชสวนฝางและในไร่กสิกรที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์นี้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพปลูกในประเทศไทยได้ดี แต่ไม่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียว (bacterial wilt) และไส้เดือนฝอยรากปม มีปริมาณน้ำตาลในหัวสูง ไม่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป ให้ผลผลิตสูงและคงที่สม่ำเสมอ เฉลี่ยในแปลงทดสอบพันธุ์ 4.91 ตันต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

5. พันธุ์รัสเซทเบอร์แบงก์ (Russet burbank) หัวมีลักษณะยาวรี ผิวสีน้ำตาลเป็นคาข่าย เนื้อสีขาว น้ำหนักแห้งในหัวประมาณ 18.5 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตประมาณ 2.7 ตันต่อไร่ พันธุ์นี้ยมนำเข้าจากสหรัฐอเมริกา แต่ปลูกในประเทศไทยไม่ค่อยได้ผลนัก เพราะเป็นพันธุ์ที่ต้องการอากาศเย็นเป็นเวลานานๆ ซึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยยังไม่มีลักษณะภูมิอากาศดังกล่าว (ศิริพร, 2542)

6. พันธุ์พื้นเมือง ทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยชาวไทยภูเขาและจีนฮ่อปลูกบนที่สูง ใช้บริโภคสด พันธุ์พื้นเมืองเรียกว่า มันอาลู มีลักษณะใบและต้นใหญ่กว่าต่างประเทศ หัวมีขนาดเล็กไม่สม่ำเสมอ เนื้อสีค่อนข้างขาว เปลือกหนาเมื่อนำมาทอดจะมีรสขื่น ผลผลิตต่ำเป็นมันฝรั่งที่ทนทานต่อสภาพธรรมชาติและโรคแมลงได้สูง (ศิริพร, 2542)

7. พันธุ์บินท์เจ (Bintje) เป็นพันธุ์มันฝรั่งของเนเธอร์แลนด์ พันธุ์ค่อนข้างเบา โตเร็วมากแข็งแรง หัวค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปไข่ยาวรี ขนาดของหัวสม่ำเสมอ เปลือกหนา แต่เรียบ และมีสีน้ำตาลจาง คาคั้น เนื้อมันจะมีสีเหลืองอ่อน เหมาะในการแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ พันธุ์นี้เมื่อนำมาส่งเสริมให้ปลูกในระยะหลังมักจะมีผลผลิตต่ำลง ความนิยมลดลง (ศิริพร, 2542)

### คุณภาพของหัวมันฝรั่ง

โดยทั่วไปคุณภาพของมันฝรั่งถูกกำหนดโดยลักษณะทางกายภาพของหัวมันฝรั่ง และคุณภาพในการประกอบอาหาร ลักษณะต่างๆ ของหัวที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความลึกของตา สีผิว สีเนื้อ การเกิดสีเขียวที่ผิว การเกิดไส้กลางและรอยแตกภายนอก ส่วนคุณภาพในการประกอบอาหาร ได้แก่ รสชาติ และคุณลักษณะของเนื้อ (Smith, 1977)

### คุณภาพมันฝรั่งที่โรงงานต้องการ

คุณภาพของหัวมันฝรั่งที่โรงงานต้องการ มีปริมาณแป้งสูงและปริมาณน้ำตาลในหัวต่ำ หัวมีขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปและหัวมันฝรั่งมีสภาพสมบูรณ์ไม่มีแผล ไม้เน่าเสีย และไม่มีหัวเขียว (วิวัฒน์, 2538) คุณภาพที่โรงงานแปรรูปสากลต้องการในการแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นต้องมีน้ำหนักแห้ง 22-24 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.085 สำหรับโรงงานแปรรูปในประเทศไทย กำหนดคุณภาพของหัวมันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งไม่ต่ำกว่า 17.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 1.070 ขึ้นไป เนื่องจากน้ำหนักแห้งและความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง มีความสัมพันธ์กับปริมาณแป้งในหัว น้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะมีค่าสูงแสดงว่ามีปริมาณแป้งมาก ถ้าหัวมันฝรั่งยังมีน้ำหนักแห้งหรือค่าความถ่วงจำเพาะสูงก็จะเพิ่มมูลค่าของหัวมันฝรั่งให้มีราคาสูงขึ้น ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งมีความสำคัญต่อการกำหนดคุณภาพในการแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดแบบแผ่นโดยเฉพาะน้ำตาลรีดิวิซ์ (กลูโคสและฟรุกโตส) ควรมีในหัวมันฝรั่งไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อนำไปทอดน้ำตาลจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนหรือกรดอะมิโน ทำให้เกิดสีน้ำตาลไหม้ขึ้น โดยทั่วไปโรงงานยังไม่มีกำหนดปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งเป็นตัวชี้คุณภาพในการรับซื้อ

เนื่องจากการวัดปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งค่อนข้างยุ่งยากและใช้ระยะเวลา ไม่เหมือนกับการวัดหาปริมาณน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะ นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งยังมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการเก็บรักษา (ประเสริฐ, 2541)

#### ความสำคัญของคุณภาพ

1. หัวมีปริมาณแป้งสูง เมื่อแปรรูปเสร็จแล้วจะได้น้ำหนักดี รวมทั้งขณะที่กำลังทอดจะอมน้ำมันน้อย ทำให้ประหยัดน้ำมันที่ใช้ทอด
2. ปริมาณน้ำตาลต่ำ เมื่อนำไปทอดจะมีสีเหลืองอ่อนสวย ถ้าปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อทอดแล้วจะเกิดสีน้ำตาลไหม้มีรสขม ไม่ประทับใจผู้บริโภค
3. หัวขนาดใหญ่ สูญเสียน้ำหนักน้อยเวลาปอกเปลือก เมื่อเทียบกับหัวขนาดเล็ก
4. หัวมันฝรั่งที่สมบูรณ์ ไม่มีแผล จะเก็บรักษาไว้ได้นาน ไม่เน่าเสียก่อนการแปรรูป
5. หัวมันฝรั่งมีสีเขียว เมื่อนำไปแปรรูปจะมีรสขม และอาจเกิดสารที่เป็นพิษต่อผู้บริโภค (ประเสริฐ, 2541)

#### ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของมันฝรั่ง

1. พันธุ์มันฝรั่ง แต่ละพันธุ์มีปริมาณแป้งและปริมาณน้ำตาลในหัวแตกต่างกัน ทำให้คุณภาพในการแปรรูปแตกต่างกันด้วย
2. ช่วงวันปลูก มันฝรั่งที่ปลูกก่อนในต้นฤดูจะมีคุณภาพดีกว่ามันฝรั่งที่ปลูกล่าช้าในฤดูปลูกคือ จะมีน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะสูงกว่า
3. ฤดูปลูก มันฝรั่งที่ปลูกในฤดูหนาวจะมีน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะสูงกว่ามันฝรั่งที่ปลูกในฤดูฝน
4. อุณหภูมิในช่วงฤดูปลูก ถ้ามีอุณหภูมิสูงจะทำให้มีน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งลดลง
5. การใส่ปุ๋ย ถ้าใส่ปุ๋ยมากโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้มันฝรั่งมีน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะต่ำ ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น คุณภาพการแปรรูปจะลดลง
6. การให้น้ำ ถ้าให้น้ำมากเกินไปโดยเฉพาะช่วงที่หัวมันฝรั่งเริ่มแก่ ทำให้หัวมันฝรั่งมีน้ำมาก ปริมาณน้ำหนักแห้งในหัวจะลดลง การเว้นระยะการให้น้ำนานเกินไปจนมันฝรั่งขาดน้ำเป็นช่วงๆ จะทำให้มันฝรั่งมีการเจริญเติบโตไม่ดี ผลผลิตและคุณภาพจะลดลง
7. โรคและแมลง ดินมันฝรั่งที่ถูกโรคหรือแมลงเข้าทำลาย ทำให้การสร้างอาหารลดลง การสะสมอาหารที่หัวน้อยลง เป็นผลให้ผลผลิตและน้ำหนักแห้งของหัวลดลง

