บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในตระกูลปาล์ม มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Cocos nucifera Lin (4) เป็นพืชเศรษฐกิจซึ่งมีมากในประเทศไทย มะพร้าวต้นหนึ่งสามารถใช้ทำประโยชน์ได้ทุกส่วน เช่น รากใช้เป็นยาสมุนไพร ลำต้นใช้ทำเสาสะพาน ทางมะพร้าวใช้เป็นเชื้อเพลิง มุงหลังคา ก้านใช้ทำไม้กวาด ผลมะพร้าวใช้ประกอบอาหาร และยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ด้วย เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว กะทิสำเร็จรูป อุตสาหกรรมสบู่ และนมข้นหวาน เป็นต้น (5)

มะพร้าวมีระบบรากแบบ Adventitious root ซึ่งเป็นรากที่เกิดตามข้อราก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร มีความยาว 5-20 เมตร ลำต้นของมะพร้าวจะไม่มีเยื่อเจริญด้านข้าง (Cambium) เนื่องจากเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ขนาดของลำต้นเมื่อโตเต็มที่แล้วมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25-30 เซนติเมตร มะพร้าวมีตายอดเพียงตาเดียว ฉะนั้นจึงเจริญทางส่วนสูงเท่านั้น หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะทำให้ลำต้นมีขนาดเล็กกว่าปกติ เรียกว่า มะพร้าวคอเรียว มะพร้าวมักจะสูงในระยะแรกปลูก ซึ่งจะสูงขึ้นปีละ 23 เซนติเมตร แต่ในปีแรกจะสูงถึง 29 เซนติเมตร(5,6) เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชพวก Monoceous จึงมีดอกตัวผู้และตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอกในช่อดอกเดียวกัน สำหรับผลมะพร้าวเป็นแบบ Fibrous drupe เรียกว่า Nut (7,8) ประกอบด้วย

1. เปลือกนอกสุด (Exocarp) ประกอบด้วยเส้นใยที่เหนียวและแข็งแรง ในระยะแรกจะเป็นสีเขียว และสีจะเปลี่ยนไปตามอายุของผล เมื่อผลแก่จัดเปลือกจะเป็นสีน้ำตาล

2. เปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) อยู่ถัดจากเปลือกนอกเข้าไป ผลอ่อนจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เมื่อผลแก่จะกลายเป็นเส้นใย มีความหนามากกว่า 5 เซนติเมตร ขึ้นกับพันธุ์และอายุของมะพร้าว

3. ชั้นในสุด (Endocarp) อยู่ถัดจากเปลือกชั้นกลางเข้าไป เป็นเปลือกที่มีลักษณะแข็ง เรียกว่า กะลา ถ้าผ่าผลมะพร้าวตามขวางจะเห็นกะลาเป็นรูปสามเหลี่ยม ด้านนอกเป็นสันนูนขึ้นมา 3 สัน ที่ขั้วผลมีตา 3 ตา โดยทั่วไปจะมีตาแข็ง 2 ตา ตานิ่ม 1 ตา ตานิ่มจะอยู่ตรงส่วนของกะลาที่มีมุมกว้างที่สุด ซึ่งตานี้จะงอกออกมาเป็นหน่อ ภายในกะลาประกอบด้วย

3.1 เนื้อมะพร้าว (Coconut meat) เป็นเนื้อหนาสีขาว เมื่อผลอ่อน เนื้อมะพร้าวจะอ่อนนิ่ม แต่จะมีลักษณะแข็งและความหนาเพิ่มขึ้นตามอายุของผล ความหนาโดยเฉลี่ยเมื่อผลแก่จัดประมาณ 12 มิลลิเมตร

3.2 ผิวสีน้ำตาลเข้มที่ติดแน่นกับเนื้อมะพร้าว เรียกว่า Testa หรือ Seed coat หรือ Brown cuticle เป็นผิวสีน้ำตาลเข้มที่อยู่ระหว่างกะลากับเนื้อมะพร้าว เมื่อนำเนื้อมะพร้าวไปใช้ประโยชน์บางอย่างจะต้องเอาผิวสีน้ำตาลเข้มออก ซึ่งสามารถนำไปตากให้แห้งแล้วหีบน้ำมันได้

3.3 น้ำมะพร้าว (Coconut water) เป็นของเหลวใสอยู่ภายในช่องว่างของผลมะพร้าว เมื่อผลอ่อนจะมีน้ำมะพร้าวเต็ม น้ำมะพร้าวประกอบด้วยกลูโคส 5-6% มีซูโครสเล็กน้อย เมื่อผลแก่กลูโคสจะลดลง ซูโครสจะเพิ่มขึ้น และน้ำมะพร้าวจะค่อย ๆ แห้งไปเหลือประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งจะถูกดูดซึมหมดภายใน 5 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยว

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าว

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมะพร้าวที่สำคัญคือ กลีเซอไรด์ (glycerides) ของ Low fatty acid ซึ่งมีมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Lauric acid (CH_3-$(CH_2)_{10}$-COOH) มี 44-51 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีพวก Sterol และ Tocopherol ด้วย สารที่ให้กลิ่นเป็นพวก Natural volatiles component ซึ่ง Linard และ Wilkins (9) พบว่ามีสารให้กลิ่นในมะพร้าว 15 ชนิด ที่สำคัญคือ $-C_8$ lactone, $-C_{10}$ lactone, n-octanol และยังมีกลิ่นของไขมันชนิดอื่น ๆ ด้วย องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวผลหนึ่ง ๆ แสดงในตารางที่ 2.1 โดยปกติองค์ประกอบทางเคมีจะแปรไปตามชนิดของพันธุ์ พื้นที่ที่ใช้ปลูก ความแก่อ่อนของผลมะพร้าว วิธีการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีอย่างประมาณของมะพร้าว (9)

องค์ประกอบ	ช่วงเปอร์เซ็นต์
น้ำ	48-50
โปรตีน	12-15
ไขมัน	35-37
คาร์โบไฮเดรท	8-10
เส้นใย	2.1
เถ้า	1.1

2.3 การปลูกมะพร้าว (10)

แหล่งที่ทำการเพาะปลูก มะพร้าวเป็นพืชที่ปลูกได้แทบทุกภาคของประเทศไทย แต่จะเจริญเติบโตได้ดีในแถบที่มีฝนตกชุก อากาศอบอุ่นและค่อนข้างร้อน ต้องการแสงแดดมาก เช่น ทางภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภูเก็ต นราธิวาส ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ ชายฝั่งทะเลตะวันออกแถบชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ภาคกลางจังหวัดที่ปลูกมากได้แก่ สมุทรปราการ สมุทรสงคราม ส่วนภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกกันบ้างประปราย

พันธุ์ที่ใช้ปลูก ชาวสวนจะทราบความแตกต่างของมะพร้าวโดยดูจากรูปร่างลักษณะของผลมะพร้าวมากกว่าลักษณะของลำต้นและใบ ลักษณะของผลที่ใช้ในการจำแนกคือ สี รูปร่าง และขนาด สีของผลมีตั้งแต่สีเขียวแก่จนถึงสีส้มหรือแดงหรือน้ำตาล รูปร่างของผลจะมีผลกลม สามเหลี่ยมและยาว ขนาดของผลมีตั้งแต่ขนาดเล็กถึงใหญ่มาก พันธุ์มะพร้าวที่นิยมปลูกในประเทศไทยแบ่งได้ 3 พันธุ์ คือ (4)

1. มะพร้าวเบาหรือมะพร้าวค่อม เป็นมะพร้าวที่มีลำต้นเล็ก ทางสั้นและผลดก เมื่อโตเต็มที่สูงไม่เกิน 12 เมตร บางต้นสูงเพียง 1-2 เมตร มีลักษณะสำคัญคือ ให้ผลเร็ว โดยจะเริ่มให้ผลหลังจากปลูกได้ประมาณ 3-4 ปี ผลมีขนาดเล็ก เนื้อบาง นิยมปลูกเป็นไม้ประดับและรับประทานผลอ่อน เพราะขณะผลยังอ่อนเนื้อและน้ำจะมีรสดี ปีหนึ่งจะเก็บผลได้ประมาณ

150 ผล จะให้ผลนานเต็มที่ 30-40 ปี มะพร้าวพันธุ์นี้ได้แก่ มะพร้าวหมูสี มะพร้าวนกคุ่ม และมะพร้าวน้ำหอม มะพร้าวพันธุ์นี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้แปรรูปในอุตสหากรรมน้ำมันมะพร้าว หรือมะพร้าวอบแห้ง เพราะจะได้ผลผลิตต่ำ

2. มะพร้าวใหญ่ เป็นมะพร้าวที่มีลำต้นใหญ่ ต้นสูง ทางยาว เมื่อโตเต็มที่ลำต้นสูงประมาณ 18 เมตร จะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 7-8 ปี จะให้ผลสม่ำเสมอประมาณ 60 ปี ผลมีขนาดใหญ่และเนื้อหนา นิยมปลูกเพื่อใช้เนื้อจากผลแก่นำไปประกอบอาหาร หรือใช้ทำมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว ปีหนึ่งเก็บผลได้ประมาณ 60 ผล มะพร้าวพันธุ์นี้ได้แก่ มะพร้าวปากจก มะพร้าวกะโหลก มะพร้าวทะเลบ้า มะพร้าวพันธุ์นี้จัดเป็นพันธุ์เศรษฐกิจ เพราะจำหน่ายผลแก่เพื่อใช้ประกอบอาหารและใช้ในอุตสาหกรรม

3. มะพร้าวกลาง มีขนาดระหว่างมะพร้าวใหญ่และมะพร้าวเบา เกิดจากการผสมกันตามธรรมชาติระหว่างพันธุ์ใหญ่กับพันธุ์เบา มักจะเรียกว่า หมูสีกลาย เริ่มให้ผลเมื่ออายุ 4 ปี ส่วนใหญ่ให้ผลค่อนข้างดกและทนต่อโรคแมลงได้ดี ปีหนึ่งจะเก็บผลได้ประมาณ 100 ผล

จากลักษณะของมะพร้าวทั้ง 3 พันธุ์ จะเห็นว่าสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวอบแห้งควรใช้มะพร้าวพันธุ์ใหญ่ จึงจะเหมาะสมที่สุดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีและผลผลิตสูง พันธุ์ที่มีปริมาณไขมันสูงจะดีเพราะกลิ่นรสของมะพร้าวอบแห้งจะขึ้นอยู่กับปริมาณไขมัน (9) ชื่อมะพร้าวที่เรียกกันส่วนมากจะเรียกกันตามท้องถิ่นที่ปลูก ในแต่ละพันธุ์จะมีชื่อเรียกหลายอย่าง แต่ในทางการค้าจะซื้อขายกันโดยแบ่งชนิดไปตามแหล่งที่ปลูก จะมีแหล่งผลิตที่มีความสำคัญทางการตลาด ดังนี้ (10)

1. มะพร้าวทับสะแก เป็นมะพร้าวที่ได้จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตลาดให้ความนิยมมาก สามารถจำหน่ายได้ราคาสูงเมื่อเทียบกับมะพร้าวจากแหล่งผลิตอื่น ๆ เนื่องจากมะพร้าวทับสะแกเป็นมะพร้าวที่มีผลใหญ่ เนื้อหนาและมีความมันมาก

2. มะพร้าวบางช้าง เป็นมะพร้าวที่ได้จากอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และจากอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

3. มะพร้าวสมุย เป็นมะพร้าวที่ได้จากเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตลาดไม่นิยมบริโภคสดเนื่องจากผลเล็ก ส่วนใหญ่จะนำไปแปรรูปเป็นเนื้อมะพร้าวแห้งหีบน้ำมัน

การปลูก มะพร้าวเป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ฤดูที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนพฤษภาคม เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม รากมะพร้าวสามารถหยั่งลงดินได้รวดเร็ว มะพร้าวจะขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด เช่น ดินร่วน ดินทราย และดินเหนียว แต่ต้องระบายน้ำได้ดี หรือมีทางระบายน้ำไม่ให้แช่ขัง ดินที่ดีที่สุดสำหรับปลูกมะพร้าวคือ ดินร่วนตามชายฝั่งแม่น้ำลำคลอง ไม่ควรปลูกมะพร้าวในที่ที่มีหินโผล่อยู่ตามพื้นดินมาก หรือที่ที่มีหินดานหรือดินดานอยู่ตื้น เพราะเมื่อมะพร้าวโตรากจะฝังลึกลงไปในดินไม่ได้ ถ้าเป็นพื้นที่ป่าเปิดใหม่จะมีตอมากควรถางป่าให้เตียน ขุดตอออกให้หมด เพื่อสะดวกในการดูแลรักษา ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีการบุกเบิกแล้ว จำเป็นต้องกำจัดวัชพืชให้หมดก่อน

การดูแลรักษา หลังจากปลูกมะพร้าวแล้ว ก่อนให้ผลควรมีการดูแลรักษาที่ดี ถ้าฝนแล้งติดต่อกันหลายวันควรให้น้ำอาทิตย์ละ 2 ครั้ง จะช่วยให้มะพร้าวฟื้นตัวและควรมีการกำจัดวัชพืช ถ้ามะพร้าวยังเล็กควรกำจัดวัชพืชในรัศมี 2 เมตร ควรเริ่มให้ปุ๋ยมะพร้าวตั้งแต่มะพร้าวอายุได้ 6 เดือน ปุ๋ยที่ใช้ควรมีทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี สำหรับการดูแลรักษามะพร้าวที่ให้ผลแล้วควรไถพรวนระหว่างแถวไม่ให้ลึกและตื้นจนเกินไป เพราะถ้าไถลึกเกินไปรากมะพร้าวจะถูกตัดออกมาก ทำให้การออกผลชะงักไป โดยทั่วไปไถลึกไม่เกิน 20 นิ้ว ไถแถวเว้นแถวให้ห่างจากต้นข้างละ 2 เมตร โดยไถทุก 2 ปี นอกจากนั้นควรมีการให้น้ำและระบายน้ำที่ดีด้วย

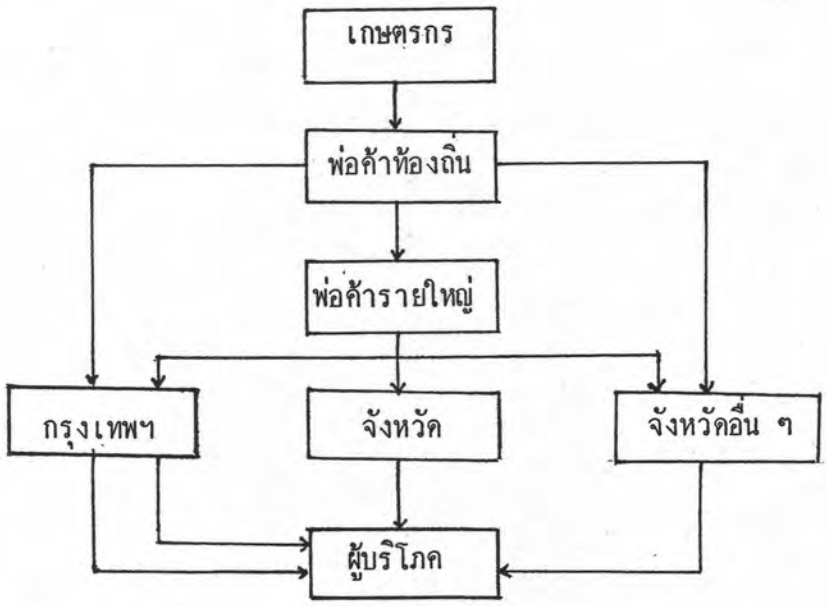
การเก็บเกี่ยวผลมะพร้าว เมื่อมะพร้าวเริ่มให้ผลแล้วจะให้ผลตลอดทั้งปี ผลผลิตมะพร้าวจะออกสู่ตลาดมากในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม และผลผลิตจะมีปริมาณน้อยในช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม การเก็บมะพร้าวเกษตรกรจะทะยอยเก็บมะพร้าวที่แก่จัดได้ขนาดเป็นรอบ ๆ รอบหนึ่ง ๆ จะมีระยะเวลาประมาณ 30-45 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวทำได้ 4 วิธีคือ

1. ใช้ไม้สอย โดยใช้ตะขอปลายแหลมงอผูกติดกับปลายไม้ไผ่ยาวสอยมะพร้าวลงมาทีละผล
2. ใช้ลิงเก็บ โดยจะมีการฝึกลิงกังขึ้นไปเก็บ วิธีนี้ที่เกาะสมุยนิยมใช้มาก
3. ใช้คนเก็บ
4. ปล่อยให้ล่วงหล่นเอง

2.4 วิถีการตลาดและราคา (10)