8. อายุเก็บเกี่ยว เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่ง การเก็บเกี่ยวมันฝรั่งที่อายุยังอ่อน จะมีปริมาณน้ำหนักแห้งในหัวต่ำและมีปริมาณน้ำตาลสูง ทำให้คุณภาพการแปรรูปไม่ดี (ประเสริฐ, 2541)

### การตรวจสอบคุณภาพของหัวมันฝรั่ง

คุณภาพของหัวมันฝรั่งขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะและตำหนิต่างๆ บนหัวมันฝรั่ง ซึ่งคุณภาพดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา ผู้ตรวจสอบสามารถคัดหัวที่ไม่ต้องการออกไปได้โดยง่าย แต่คุณภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งของหัวมันฝรั่ง โดยเฉพาะมันฝรั่งที่จะนำไปแปรรูป คือ ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (total solids) ที่อยู่ในเนื้อเยื่อซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณแป้งด้วย วิธีการตรวจสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดนั้น วิธีที่ยอมรับกันมากที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ การหาความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง วิธีการหาความถ่วงจำเพาะเป็นวิธีที่ง่าย และรวดเร็ว นอกจากนั้นค่าของความถ่วงจำเพาะยังมีความสัมพันธ์สูงมากกับปริมาณของแข็งทั้งหมด (นิธิยาและคณัย, 2533)

### การตรวจสอบหาความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง

1. เครื่องมือ Hydrometer เครื่องมือ Hydrometer ที่ใช้วัดความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งนี้ ผลิตโดย National Potato Chip Institute ในสหรัฐอเมริกา มีลักษณะเป็นหลอดแก้ว มีกระเปาะที่สามารถลอยได้ในน้ำ วิธีการทำต้องใช้น้ำมันฝรั่งจำนวน 3.57 กิโลกรัมพอดี โดยใส่น้ำมันฝรั่งลงในตะกร้าที่ทำจากลวดชนิดพิเศษซึ่งจะจำหน่ายมาพร้อมกับเครื่อง Hydrometer จากนั้นนำตะกร้าใส่ลงในน้ำ โดยมี Hydrometer คิอยู่ทางส่วนบนของตะกร้า ตะกร้าจะลอยน้ำได้ เพราะ Hydrometer ช่วยพยุงอยู่ ค่าความถ่วงจำเพาะหรือของแข็งทั้งหมดของมันฝรั่งในตะกร้า จะอ่านได้จากค่าที่ปรากฏที่หลอดแก้วของ Hydrometer ตรงระดับน้ำพอดี วิธีนี้ง่ายสะดวกและให้ผลค่อนข้างถูกต้อง แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้ด้วยความระมัดระวังเพราะอาจจะเกิดความเสียหายกับ Hydrometer ได้

2. การใช้น้ำเกลือหรือกลีเซอริน (glycerine) วิธีนี้หาความถ่วงจำเพาะโดยใช้หลักการที่มันฝรั่งจะลอย หรือจมในสารละลายเกลือ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสารละลาย ตามปกติสารละลายจะต้องมีความถ่วงจำเพาะหลายระดับเรียงกัน เช่น 1.065, 1.070, 1.075 และ 1.085 เป็นต้น มันฝรั่งจะถูกย้ายจากสารละลายหนึ่งไปยังอีกสารละลายหนึ่ง ค่าความถ่วงจำเพาะที่ถูกต้อง คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่มันฝรั่งเกือบจะลอย วิธีนี้ทำได้ช้าและในขณะปฏิบัติงานปริมาณเนื้อของตัวถูกละลาย เช่น เกลือ จะน้อยลงเพราะติดไปกับหัวมันฝรั่ง ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนไป

3. การชั่งน้ำหนักหัวมันฝรั่งในอากาศและในน้ำ วิธีการนี้ใช้หลักของอะคิมีดีส (Archimedes Principle) ในการหาความถ่วงจำเพาะ โดยครั้งแรกชั่งน้ำหนักในอากาศ หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักในน้ำและหาความถ่วงจำเพาะจากสมการ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของหัวมันฝรั่งในอากาศ}}{\text{น้ำหนักของหัวมันฝรั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักหัวมันฝรั่งในน้ำ}}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการวัดความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง ได้แก่

1. ขนาดของตัวอย่าง ขนาดของตัวอย่างที่จะหาความถ่วงจำเพาะนั้นขึ้นอยู่กับความแน่นอนที่ต้องการ การใช้วิธีของอะคิมีดีสนั้น ถ้าใช้ปริมาณหัวมันฝรั่งมากจะให้ผลถูกต้องยิ่งขึ้น โดยทั่วไปจะใช้หัวมันฝรั่งประมาณ 4-5 กิโลกรัมต่อตัวอย่าง ส่วนการใช้ Hydrometer นั้นจะต้องใช้หัวมันฝรั่ง 3.57 กิโลกรัม

2. ขนาดของหัวมันฝรั่ง ขนาดของหัวจะมีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะดังนั้นขนาดของหัวควรจะเป็นขนาดของหัวส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในแต่ละกลุ่มของผลผลิต

3. อุณหภูมิของน้ำและหัวมันฝรั่ง ความผิดพลาดเล็กน้อยจะปรากฏขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูง หรือต่ำกว่าหัวมันฝรั่ง ตามปกติถ้าอุณหภูมิมิมีความแตกต่างกัน 5 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะผิดไป 0.0021

4. การเก็บรักษา การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งกลุ่มเดิมค่าอาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้ เมื่อเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง โดยทั่วไปหลังจากเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งแล้ว ค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงในระยะแรก เนื่องจากการหายใจ แต่ระยะต่อมาอาจจะสูงขึ้น เพราะมีการสูญเสีย น้ำ ดังนั้นจึงอาจจะเป็นไปได้ว่า ในระยะที่เก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งจะมีคุณภาพเหมาะสมต่อการแปรรูปมากที่สุด แต่หลังจากเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง อาจจะไม่เหมาะสมก็ได้ (นิธิยาและคณัย, 2533)

#### การเก็บเกี่ยว (Harvesting)

อายุการเก็บเกี่ยวมันฝรั่งจะขึ้นอยู่กับพันธุ์เฉลี่ยแล้วประมาณ 100 ถึง 120 วัน ดินที่แก่ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ถ้าดินจะลึมนอนราบไปกับพื้นดิน ควรขุดมันฝรั่งเมื่อแก่จัดเต็มที่เมื่อลำต้นและใบเริ่มแห้งตายเท่านั้น (ธงไชย, 2529)

### การทำลายส่วนเหนือดิน (Vine killing)

เมื่อต้นมันฝรั่งแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ควรทำลายส่วนของต้นที่อยู่เหนือดิน ประมาณ 10-20 วัน ก่อนการขุดเก็บเกี่ยว เพราะจะทำให้เกิดผลดีหลายประการ คือ หยุดการเจริญเติบโตของส่วนพุ่มและใบ ทำให้อาหารส่วนที่เหลือไปสะสมที่ส่วนของหัวแทน ช่วยป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อโรคทางใบ เช่น โรคใบไหม้ ไม่ให้แพร่เข้าสู่ส่วนของหัว ทำให้ผิวของหัวหนาไม่ถลอกง่าย ลดความสูญเสียขณะเก็บเกี่ยวและลดความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในกรณีใช้เครื่องยนต์เก็บเกี่ยว (ศิริพร, 2540)