วิถีการตลาด

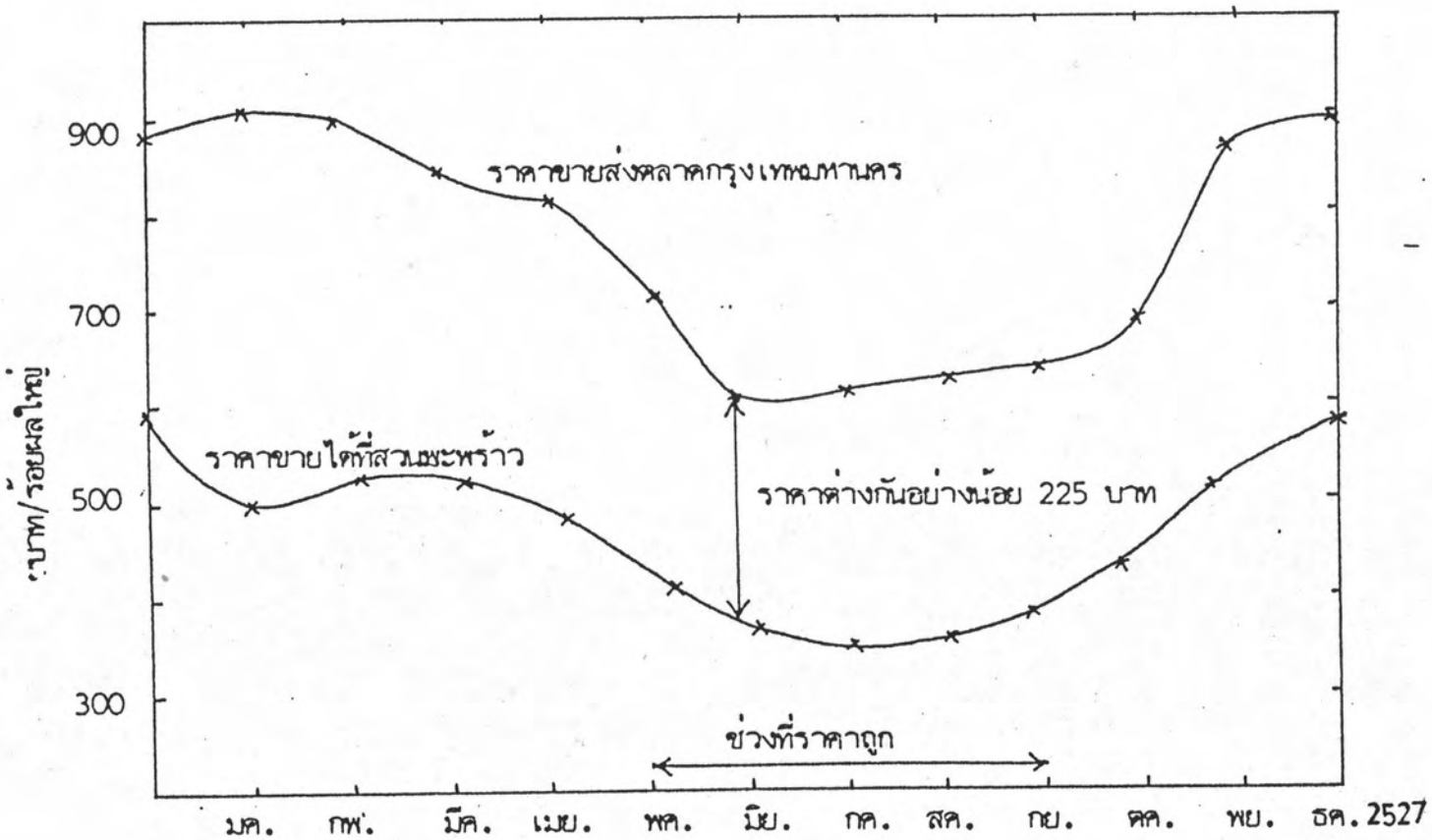
ระบบการตลาดของมะพร้าว พ่อค้าคนกลางจะเข้ามามีบทบาทในการรับซื้อมะพร้าวผลโดยตรงจากเกษตรกร โดยเกษตรกรจะนำมะพร้าวผลหรือเนื้อมะพร้าวแห้งจำหน่ายแก่พ่อค้าท้องถิ่น ซึ่งเป็นผู้รวบรวมมะพร้าวผลและมะพร้าวแห้งจากเกษตรกรโดยตรง เรียกตลาดนี้ว่าตลาดท้องถิ่นหรือตลาดหมู่บ้าน ส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้แหล่งผลิต เมื่อพ่อค้าท้องถิ่นรวบรวมมะพร้าวผลหรือเนื้อมะพร้าวแห้งได้แล้วจะจัดส่งให้พ่อค้ารายใหญ่ พ่อค้าท้องถิ่นและพ่อค้ารายใหญ่อาจจะส่งมะพร้าวจำหน่ายไปยังพ่อค้าต่างจังหวัดอื่น หรือพ่อค้าส่งในกรุงเทพฯ ซึ่งจะจำหน่ายไปยังพ่อค้าปลีกต่อไป ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วิถีการตลาดของมะพร้าวผล (10)

ราคา

โดยทั่วไปราคาผลผลิตด้านเกษตรจะเคลื่อนไหวตามฤดูกาล มะพร้าวก็เช่นเดียวกัน ในฤดูเก็บเกี่ยวราคาจะต่ำ เนื่องจากปริมาณผลผลิตมะพร้าวมีมาก คือระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม เป็นระยะที่มะพร้าวมีผลดก มีผลผลิตสูง ราคาจะต่ำ แต่ราคาจะสูงขึ้นในตอนปลายปี เพราะเป็นช่วงที่มะพร้าวให้ผลน้อย การเปลี่ยนแปลงราคาของมะพร้าวผลแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงราคาของมะพร้าวผล (1)

2.5 การใช้ประโยชน์จากมะพร้าว (5)

การบริโภคมะพร้าวนอกจากบริโภคมะพร้าวผลโดยการใช้ประกอบอาหารแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อีก การแปรรูปมะพร้าวที่สำคัญคือ

1. การทำเนื้อมะพร้าวแห้ง การแปรรูปมะพร้าวส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของการทำเนื้อมะพร้าวแห้ง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันมะพร้าว โดยชาวสวนจะนำเนื้อมะพร้าวไปตากแดดหรือย่างไฟ จนได้คุณภาพที่ดีเพื่อจะนำไปขายยังโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวหรือพ่อค้าท้องถิ่น โดยทั่วไปมะพร้าวแห้งที่เหมาะสำหรับการสกัดน้ำมันควรมีความชื้นไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ เนื้อมะพร้าวแห้งที่ดีควรทำจากมะพร้าวที่แก่จัด ไม่ขึ้นรา ไม่มีสิ่งเจือปน หักเนื้อดูจะเห็นเนื้อใสเป็นเงา

2. น้ำมันมะพร้าว ได้จากการสกัดจากเนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันมะพร้าวนอกจากจะใช้เป็นน้ำมันพืชปรุงอาหารแล้ว ยังใช้เป็นส่วนผสมวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมนมข้นหวาน อุตสาหกรรมสบู่ น้ำมันมะพร้าวจะมีคุณภาพดีหรือไม่ดี นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเนื้อมะพร้าวแห้งแล้วยังขึ้นกับวิธีการสกัดน้ำมันด้วย

3. กากเนื้อมะพร้าวแห้ง เป็นส่วนที่เหลือจากการนำเนื้อมะพร้าวแห้งบีบน้ำมันออกแล้ว กากเนื้อมะพร้าวแห้งจะจำหน่ายให้แก่โรงงานอาหารสัตว์ เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์

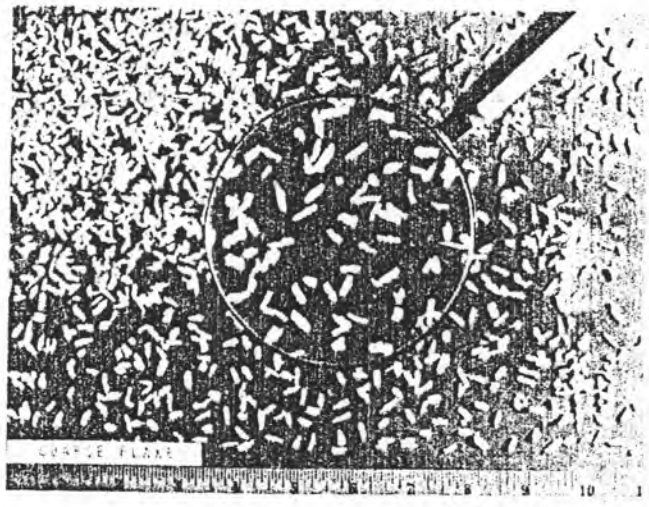
4. กะทิสำเร็จรูป จะนำเนื้อมะพร้าวที่แก่จัดมาแยกกะทิออก แล้วผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น อาจเก็บในกระป๋อง ถุงพลาสติก หรือทำเป็นกะทิผง เพื่อสะดวกในการส่งไปจำหน่ายและเก็บได้นานขึ้น

5. เนื้อมะพร้าวอบแห้ง เป็นการเอาเนื้อมะพร้าวที่แก่จัดมาทำให้ได้ขนาดตามต้องการ แล้วอบให้มีความชื้นประมาณ 2-4.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมขนมอบ ขนมปังกรอบ การแต่งหน้าเค้ก เป็นส่วนผสมในคุกกี้ หรืออาจจะนำไปคืนตัวในน้ำผสมกับฟรุตสลัด

2.6 การแปรรูปมะพร้าวอบแห้ง (11, 12)

มะพร้าวอบแห้ง (Desiccated coconut) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อมะพร้าวแก่ที่ปอกผิวดำออก เนื้อมะพร้าวขาวที่ได้จะนำมาขูดหรือตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีลักษณะและขนาดต่าง ๆ กัน เช่น ชิ้นเล็กละเอียดเป็นผง ชิ้นฝอยเป็นเส้น และชิ้นแผ่นบาง ๆ นำมาอบให้มีความชื้นตามต้องการ ซึ่งขึ้นกับขนาดชิ้นของมะพร้าวที่จะผลิต แล้วบรรจุในภาชนะที่ป้องกันความชื้นได้ดี ชนิดของเนื้อมะพร้าวอบแห้งแบ่งตามขนาดของชิ้นโดยการร่อนผ่านแร่งออกเป็น 5 ชนิดคือ

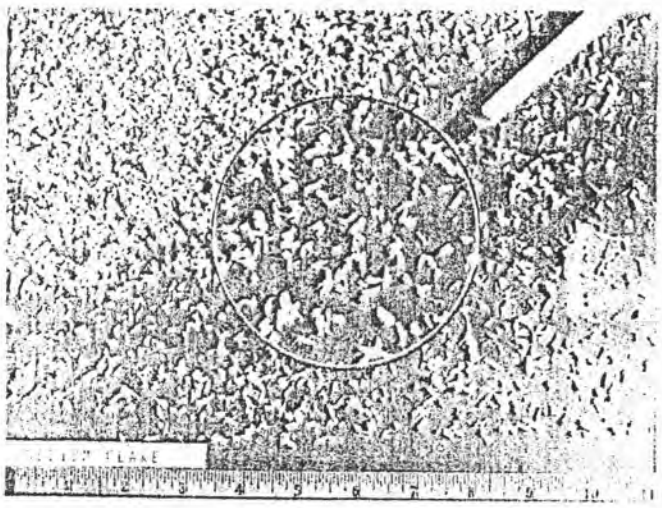
1. ชิ้นหยาบ (Coarse) มีขนาดที่ผ่านแร่ง B.S. mesh no. 5 ได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.3 ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด คุกกี้ และขนมอบ



Courtesy of Baker's Coconut

รูปที่ 2.3 มะพร้าวอบแห้งชนิดชิ้นหยาบ (Coarse)

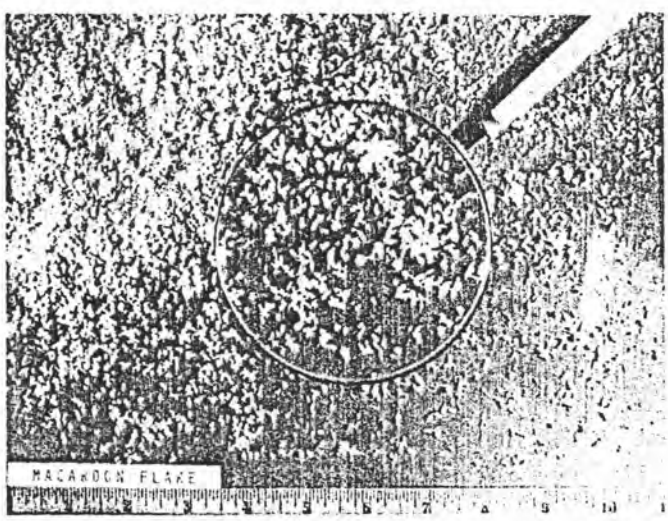
2. ชิ้นปานกลาง (Medium) มีขนาดที่ผ่านแร่ง B.S. mesh no. 8 ได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.4 ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด คุกกี้ และขนมอบ



Courtesy of Baker's Coconut

รูปที่ 2.4 มะพร้าวอบแห้งชิ้นปานกลาง (Medium)

3. ชิ้นละเอียด (Fine) ประกอบด้วยชิ้นที่ผ่านแร่ง B.S. mesh no.12 ได้ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.5 ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด คุกกี้ ขนมอบ



Courtesy of Baker's Coconut

รูปที่ 2.5 มะพร้าวอบแห้งชิ้นละเอียด (Fine)

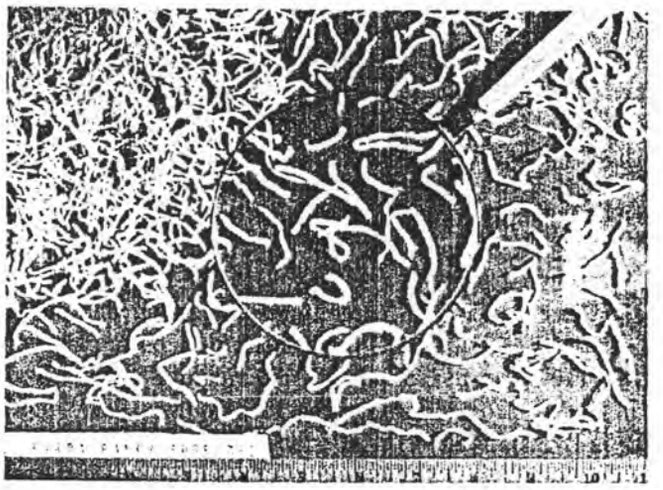
4. ชิ้นละเอียดมาก (Super fine) ประกอบด้วยชิ้นขนาดเล็กกว่า 1.00 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.6 ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด คุกกี้ ขนมอบ

Courtesy of Baker's Coconut

รูปที่ 2.6 มะพร้าวอบแห้งชิ้นละเอียดมาก (Super fine)

5. ชิ้นพิเศษ (Fancy type) ประกอบด้วย

5.1 ชิ้นฝอย (Shred) มีลักษณะเป็นเส้น ดังรูปที่ 2.7 หนาประมาณ 0.02 มิลลิเมตร ประมาณ 90% มีความยาว 1-3 นิ้ว ใช้แต่งหน้าเค้ก ผสมในขนมอบ



Courtesy of Baker's Coconut

รูปที่ 2.7 มะพร้าวอบแห้งชิ้นฝอย (Shred)

5.2 ชิ้นแผ่นบาง (Slice) มีลักษณะเป็นแผ่นดังรูปที่ 2.8 หนาประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร ประมาณ 80% มีความยาวประมาณ 1.5-5 นิ้ว นำไปเคลือบน้ำตาลหรือผสมในข้าวโพดคั่ว

Courtesy of Baker's Coconut

รูปที่ 2.8 มะพร้าวอบแห้งชิ้นแผ่นบาง (Slice)

<u>องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอบแห้ง</u> (13, 14, 15)

องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอบแห้ง ตามมาตรฐานของบริษัท Baker's Coconut ซึ่งเป็นบริษัทที่รับซื้อมะพร้าวอบแห้งรายใหญ่ในอเมริกา มาตรฐานของประเทศฟิลิปปินส์ และมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.120-2522) ของกระทรวงอุตสาหกรรม จะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวผลที่ทำมะพร้าวอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอบแห้ง (13,14,15)

องค์ประกอบทางเคมี	Baker's Coconut	Philippines	มอก.120-2522
ความชื้น	ชนิดผง 2.0-3.5% ชนิดเส้น 2.5-4.5% ชนิดแผ่น 4.0-5.0%	ชนิดผง 3.37%	ชนิดผง 3%
ไขมัน	67-71%	67.40%	60%
กรดไขมันอิสระ (คำนวณเป็นกรดลอริก)	≯ 0.15%	≯ 0.10%	≯ 0.3%

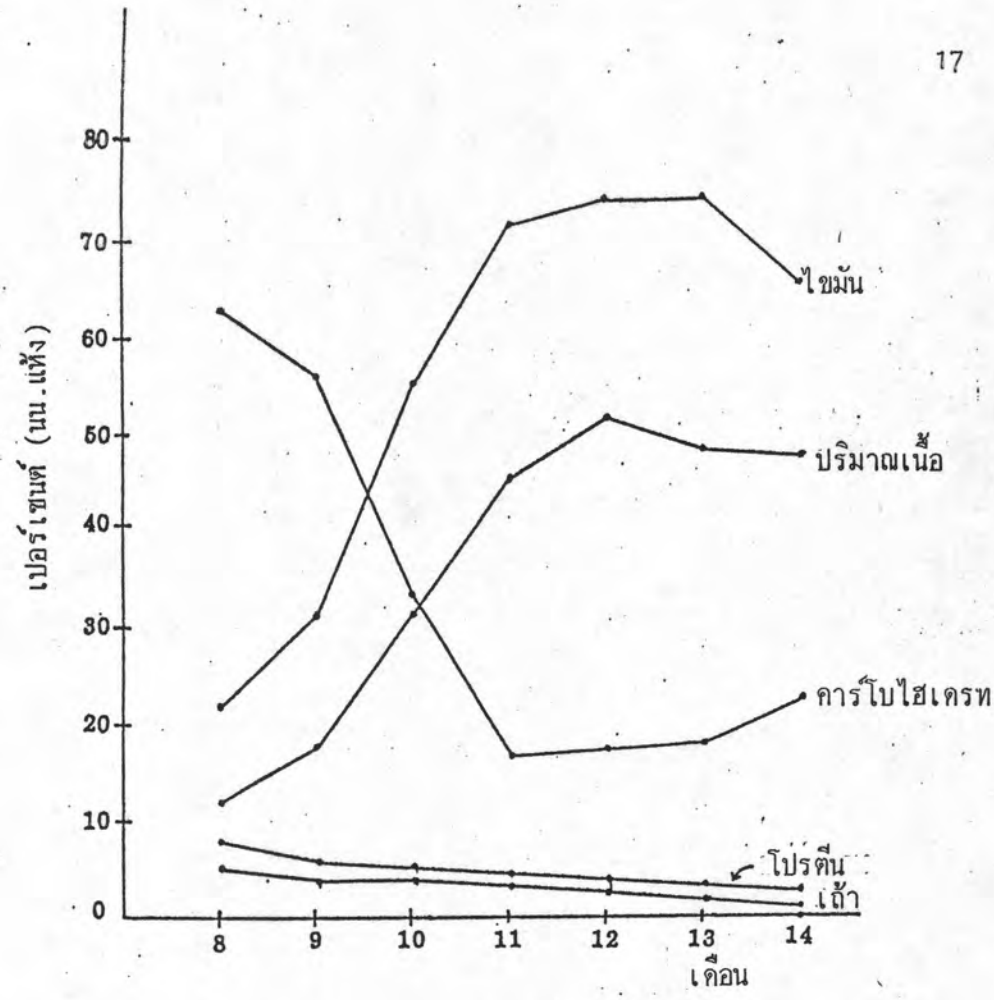
2.7 กรรมวิธีการผลิตมะพร้าวอบแห้ง (11,15)