### การทำลายส่วนเหนือดินก่อนการเก็บเกี่ยว (Beukema and Vander Zaag, 1979)

ซึ่งทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้สารเคมีในรูปผงหรือสารละลาย ตัวอย่างเช่น sodium meta-arsenite (มักใช้กับดินเหนียวอัตราประมาณ 16-20 ลิตรต่อเฮกตาร์) DNBP (25-30 ลิตรต่อเฮกตาร์) diquat และ paraquat (5 ลิตรต่อเฮกตาร์)
2. ใช้วิธีกล โดยการตัดด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักร

**การเก็บเกี่ยวเพื่อให้มันฝรั่งมีคุณภาพดี** สามารถเก็บรักษาได้นานนั้นควรมีข้อระมัดระวังดังนี้

1. ไม่ควรรีบขุดหัวมันฝรั่งที่อายุอ่อนเกินไป เพราะผิวจะบางทำให้ถลอกได้ง่าย เก็บรักษาไม่ได้ยาวนาน หัวมันที่อายุอ่อนจะมีปริมาณแป้งต่ำ และน้ำตาลสูง ทำให้ไม่ได้คุณภาพตามที่โรงงานต้องการ
2. ไม่ควรเก็บหัวมันในขณะที่ฝนตกทำให้หัวมันเปียกชื้น เวลานำไปเก็บรักษาจะทำให้เน่าเสียหาย
3. ไม่ควรทิ้งหัวมันหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วตากแดดไว้ในแปลงนานเกินไปเพราะความร้อนจะทำให้มันฝรั่งมีสีคล้ำ
4. ระมัดระวังการขนย้าย มิให้กระทบกระแทกเสียดสีกันมากเกินไป
5. ควรผึ่งหัวมันฝรั่งในที่ร่ม ระบายอากาศได้ดีก่อนเข้าโรงเก็บ
6. คัดแยกหัวมันฝรั่งที่เป็นแผลหรือโรคเน่า หัวรูปร่างผิดปกติและหัวสีเขียวทิ้งไปแล้วคัดเกรดตามที่ตลาดต้องการ (นิธิยาและคณัย, 2533)



### การแบ่งขนาดหัวมันฝรั่ง

มันฝรั่งที่เก็บเกี่ยวได้จะแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางตามขวางประมาณ 50 มิลลิเมตร หรือหนัก 250 กรัมขึ้นไป ขนาดกลางประมาณ 35 มิลลิเมตร หนักประมาณ 150 ถึง 250 กรัมขึ้นไปและขนาดเล็กขนาดจะต่ำกว่า 35 มิลลิเมตร หรือหนักน้อยกว่า 150 กรัม (บัณฑิตชูชัยและนาคยา, 2546)

### การเก็บเกี่ยวแบ่งได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้แรงงานคนเก็บเกี่ยว คือ ใช้อุปกรณ์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวค่อนข้างช้า และอาจเกิดความเสียหายให้แก่หัวมันฝรั่งมาก กล่าวคือ ในการใช้จอบขุดลงไปนั้น ผู้ขุดไม่อาจทราบได้เลยว่าหัวมันฝรั่งนั้นจะอยู่ตื้นลึกเพียงใด ซึ่งบางครั้งจอบก็ไปตัดเอาหัวมันฝรั่ง ทำให้เกิดความเสียหายขึ้น

2. ใช้เครื่องจักรกลเก็บเกี่ยว เป็นวิธีที่นิยมใช้ ซึ่งมีทั้งแบบแถวเดี่ยวและสองแถว โดยจะทำการขุดหัวแล้วหัวจะถูกลำเลียงผ่านตระแกรงสายพาน เพื่อเขย่าให้ดินที่ติดมากับหัวหลุดออกไป แล้วเคลื่อนย้ายลงสู่รถยนต์บรรทุก ที่คู่ขนานไปกับเครื่องยนต์เก็บเกี่ยว แต่การใช้เครื่องยนต์ในการเก็บเกี่ยวต้องมีการควบคุมการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับหัวมันฝรั่งในขณะที่เก็บเกี่ยวให้น้อยที่สุด อุณหภูมิดินในขณะที่เก็บเกี่ยวที่ไม่สูงเกินไปจะทำให้การถลอกของผิวที่หัวลดลง ในวันที่อากาศร้อนและแห้ง หัวที่ขุดขึ้นมาแล้วต้องรีบเก็บเข้าที่ร่มทันที เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากแสงแดด (บัณฑิตชูชัยและนาคยา, 2546)

### การผึ่งให้แห้ง (Curing)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งแล้ว กระบวนการทางสรีรวิทยายังคงดำเนินต่อไปตามปกติ เช่น การหายใจและการคายน้ำ จึงต้องมีขั้นตอนการผึ่งให้แห้ง เพื่อลดกระบวนการเหล่านี้ให้น้อยลง วิธีการที่ใช้ในประเทศไทย คือ ผึ่งในที่ร่ม มีอากาศถ่ายเทดี แต่ในต่างประเทศจะผึ่งไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิค่าประมาณ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 2-4 สัปดาห์และต้องมีการระบายอากาศเพื่อป้องกันการสะสมความร้อน ในระหว่างการผึ่งนี้หัวมันฝรั่งจะสร้างเพอริเดิม เพื่อซ่อมแซมแผล การผึ่งให้แห้งอาจทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ เก็บมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำลงประมาณ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-14 วัน ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สภาพที่เหมาะสมต่อการสร้างเพอริเดิมดีที่สุดที่นั่น คืออุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมินี้จะเหมาะสมต่อการเจริญและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย (นิธิยาและคนัย, 2533)

### การเก็บรักษา (storage)

จุดมุ่งหมายในการเก็บรักษามันฝรั่ง ก็คือ ทำให้มีการสูญเสียต่ำที่สุด การสูญเสียหลังจากการเก็บเกี่ยวนั้นหมายถึง การสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งสาเหตุการสูญเสีย ได้แก่

1. การปฏิบัติที่มีผลกระทบต่อหัวมันฝรั่งโดยตรง สาเหตุมาจาก เครื่องมือที่เก็บเกี่ยวและการปฏิบัติในระหว่างและหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การขนมันฝรั่งจากแปลงถึงโรงเก็บ
2. การกระทบกระเทือนทางอ้อม เป็นการสูญเสียคุณภาพของหัวมันฝรั่งโดยเกิดจากการสูญเสียน้ำในหัวมันฝรั่ง เช่น การทิ้งหัวมันฝรั่งไว้กลางแจ้งที่มีแสงแดดจัด ซึ่งทำให้ผิวของหัวมันฝรั่ง เป็นสีเขียวและเซลล์ที่หัวตาย เน่าได้ง่าย การเก็บมันฝรั่งที่อายุอ่อนเกินไป ทำให้อัตราการหายใจของหัวมันฝรั่งสูง เกิดความร้อนในระหว่างการเก็บรักษา ผิวถลอก ดินเชื้อโรคได้ง่าย
3. การสูญเสียจากโรคและแมลงศัตรู เช่น การเกิดโรคจากเชื้อรา แบคทีเรียและไวรัส การทำลายของแมลงต่างๆ เช่น หนอนผีเสื้อ เลียนดิน หนอนกระทู้ (ประเสริฐ, 2541)