1. การคัดเลือกผลมะพร้าว (Selection of nut) การผลิตมะพร้าวอบแห้งจำเป็นต้องมีการคัดเลือกมะพร้าวผลก่อนนำมาผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ พันธุ์และอายุของมะพร้าว พันธุ์ที่มีผลใหญ่เนื้อสีขาวหนา จะทำให้ได้ผลผลิตมะพร้าวอบแห้งสูง พันธุ์ที่มีไขมันมากจะดีเพราะถ้ามีไขมันมากจะทำให้มะพร้าวอบแห้งมีกลิ่นดีขึ้น (9) มะพร้าวที่แก่กำลังดีสำหรับเอามาใช้ในอุตสาหกรรมมะพร้าวอบแห้งควรเป็นมะพร้าวที่มีอายุ 10-12 เดือน และอย่างมากที่สุดไม่ควรเกิน 13 เดือน เพราะมันจะงอก Rajasekharan และคณะ (16) ได้ศึกษาผลของความแก่อ่อนของมะพร้าวผลที่มีต่อผลผลิตเนื้อมะพร้าวอบแห้งและองค์ประกอบต่าง ๆ พบว่า ผลมะพร้าวที่แก่เต็มที่ซึ่งมีอายุ 12 เดือน จะให้เนื้อมะพร้าวที่หนาและให้ผลผลิตมะพร้าวอบแห้งสูงกว่ามะพร้าวที่ยังไม่แก่เต็มที่ นอกจากนี้ยังพบว่าผลมะพร้าวที่มีอายุมากขึ้นจะมีความชื้น ไนโตรเจน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรทลดลง แต่ไขมันจะเพิ่มขึ้น สำหรับเถ้าจะไม่แตกต่างกันมากนัก และปริมาณกรดไขมันอิสระในมะพร้าวอบแห้งที่ทำจากมะพร้าวที่มีอายุต่ำกว่า 9 เดือน หรือน้อยกว่าจึงไม่เหมาะสมสำหรับนำมาแปรรูปเป็นมะพร้าวอบแห้ง เพราะจะให้ผลผลิตต่ำ และมะพร้าวที่มีอายุ 9 เดือน ต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่ามะพร้าวที่มีอายุมากกว่า 9 เดือน ซึ่งมีความชื้นน้อยกว่า ดังตารางที่ 2.4 และ 2.9

ตารางที่ 2.3 คุณภาพของมะพร้าวอบแห้งจากผลมะพร้าวที่มีอายุต่างกัน (16)

maturity	Yield of desiccated coconut kgs/100 nuts.	Chemical composition of the coconuts							Organoleptic quality of desiccated coconut
		Water %	Fat %	FA of fat expossed as lauric acid %	Protein N x (6.25) %	Carbo-hydrate % (by difference)	Crude fibre %	Ash %	
9 monthsold nuts	87	57.0	22.15	0.031	5.56	10.83	3.50	0.06	Taste of tender coconut jelly
10 " "	105	49.9	33.97	0.025	4.69	7.87	2.56	1.01	Slightyl inferior to desiccated coconut from more mature nuts
11 " "	124	45.6	37.43	0.023	4.13	8.88	2.77	0.99	
12 " "	136	43.5	30.27	0.024	4.19	9.31	2.81	0.92	Very little difference in quality. Good flavour and texture.
13 months old nuts stered for one month	130	42.9	30.13	0.023	3.04	10.13	2.97	0.03	

* FA = Free fatty acid



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวผลที่มีอายุต่างกัน (16)

2. การบ่มและเอาเปลือกนอกออก (Seasoning and husking) จะทำในสวน โดยจะเก็บมะพร้าวแล้วกองทิ้งไว้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ ก่อนนำไปปอกผ่า โดยกองในที่ที่สามารถป้องกันสัตว์รบกวนได้ และควรมีช่องว่างให้อากาศพัดผ่านไปมาเพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากมะพร้าวได้สะดวก การบ่มมะพร้าวไว้ก่อนนำมาปอกผ่าจะได้ผลดีคือ

2.1 ความชื้นของมะพร้าวที่ยังไม่แก่เต็มที่จะลดลง ทำให้ความชื้นเริ่มต้นต่ำ

2.2 น้ำมันที่มีอยู่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้มะพร้าวอบแห้งมีกลิ่นหอมขึ้นด้วย

2.3 ความหนาของเนื้อมะพร้าวเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตเนื้อต่อผลเพิ่มขึ้น

2.4 ผลมะพร้าวจะมีผิวเปลือกแข็งขึ้น มีสีน้ำตาล ทนทานต่อเชื้อแบคทีเรียได้มากกว่ามะพร้าวอ่อนซึ่งเปลือกยังเขียว

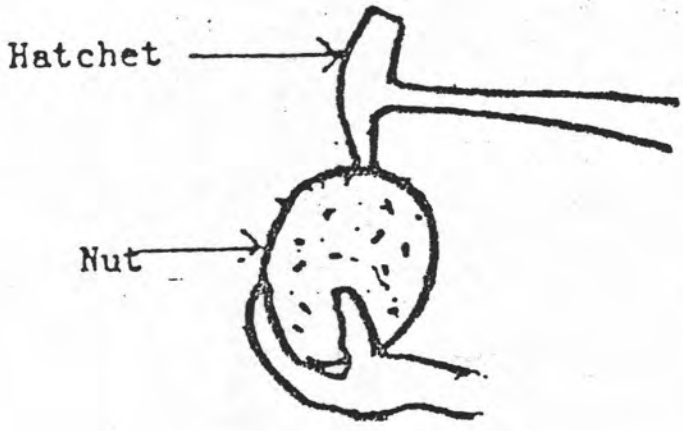
2.5 การปอกเปลือกทำได้ง่ายเพราะมะพร้าวที่มีเปลือกนอกเขียวจะเหนียวกว่ามะพร้าวที่มีเปลือกนอกสีน้ำตาล

2.6 กะลาจะแห้งและแข็ง สามารถแคะเนื้อออกจากกะลาได้ง่ายเพราะในช่วงที่กองทิ้งไว้เนื้อจะสูญเสียความชื้นและหดตัวจากกะลาทำให้แคะได้ง่าย

2.7 เมื่อนำกะลาไปทำเชื้อเพลิงจะมีควันน้อย

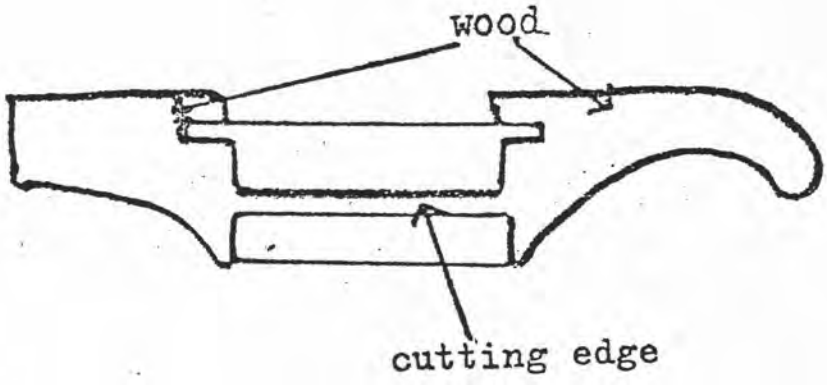
3. การกะเทาะกะลา (Shelling)

มะพร้าวที่ผ่านการบ่มไว้แล้วจะนำมาปอกเปลือกและกะเทาะกะลาโดยใช้ขวานเล็ก ๆ หรือมีด ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งมักจะใช้ผู้ที่มีความชำนาญทางด้านนี้ หลังจากนั้นก็แคะเนื้อออกจากกะลา คนที่ชำนาญจะสามารถกะเทาะกะลาออกได้ 2,000 ลูก ภายในเวลา 8 ชั่วโมง กะลาอาจนำไปเป็นเชื้อเพลิงของหม้อน้ำได้ หรือนำไปทำถ่านจากกะลามะพร้าว (Coconut shell charcoal)



รูปที่ 2.10 ลักษณะขวานที่ใช้กะเทาะกะลา (15)

4. การปอกผิวสีน้ำตาล (Paring) เป็นการปอกผิวสีน้ำตาลออกจากเนื้อสีขาว โดยใช้มีด ซึ่งเหมือนมีดปอกผลไม้ ดังรูปที่ 2.11 ในการปอกผิวสีน้ำตาลจะมีเนื้อมะพร้าวขาวติดไปด้วย 12-15 เปอร์เซ็นต์ ในฟิลิปปินส์ขั้นตอนการปอกผิวสีน้ำตาล จะใช้คนงานผู้หญิง และต้องใช้คนงานปอกผิวสีน้ำตาลมากกว่าคนงานกะเทาะกะลา เพราะการปอกผิวสีน้ำตาละจะใช้เวลานานกว่าการกะเทาะกะลา ในระหว่างปอกผิวสีน้ำตาล คนงานจะคัดผลที่อ่อนและมีตำหนิออก ผิวสีน้ำตาลจะถูกนำไปตากแดดหรือย่างไฟเพื่อเอาไปสกัดน้ำมันเกรด 2 น้ำมันจากผิวสีน้ำตาลจะมีคุณภาพต่ำกว่าน้ำมันมะพร้าวจะมีกรดไขมันอิสระสูงกว่า ส่วนมากนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสบู่



รูปที่ 2.11 ลักษณะมีดที่ใช้ปอกเปลือกผิวคำ (15)

5. การตัดและการล้างเนื้อมะพร้าว (Cutting and Washing) เนื้อมะพร้าวสีขาวที่ได้จากการปอกผิวสีน้ำตาลออกแล้วจะถูกผ่าซีก เพื่อเอาน้ำมะพร้าวออกนำไปใส่ถังเก็บไว้สำหรับใช้ประโยชน์อย่างอื่น แต่ส่วนใหญ่จะปนไปกับน้ำล้างแล้วลอยเป็นฝ้าขึ้นมา ตักฝ้าไปต้มแล้วคอยตักน้ำมันออก บางทีอาจใช้น้ำมะพร้าวเลี้ยงยีสต์ซึ่งจะเป็นโปรตีนสำหรับอาหารสัตว์ เมื่อผ่าซีกเนื้อมะพร้าวแล้วก็นำไปล้างด้วยน้ำที่มีคลอรีน คัดเลือกผลที่มีผิวสีน้ำตาลติดอยู่มาก เลือกผลที่มีการปนเปื้อน เสีย และสีไม่สวยออก

6. การลวกก่อนนำไปอบแห้ง (Blanching) ในระหว่างการผลิตมะพร้าวอบแห้งอาจมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ได้คือ

6.1 น้ำที่ใช้ในการผลิต ต้องมีความสะอาดเพียงพอ ควรมีการตรวจน้ำที่ใช้ในโรงงานอย่างสม่ำเสมอ และควรเติมคลอรีนลงในน้ำที่ใช้ในการแปรรูปด้วย ทั้งนี้ควรคำนึงถึงปริมาณของคลอรีนที่ใช้ จะต้องไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ และถ้าคลอรีนมากไปจะมีผลต่อกลิ่นรสของมะพร้าวอบแห้ง แต่ถ้าน้อยเกินไปก็จะไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด จุลินทรีย์ที่อาจมีการปนเปื้อนมากับน้ำได้แก่ พวก Enterobacteriaceae

6.2 ปนเปื้อนจากพื้นดินที่กองมะพร้าวไว้ก่อนนำมาแปรรูป จากปุ๋ยหรืออุจจาระวัวที่อยู่ใต้ต้นมะพร้าวเมื่อมะพร้าวตกลงมาอาจปนเปื้อนได้ มะพร้าวบางผลอาจเกิดการแตกระหว่างขนส่ง ทำให้น้ำมะพร้าวไหลออกมาที่ผิว ซึ่งจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ได้ จุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมากับดินและอุจจาระได้แก่ Salmonella sp.

6.3 ภาชนะหรือเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งมือและเท้าของคนงาน ถ้าไม่สะอาดจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลงบนมะพร้าวที่จะนำมาอบแห้งได้

ดังนั้นควรมีการทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเนื้อมะพร้าวก่อน โดยการลวกเนื้อมะพร้าว ซึ่งอาจทำได้โดยการลวกมะพร้าวที่เป็นชิ้นด้วยน้ำร้อน แล้วนำไปทำให้มีขนาดตามต้องการ อีกวิธี ทำมะพร้าวให้มีขนาดตามต้องการก่อนแล้วลวกด้วยไอน้ำ การลวกนอกจากจะทำลายจุลินทรย์แล้วยังยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของมะพร้าวอบแห้งในระหว่างการแปรรูป

7. การทำให้มีขนาดตามต้องการ (Cutting) เมื่อลวกมะพร้าวแล้วก็นำไปทำให้มีขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ คือ

7.1 ชนิดชิ้นละเอียด ทำได้โดยใช้เครื่องบด Hammer mill หรือเครื่องตัดให้เป็นชิ้นละเอียด (Moulinex type 588) รูปที่ 2.12 โดยใช้ใบมีดเบอร์ 3 จะได้มะพร้วว เป็นผงละเอียดขนาดต่าง ๆ กันหลายขนาด เมื่อนำไปอบให้แห้งแล้วต้องคัดขนาดอีกครั้ง

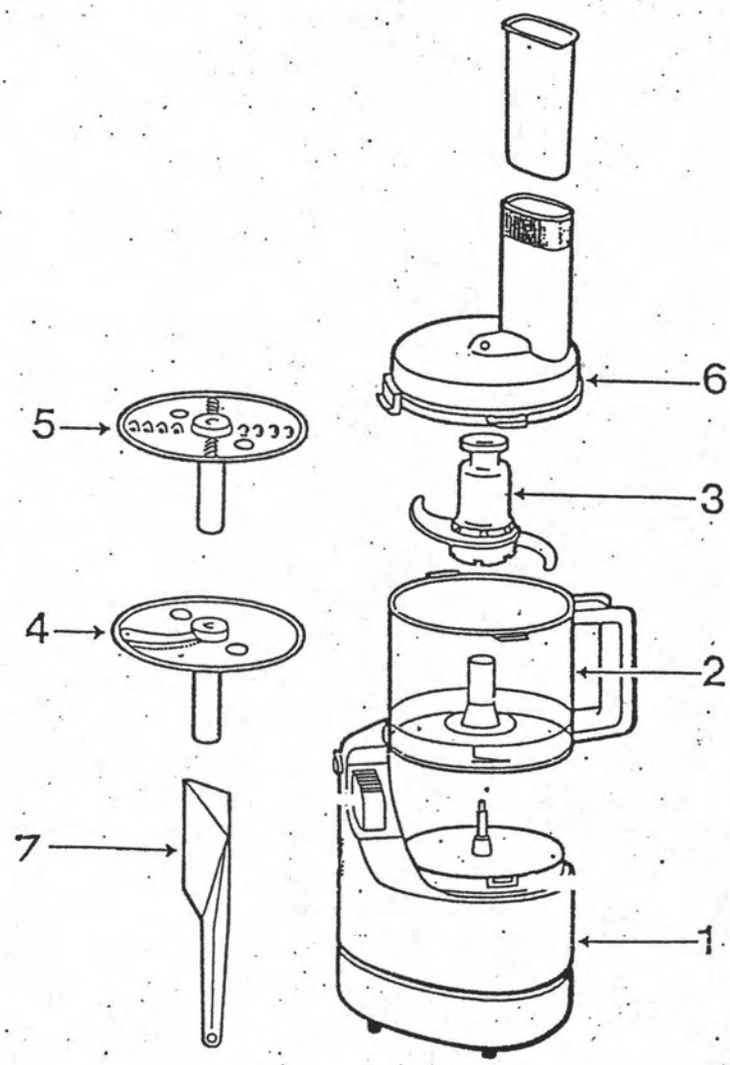
7.2 ชนิดเป็นเส้น ทำได้โดยใช้เครื่องตัดให้เป็นเส้น (Moulinex type 588) โดยใช้ใบมีดเบอร์ 5 จะได้มะพร้าวเป็นเส้นฝอยขนาดต่าง ๆ กัน

7.3 ชนิดเป็นแผ่น ทำได้โดยใช้เครื่องตัดให้เป็นแผ่น (Moulinex type 588) โดยใช้ใบมีดเบอร์ 4 หรือมีดปอกผลไม้ จะได้มะพร้าวเป็นแผ่นบาง ๆ

8. การอบแห้ง เป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารจนไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ในอาหารและของจุลินทรีย์ ที่จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร การอบแห้งต่างจากการตากแห้งตามธรรมชาติคือ การอบแห้งสามารถควบคุมสภาวะการอบให้เป็นไปตามต้องการได้ และทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่จำกัดเวลา ประหยัดเนื้อที่ที่ต้องใช้ในการทำงาน ยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดจากการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก จุลินทรีย์ แมลง และสัตว์อื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บนานขึ้น และสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอทุกครั้งที่ทำการผลิต (17)

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมมะพร้าวอบแห้งมีเครื่องอบแห้งแบบสายพาน (Continuous conveyor) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น แต่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้มะพร้าวมีสีเข้มได้ง่าย เครื่องอบแห้งอีกแบบคือ เครื่องอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน ซึ่งประกอบด้วยระบบให้ความร้อน (Seating system) และระบบการไหลเวียนของอากาศเพื่อถ่ายเทความร้อน (Air circulation system) โดยปัจจัยในการอบแห้งที่มีผลต่อระยะเวลาอบแห้งและคุณภาพของมะพร้าวอบแห้งที่ได้ คือ

1. PIE
2. BOWL
3. BLADE
4. BLADE
5. BLADE
6. COVER
7. SPATULA



รูปที่ 2.12 เครื่อง Moulinex type 588

1. อุณหภูมิ จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก การใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงจะลดเวลาในการอบแห้งได้ แต่อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้มะพร้าวมีสีเข้มซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ จากการวิจัยของ ชวลี สุรวัฒนานนท์ (18) พบว่าการทำมะพร้าวอบแห้งชนิดผงควรใช้อุณหภูมิในการอบ 70 °ซ แต่จะใช้เวลาในการอบนานถึง 4 ชั่วโมง ดังนั้นในการอบแห้งควรใช้อุณหภูมิที่ไม่สูงหรือต่ำเกินไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและระยะเวลาในการอบแห้งสั้น

2. ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมของอากาศที่ถ่ายเทภายในตู้อบแห้ง จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมะพร้าว โดยอากาศจะรับความชื้นที่ระเหยจากมะพร้าวและถ่ายเทออกสู่ภายนอก ดังนั้นถ้าการถ่ายเทอากาศในตู้อบลมร้อนเกิดได้เร็ว การระเหยน้ำจากมะพร้าวจะเร็ว ในขณะเดียวกันจะต้องควบคุมไม่ให้เกิดการระเหยน้ำจากมะพร้าวเร็วเกินไป เพราะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ของเนื้อมะพร้าวได้ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ที่ผ่านเข้าเครื่องอบแห้งต้องต่ำเพียงพอที่จะทำให้น้ำระเหยจากมะพร้าวได้เร็ว อัตราการระเหยน้ำจะต่ำลงเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น

3. พื้นที่ผิวของมะพร้าวที่จะอบแห้ง ถ้ามีพื้นที่ผิวมากก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนได้เร็ว การทำมะพร้าวให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น เพราะมีพื้นที่ผิวมากขึ้น และยังช่วยลดระยะทางที่ความร้อนจะถ่ายเทไปยังส่วนกลางของเนื้อเยื่อด้วย ขณะเดียวกันก็เป็นการลดระยะทางที่น้ำในส่วนกลางจะเคลื่อนออกมาที่ผิว

การทำมะพร้าวอบแห้งมีจุดประสงค์คือ ต้องการลดความชื้นปกติของมะพร้าวซึ่งประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือประมาณ 2.0-4.5 เปอร์เซ็นต์ โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของมะพร้าวอบแห้ง ถ้าเป็นชนิดผงละเอียดต้องอบให้มีความชื้น 2.0-3.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นชนิดเส้นและแผ่นต้องอบให้มีความชื้น 2.5-4.5 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5-4.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มะพร้าวสดจะมีไขมันประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแห้งแล้วจะมีไขมันประมาณ 60-68 เปอร์เซ็นต์ และมีกลิ่นรสของมะพร้าว นอกจากนี้ควรจะมีสีขาวเหมือนมะพร้าวสดอีกด้วย

9. การคัดขนาด มะพร้าวชนิดผงละเอียดซึ่งมีขนาดต่าง ๆ หลายขนาด เมื่ออบจนได้ความชื้นตามต้องการแล้ว จะนำมาคัดขนาดโดยใช้แร่งคัดขนาด (Vibrating screen sieves) แล้วบรรจุในถุงเพื่อเก็บต่อไป

10. การเก็บรักษาและควบคุมคุณภาพ ผลิตภัณฑ์มะพร้าวอบแห้งนี้จะต้องเก็บในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในบริเวณที่สะอาด แห้ง ห่างไกลจากท่อไอน้ำ ไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง ห่างไกลจากสารที่มีกลิ่นแรง เช่น น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เครื่องเทศ เพราะมะพร้าวมีไขมันเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งจะดูดกลิ่นได้ง่าย ระยะเวลาในการเก็บรักษามะพร้าวอบแห้งขึ้นกับอุณหภูมิ ในที่อุณหภูมิสูงมะพร้าวอบแห้งอาจเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น ภายใน 1-2 สัปดาห์ แต่จะเก็บได้นานที่อุณหภูมิต่ำ สภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 15-20 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ (14) โดยจะเก็บได้หลายเดือน สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่ออายุการเก็บของมะพร้าวอบแห้งคือ ภาชนะบรรจุ ซึ่งภาชนะบรรจุสำหรับอาหารแห้งที่ดีนั้นจะต้องป้องกันความชื้นและอากาศได้ดี มีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และราคาไม่แพง การใช้ Aluminium flame จะทำให้อาหารแห้งมีอายุการเก็บนานที่สุด แต่ราคาแพงไม่เหมาะสมกับอาหารแห้งบางประเภท ถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ ก็เป็นภาชนะบรรจุที่นิยมใช้บรรจุอาหารแห้งโดยทั่วไป ขึ้นกับความจำเป็นของอาหารแห้งแต่ละชนิด โดยจะคำนึงถึงความเหมาะสมและราคาด้วย

2. การเสื่อมคุณภาพของมะพร้าวอบแห้ง

1. <u>การเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล</u> (Browning reaction) การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารที่ผ่านความร้อนมาแล้ว หรืออาหารแห้งจะเป็นปฏิกิริยา Non-enzymatic browning ได้มีการศึกษาถึงกลไกของปฏิกิริยานี้สรุปได้ 3 แบบคือ (20,21)

- คาร์โบไฮเดรททำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาล ซึ่งทราบกันโดยทั่วไปว่าเกิด Maillard reaction ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้แม้จะมีคาร์โบไฮเดรทและกรดอะมิโนเป็นจำนวนเล็กน้อยก็ตาม

- Ascorbic acid degradation กรดแอสคอบิคสลายตัวจนได้สารสีน้ำตาลในขั้นสุดท้าย

- Caramelization เกิดจากน้ำตาลสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุล ซึ่งจะเกิดเมื่อได้รับความร้อนสูง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้แก่ อุณหภูมิที่เก็บ ความชื้น และการสัมผัสกับออกซิเจนของอาหารในระหว่างการเก็บหรือแปรรูป (21) พบว่า ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดเร็วขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับความชื้น เพราะถ้าความชื้นสูงปฏิกิริยา

การเกิดสีน้ำตาลจะช้าลง และสำหรับปริมาณออกซิเจนถ้ามีมาก ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเร็วขึ้น การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอาจทำได้ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง โดยผ่านกระบวนการบางอย่าง เช่น แช่น้ำ การรมควัน หรือแช่ในซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการลวก จะลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้อาจป้องกันโดยการบรรจุในสูญญากาศ

<u>การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาล</u> (22,23)

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการถนอมอาหารเป็นวิธีที่ใช้กันมานานแล้ว ซึ่งอาจใช้ในลักษณะเป็นกาซ หรือสารละลาย มีคุณสมบัติคือ ป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น ป้องกันการสูญเสียวิตามินซี และแคโรทีนในผลไม้ นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ โดยสารประกอบกำมะถันมีคุณสมบัติฆ่าเชื้อได้ และที่สำคัญนิยมใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทั้งที่เกิดจากเอนไซม์และที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิในการแปรรูปสูงได้ และลดเวลาในการแปรรูปลงโดยไม่ทำให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนแปลง หรือเกิดการไหม้ นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังมีราคาถูก และเป็นสารที่สามารถขจัดออกจากอาหารได้ง่าย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้อาจใช้ในรูปของกาซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกลือซัลไฟต์ ไบซัลไฟท์ หรือ เบตาไบซัลไฟท์ สารประกอบซัลไฟท์ต่าง ๆ จะให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากเกลือซัลไฟท์ต่าง ๆ (24)

สารประกอบ	สูตรโครงสร้าง	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (%)
แคลเซียมซัลไฟท์	$CaSO_3.1\frac{1}{2}H_2O$	23.0
โปตัสเซียมซัลไฟท์	K_2SO_3	33.0
โซเดียมซัลไฟท์	Na_2SO_3	50.8
โปตัสเซียมไบซัลไฟท์	$KHSO_3$	53.3
โซเดียมไบซัลไฟท์	$NaHSO_3$	61.6
โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟท์	$K_2S_2O_5$	67.4
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	$Na_2S_2O_5$	57.7

กลไกการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล Borton (22) พบว่าซัลเฟอร์-ไดออกไซด์จะไปรวมตัวกับ o-quinone ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ได้เป็นสารประกอบ quinone-sulfite ซึ่งไม่สามารถสลายตัวต่อไปเป็น melanin ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอาหาร มักจะใช้ในขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบก่อนนำมาแปรรูป ซึ่งอาจใช้ในลักษณะการรมควันกำมะถันหรือใช้ในรูปของสารละลาย แต่อาจทำให้เกิดการชะเอาน้ำตาล วิตามิน สารให้กลิ่นรสออกจากอาหารได้ กรรมวิธีการทำแห้งก็มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง พบว่าการทำแห้งด้วยการตากแดดจะสูญเสียซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่าการอบแห้ง และการอบแห้งโดยใช้สูญญากาศจะสูญเสียซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่าวิธีอื่น (25,26,27) การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอาหารที่นำมาทำแห้งจะต้องมีการควบคุมให้มีปริมาณพอเหมาะ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีผลต่อกลิ่นรสได้ ปริมาณที่ใช้ต้องคำนึงถึง

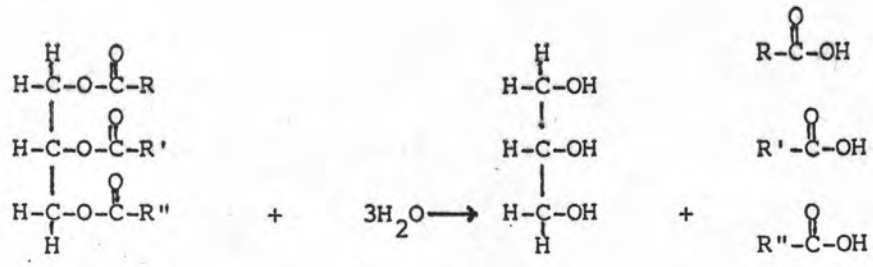
1. ข้อกำหนดทางกฎหมาย ซึ่งแต่ละประเทศกำหนดให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป

2. อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา จะมีการสูญเสียซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปเรื่อย ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ถ้าเก็บที่อุณหภูมิสูงและเก็บเป็นระยะเวลานานอาจต้องใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณสูงขึ้น