### การเก็บรักษามันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

ในการเก็บรักษามันฝรั่งไม่ว่าจะเป็นระยะสั้นหรือยาวก็ตาม ต้องคำนึงถึงปัจจัยในการเก็บรักษา ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียจากการระเหยของน้ำ หัวมันฝรั่งประกอบด้วยน้ำถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (สมบุญ, 2544) ดังนั้นความสูญเสียที่พบมากที่สุดในการเก็บรักษา คือ การสูญเสียน้ำ ซึ่งนอกจากจะส่งผลทำให้น้ำหนักแห้งของหัวลดลงแล้ว ยังทำให้คุณภาพของหัวมันฝรั่งลดลงด้วย ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษา จึงต้องควบคุมให้การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งแก้ไขให้เกิดขึ้นน้อยลงได้ โดยเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งที่ครบอายุเพื่อให้ผิวหนังหนาไม่ถลอกง่าย ป้องกันการเกิดรอยแผล ให้หัวมีโอกาสสมานรอยแผลก่อนที่จะลดอุณหภูมิลงต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หลีกเลี่ยงการแตกหน่อ มีการถ่ายเทอากาศดีและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต้องสูง (ศิริพร, 2540) นอกจากนี้กระบวนการหายใจนั้นเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของหัวมันฝรั่ง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เป็นกระบวนการที่หัวมันฝรั่งใช้พลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ จึงทำให้เกิดการคั่งอาหารสะสมในรูปของแป้ง ซึ่งสะสมในพลาสติก (plastid) ที่เรียกว่า อะไมโลพลาสต์ (amyloplast) มาใช้อยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การคายน้ำของหัวมันฝรั่งยังเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้หัวมันฝรั่งสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อการสูญเสียน้ำในหัวมันฝรั่ง ซึ่งอุณหภูมิจะช่วยชะลอปฏิกิริยาเคมีต่าง และยังสามารถลดการคายน้ำของหัวมันฝรั่งได้ (จริงแท้, 2544) เนื่องจากความดันไอน้ำของน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น

หมายความว่าที่อุณหภูมิสูง อากาศสามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (คณัย, 2540) โดย Rastovski et al. (1981) รายงานว่า ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยให้หัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสีย เนื่องจากการระเหยของน้ำน้อยลง แต่ไม่เหมาะกับการรักษามันฝรั่งจำนวนมาก และ Khanbari and Thompson (1996) พบว่า การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.3-2.7 เปอร์เซ็นต์ และ 3.4-6.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Razzaque and Roy (1997) ทำการทดลองกับหัวมันฝรั่ง พบว่า มันฝรั่งเกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 65 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 12.5 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นถึง 47.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 160 วัน

2. การสูญเสียจากการหายใจ หัวมันฝรั่งเป็นสิ่งมีชีวิต ดังนั้นต้องมีการหายใจโดยใช้ออกซิเจนที่อยู่รอบๆ และพร้อมกันนี้ คาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) จะถูกนำมาเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน รวมทั้งความร้อน ถ้าหัวมันฝรั่งมีอัตราการหายใจสูง การสูญเสียคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลในหัวมันฝรั่งจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมกระบวนการหายใจของมันฝรั่งให้น้อยที่สุด โดยเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส (Rastovski et al., 1981) อุณหภูมิของหัว ถ้าต้องการลดอัตราการหายใจของหัว อุณหภูมิในโรงเก็บควรจะต่ำ 4-8 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการขาดออกซิเจนของหัวโดยจัดให้มีการหมุนเวียนของอากาศ เพื่อถ่ายเทก๊าซ CO<sub>2</sub> ออก แล้วให้ O<sub>2</sub> เข้าแทนที่ เพื่อไม่ให้หัวเกิดโรค (ศิริพร, 2540) แต่ถ้าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกินไปประมาณ 2 องศาเซลเซียส จะทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลและเป็นผลเสียต่ออุตสาหกรรมการผลิตมันฝรั่งทอด (potato chip) เป็นอย่างมาก โดยทำให้ potato chip ที่ได้มีสีน้ำตาลหรือดำ (จริงแท้, 2544)

3. การสูญเสียจากการแตกหน่อ การเจริญของหน่อทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสียน้ำ และมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น โดยคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของแป้ง จะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการหายใจและสร้างส่วนต่างๆ ของหัวมันฝรั่ง (จริงแท้, 2544) ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาจึงควรป้องกันการแตกหน่อ หรือการงอกของหัวมันฝรั่งให้ได้ โดยเก็บรักษามันฝรั่งที่พ้นระยะพักตัวไว้ที่อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส แต่ถ้าหากต้องการเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ เช่น ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาองค์ประกอบทางเคมีของหัวมันฝรั่งควรใช้สารยับยั้งการแตกหน่อ (sprout inhibitor) ร่วมด้วย ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำระดับโดยเฉพาอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 16-20 องศาเซลเซียส จะกระตุ้นการเจริญของตามากที่สุด ทำให้ตาออกได้เร็ว และพบว่าอัตราการเจริญของตาอ่อนที่งอกจากหัวใหญ่ จะเร็วกว่าการเจริญเติบโตของตาอ่อนที่งอกจากหัวขนาดเล็ก ถ้ามีความชื้นสูงจะทำให้ระยะเวลาการพักตัวของหัวมันฝรั่งสั้นลง (ธงไชย, 2529) ส่วนความชื้นก็

สามารถส่งเสริมการเจริญของหน่อได้ การเจริญของหน่อจะถูกยับยั้งได้โดยเก็บรักษาหัวที่อุณหภูมิ  
ต่ำ เก็บรักษาหัวในสถานะที่แห้ง ใช้สารยับยั้งการแตกหน่อ และให้หัวถูกแสง (ศิริพร, 2540)

4. การสูญเสียจากเชื้อราและแบคทีเรีย การป้องกันความเสียหายจากสาเหตุนี้ ใน  
ระหว่างการเก็บเกี่ยว ต้องระมัดระวังไม่ให้หัวมันฝรั่งเกิดการถลอกหรือทำให้เกิดแผลน้อยที่สุด  
แต่ถ้ามีบาดแผลเกิดขึ้น เราควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำก่อน เพื่อให้หัวมันฝรั่งผ่านกระบวนการสมาน  
รอยแผล (curing) นอกจากนี้ ควรเก็บหัวมันฝรั่งในสภาพที่ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม ซึ่งมีส่วน  
ช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรียได้อย่างมาก (Mondy et al., 1963) ซึ่ง สายชล  
(2528) รายงานว่า พืชหัวหลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วต้องมีการสมานแผล โดยนำไปเก็บไว้ใน  
สภาพที่มีความชื้น และอุณหภูมิเหมาะสมเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อ  
โรค และเกิดการเน่าเสีย เช่นเดียวกับที่ Salunkhe and Desai (1984) รายงานว่า การสมานแผลที่  
อุณหภูมิประมาณ 8-20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดการ  
สูญเสียจากเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษาได้ แต่ต้องระวัง  
ไม่ให้เกิดหยคน้ำบริเวณบนหัวมันฝรั่งในระหว่างการสมานแผล

5. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา แป้งในหัวมัน  
ฝรั่งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือในทางกลับกัน น้ำตาลในหัวมันฝรั่งอาจเปลี่ยนเป็นแป้งได้  
กระบวนการดังกล่าวอาศัยเอนไซม์เป็นตัวควบคุมและเอนไซม์เหล่านี้ จะทำกิจกรรมได้ดีเพียงใด  
นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นสำคัญ (Schwartz et al., 1961) น้ำตาลที่พบในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่  
ได้แก่ซูโครส กลูโคสและฟรุกโทส ซึ่งจริงแท้ (2544) รายงานว่า น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถ  
เปลี่ยนรูปกันได้ด้วยเอนไซม์หลายชนิด เช่น invertase ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนซูโครสไปเป็น  
กลูโคสและฟรุกโทส หรือจากการทดลองของ Illeperuma et al. (1998) พบว่า การทำงานของ  
เอนไซม์ sucrose phosphate synthase (SPS), sucrose synthase (SS) และ invertase จะเพิ่มสูงขึ้น  
มากกว่าปกติ เมื่อทำการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน แต่เมื่อทำ  
การย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (2.53 kPa) จะทำให้การ  
ทำงานของเอนไซม์ invertase และ SPS ลดลง แต่ทำให้เอนไซม์ SS มีการทำงานเพิ่มขึ้น ซึ่งการ  
เปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในหัวมันฝรั่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทั้งนี้มันฝรั่ง  
สะสมอาหารอยู่ในรูปของแป้ง เมื่อนำไปปลูกและงอกแป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการ  
หายใจและสร้างส่วนต่างๆ ของหัวมันฝรั่ง ในระหว่างการเก็บรักษาแป้งอาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล  
ได้ทั้งๆ ที่ยังไม่มีการงอกเกิดขึ้นถ้าหากเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2 องศาเซลเซียส แต่จะ  
เปลี่ยนกลับเป็นแป้งได้เมื่อย้ายกลับมาที่อุณหภูมิสูงขึ้นปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลเสียต่อ  
อุตสาหกรรมการผลิต potato chip เพราะมันฝรั่งที่มีน้ำตาลอยู่มากเมื่อนำไปทอด น้ำตาลจะ

เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำทำให้ได้ potato chip ที่มีคุณภาพต่ำสันนิษฐานกันว่าปรากฏการณ์ที่แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในมันฝรั่งดังกล่าว จะทำให้มันฝรั่งสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ระหว่างฤดูหนาวในเขตอบอุ่นได้มากขึ้น เพราะเมื่อปริมาณน้ำตาลภายในเซลล์สูงขึ้นจุดเยือกแข็งจะลดลง (จริงแท้, 2544) หรือ Moore et al. (1968) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำทำให้มีการสะสมน้ำตาลในหัวมันฝรั่งมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะมีรสหวานขึ้นแต่จะมีสีคล้ำ เมื่อนำไปแปรรูปในกรณีที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย ดังนั้นหัวมันฝรั่งที่จะเก็บรักษาไว้เพื่อการแปรรูปเป็นมันแท่งหรือมันแผ่น จึงมักเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียสก่อน หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส นาน 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งลดต่ำลง เนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ แต่การกระทำเช่นนี้ มักไม่ได้ผลในกรณีที่หัวมันฝรั่งมีน้ำตาลอยู่สูงมากๆ (ศิริพร, 2540) ซึ่ง Salunkhe and Desai (1984) กล่าวว่า อุณหภูมิประมาณ 10-12.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

### สิ่งที่ควรคำนึงในการเก็บรักษามันฝรั่ง

1. อุณหภูมิ อุณหภูมิภายในกองมันฝรั่งไม่ควรจะสูงเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการเน่าในโรงเก็บได้ เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีการหายใจ เมื่ออุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นควรมีการลดอุณหภูมิในโรงเก็บมันฝรั่ง
2. ความชื้นในอากาศ ถ้าความชื้นในอากาศสูง และอุณหภูมิสูงด้วยจะทำให้หัวมันฝรั่งที่เป็นแผลหายช้ากว่าปกติและเป็นเหตุให้เชื้อราหรือแบคทีเรียเข้าทำลายหัวมันฝรั่งได้ง่าย นำเสียได้เร็ว
3. แสง เมื่อหัวมันฝรั่งถูกแสง จะทำให้หัวมันฝรั่งสร้างคลอโรฟิลล์และผิวจะเป็นสีเขียว ทำให้คุณภาพของหัวมันฝรั่งต่ำลงและเป็นพิษต่อผู้บริโภคด้วย

### การปรับปรุงสภาพในโรงเก็บมันฝรั่ง

ใช้อากาศเย็นจากภายนอกเข้ามาทำให้อุณหภูมิภายในโรงเก็บต่ำลง รักษาอุณหภูมิภายนอกและภายในกองมันฝรั่งให้เท่ากัน โดยเก็บเป็นชั้นบางๆ หลีกเลียงไม่ให้หัวมันฝรั่งถูกแสงแดดโดยตรง โรงเก็บควรมีการถ่ายเทอากาศดี (ประเสริฐ, 2541)

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำหัวมันฝรั่งไปใช้ประโยชน์ ในกรณีที่น่ามันฝรั่งไปใช้ทำมันฝรั่งทอดกรอบ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ จะทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งเมื่อนำมา

ทอด จะทำให้ได้มันฝรั่งทอดกรอบที่มีสีคล้ำ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลกับ กรดอะมิโนที่มีอยู่ในเนื้อมันฝรั่ง ส่วนมันฝรั่งที่จำหน่ายสด หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ควร เก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 7 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งที่จะนำไปทำพันธุ์ ควรเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม คือ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยลดอัตราการ สูญเสียน้ำได้ดี โรงเก็บรักษามันฝรั่งนั้น มีหลายลักษณะด้วยกัน ซึ่งผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพเศรษฐกิจและสภาพของท้องที่ในประเทศไทย เกษตรกรมักเก็บรักษา หัวมันฝรั่งในโรงเก็บรักษาแบบง่ายๆ ที่มีหลังคาป้องกันแดดและฝน ลักษณะภายในจะมีชั้นไม้ไผ่ หรือชั้นที่ทำด้วยลวดตาข่ายสำหรับวางมันฝรั่ง ในพื้นที่โรงเก็บรักษา 1 ตารางเมตร ไม่ควรเก็บรักษามันฝรั่งเกิน 75-100 กิโลกรัม บริเวณด้านข้างของโรงเก็บรักษามีลักษณะโปร่งและใช้ตาข่ายชนิดละเอียดป้องกันแมลงได้ โรงเก็บรักษาควรจะมีการพรางแสงได้พอสมควร เพราะถ้ามันฝรั่งได้รับแสง มากเกินไปอาจจะเกิดการงอกได้และหัวมีสีเขียว แต่ถ้ามีมากเกินไปหัวจะเสียคุณภาพ เช่น จะนิ่มลง เพดานควรอยู่ห่างจากมันฝรั่งไม่น้อยกว่า 1 เมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศดี (ประเสริฐ, 2541)

ในแถบประเทศยุโรปนั้น ลักษณะโรงเก็บจะเป็นโรงทึบ โดยพื้นของโรงเก็บจะมี ช่องระบายอากาศ นอกจากนั้นอาจจะมีท่อน้ำเย็นไหลอยู่ด้านล่างเพื่อลดอุณหภูมิ ในบางลักษณะ จะมีที่ระบายอากาศทางด้านข้าง เพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศจากด้านบนกลับลงมาสู่ ด้านล่าง โรงเก็บรักษาแบบทึบนี้ จะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมภายในโรงด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนและการระบายอากาศ อาจจะต้องมีการติดพัดลมเพื่อช่วยให้ระบบการ หมุนเวียนของอากาศดีขึ้น (นิธิยาและคณัย, 2533) การระบายอากาศอาจเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ ของอากาศ โดยธรรมชาติ หรือจากพัดลม ความจุของการระบายอากาศที่แนะนำควรจะไม่ต่ำกว่า 50-80 ลูกบาศก์เมตรอากาศต่อ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ที่นิยมมักจะอยู่ที่ 100-120 ลูกบาศก์ เมตรอากาศต่อ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความร้อนที่เกิดขึ้นในกองหัวมันฝรั่งถูกประมาณว่า เท่ากับ 860 kcal/1,000 กิโลกรัม/องศาเซลเซียส และความจุของความเย็นที่ต้องการจะเท่ากับ ประมาณ 80-120 kcal/1,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง วิธีการระบายอากาศ (แบบพัดลม หรือหมุนเวียน ของอากาศแบบธรรมชาติ) ถ้าเป็นแบบพัดลมสามารถกองหัวมันฝรั่งได้สูงถึง 3-4 เมตร แต่ถ้าเป็น แบบธรรมชาติ ควรแบ่งกระสอบหัวมันฝรั่งออกเป็นกองย่อยจัดเป็นแถว (2 กระสอบ) แต่ละแถว ห่างกัน 30-40 เซนติเมตร และความสูงในแต่ละแถวควรจะไม่ต่ำกว่า 3 เมตร (ศิริพร, 2540)

### การป้องกันการงอกของหัวมันฝรั่ง

ในเขตอบอุ่น มันฝรั่งที่ใช้ในการบริโภคนิยมใช้สารระงับการงอก เพื่อช่วยให้เก็บ รักษาได้นาน โดยไม่มีการงอก ตามปกติหัวพันธุ์มันฝรั่งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3.5-4.5 องศา-

เซลเซียส จะไม่มีปัญหาเรื่องการงอกในช่วงระยะ 8 เดือนแรก แต่ในกรณีที่เก็บเพื่อนำห้วมันฝรั่งไปทำมันทอดกรอบ หรือทำแป้งอเนกประสงค์ อาจจะมีปัญหาเรื่องการงอก เพราะต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เพื่อรักษาคุณภาพให้มีปริมาณแป้งสูงและน้ำตาลต่ำ ความจริงการงอกของห้วมันฝรั่งไม่มีผลต่อคุณค่าทางอาหารของมันฝรั่ง แต่มีผลต่อลักษณะของหัว ซึ่งมักไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด สารระงับการงอกที่สถาบันควบคุมอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ได้ ได้แก่

1. มาเลอิกไฮไดรราไซด์ (Maleic Hydrazide) สารเคมีชนิดนี้ใช้กับมันฝรั่งขณะที่ยังอยู่ในแปลงปลูกประมาณ 3 สัปดาห์ ก่อนการเก็บเกี่ยว ใช้ในอัตรา 2.6 ลิตร ต่อน้ำ 100-140 ลิตร ในพื้นที่ 6.25 ไร่ ใช้ได้ผลดีมาก ห้ามใช้กับหัวพันธุ์โดยเด็ดขาด

2. CIP (Isopropyl N-(3 chlorophenyl) carbamate) การใช้สารนี้ ใช้วิธีการรมควันหัว มันฝรั่งหลังเก็บเกี่ยวแล้ว โดยกระทำก่อนการผึ่งให้แห้งหรืออาจจะรมในโรงเก็บก็ได้ ถ้าห้วมันฝรั่งเริ่มงอกแล้วสารนี้จะไม่ผลในการระงับการงอกนั้น อัตราส่วนที่ใช้คือ 0.25 ลิตร ต่อห้วมันฝรั่ง 10 ลูกบาศก์เมตร ในระหว่างการรมต้องมีการเคลื่อนที่ของอากาศในอัตรา 3,370-6,740 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาทีต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือใช้วิธีจุ่มห้วมันฝรั่งลงในสารละลายของสารนี้ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ก็ได้

3. การฉายรังสีแกมมา ใช้ในอัตรา 5-15 krad หลังการผึ่งแห้งแล้ว (นิธิยาและคณะ, 2533)

### ปริมาณสารอาหารในห้วมันฝรั่ง

มันฝรั่งมีองค์ประกอบของสารอาหารในลักษณะหัวสดดังนี้ คือ มีความชื้น 63-83 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 13-30 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.7-4.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.02-0.96 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าประมาณ 0.44 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่มีในห้วมันฝรั่งส่วนใหญ่จะเป็นสตาร์ช นอกจากนี้จะเป็นน้ำตาล ได้แก่ ซูโครส กลูโคสและฟรุกโทส ส่วนที่เหลือจะเป็นเซลลูโลส สารพวกเพกตินและเฮมิเซลลูโลส เป็นต้น สำหรับโปรตีนที่มีในห้วมันฝรั่งจะมีกรดอะมิโนไลซีนมากกว่าธัญพืช แต่มีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ในโมเลกุลอยู่ต่ำกว่าธัญพืช ดังนั้น การบริโภคมันฝรั่งร่วมกับธัญพืชจะช่วยให้ได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดีขึ้นได้ (นิรนาม, 2539)

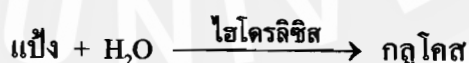
มันฝรั่งเป็นแหล่งวิตามินซี และจะมีมากในห้วมันฝรั่งสดโดยมีถึง 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งมากกว่าแครอท หัวหอมและฟักทอง แต่เมื่อนำไปแปรรูปจะมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง รวมทั้งการเก็บรักษาไว้นาน ก็จะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง เช่นกัน นอกจากนี้ มันฝรั่งยังมีวิตามินบี ได้แก่ ไทอะมิน 0.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนที่กินได้ในอะซิน 1.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไรโบฟลาวิน 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มันฝรั่งยัง

เป็นแหล่งของเกลือแร่ที่สำคัญ คือ เหล็ก 0.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และโพแทสเซียม 407 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Nonnecke, 1989)

สารพิษที่พบในหัวมันฝรั่งได้แก่ โกลโคแอลคาลอยด์ (glycoalkaloids) หากมีปริมาณมากจะเป็นตัวป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย (Percival and Bain, 1999) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ คอลีนเอสเทอเรส (cholinesterase) ทำให้เกิดอาการปวดหัว อาเจียน ท้องเสีย หรือมีอาการป่วยหนักมากขึ้น ถ้าบริโภคจำนวนมากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ซึ่งสารนี้จะมีในหัวมันฝรั่งประมาณ 0.01-0.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง และความร้อนจะไม่สามารถทำลายสารนี้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม การบริโภคมันฝรั่งเป็นอาหารหลักในปริมาณปกติทั่วไปจะไม่ทำให้ผู้บริโภคได้รับโทษจากสารนี้ นอกจากนั้นมันฝรั่งยังมีสารที่ยังการใช้ประโยชน์ของโปรตีนหลายชนิด ได้แก่ สารยับยั้งการทำงานของทริปซิน และไลโมทริปซิน เป็นต้น แต่สารเหล่านี้จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อน จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่จะบริโภคหัวมันฝรั่งสุก หรือผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการอื่นๆ มาก่อนแล้ว (นิรนาม, 2539)

#### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในหัวมันฝรั่ง

1. แป้ง (starch) ที่พบในหัวมันฝรั่ง มีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อะไมโลสและอะไมโลเพกทิน (Salunkhe and Desai, 1984) โดยอะไมโลสเป็น polymer ของกลูโคสที่มาต่อกันแบบโซ่ตรง (linear chain) ยาวประมาณ 500-6,000 หน่วย และจับกันด้วยพันธะ  $\alpha$ -1, 4 glycosidic ส่วนอะไมโลเพกทินจะมีโครงสร้างเพิ่มเติมจากโครงสร้างของอะไมโลส คือ มีการแตกกิ่งก้านสาขา โดยจุดที่มีการแตกกิ่งก้านสาขาจะเกิดพันธะที่เรียกว่า พันธะ  $\alpha$ -1, 6 glycosidic (Smith, 1977) เมื่อนำแป้งมาไฮโดรไลส (hydrolyze) โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลของแป้งจะค่อยๆ มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ ถ้าปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์จะได้เป็นกลูโคส (Kays, 1991)



ซึ่ง Salunkhe and Desai (1984) รายงานว่า อัตราส่วนระหว่างอะไมโลสต่ออะไมโลเพกทินในหัวมันฝรั่งคือ 1:3 และ Sterling and Pangborn (1960 อ้างโดย Smith, 1977) รายงานว่า ขนาดของเมล็ดแป้งจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 22-32 มิลลิไมครอน และยาวอย่างน้อย 400 มิลลิไมครอน ปริมาณแป้งในมันฝรั่งจะเพิ่มขึ้นตามความบริบูรณ์ ขนาดและอุณหภูมิ



การเก็บรักษา ซึ่ง (Samotus and Palasinski, 1964) รายงานว่า หัวมันฝรั่งที่มีขนาด 50-80 กรัม มีปริมาณแป้งสูงกว่าหัวมันฝรั่งขนาด 25-30 กรัม ซึ่ง ศิริพร (2540) รายงานว่า ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลมากกว่าที่อุณหภูมิสูง ในระหว่างการเก็บรักษาแป้งในหัว จะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือในทางกลับกัน น้ำตาลในหัวจะเปลี่ยนเป็นแป้งก็ได้ ซึ่งขบวนการดังกล่าวอาศัยเอนไซม์เป็นตัวควบคุมและเอนไซม์เหล่านี้มีอุณหภูมิเป็นตัวควบคุม ที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดการสะสมน้ำตาลในหัวมากกว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ถ้าเก็บหัวไว้ที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะมีรสหวานขึ้น ดังนั้นหัวมันฝรั่งที่จะเก็บไว้ใช้ในการแปรรูปเป็นมันแท่งทอด หรือมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จึงมักเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่สูงในหัวมันฝรั่งสามารถลดให้ต่ำลงได้ โดยนำหัวมันฝรั่งไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส นาน 1-2 สัปดาห์ เพราะปริมาณน้ำตาลจะถูกนำไปใช้ในขบวนการหายใจมากขึ้น แต่การทำเช่นนี้ก็ไม่ได้ให้ผลที่ดีในการลดปริมาณน้ำตาลในหัวที่มีอยู่สูงมากๆ ได้ เช่นเดียวกับที่ (Samotus and Palasinski, 1964) รายงานว่า หัวมันฝรั่งที่ถูกย้ายจากอุณหภูมิ 0 ไปยัง 20 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์แป้งขึ้นมาใหม่และในขณะเดียวกัน จะมีการสลายตัวของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharide) และซูโครส เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้ Smith (1977) รายงานว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความถ่วงจำเพาะมีผลต่อการแปรรูป คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความถ่วงจำเพาะจะเป็นดัชนีบอกปริมาณแป้งในหัวมันฝรั่ง หากมีค่าสูงแสดงว่ามีปริมาณแป้งภายในสูง หัวมันฝรั่งที่มีแป้งสูงนั้นเมื่อนำมาแปรรูปหรือประกอบอาหารมีคุณสมบัติที่มีหลายประการ คือ ทำให้ผลผลิตของการแปรรูป มีการดูดซึมน้ำมันต่ำและผลผลิตกัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อนุ่มเนียน นำรับประทาน แต่ผลผลิตกัณฑ์ที่ทำจากมันฝรั่งที่มีแป้งน้อย มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีเนื้อหยาบและมีรสชาติไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2. น้ำตาล (sugars) ส่วนใหญ่ที่พบในหัวมันฝรั่งได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโทส การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ในมันฝรั่ง น้ำตาลในมันฝรั่ง คือ น้ำตาลซูโครส เมื่อไฮโดรไลสซูโครสในกรด HCl จึงได้กลับมาเป็นกลูโคสและฟรุคโทส (Kays, 1991) นอกจากนี้ น้ำตาลรีดิวซ์ที่พบในพืชได้แก่ กาแลกโทส (galactose) แมนโนส (mannose) ไรโบส (ribose) และไซโลส (xylose) ส่วนซูโครสและราฟิโนสไมโซน้ำตาลรีดิวซ์ (non-reducing sugar) (จริงแท้, 2544)



ซึ่งน้ำตาลรีควิวซ์จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุการเจริญเติบโต อุณหภูมิแหล่งที่ปลูกและอุณหภูมิการเก็บรักษาด้วย มันฝรั่งที่ปลูกในแหล่งที่มีอุณหภูมิระหว่าง 15.6-18.3 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์น้ำตาลต่ำ แต่จะมีการสะสมแป้งภายในหัวสูง (Samotus and Palasinski, 1964) ซึ่งในช่วงแรกของการสร้างหัวจะมีการสะสมน้ำตาลซูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ต่อจากนั้นน้ำตาลซูโครสก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งโดยเอนไซม์ UDPG-fructose transglycosylase และ UDPG : starch glycosyl transferase การสะสมแป้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่แก่สมบูรณ์และเมื่อกระบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลงแล้ว แป้งภายในหัวก็จะถูกสลายกลายเป็นน้ำตาลอีกครั้งหนึ่ง (สายชล, 2528) และ Yamaguchi and Wu (1973) รายงานว่า มันฝรั่งที่ปลูกในแหล่งที่มีอุณหภูมิระหว่าง 15.6-18.3 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์น้ำตาลต่ำ แต่จะมีการสะสมแป้งภายในหัวสูง เช่นเดียวกันปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งจะขึ้นอยู่กับความอ่อนแก่ อุณหภูมิที่ปลูกและอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยน้ำตาลรีควิวซ์จะถูกสะสมมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Pringle et al., 2009) นอกจากนี้ น้ำตาลในหัวมันฝรั่งทำให้เกิดรสหวานในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคชื่นชอบ แต่ถ้ามีการใช้ความร้อนในการผลิต การมีน้ำตาลสะสมในหัวมันฝรั่งสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ได้มีสีคล้ำเข้มเนื่องจากความร้อนไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีควิวซ์กับกรดอะมิโน หรือโปรตีนในหัวมันฝรั่งที่เรียกว่าปฏิกิริยา Maillard ที่เกิดขึ้นได้ง่าย ผลของปฏิกิริยานี้คือ สารสีน้ำตาล ดังนั้นความเข้มของสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจะมากหรือน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นกับปริมาณของน้ำตาลรีควิวซ์ในหัวมันฝรั่ง กล่าวคือ ถ้าในหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลรีควิวซ์มากย่อมจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (สินธนา, 2541)

Mitchell and Rultedge (1973) ศึกษาหัวมันฝรั่งที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือนจะมีปริมาณน้ำตาลรีควิวซ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะระดับอุณหภูมิดังกล่าวจะเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของ phosphorylase ในการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล นอกจากนี้ในการแปรรูปมันฝรั่งเป็นผลิตภัณฑ์ ปริมาณน้ำตาลรีควิวซ์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการแปรรูปนั้นต้องผ่านการให้ความร้อน น้ำตาลรีควิวซ์จะเป็นสาเหตุของการทำให้เกิดสีอันไม่พึงประสงค์แก่ผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้เกิดสีคล้ำระหว่างการแปรรูปเนื่องจากน้ำตาลรีควิวซ์ สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน กรดแอสคอบิกและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจนทำให้เกิดสารสีน้ำตาลในที่สุดซึ่ง ปฏิกิริยานี้ เรียกว่า Maillard reaction นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลกับผลิตภัณฑ์ที่มีสาเหตุเนื่องจากน้ำตาลอีกลักษณะหนึ่งคือ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยา Caramelization ซึ่งเกิดจากการที่น้ำตาลได้รับความร้อนจากการแปรรูปที่ระดับอุณหภูมิสูงๆ เช่นการอบ การทอด ดังนั้นถ้าหากมันฝรั่งหรือเผือกมี

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในหัวสูง โอกาสที่จะเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก Maillard reaction และ Caramelization ก็สูงด้วยเช่นกัน (Iritani and Weller, 1980)

3. โปรตีน (proteins) ในหัวมันฝรั่งจะมีปริมาณโปรตีน 1-2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักหัวแห้ง) ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 21 ชนิด ได้แก่ cysteine, aspartic acid, glutamic acid, serine, glycine, asparagine, threonine, alanine, glutamine, amino n-butyric acid, histidine, arginine, lysine, proline, methionine sulfoxide, valine, isoleucine, methionine, pheylalanine, tryptophane และ tyrosine (Kays, 1991) ซึ่ง Smith (1977) รายงานว่า ในระหว่างการเจริญของหัวมันฝรั่ง จะมีปริมาณโปรตีนโกลบูลินเพิ่มขึ้น แต่โปรตีนกลูเตลิน จะมีปริมาณลดลงและเมื่อเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนจะลดลงเช่นเดียวกับหัวมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิ 2.8 องศาเซลเซียส โดยจะลดลงในช่วง 2-3 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา

4. เอนไซม์ (enzymes) ที่พบในหัวมันฝรั่ง ได้แก่ amylase, phosphorylase, catalase, phosphatase, aldehydase, tyrosinase, polyphenol oxidase, peroxidase, dehydrogenase, sistoamylase, glyoxalase และ zymohexase (Salunkhe and Desai, 1984) โดยบทบาทของเอนไซม์เหล่านี้ที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งมีอยู่หลายประการ เช่น Kays (1991) รายงานว่า amylase และ phosphorylase จะสร้างน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่วน tyrosinase จะมีบทบาททำให้สีของหัวมันฝรั่งจางลง ซึ่งรงควัตถุในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเม็ดสี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ คาโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ โดยคาโรทีนอยด์ เป็นสารที่ละลายในน้ำมัน มีช่วงสีจากเหลือง ส้ม และแดง เกิดในคลอโรพลาสต์และยังพบในโครโมพลาสต์ด้วย พบในผักและผลไม้มากที่สุดจะเป็นชนิดเบต้า-คาโรทีน ซึ่งมีสีเหลือง ในเนื้อมันฝรั่งที่มีสีเหลืองจะมีคาโรทีนอยด์อยู่ 0.014-0.054 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม คาโรทีนอยด์ จะมีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากมีพันธะคู่มากจึงสามารถถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ซึ่งจะมีผลให้สีจางลง ส่วนฟลาโวนอยด์ที่มีในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่เป็นพวกแอนโทแซนทิน ซึ่งมีสีขาวจนถึงสีขาวเหลือง (เทวิน, 2529) นอกจากนี้ Heisler et al. (1964) รายงานว่า ตามปกติ amylase จะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลในหัวมันฝรั่งอย่างรวดเร็ว แต่ถ้ามีเอนไซม์  $\beta$ -amylase ในปริมาณต่ำ จะทำให้การสร้างน้ำตาลเป็นไปอย่างช้าๆ ขณะที่ peroxidase เป็นเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูง นิยมใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีอยู่ในหัวมันฝรั่ง ส่วน polyphenol oxidase นั้นเป็นเอนไซม์ที่จะทำงานเมื่อมีการตัดแต่งหัวมันฝรั่ง ทำให้สัมผัสกับอากาศได้โดยตรงจึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการออกซิไดส์และเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล

5. โซลานีน (solanines) เป็นสาร steroid ที่ละลายใน acidified alcohol และละลายได้เล็กน้อยในสารละลายต่าง (Schwimmer and Burr, 1967) โดยเป็นสารพิษในหัวมันฝรั่งทำให้เกิดระสม พบมากในส่วนของผิวและตามากกว่าภายในเนื้อหัวมันฝรั่ง (Smith, 1977) สำหรับการเป็นพิษนั้น Braun (1968 อ้างโดย Smith, 1977) รายงานว่า ต้องมีปริมาณโซลานีนมากกว่า 55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมขึ้นไป แต่โดยทั่วไปในหัวมันฝรั่งมักมีโซลานีนไม่เกิน 5-8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และในหัวที่โตเต็มที่ หรือหัวที่สมบูรณ์ จะไม่พบโซลานีน อย่างไรก็ตามโซลานีนสามารถทำลายได้ด้วยความร้อน การนำมันฝรั่งมาปรุงอาหารด้วยไอน้ำหรือคั้นในน้ำร้อน สามารถลดปริมาณโซลานีนลงได้ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการนำมันฝรั่งมาทอดในน้ำมัน สามารถลดปริมาณโซลานีนลงได้ 52 เปอร์เซ็นต์

#### การแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (potato chip)

มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (potato chip) เป็นอาหารว่างที่นิยมบริโภคกันมากในยุโรป และอเมริกา มีขั้นตอนการทำดังนี้ คือ ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบางๆ มีลักษณะกลม ความหนาของชิ้นประมาณ 1/15-1/30 นิ้ว แล้วล้างชิ้นมันฝรั่งให้สะอาด ทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้ง ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสลัดให้แห้งโดยมีลมเป่า ขับด้วยฟองน้ำ ใส่ในลูกกลิ้งหมุนใช้ลมเป่า ใช้เครื่องเหวี่ยงและใช้ลมร้อน เป็นต้น การทอดชิ้นมันฝรั่งโดยใช้หม้อทอดขนาดใหญ่ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ทำให้น้ำมันร้อนประมาณ 350-375 ฟาเรนไฮด์ น้ำมันที่ใช้อาจจะอยู่ในลักษณะไขมันหรือน้ำมัน แล้วแต่ราคา และท้องถิ่นที่โรงงานตั้งอยู่ เช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย ถั่วเหลือง ข้าวโพด ปาล์ม ถั่วลิสง ไขมันประเภทเนยขาวจากพืชหรือจากหมู ก็มีการใช้ทอดชิ้นมันฝรั่งได้ทั้งสิ้น ระยะเวลาในการทอดและสีของชิ้นมันฝรั่งเป็นสิ่งที่ต้องควบคุมให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงปริมาณของชิ้นมันฝรั่งที่ทอดในแต่ละครั้ง ซึ่งจะทำให้ได้ 2 ระบบ คือ แบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง นำชิ้นมันฝรั่งทอดขึ้นจากหม้อทอด โรยเกลือและสารปรุงแต่งกลิ่นรสอื่น เช่น โมโนโซเดียม กลูตาเมต เป็นต้น บรรจุลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ขายและผู้บริโภค เช่น ใส่ถุงพลาสติกใหญ่ธรรมดา เพื่อขายให้แก่ภัตตาคาร โรงเรียนหน่วยงานบริการอาหารต่างๆ หรือใส่กล่องอย่างดีทำด้วยกระดาษบุอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อขายปลีกให้แม่บ้านและบุคคลทั่วไปบริโภคเป็นอาหารว่าง เป็นต้น (นิรนาม, 2539)

Smith (1977) รายงานว่า มันฝรั่งพันธุ์ Russet Burbank มีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ 0.0125 เปอร์เซ็นต์และปริมาณของแข็งทั้งหมด 19.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิ 375 ฟาเรนไฮด์ นาน 2-3 นาที แล้วผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนซึ่งเป็นสีที่ดี นอกจากนี้ อรรถยาและคณะ (2542) ศึกษาวิธีการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดโดยใช้มันฝรั่งพันธุ์

แอตเลนดิกที่สไลด์ให้มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร และแบ่งมันฝรั่งแผ่นออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที ก่อนทำการทอดแบบ Deep Fat Fry ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าที่เวลา 3 นาที เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน กลุ่มที่สองแช่ NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที และล้างน้ำออกก่อนการนำไปทอด หลังจากทอดนำมาทดสอบเช่นเดียวกับกลุ่มการทดลองที่ 1 พบว่าที่เวลา 3 นาที เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน กลุ่มที่สามนำไปให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่ระดับกำลังเท่ากับ 3 เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที พบว่าที่เวลา 2 นาที เหมาะสมต่อการนำไปใช้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองโดยนำผลที่ดีที่สุดในแต่ละกลุ่มการทดลองมาทำการทดลองใหม่รวมทั้งนำตัวควบคุมมาเปรียบเทียบด้วย พบว่าการใช้น้ำร้อน 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที ให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดดีที่สุดและรองลงมาตามลำดับคือ การใช้ไมโครเวฟที่เวลา 2 นาที น้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ 3 นาที และตัวควบคุม