2. <u>การเกิดกลิ่นหืน</u>

มะพร้าวอบแห้งจะมีปริมาณไขมันในปริมาณสูง เมื่อเก็บไว้อาจเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ เนื่องมาจากการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน โดยทั่วไปพบว่า การเกิดกลิ่นหืนของไขมันมี 2 ลักษณะคือ (29)

2.1 การสลายตัวของไขมัน (Hydrolytic rancidity หรือ Lipolysis) เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดเร็วขึ้น ถ้ามีกรดหรือเอนไซม์อยู่ด้วย หรืออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ดังสมการ



ไตรกลีเซอไรด์ น้ำ กลีเซอรอล กรดไขมันอิสระ

2.2 การเติมออกซิเจน (Oxidative rancidity) เป็นปฏิกิริยาเนื่องจากกรดไขมันอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้สารประกอบ hydroperoxide ซึ่งจะสลายตัวต่อไปเป็นสารเคมีที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นหืน การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการเติมออกซิเจนนี้ จะมีผลต่อกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลยาว แต่การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากการสลายตัวของไขมัน จะเกิดเฉพาะในอาหารที่มีกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลสั้น ๆ เท่านั้น (30) การเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxidation) นี้เป็นปฏิกิริยาแบบ autoxidation หรือ asmospheric oxidation ทำให้เกิดสารประกอบ aldehydes หรือ ketones ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่ดีขึ้น

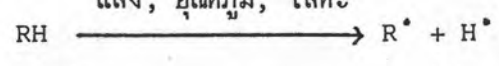
ปฏิกิริยาการเกิด oxidation ของไขมันที่ไม่อิ่มตัว แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. การเกิด oxidation ของไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวก polyunsaturated fat ทำให้เกิด polymeric end products

2. การเกิด oxidation ของไขมันที่ไม่อิ่มตัวปานกลาง อันเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น

ปฏิกิริยาการเกิด oxidation ของไขมันมี 3 ระยะคือ ระยะตั้งต้น (initiation) ระยะเพิ่มจำนวน (propagation) และระยะสิ้นสุด (termination)

1. ระยะตั้งต้น เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระของกรดไขมันเกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจมีแสง อุณหภูมิ หรือโลหะ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็ได้ ดังสมการ



กรดไขมัน อนุมูลอิสระ

2. ระยะเพิ่มจำนวน เป็นระยะที่อนุมูลอิสระ ($R^{\bullet}$) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้เป็นอนุมูล peroxy ($ROO^{\bullet}$) ซึ่งอนุมูล peroxy ($ROO^{\bullet}$) นี้จะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมัน ได้สารประกอบ hydroperoxide (ROOH) และกรดไขมันอิสระ ซึ่ง hydroperoxide ที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดปฏิกิริยาต่อไป ถ้ามีแสง ความร้อน และโลหะเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอีก และเกิดปฏิกิริยาต่อไปแบบเดิมต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ แบบลูกโซ่ ทำให้มีอนุมูลอิสระสะสมมากขึ้นในระบบ จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงระยะสิ้นสุด ดังสมการ

$$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$$

$$ROO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH \text{ (hydroperoxide)} + R^{\bullet}$$

$$ROOH \xrightarrow{\text{แสง, ความร้อน, โลหะ}} RO^{\bullet} + {}^{\bullet}OH$$

$$RO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROH + R^{\bullet}$$

$${}^{\bullet}OH + RH \longrightarrow H_2O + R^{\bullet}$$

3. ระยะสิ้นสุด เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระต่าง ๆ รวมตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ ดังสมการ

$$R^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow RR$$

$$RO^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow ROR$$

$$RO^{\bullet} + RO^{\bullet} \longrightarrow ROOR$$

$$ROO^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow ROOR$$

$$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet} \longrightarrow \text{various products}$$

เมื่อปฏิกิริยาถึงระยะสิ้นสุดแล้วจะมีสารประกอบ hydroperoxides สะสมในระบบเป็นจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบ hydroperoxides ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไป ได้เป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งมีกลิ่นไม่ดี เช่น aldehydes, ketones และ alcohol อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้คือ ชนิดของกรดไขมัน ถ้าอาหารประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก โอกาสที่จะถูก oxidize จะมากกว่าอาหาร

ที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณน้อย และถ้าเก็บอาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันไว้ในสภาวะที่มีโอกาสสัมผัสกับแสง รังสี หรือในที่ที่มีอุณหภูมิสูง มีออกซิเจนอยู่ด้วย จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น นอกจากนี้โลหะบางตัวอาจเร่งปฏิกิริยานี้ได้เหมือนกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งทองแดงและเหล็ก

การติดตามปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนทำได้หลายวิธี เช่น การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) การหากรดไขมันอิสระ การหาไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine number) และการหาค่า TBA (Thiobarbituric acid number)(31,32) ซึ่งวิธีการหาค่า TBA จะดีกว่าวิธีอื่น ๆ คือ

- การวิเคราะห์ไม่ต้องใช้สารละลายมาสกัดไขมันออกมาจากอาหารก่อนเหมือนวิธีอื่น ทำให้วิเคราะห์ได้รวดเร็ว สามารถติดตามปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นในไขมันชนิดที่สกัดไม่ได้ด้วยสารละลายธรรมดา (non extractable fat) เช่น phospholipids และไขมันที่รวมอยู่กับโปรตีน ซึ่งไขมันพวกนี้ทำให้เกิดกลิ่นหืนเหม็นมากกว่าไขมันพวกที่ถูกสกัดได้ด้วยสาร-ละลาย (extractable fat) เช่น triglyceride
- ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเนื่องมาจากวิธีการที่ใช้วิเคราะห์เอง
- ค่า TBA มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกลิ่นที่เกิดขึ้น
- ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ง่าย ๆ มี sensitivity สูง

จากการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบคาร์บอนิลที่มีอยู่ในอาหารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน สรุปว่าสารประกอบที่เป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดกลิ่นหืนคือ มาโลนัลดีไฮด์ (malonal-dehyde) ซึ่งแยกออกมาได้โดยวิธีการอุ่นด้วยไอน้ำ โดยอาหารที่ถูกนำมากลั่นมีสภาพเป็นกรด (32) มาโลนัลดีไฮด์ที่ถูกกลั่นออกมาสามารถทำปฏิกิริยากับ 2-thiobarbituric acid ให้สารละลายสีชมพู ดูดกลืนแสงได้ดีที่ 538 นาโนเมตร ปริมาณที่ถูกดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของมาโลนัลดีไฮด์ ความเข้มข้นของมาโลนัลดีไฮด์ต่อตัวอย่างอาหารหนึ่งกิโลกรัม คือค่า TBA ซึ่งแสดงถึงความมากน้อยของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้น

<u>การใช้สารกันหืนป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน</u> (33)

สารกันหืนเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่เติมลงในน้ำมัน ไขมัน หรืออาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ เพื่อชลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน กลไกในการชลอปฏิกิริยาออกซิเดชันคือ สารกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากระยะเริ่มต้น ของปฏิกิริยาออกซิเดชันของ

ไขมัน ถ้า AH เป็นสารกันหืน AH จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นดังสมการ

$$ROO^{\cdot} + AH \text{ (สารกันหืน)} \longrightarrow ROOH + A^{\cdot} \quad \text{หรือ}$$

$$RO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROH + A^{\cdot} \quad \text{หรือ}$$

$$R^{\cdot} + AH \longrightarrow RH + A^{\cdot}$$

เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำปฏิกิริยากับสารกันหืนที่เติมลงไปจะเหลืออนุมูลของสารกันหืน ($A^{\cdot}$) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมาก และจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบดังสมการ

$$A^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow AA$$

$$ROO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROOA$$

$$RO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROA$$

$$R^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow RA$$

จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น จะเห็นว่าสารกันหืนช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ สารกันหืนที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในอาหารมีหลายชนิดได้แก่ propyl gallate(PG), octyl dodecyl gallates, butylated hydroxytoleune (BHT), butylated hydroxyanisole (BHA), tertiary butyl hydroquinone (TBHQ), ascorbyl palmitate และ tocopherol ชนิดธรรมชาติและชนิดสังเคราะห์ และ dilauryl thiodipropionate (34)

สารกันหืนที่จะนำมาใช้ในอาหาร ควรเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ได้รับการอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ตามกฎหมาย หรือตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข มีประสิทธิภาพดีในอาหารทุกประเภทที่ใช้ นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการละลายและการกระจายตัวได้ดีในอาหาร ควรจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสและสีที่ไม่ดีขึ้นในอาหาร และที่สำคัญควรมีราคาถูก สารกันหืนหลายชนิดอาจใช้ร่วมกันได้โดยมีประสิทธิภาพดีกว่า การใช้สารกันหืนเพียงชนิดเดียว เช่น อาจใช้ BHT ร่วมกับ BHA หรือ PG ได้ แต่ BHA ไม่เสริมฤทธิ์กับ PG (30, 33) โดยทั่วไป BHT และ BHA จะทนต่อความร้อน แต่ BHA จะมีกลิ่นผิดปกติ เมื่อได้รับความร้อนสูง และ BHT จะมีราคาถูกกว่า BHA และ TBHQ มาก จึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย