

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การอบแห้งผลไม้

(สนชชาติ : 2532) นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การผลิตผลไม้แห้งโดยการตากแดด ก็ยังเป็นที่ยอมรับกันอยู่ แม้แต่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยเฉพาะกับผลไม้บางอย่าง เช่น องุ่น ทั้งนี้เนื่องจากการตากแดดก็มีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่นอาจไม่สามารถทำได้ดีกว่าสภาพอากาศที่แห้ง อากาศชื้น หรือผลิตภัณฑ์ที่อาจไม่สะอาดพอ การนำใช้เทคโนโลยีการอบแห้งสามารถช่วยแก้ปัญหาที่กล่าวมานี้ได้ แต่ก็มีข้อเสียอยู่บ้างเช่นต้องลงทุนสูง ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการดำเนินการ ซึ่งก็ต้องคำนึงถึงงานการอบแห้งผลไม้คือ กลิ่น สี และเนื้อของผลไม้ซึ่งต้องเป็นไปตามความต้องการของตลาด ตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

2.1.1 การเตรียมผลไม้ก่อนอบแห้ง (วิไลพงษ์ และคณะ : 2534)

การผลิตผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งให้ได้คุณภาพที่ดีต้องเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบที่ดีโดยเริ่มจากการเก็บเกี่ยวผลไม้ที่แก่ได้ที่ อาจต้องนำมาคัดขนาดก่อน จากนั้นจึงทำความสะอาดโดยการล้างบดเปลือก อาจต้องเจาะเอาแกนออก ตัดเป็นชิ้น แล้วจึงนำเข้าอบแห้ง ผลไม้บางชนิดที่ตัดเป็นชิ้นอาจมีปัญหาเรื่องการเปลี่ยนสี วิธีการแก้ไขคือต้องรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ อนุกรมของผลไม้เป็นผล และมีคราบไขมันจับตามผิวซึ่งจะทำให้การแพร่ของน้ำจากผิวภายนอกของผลไม้เป็นไปได้น้อย เราสามารถแก้ไขได้โดยจุ่มผลไม้ในน้ำร้อน หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 0.25-2 % เป็นเวลา 2-3 วินาที นอกจากจะชะล้างคราบไขมันออกแล้ว ยังจะทำให้ผิวของผลไม้เกิดรอยแยกเล็ก ๆ ซึ่งเป็นผิวที่น้ำแพร่ออกมาที่ผิวภายนอกได้ง่าย

2.1.2 เทคนิคการอบแห้งผลไม้แบบต่าง ๆ

วิธีการอบแห้งผลไม้ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ การใช้ลมร้อนโดยที่ตัวเครื่องอบอาจมีลักษณะเป็นแบบตู้ หรืออุโมงค์ หรือใช้สายพานอบแห้ง จนความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงถึงระดับหนึ่งแล้วจึงค่อยใช้วิธีการอบแห้ง นอกจากการอบแห้งด้วยลมร้อนแล้วยังอาจใช้วิธีการอบแห้งแบบอื่น ๆ เช่น การอบแห้งแบบแช่แข็ง การอบแห้งแบบไมโครเวฟ และการลดความชื้นโดยออสโมซิส

2.1.2.1 การอบแห้งแบบตู้ เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยลมร้อนภายในตู้ซึ่งมีฉนวนบรรจุผลิตภัณฑ์อยู่ วิธีการอบแห้งแบบนี้เป็นแบบพื้นฐาน มีที่วางกันโดยทั่วไปสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการอบแห้งผลไม้ประมาณ 60 - 70 °C ถ้าใช้สูงกว่านี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มซึ่งไม่สวย ผิวอาจเหี่ยวยุบมาก เวลาที่วางอบแห้งอาจจะหลายสิบชั่วโมง

2.1.2.2 การอบแห้งแบบอุโมงค์ เป็นวิธีการอบแห้งที่คล้ายกับการอบแห้งแบบตู้ แต่ตัวตู้มีความยาวมาก ทำให้ดูเหมือนอุโมงค์ ดังนั้นจึงมักเรียกกันว่าอุโมงค์อบแห้ง ภายในอุโมงค์จะมีรถเข็นจำนวนหลายคันบรรจุผลิตภัณฑ์วางอยู่ ทุก ๆ ช่วงเวลาหนึ่งจะมีการนำเอารถเข็นที่ผลิตภัณฑ์แห้งแล้วออกจากอุโมงค์ และพร้อมกันนั้นจะมีการบรรจุรถเข็นซึ่งมีผลิตภัณฑ์เปียกเข้าไปในอุโมงค์ทิศทางตรงกันข้ามของลมร้อนและรถเข็นอาจจะไปหลวมกัน หรือไหลสวนทางกัน

2.1.2.3 การอบแห้งแบบสายพาน โดยการอบแห้งผลิตภัณฑ์บนเครื่องขนถ่ายวัสดุแบบสายพาน ซึ่งตัวสายพานมีรูที่อากาศไหลผ่านได้ ส่วนมากมักจะอบด้วยความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปอบแห้งในถังอบแห้งต่อไป

2.1.2.4 การอบแห้งแบบแช่แข็ง เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์แช่แข็งมาแล้ว ภายใต้อากาศที่แห้งซึ่งระเหิดกลายเป็นไอ จึงเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีโครงสร้างที่ดี คือมีโครงสร้างเปิดเป็นรูพรุนซึ่งเป็นผลให้สามารถทำหักกลับคืนรูปเดิมได้ดี และรวดเร็ว มีกลิ่นดี เนื่องจากผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีความชื้นต่ำ ดังนั้นจึงต้องบรรจุหีบห่อภายใต้อากาศที่มีความชื้นต่ำเพื่อป้องกันการดูดความชื้นกลับ และอาจต้องใส่สารดูดความชื้น ภายใต้อุณหภูมิบรรจุผลิตภัณฑ์อบแห้งด้วยแม้ว่าการอบแห้งแบบแช่แข็งจะได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีเลิศ แต่การลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก็ค่อนข้างสูงมากด้วย ดังนั้นจึงยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่กำลังงานที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจริง ๆ

2.1.2.5 การอบแห้งแบบโรตารีเวฟ เป็นการอบแห้งโรตารีซึ่งวงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในตัวของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้แห้ง วัตถุชิ้นดังกล่าวจะถูกดูดกลืนโดยน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ดังนั้นการระเหยของน้ำจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก การอบแห้งโดยวิธีนี้ยังไม่มีเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเพราะต้องลงทุนและเสียค่าใช้จ่ายสูง

2.1.2.6 การลดความชื้นโดยออสโมซิส เป็นการลดความชื้นโดยกระบวนการออสโมซิส ซึ่งทำกับวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ที่ใส่ลงในน้ำเชื่อม เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์และน้ำเชื่อมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเกิดการแพร่ของน้ำจากผลิตภัณฑ์สู่น้ำเชื่อม ซึ่งเข้มข้นกว่า เราอาจลดความชื้นได้ครึ่งหนึ่งของความชื้นเริ่มต้น จากนั้นจึงนำวัตถุดิบอบแห้งตามปกติต่อไป

2.2 การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

มนุษย์รู้จักการใช้แสงอาทิตย์ในการตากแห้งเพื่อเก็บถนอมอาหาร การตากแห้งเสื้อผ้าและเครื่องใช้อื่น ๆ มาเป็นเวลานานแล้ว โดยประเทศโคลัมเบีย (วัฒนธรรม และ คณะ : 2530) ใช้วิธีการตากแห้งเมล็ดกาแฟ วัตถุดิบเมล็ดกาแฟใส่กระบะไม้หรือโลหะนำไปตากบนลาน ประสิทธิภาพการตากแห้งประมาณ 23 % การตากแห้งโดยวิธีนี้นิยมใช้กับพารเมซานชีส กล้วย ฝรั่ง และผลไม้แห้งอื่น ๆ

Phillips et al ได้ออกแบบเครื่องอบเมล็ดกาแฟโดยดัดแปลงหลังคาห้องอบไว้เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ และติดตั้งลมดูดอากาศ 2 เครื่อง เพื่อดูดอากาศจากช่องว่างระหว่างตู้ หลังคาทำเป็นพาดานเข้าและออกจากตู้อบ ภายในห้องอบประกอบด้วย ตู้อบ 2 ตู้ ตู้แรกเป็นตู้อบไว้แห้ง ตู้หลังเป็นตู้อบไว้ความชื้นภายในลดลง โดยอากาศจะผ่านตู้อบแรกไปยังตู้อบหลัง มีการควบคุมอุณหภูมิการอบไม่ให้เกิน 49 °C ผลการทดลอง สามารถลดความชื้นจาก 54 % เหลือ 12 % เมื่อใช้เวลานานตู้แรก 3 ชั่วโมง และอบนานตู้หลังประมาณ 24 ชั่วโมง และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณ 66 % เมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้า

pablo (1978) ได้ทดลองอบปลาในเครื่องอบแห้งแบบกล่องและแบบเดินที่ โดยไว้หลังความสูงอาทิตย์

เริงจิต โทชิเงริยู (2506) ทำการทดลองอบแห้งกล้วยโดยใช้น้ำร้อน โดยแห้งกล้วยก่อนอบในน้ำร้อน หรือน้ำเกลือพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 54 °C และกล้วยที่แห้งน้ำร้อน 1 สหรือน้ำเกลือให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของกล้วยอบแห้งปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์น้ำลดลงไปประมาณ 43 % จากกล้วยสุก ส่วนน้ำตาลเพิ่มขึ้น 8.36 % ไขมันลดลง 0.10 % กากอาหารเพิ่มขึ้น 0.28 % วิตามินซีในกล้วยสุกหายไปเมื่อเป็นกล้วยอบแห้ง

กรรณีย์ นิจรนท (2506) ทำการทดลองอบกล้วยน้ำว้า โดยผ่านขบวนการต่าง ๆ ก่อนการอบ เพื่อรักษาคุณภาพของกล้วย 3 วิธีคือ

1. ร่มควันกำมะถันก่อนอบแห้ง แบ่งเป็นกลุ่มแห้งและไม่แห้งสารละลาย sodium bisulfite 0.1 % ในเวลาต่างกัน
2. ร่มควันกำมะถันหลังอบแห้ง แบ่งเป็นกลุ่มแห้งและไม่แห้งสารละลาย sodium metabisulfite 0.1 % ในเวลาต่างกัน
3. ไม่ร่มควันและไม่แห้งสารละลาย sodium bisulfite 0.1 % พบว่าการร่มควันกำมะถันก่อนอบและหลังอบทำให้กล้วยอายุสั้นแตกต่างกันมาก และยังต่างจากที่ไม่ร่มควันด้วย ชนิดของสารละลายและระยะเวลาต่าง ๆ กันงานการอบแห้งสารละลาย ไม่ทำให้สีของกล้วยแตกต่างกันมากนัก และกล้วยน้ำว้าอบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ กล้วยที่ผ่านการอบใน sodium bisulfite 0.1 % ร่มควันกำมะถัน 52 นาที จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพของกล้วยจะเปลี่ยนไปเมื่อผ่านขบวนการอบแห้งแล้ว

ไพฑูรย์ ประดิษฐ์เวทิน (2511) ศึกษาการอบแห้งกล้วยหอมทองแห้ง โดยใช้เครื่องอบซึ่งให้ความร้อนแบบการแผ่รังสี แล้วยังอุณหภูมิในการอบต่าง ๆ กันคือ 53 °C, 63 °C โดยไม่มีการใช้สารเคมี และมีการใช้สารเคมี เช่น ร่มควันกำมะถัน และแห้งสารละลาย sodium metabisulfite พบว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 53 °C ให้เปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงกว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 63 °C และเปอร์เซ็นต์น้ำตาลไม่แตกต่างกันระหว่างกรณีที่ใช้หรือไม่ใช้สารเคมีจากการให้คะแนนโดยการชิมพบว่า กล้วยอบที่อุณหภูมิ 53 °C และร่มควันกำมะถัน ให้คะแนนสูงสุด

ที่กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม (2522) ได้ทดลองสร้างเครื่องอบแห้งแบบกล่องรูปสี่เหลี่ยม ภายในทาสีดำ ด้านบนปิดด้วยกระจกโปร่งใส เจาะเป็นรูเล็ก ๆ เพื่อระบายอากาศ และไอน้ำ ที่ระเหยออกจากวัสดุที่ด้านล่างและด้านข้างวัสดุอบแห้งในชั้นแรกอาจใช้ยี่ห้อว่า 1 คับบรรจุ ครั้งละ 200 ผล และพบว่า อุณหภูมิในเครื่องอบอยู่ระหว่าง 58-75 °C ถ้วยที่อบจะแห้งภายในเวลา 4-5 วัน และมีคุณค่าทางอาหารดีกว่าถ้วยที่ตากกลางแจ้ง

สำหรับกลุ่มวิทยาลัยครูภาคตะวันตก (2523) นั้นได้ทดลองอบกล้วยน้ำว้าในเครื่องอบแห้งแบบมีตัวรับรังสีผ่านร่าย ปิดด้วยพลาสติกทั้งหมด จากผลการทดลองพบว่า เวลาที่ใช้ในการอบกล้วยประมาณ 4 วัน และถ้วยที่อบจะสลายเกล็ดหรืออบดีเยี่ยมเมตารับรังสี 0.05 x 1 ชั่วโมง 30 นาที ตอนตาก ถ้วยอบที่ดีจะมีสีดีกว่าถ้วยอบกลางแจ้ง แต่รสชาติไม่แตกต่างกันมากนัก

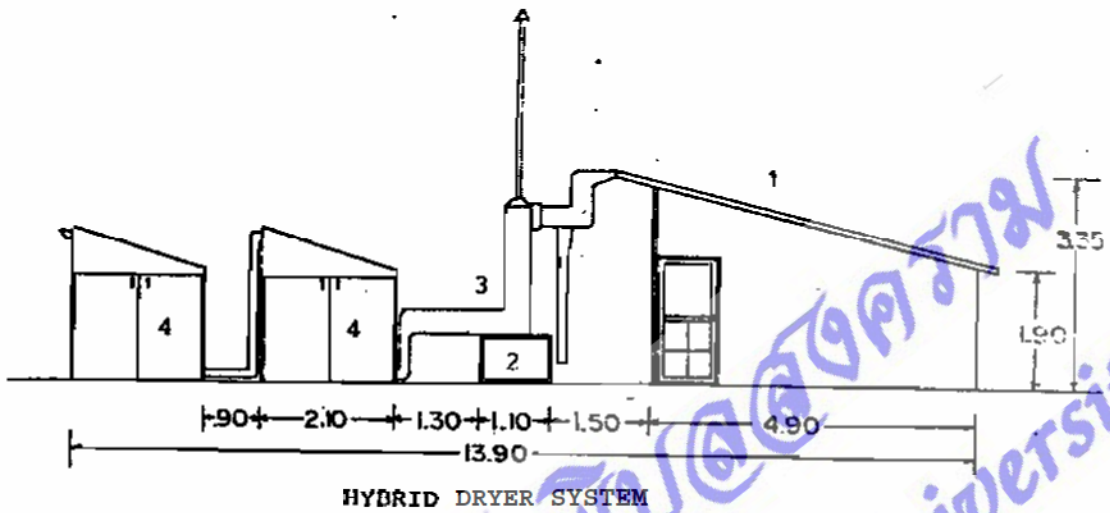
ส่วนคู่มือแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรมและคู่มือแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาขนาดเล็ก ๆ ที่ใช้ในการทดลองนั้นผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 1 สำหรับคู่มือแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของภาควิชาที่สร้างสำเร็จงานมี พ.ศ. 2529 (วันพิมพ์ และคณะ : 2534) ดังแสดงรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 การวางแผน Air Collector บนอาคารควบคุม

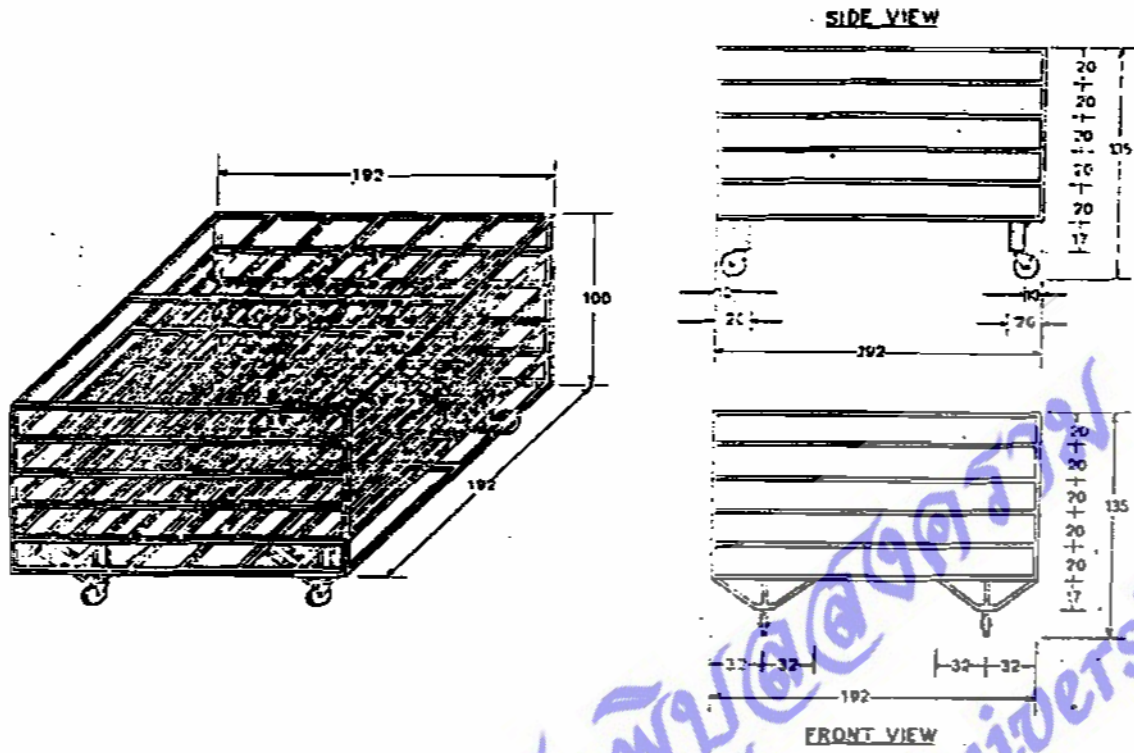


รูปที่ 2.2 โรงงานอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

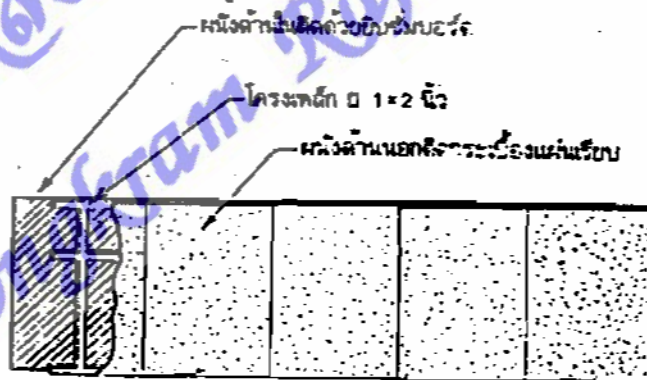


รูปที่ 2.3 เครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม

1. ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ (Air Collector)
2. เตาเผา (Burner Stove)
3. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)
4. เรือนกระจก (Green House 1,2)



รูปที่ 2.4 แบบรูปในวางแผงอาตลาไม้



ภาพตัด หน้าจตุรมุขด้านหน้า

รูปที่ 2.5 ภาพตัดหน้าจตุรมุข

2.3 การรวมกำมะถัน (Sulfuring)

วิจัย (2521) กล่าวว่าไว้ว่า การแช่ผลไม้ในสารละลายหรือรมด้วยกำมะถันในการผลิตอาหารสำเร็จรูปบางประเภทมีความจำเป็น เนื่องจากผลไม้บางชนิดหลังปอกเปลือกแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีที่ผิวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์และอากาศเป็นสาเหตุ กระตุ้นการเปลี่ยนแปลงนี้ การป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของผักผลไม้สามารถกระทำได้โดยการนำผักหรือผลไม้ที่จะรอการปฏิบัติขั้นต่อไปเช่นนำไปแช่ สารละลายเกลือเจือจาง สารน้ำตาล สารละลายกรดซิตริก หรือสารละลายเกลือกำมะถันหรือรมด้วยกำมะถัน เพื่อรักษาสีของผักและผลไม้ไม่ให้มีสีคล้ำ และการนำผักและผลไม้โดยอาศัยแสงอาทิตย์ บางครั้งบางวันไม่เพียงพอ จะต้องเก็บผลไม้และผักไว้ก่อน คั้นและผลไม้อาจเกิดการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ การแช่ผักและผลไม้ในสารละลายเกลือกำมะถันหรือรมด้วยกำมะถัน จะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดังเช่น รายงานของบุญมา (2528) พบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 200 ส่วนในล้านส่วน แช่มะม่วงในการแช่มะม่วงแช่ร้อนหนึ่ง พบว่าค่า pH ของมะม่วงที่แช่มากเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อทำการเก็บรักษาไว้นาน 6 เดือนในถุง polypropylene ปิดผนึกด้วยความร้อน พบว่ามะม่วงแช่ร้อนหนึ่งทำสารละลายเกลือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีสีเหลืองปกติ ในขณะที่ตัวอย่างเปรียบเทียบ (control) มีสีเปลี่ยนไปค่อนข้างคล้ำ

2.4 วัตถุประสงค์

กล้วยที่เข้าใจเป็นวัตถุประสงค์ในการอบแห้ง เป็นกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อน กล้วยเป็นไม้ผลที่ปลูกกันได้ง่ายกว่าไม้ผลชนิดอื่น ๆ กล้วยมีด้วยกันทั้งหมด 30 ชนิด และประกอบด้วยพันธุ์ต่าง ๆ มากมายหลายร้อยพันธุ์ทั้งที่มีเมล็ดและไม่เมล็ด สำหรับพันธุ์กล้วยที่ชาวไทยนิยมปลูกมีอยู่ 4-5 พันธุ์ เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของกล้วยพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ คุณค่าทาง อาหาร	กล้วยหอมทอง	กล้วยไข่	กล้วยหักมุก	กล้วยน้ำว้า
น้ำ (กรัม)	77.19	70.66	72.03	69.02
ไขมัน (กรัม)	0.73	0.34	0.83	0.76
โปรตีน (กรัม)	1.62	1.45	1.18	0.89
น้ำตาล	16.42	18.41	16.48	22.20
ซีลีเนียม	0.65	0.61	0.54	0.72
แคลเซียม (มก.)	14.27	13.54	21.67	19.99
ฟอสฟอรัส	21.08	24.71	28.79	25.09
เหล็ก	8.71	6.71	8.27	11.39
วิตามินซี (มก.)	11.06	16.90	11.99	18.35

ที่มา กรมส่งเสริมการเกษตร เอกสารทางวิชาการที่ 7 กล้วย หน้า 33 โดย
สมัย เจริญรัก, ไพโรจน์ พลประเสริฐ และอัมพวัน สัตยานุรักษ์. 2513

จากสถิติของสำนักงานเกษตรจังหวัดพิจิตร รายงานว่า ในปี 2533
จังหวัดพิจิตรปลูกกล้วย จำนวน 26,000 ไร่ ผลิต 14,000 ไร่ ส่วนมากปลูก
ในเขตอำเภอบางกระทุ่ม ซึ่งผลผลิตกล้วยที่ได้จะถูกนำมารับรูปเป็นกล้วยอบเป็นสินค้าที่มีชื่อ
เสียงของจังหวัด กล้วยอบนอกจากจะผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศแล้วยังมีการส่งออก
จากมายังต่างประเทศด้วย ในช่วงปี 2525 - 2529 มีการส่งออกกล้วยอบเพิ่มมากขึ้นจาก
ปีละ 32 ตัน เป็น 61 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,805,000 บาทในปี 2525 และ 2,768,000
บาท ในปี 2529

การเก็บเกี่ยว

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวของกล้วยน้ำว้าจะตัดเครือเมื่อกล้วยแก่เต็มที่โดยจะตัดเครือเมื่ออายุประมาณ 90 วันหลังจากช่อโผล่พ้นยอด ระยะเวลาที่กล้วยจะตกเครือหลังการปลูกปลูกกล้วยจะใช้เวลา 9 เดือน

การรมกล้วย

การรมกล้วยที่มาตรฐานต้องรมในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ตลอดจนความชื้นได้ หลักการรมมีดังนี้คือ

1. โดยการนำอุณหภูมิสูงในการเริ่มรมวันแรก โดยวิธีการใช้ผ้าพลาสติกคลุมกล้วยที่นำมาถ่วงรวมกันไว้ทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อทำให้กล้วยปล่อยแก๊สเอทิลีน (Ethylene) เพื่อเร่งให้กล้วยสุกเร็วและกล้วยสุกพร้อมกัน

2. วันที่ 2 ของการรมนำผ้าพลาสติกที่คลุมไว้ออก อัตราการสุกของกล้วยขึ้นกับการควบคุมอุณหภูมิของห้อง ถ้าอุณหภูมิสูงกล้วยจะสุกเร็ว

3. พยายามควบคุมความชื้น จนกว่ากล้วยจะเปลี่ยนสีจึงลดความชื้นเล็กน้อยลง มิเช่นนั้นกล้วยจะขึ้นรา

4. การถ่ายเทอากาศจะช่วยควบคุมการสุกของกล้วย การถ่ายเทอากาศช้าจะเร่งในการสุก แต่ถ้าถ่ายเทอากาศเร็วจะลดการสุกของกล้วย

การรมกล้วยโดยปกติจะใช้เวลาในการรมประมาณ 3-5 วัน ถ้าในฤดูร้อนการรมจะใช้เวลา 3-4 วัน ในฤดูหนาวจะใช้เวลาการรม 4-5 วัน

บทที่ 3

ทฤษฎี

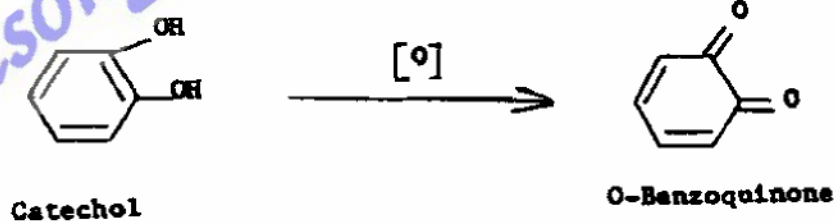
3.1 การเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ของผลไม้สด

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล มีสองชนิดคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เรียกว่าการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Enzymic Browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non Enzymic Browning reaction)

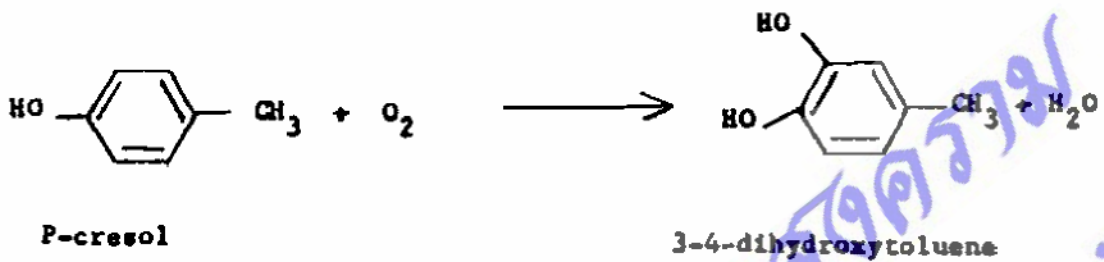
รายละเอียดของปฏิกิริยาดังนี้คือ

3.1.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้เป็นกลุ่มเอนไซม์ ซึ่งเรียกรวมว่า ฟีนอกซิเดส (phenolase) เช่น Phenoloxidase polyphenoloxidase catecholase tyrosinase phenolase complex การใช้ชื่อ phenolase เพราะเอนไซม์ที่แยกและทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถใช้เร่งปฏิกิริยาสองปฏิกิริยาคือ

ออกซิเดชันของออร์โธ-ไดไฮดรอกซีฟีนอล (o-dihydroxyphenols) ไปเป็นออร์โธควิโนน (O-quinones) ตัวอย่างเช่น การออกซิไดส์ catechol ไปเป็น O-benzoquinone



ไฮดรอกซีเลชันของโมโนไฮดรอกซีฟีโนล (monohydroxyphenols) ไม่เป็น
 ไฮดรอกซีฟีโนล เช่น ไฮดรอกซีเลชันของ p-cresol ให้เป็น 3,4-dihydroxytoluene



เมื่อหันหรือปกผิวผลไม้แล้ววางทิ้งไว้ จะเกิดเป็นสีน้ำตาลตรงบริเวณที่บอก การ
 เกิดสีน้ำตาลในอาหารส่วนใหญ่มิใช่เป็นที่ต้องการ อาจทำให้เกิดรสชาติไม่ดีและลักษณะภายนอก
 ดูไม่รับประทาน (แต่อย่างไรก็ตามการเกิดสีน้ำตาลหรือตกน้ำผลไม้แห้งบางอย่างก็เป็น
 ขอบรับ เช่น ลูกพรุน พลัม ลูกเกด) ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาของออกซิไร-
 ซิวโนน ที่เกิดขึ้นจึงเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ไม่มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องแล้วตามด้วยปฏิกิริยาโพลิ-
 เมอไรเซชัน (polymerization) ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากออกซิเดชัน Phenolase มีอยู่ที่วป
 านสัตว์และพืชบางชนิด ส้ม แดง รม มะกอก เพ็ด การที่ความร้อนแก่เอนไซม์นั้น
 ช่วงสั้นที่ 60 °C มันจะสูญเสียออกทิวิต

การเกิดสีน้ำตาล

ออกซิไร-คิวโนน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาที่มี Phenolase เป็นตัวเร่ง เป็น
 พรีเคอร์เซอร์ (Precursor) ของการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ที่ถูกปก ออกซิไร-คิวโนน มีสีเล็กน้อย
 แต่เป็นอินเทอร์มีเดียท (intermediate) ที่ไวต่อปฏิกิริยามากที่สุดตัวหนึ่งที่พบใน
 สิ่งมีชีวิตปฏิกิริยาเหล่านี้มีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอยู่ด้วย

วิธีควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง

1. การต้มหรือึ่ง ผักหรือผลไม้ต้องควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยการลวกหรือึ่งด้วยไอน้ำ แต่การให้ความร้อนโดยตรงไม่เหมาะเพราะจะเกิดกลิ่น cooked flavor และเนื้อเยื่อผลไม้เน่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อทำลายเอนไซม์เท่านั้น

2. การใส่สารละลายน้ำตาลจะช่วยป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ สารละลายน้ำตาลที่หอมล้นผลไม้จะช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อผลไม้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และสารละลายน้ำตาลเข้มข้นยังช่วยยับยั้งเอนไซม์ Phenolase ได้

3. การใส่สารเคมีเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยับยั้งเอนไซม์ Phenolase ที่มีอำนาจยับยั้งสูง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะต้องใช้กับผลไม้และผักที่บอบเปื่อยหรือผลไม้ เพื่อจะแทรกซึมเข้าภายในเนื้อได้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถรวมกับสารประกอบพวกคาร์บอนิล จึงต้องควบคุมปริมาณที่ใช้ถ้ามีสารประกอบพวกคาร์บอนิลอยู่ ควร **กิน** เพียงพอเพื่อยับยั้งเอนไซม์ Phenolase ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถทำลายเอนไซม์ Phenolase ได้อย่างรวดเร็วและต้องคำนึงถึงอากาศออกซิเจนที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อถ้ามีปริมาณพอเพียงจะทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ จึงต้องใส่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้แทรกเข้าภายในแต่ละชั้นด้วย เช่น ในการทดลองกับกล้วยโดยตรงหั่นเป็นแว่น ๆ แล้วแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ (NaHSO_3) ซึ่งจะมีผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การควบคุมทางอุตสาหกรรมมาใช้ระบบสุญญากาศกับสารละลายของ SO_2 และสารละลาย NaCl 2-3 % แช่และเมื่อปลอดจากสุญญากาศ อากาศภายนอกจะดัน SO_2 ให้แทรกเข้าภายในเนื้อกล้วย การแทรกน้ำ SO_2 อีสาระจะได้ผลดีกว่า SO_2 ในรูป NaHSO_3 แต่จะมีปัญหาในการควบคุมความเข้มข้นของ SO_2 ไม่ทำให้เกินตามข้อบังคับของกฎหมายควบคุมอาหารและมาตรฐานอาหารสากล

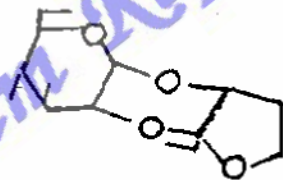
กรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์ (reduced) ออร์โท-ควิโนนที่เกิดจาก Phenolase ไปเป็นออร์โท-ไฮดรอกควิโนน ซึ่งจะช่วยป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ผลไม้ที่มีกรดแอสคอร์บิกจะป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ กรดซิตริกก็ใช้ได้

อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate) หรือ ATP สามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้โดยการเกิดสารริคิวส์ต้านอาหารกระป๋อง เช่น แอบเบิล คีมันท์ แต่ ATP ราคาสูงไม่คุ้มกับการลงทุน

3.1.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องคือ

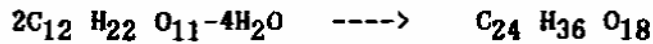
1. ปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อเอนไซม์สารประกอบในธรรมชาติหายไป เมื่อเผาไหม้ตาลในสภาวะแอนไฮดรัส (anhydrous condition) หรือที่น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงทำปฏิกิริยากับกรดเจือจางจะเกิดคาราเมลไรเซชัน เกิดน้ำตาลแอนไฮดรัส (anhydrosugars) เช่น glucose เป็น glucosan (1,2-anhydro-2-D-glucose) และเลวูกลูโคซาน (Levoglucozan) หรือ 1, 6-anhydro-β-D-glucose ส่วน fructose ทำปฏิกิริยาในสภาวะเดียวกันได้เลวูโลซาน (Levulosan) หรือ 2, 3-anhydro-β-D-fructo furanose

จากการทดลองเกี่ยวข้องการเผาไหม้ที่ 200 °C มีการเปลี่ยนแปลง 3 ขั้นตอนในระหว่างที่มีการสูญเสีย น้ำที่ไอระเหยออก (Isosacchrosan) คือโมเลกุลของซูโครสที่มีน้อยลง 1 โมเลกุล (1,3',2,2'-β-dianhydro-2-d-glucopyranosyl-β-D-fructo furanose) มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อย นอกจากนี้ยังได้สาร anhydrous อื่น ๆ

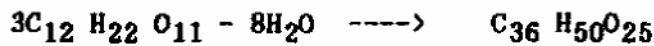


Isosacchrosan

ขั้นแรกซูโครสจะหลอมเดือดเป็นของเหลวเกิดต่อเนื่องกัน 35 นาที ในระหว่างนี้ซูโครสจะสูญเสีย น้ำ 1 โมเลกุล และการเดือดเป็นของเหลวจะหยุดชะงัก หลังจากนั้นจะเกิดฟองฟูเป็นครั้งที่สองและเกิดอยู่นาน 55 นาที ในระหว่างนี้จะสูญเสีย น้ำรวม 9 % และได้สารประกอบคาราเมลาน (caramelan) หลอมที่ 138 °C ละลายได้ น้ำและแอลกอฮอล์ มีรสขม เป็นรงควัตถุมีสูตร $C_{24}H_{26}O_{18}$ ตั้งสมการ



ขั้นที่สามของการเคี้ยวเคี้ยวจะเกิดรงควัตถุคาราเมลเลน (caramelin) เริ่มหลังจาก 55 นาทีแล้ว ดังสมการ



คาราเมลเลนหลอมที่ 154 °C ละลายน้ำเผาต่อไปเกิดฮิวมิน (Humin) ไม่หลอมละลายและมีลักษณะเป็นก้อนสีน้ำตาลเข้มสูงเรียกการาเมลลิน (caramelin) สูตร $C_{125}H_{188}O_{80}$

รงควัตถุเหล่านี้เป็นพวกคอลลอยด์ จากการค้นพบของ Miroschnikova (1970) คือรงควัตถุคาราเมล ประกอบด้วยหมู่ต่าง ๆ คือ หมู่คาร์บอนิล คาร์บอกซิล และเอนอลิก (enolic group) หมู่ไฮดรอกซิลที่มีความเป็นเบสต่าง ๆ กัน มีหมู่ฟีนอลิก phenolic hydroxyl group อยู่ เพราะสังเกตเห็นว่าหลักเป็นตัวทำสีของคาราเมลเข้มขึ้น และสารเหล่านี้สามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับเหล็กเกิดสีคล้ำ ความเป็นกรดต่างมีความสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลเช่นกัน เช่น เกิดที่ pH ต่างกันจะเกิดเร็วต่างกันที่ pH 8 ปฏิกิริยาเกิดเร็วกว่าที่ pH 5.9 ถึง 10 เท่า

2. ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาของกรดอะมิโน โดยเฉพาะ 1°-amine และ 2°-amine และโปรตีนที่มีผลต่อน้ำตาล ปฏิกิริยานี้ค้นพบโดย Maillard ในปี 1912 น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ซึ่งมีหมู่คาร์บอนิลอิสระมีส่วนสำคัญเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานี้ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะได้เมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์และโคพอลิเมอร์สีน้ำตาลประกอบด้วยไนโตรเจน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ

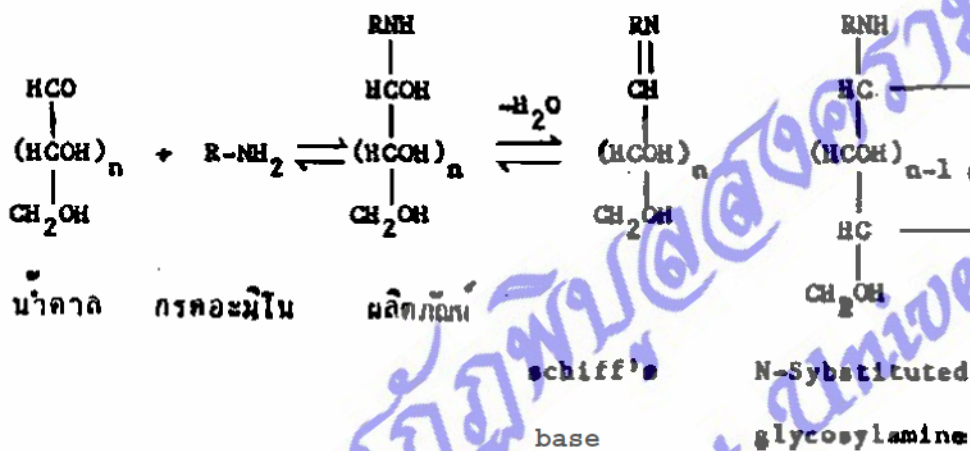
ขั้นที่ 1 ฟอร์มิล ไม่ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ขั้นที่ 2 ฟอร์มิล หรือมีสีเหลืองดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ขั้นสุดท้าย มีสีเข้มขึ้น

ปฏิกิริยาทั้งสามขั้นซึ่งศึกษาจนกระจ่างแล้วคือ

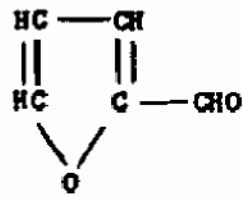
1) ปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลแอลโดส (aldose) หรือ คีโตส (ketose) กับ 1', 2' เอมีนจะเข้าที่ schiff's basic ก่อนแล้วเกิดเป็น N-substituted glycosylamine



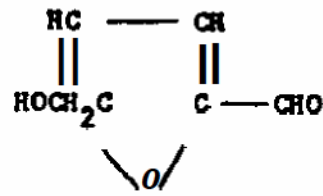
3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล

อุณหภูมิ ความชื้นและออกซิเจน ปัจจัยทั้งสามมีผลต่ออาหารในระหว่างขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษาอาหารล้วนมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร พบว่าอุณหภูมิยิ่งสูงจะยิ่งทำให้ผลสีน้ำตาลแก่ทั้งมีสีน้ำตาลคล้ำเร็ว ความชื้นสูงก็เช่นเดียวกัน

น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugars) อาจเกิดการแตกตัวไปเป็นเฟอร์ฟูรัล (furfurals) ถ้ามีแร่ธาตุหรือกรดอินทรีย์อยู่ น้ำตาลเพนโทสจะให้ 2-furfuraldehyde ส่วนน้ำตาลเฮกซอสจะให้ 5-hydroxyrethgl-2-furfuraldehyde



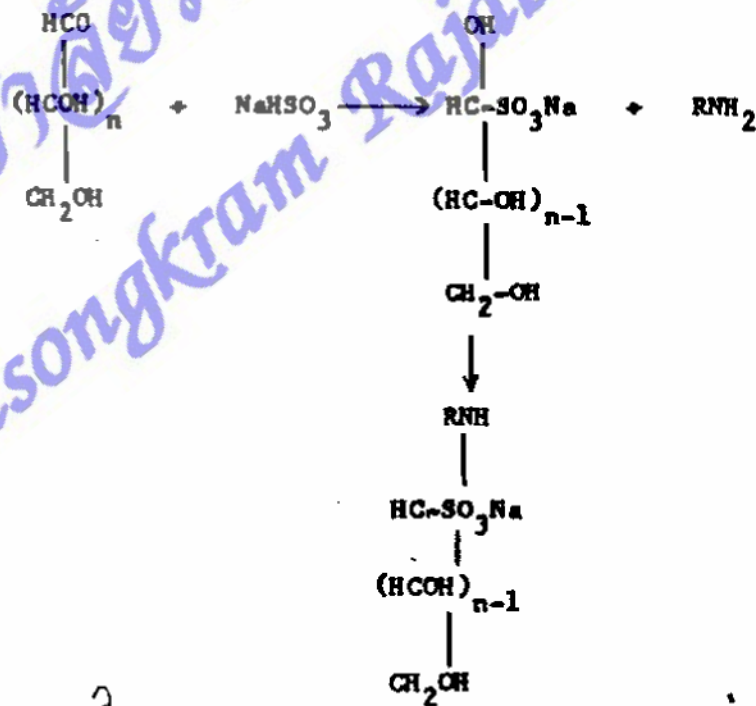
Furfuraldehyde



5-Hydroxymethyl furfural

เพื่อที่วัลสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน หรือสารประกอบเอมีนนำไปสู่การเกิดรงควัตถุสีน้ำตาล

การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เอนไซม์เกี่ยวข้องทำไว้กันแพร่หลาย คือ ใช้รัลเพอร์ออกไซด์หรือรัลไฟด์ รัลไฟด์จะรวมกับหมู่คาร์บอนิลอิสระและขัดขวางการเกิด schiff's base ดังสมการ



๖
๖๖๐.๒๙๕๒๖
๐.๔๙๐
๑.๒

123009

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และโซเดียมสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในอาหารตากแห้ง แต่อย่างไรก็ตาม
ตามอุณหภูมิในการเก็บ ปริมาณความชื้นมีผลทำให้เกิดการสูญเสียซัลเฟอร์ไดออกไซด์และโซเดียม
ได้ จึงต้องคำนึงถึงปริมาณที่จำกัดด้วย

ในการตรวจสอบคุณภาพและวิจัยผลไม้อบแห้ง โดยศูนย์แห่งพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะ
เน้นผลิตภัณฑ์กล้วยอบเป็นหลัก ส่วนผลไม้อบแห้งอื่นที่วิจัยทางด้านคุณภาพคือ มะม่วงแช่อิ่ม
และมะขามแช่อิ่มอบแห้งบ้างมีมากนั้ก มะขามอบแห้งโดยจะวิเคราะห์ปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาล
และปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลไม้อบแห้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 กระบวนการผลิตกลัวยอบแห้ง (วัตถุดิบ และคณะ : 2534)

4.1.1 การผลิตกลัวยอบแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้คือกลัวยอบแห้งจะใช้กลัวยับน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตกลัวยอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การผลิตกลัวยอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 1 การบ่มกลัวย น้ำกลัวยับน้ำที่ผ่านการกรองและกรองความสูง 5 ซม. แล้วบ่มโดยการคลุมด้วยผ้าพลาสติกเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และให้ก๊าซชีวภาพที่กลัวยับโดยสม่ำเสมอพร้อมกันทั้งหมด ใช้ผ้าพลาสติกคลุมไว้ 1 คืน หลังจากนั้นเปิดผ้าคลุมออกปล่อยให้กลัวยับสูงอุณหภูมิแล้วจึงนำกลัวยับไปเตรียมเพื่อใช้

ขั้นตอนที่ 2 การบ่มกลัวย น้ำกลัวยับที่อุณหภูมิสูงหรือจัดด้วยน้ำที่ความสะอาดกลัวย แล้วนำกลัวยับไปบ่มและถึงเส้นใยออกทั้งหมด พร้อมกับชั่งน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 3 การอบแห้งกลัวย น้ำกลัวยับที่บ่มแล้วเรียบบนตะแกรงวางบนรถเข็น แล้วนำเข้าสู่อบแห้ง โดยจะอบตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึง 16.30 น. อุณหภูมิที่ใช้งานการอบประมาณ 40-50 °C จะเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมและให้ความชื้นภายในประมาณ 40-50 x โดยทำการอบประมาณวันละ 6.5 ชั่วโมง เป็นจำนวน 4 วัน

ขั้นตอนที่ 4 การหมักกลัวย ภายหลังจากกลัวยับเข้าสู่อบแห้งประมาณ 6.5 ชั่วโมงทุกวัน ตอนเย็นจะนำกลัวยับออกจากตู้อบเก็บวางเรียงบนถาดเพื่อหมักให้มีความชื้นและมีความชื้นและมีเนื้อนุ่มและทำให้กลัวยับมีกลิ่นง่าย

ขั้นตอนที่ 5 การบ่มกลัวย กลัวยอบแห้งเมื่ออบแห้งตอนกลางวันและเก็บหมักในตอนกลางคืนครบ 4 วัน โดยตรวจสอบความชื้นประมาณ 30 x นำกลัวยอบแห้งมาบ่มด้วยเครื่องบ่มกลัวย

ขั้นตอนที่ 6 การอบแห้งกล้วยแบบ เมื่อนำกล้วยแบบเสร็จแล้วจะนำมาอบแห้งต่อ
อีก 1 วัน ตรวจสอบความชื้น ให้ได้ประมาณ 25 %

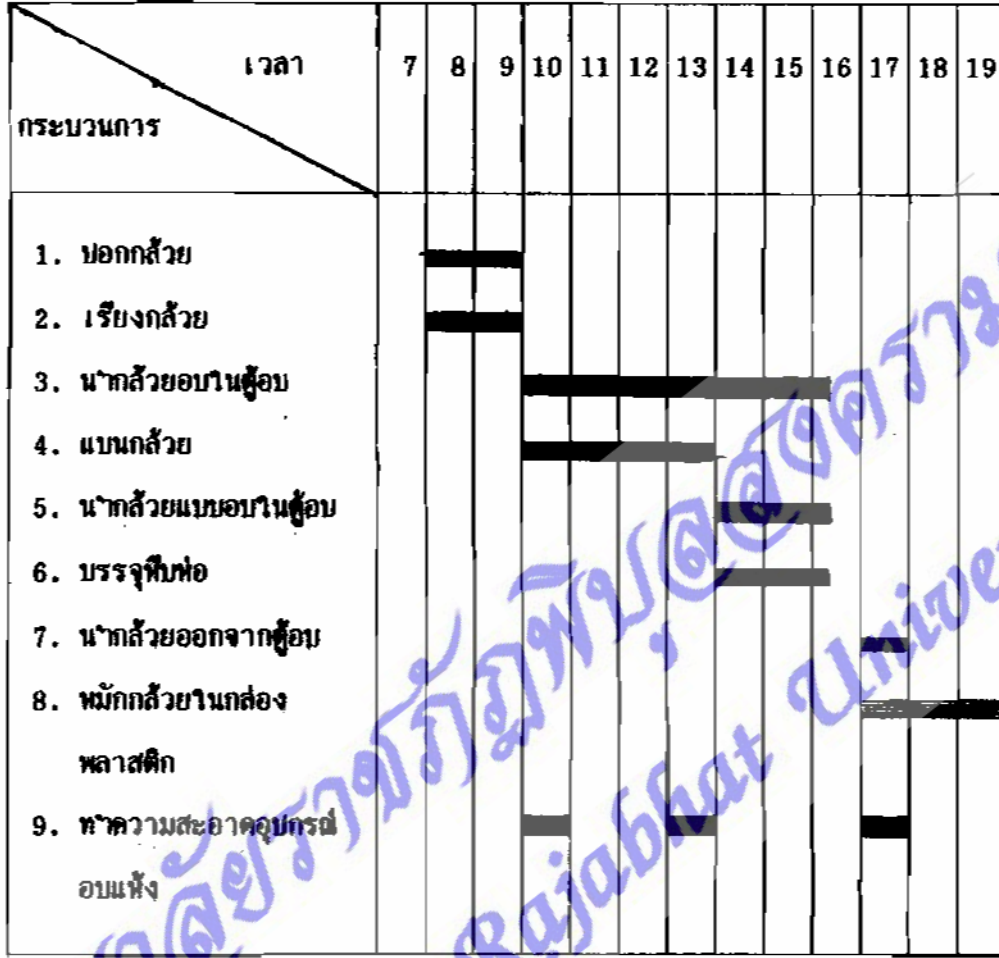
ขั้นตอนที่ 7 การบรรจุหีบห่อ นำกล้วยที่ผ่านการอบแห้งเสร็จเรียบร้อยแล้วเก็บมา
กลั่นเพื่อเตรียมบรรจุหีบห่อ การบรรจุหีบห่อบรรจุ 2 แบบ แบบแรกเป็นการบรรจุด้วยถุง
พลาสติก แล้วปิดปากถุงด้วยลวดความร้อนป้องกันอากาศชื้นภายนอกแล้วเข้าไปในถุง การบรรจุ
แบบที่ 2 เป็นการบรรจุโดยใช้กล่องพลาสติก แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกป้องกันอากาศชื้นภายนอกแล้ว
เข้าไปในกล่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 4.1 พังงานของกระบวนการอบแห้งกัลยา

ตารางที่ 4.1 ตารางการดำเนินงานของกระบวนการอบแห้งกล้วย



█ ความดำเนินงานตลอดคืน

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University

4.2 การตรวจสอบคุณภาพ

4.2.1 ส่วนประกอบของกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าที่จะนำมาทำกล้วยอบนั้นควรเป็นกล้วยน้ำว้าที่เก็บเกี่ยวแล้วทิ้งไว้ให้สุกถึงระยะที่เรียกว่า eating ripe ถึงหลังจากนี้ประมาณหนึ่งวันระยะนี้กล้วยจะมีกลิ่นและรสชาติดี ขณะที่สุกซึ่งเป็นผลมาจากความหวานของน้ำตาลที่เปลี่ยนแปลงมาจากสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตพวกแป้ง เป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose) เป็นส่วนมาก รองลงมาคือ ฟรุคโทส และซูโครส (fructose & sucrose) น้ำตาลในกล้วยดิบมีประมาณ 1-2 % ในผลสุกประมาณ 15-20 % ปริมาณแป้งในผลดิบประมาณ 20 % ผลสุกประมาณ 1-2 % ส่วนปริมาณกรดผลกล้วยเมื่อกำลังใกล้จะสุกหรือกำลังจะสุก จะมีปริมาณกรดสูงสุดและจะลดลงตลอดเวลาจนกล้วยสุกเต็มที่ กล้วยดิบมีปริมาณกรดอยู่ระหว่าง 5-5.8 % ผลสุกปริมาณกรดระหว่าง 4.2-4.8 % ผลดิบมีกรดออกซาลิกมากที่สุด รองลงมาเป็นกรดมาลิกและกรดซิตริก แต่เมื่อผลสุกปริมาณกรดออกซาลิกลดลงทำให้มีปริมาณกรดมาลิกสูงสุด

ส่วนแทนนิน ซึ่งทำให้เกิดรสฝาดในผลดิบ เมื่อกล้วยสุกแทนนินจะลดลงถึงห้าเท่าและเมื่อกลิ้งกล้วยน้ำว้าเป็นกล้วยดิบจะมี คลอโรฟิลล์ แคโรทีน และแซนโทฟิลล์รวมกัน ขณะที่กล้วยสุกสีที่เขียวของเปลือกกล้วยจะเปลี่ยนเพราะคลอโรฟิลล์ลดลงจนเกือบหมด ทำให้แคโรทีนและแซนโทฟิลล์เห็นเด่นชัดขึ้น ส่วนปริมาณไขมันในกล้วยอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 % เท่านั้น ปริมาณโปรตีนในกล้วยพบว่าไม่น้อยกว่าประมาณ 1.66 % สารระเหยที่สามารถดมกลิ่นได้ขณะสุกคือกลิ่น amyloacetate ในการดำเนินงานวิจัยจะวิเคราะห์หาปริมาณของกรดคาร์บอนิกของกรดมาลิกซึ่งมีมากที่สุดเมื่อกล้วยสุกและน้ำตาลในรูปรีดิวซ์ (reducing sugar) ซูโครสและน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของกล้วยอบในด้านรสชาติและการเปลี่ยนสีของกล้วยอบ

จากการทดลองพบว่าความสุกของกล้วยมีผลต่อคุณภาพของกล้วยอบมาก กล้วยอบจะมีคุณภาพดี มีสีเหลืองทองน่ารับประทานถ้าตากโดยถูกต้องตามกรรมวิธีและสุกในระยะ eating ripe คือกล้วยทั้งผลจะเหลืองตลอดผลและลักษณะเนื้ออ่อนนุ่ม แต่ยังไม่เละถ้าเลยระยะ eating ripe กล้วยจะเริ่มเละอบแล้วคุณภาพของสีกล้วยอบจะสีคล้ำ แต่รสชาติจะหวานมาก

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ในการวิเคราะห์นี้จะวิเคราะห์หาปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาล และปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของผลไม้มากำร็อบแห้งคือ กล้วยน้ำว้า มะม่วง มะขามแขกอ้อม

การหาปริมาณกรดในการวิจัยนี้จะหาโดยการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (total titratable acidity) และโดยการวัดค่า pH ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้ว

การหาปริมาณน้ำตาล วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) น้ำตาลซูโครส (sucrose) และ total sugar โดยวิธีของ Lane & Eynon และใช้วิธี Refractometry โดยใช้ Refractometer อ่านค่าการหักเหของแสงเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}$ Brix)

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของผลไม้มอบแห้ง วิเคราะห์ด้วยสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยอบไรซ์ผ่านเทียบสีมาตรฐานของ S.H.S. Colour Chart (The Royal Horticultural Society, LONDON)

ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของกล้วยอบ เมื่อเก็บไว้ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน ในสภาวะที่ต่างกันคือ

1. เก็บที่อุณหภูมิ 5°C 10°C 20°C 30°C และที่อุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิห้อง)
2. การใส่สารละลายน้ำตาลขุบเคลือบกล้วยอบไรซ์สารละลายเข้มข้นต่าง ๆ คือ 40°B 50°B และ 60°B
3. การใช้น้ำผึ้งขุบเคลือบ
4. การเก็บในที่มืดเปรียบเทียบกับการเก็บในที่แสงปกติ
5. การบรรจุผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับบรรจุในถุงพลาสติก (Polyethylene) การบรรจุในกล่องโพลีเอทิลีนและบรรจุในระบบสุญญากาศโดยใช้ถุงพลาสติก
6. ความสูงของกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมแก่การนำมาตากทำกล้วยอบ
7. การใส่สารเคมีถนอมอาหาร คือ NaHSO_3 Citric acid และ SO_2 เพื่อถนอมอาหารและป้องกันการเกิดสี

4.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณกรด

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable acidity)

โดยวิธีดังนี้

1. นำทส่วยน้ำวุ้นสุกยกเบสออกมาพอประมาณนั้นด้วยเครื่องปั่นอาหารให้ละเอียด เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อยเพื่อพริกส่วยกระจายตัว นำสารที่เตรียมมาต้มเล็กน้อย หยด ฟีนอล์ฟทาเลอินลงไป 2-3 หยด

2. นำสารละลายในข้อ 1 ไปไทเทรตกับ NaOH 0.1 N จนถึงจุดยุติสารละลายกล้วยในขวดรูปชมพู่เป็นสีชมพู ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของ NaOH ที่ใช้ แล้วนำปริมาณของเบอรัสมันต์กรดทั้งหมด (เทียบเป็นกรดมาลิก) โดยการเปรียบเทียบสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 0.006706 กรัม ของกรดมาลิกในกล้วย (Harold Egan and other, 1981: 570)

การคำนวณหาปริมาณกรด

ปริมาณกล้วยที่ใส่ 6.0 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ NaOH เข้มข้น 0.1 N 3.2 มิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ย) แต่ NaOH 0.1 N ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 0.006706 กรัมของกรดมาลิก

$$\% \text{ malic acid} = \frac{0.006706 \times 3.2 \times 100}{6}$$

□ 0.35 กรัม

3. การหาปริมาณกรดในกล้วยของพารวยวิธีเดียวกัน

4. ในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดน้ำขิงส่วยที่เก็บในฤดูกาลที่ต่าง ๆ กัน และในสถานที่ต่าง ๆ กันเพื่อศึกษาว่ากล้วยน้ำวุ้นที่เก็บในฤดูกาลต่างกันจะมีผลต่อปริมาณกรดหรือไม่

4.3.2 การหาค่า pH ของกล้วย

นำกล้วยที่บ่มและเขียนแล้วมาวัดค่า pH โดยวิธี pH meter สำหรับ
ละลายตัวอย่างวัดได้ 4.8

กล้วยอบที่หาค่า pH โดยวิธีเดียวกัน pH กล้วยอบที่วัดได้ 5.23
หาค่า pH 3 ฤดูเพื่อเปรียบเทียบกัน

4.3.3 การหาปริมาณน้ำตาลโดยวิธีของ Lane & Eynon

หลักการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยวิธีของ Lane & Eynon เป็นการ
ไทเทรตหาปริมาณของสารละลายน้ำตาลที่เป็นกลาง แล้วกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองจน
สารละลายใสแล้วนำใบตมปฏิบัติการพอดีกับสารละลาย Fehling reagent จำนวน 10 มิลลิลิตร
หรือ 25 มิลลิลิตรและปริมาณสารละลายน้ำตาลต้องอยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตรเท่านั้น

สารเคมีที่ใช้

1. Clearing agent ชนิดที่ใช้คือ zinc ferrocyanide ประกอบด้วยสาร
ละลาย Carrez I & II

สารละลาย Carrez I เตรียมโดยละลาย zincacetate dihydrate 21.9
กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก (glacial) 3 กรัม ปริมาตรที่ครบ 100 มิลลิลิตรด้วย
น้ำกลั่นใน volumetric flask

สารละลาย Carrez II เตรียมโดยละลายโปแตสเซียมเพอร์โรเซยานด์ 100
มิลลิลิตรใน volumetric flask

2. Fehling reagent ประกอบด้วย Fehling solution NO 1 เตรียม
โดยละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 69.278 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรที่ครบ 1 ลิตรโดย
ใช้ volumetric flask

Fehling solution NO 2 เตรียมโดยละลาย NaOH 100 กรัม และโซเดียม
โปแตสเซียมทาร์เตรต ($\text{NaKC}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Rochelle salt) 348 กรัมในน้ำกลั่นแล้ว
ปรับปริมาตรที่ครบ 1 ลิตร โดยวิธี volumetric flask

เก็บสารละลายทั้งสองชนิดในขวดสีชา เมื่อจะใช้จึงผสมสารละลายทั้งสองใน
ปริมาณที่เท่ากันแล้วใช้ทันที

วิธีทดลอง

1. ชั่งสารละลายตัวอย่างมา 7.5 กรัม 1 ตินน้ำกลั่นพอประมาณที่เนื้อกล้วย
กระจายตัวแล้วจึงเติม clearing agent (สารละลาย Carrez I & II) ลงไปอย่างละ
5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี บรรจุให้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นใน
volumetric flask (ดังนั้นสารละลายตัวอย่างจะเข้มข้น 1.5 x) กรองสารละลาย
ตัวอย่างเก็บไว้วิเคราะห์เพราะหาปริมาณน้ำตาลต่อไป

2. นำสารละลายที่กรองได้ใส่ในปิเปต ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่อากาศออกที่
หลอดปิเปตสารละลาย Fehling reagent มา 10 มิลลิลิตร นำไปต้มที่เคาน์เตอร์เตา
จนตลอดเวลา ทดแทนกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่าง จนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลาย
เมธิลีนบลูลงใบ 1 หยด ทดแทนจนสีฟ้าหายไปกับหลอดก่อนสีส้มแดง จดปริมาตรของสาร
ละลายน้ำตาลที่เข้าหลอดกับค่าความหวานปริมาณ Reducing sugar และ Sucrose คือไป
โดยการทดลองซ้ำ 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย

หมายเหตุ ถ้าปริมาณสารละลายน้ำตาลที่เข้าหลอด 15 - 50 มิลลิลิตร ต้องทำซ้ำอีก 2
ครั้ง เพื่อให้ได้ปริมาณที่แน่นอน แต่ถ้าปริมาณของสารละลายน้ำที่น้อยกว่า 15 มิลลิลิตร ต้อง
ทำให้สารละลายตัวอย่างเจือจางลงแล้วทดสอบใหม่

การคำนวณหาปริมาณน้ำตาล

น้ำตาลตัวอย่างที่มีทั้งน้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวิจิงส์ ต้องวิเคราะห์หาปริมาณ
น้ำตาลตามหลักของ Lane & Eynon ทั้งก่อนและหลังการทำอินเวอร์ชัน ผลการวิเคราะห์
ที่ได้ทั้งสองครั้งใช้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลอินเวอร์ต (Invert sugar) ในอาหาร
ตัวอย่างโดยใช้ตาราง Invert Table for 10 มิลลิลิตร Fehling's solution

สูตรการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส} = \text{เปอร์เซ็นต์ผลต่าง} (D_2 - D_1) \times 0.95$$

$$D_1 = \text{เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลอินเวอร์ตก่อนทำการอินเวอร์ชัน}$$

$$D_2 = \text{เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลอินเวอร์ตภายหลังทำการอินเวอร์ชัน}$$

การหาเปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวอร์ต (D_1)

ปริมาณสารละลายน้ำตาลตัวอย่างที่ชั่งจากการทดลองเฉลี่ย 16.8 มิลลิลิตร

ที่ 16 มิลลิลิตรมีปริมาณ Invert sugar 316 ไมโครกรัม

ที่ 17 มิลลิลิตรมีปริมาณ Invert sugar 298 ไมโครกรัม

. . ช่วงห่าง 1 ช่วงจากตารางต่างกัน = 18 ไมโครกรัม

ช่วงห่าง 0.8 ช่วงจากตารางต่างกัน = 18×0.8 ไมโครกรัม

= 14.4 ไมโครกรัม

ที่ 16.8 มิลลิลิตรปริมาณน้ำตาล Invert = $316 - 14.4$ ไมโครกรัม

= 301.6 ไมโครกรัม

(ตารางจาก Invert Table for 10 mL Fehling's solution)

สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 1.5 % มีปริมาณ Invert sugar = 301.6 ไมโครกรัม

สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 100 % มีปริมาณ Invert sugar = 301.6×100 %

1000×1.5

$\therefore D_1 = 20.11$ %

การวิเคราะห์หาน้ำตาล D_2

วิธีทดลอง

1. นำสารละลายที่กรองจากการหาน้ำตาล D_1 (เข้มข้น 1.5 % นว 75

มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด HCl (Conc) ลงไป 1-2 หยด นำไปต้ม

ใน Waterbath ในน้ำเดือด 10 นาที แล้วเติมน้ำครบ 100 มิลลิลิตร (สารละลายเข้มข้น

ลดลงเหลือ 1.125 %)

2. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปทบทวนเป็นลงทันทีที่อุณหภูมิห้องโดยจุ่มน้ำเย็นแล้ว

นำสารละลายใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตรค่อย ๆ เติม NaOH ลงไป

ทีละหยดเพื่อปรับสารละลายเป็นกลาง แล้วนำสารละลายใส่ในปิเปต

3. บีเบต fehling's reagent มา 10 มิลลิลิตร (ใช้อย่างละ 5 มิลลิลิตร)
 ใส่ขวดรูปชมภูขนาด 250 มิลลิลิตรใส่แท่ง magnetic bar ลงไปคนตลอดเวลาด้วย
 magnetic stirrer ทุบเทรตกับสารละลายน้ำตาลด้วยอย่างจนสีฟ้าจางหายไปหมดเหลือ
 ตะกอนสีส้มแดง จุดปริมาณของสารละลายน้ำตาลจากถ้วยที่นำไปทดลองซ้ำ 3 ครั้งเฉลี่ย
 สารละลายตัวอย่างที่ไว้ชุดครั้ง

การคำนวณ

เฉลี่ยใช้สารละลายตัวอย่าง 16.3 มิลลิลิตร จากตาราง Invert sugar

จำนวนสารละลายที่ 16 มิลลิลิตร I Invert sugar = 316 ไมโครกรัม

จำนวนสารละลายที่ 17 มิลลิลิตร มี Invert sugar = 298 ไมโครกรัม

∴ ช่วงห่าง 1 ช่องตารางต่างกัน = 18 ไมโครกรัม

ช่วงห่าง 0.3 ช่องตารางต่างกัน = 18 x 0.3

= 5.4 ไมโครกรัม

∴ ที่ 16.3 มิลลิลิตรมี Invert sugar = 316 - 5.4 ไมโครกรัม

= 310.6 ไมโครกรัม

สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 1.1.25 % มี Invert sugar = 310.6 ไมโครกรัม

สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 100 % มี Invert sugar = $\frac{310.6 \times 100}{1000 \times 1.125}$

D₂ = 27.6 %

$$\therefore \text{ปริมาณ Reducing sugar (D}_2\text{)} = 26.7 \%$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ Sucrose} &= (D_2 - D_1) \times 0.95 \\ &= (27.6 - 20.11) \times 0.95 \\ &= 7.12 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาณ Total sugar} &= \text{Sucrose} + D_1 \\ &= 7.12 + 20.11 \\ &= 27.232 \% \end{aligned}$$

4.3.4 การหาปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Refractometry

นำกลีดยน้ำวุ้นที่ปั่นและเขียนมาอ่านค่า Refractive index

โดยวิธี Refractometer เพื่อหาค่า solid soluble อ่านค่าได้ 26.50 °B

กลีดยอมที่หาโดยวิธีเดียวกัน

หมายเหตุ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดและน้ำตาลภายใน 1 ปีทั้ง 3

ฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณกรดและ

น้ำตาล เพื่อไปศึกษาเรื่องความแตกต่างของรสชาติของวัตถุดิบในแต่ละฤดูกาล

ตารางที่ 4.2 ปริมาณกรดในกล้วยสุกและกล้วยอบ

แหล่งวัตถุดิบ	ฤดู (เดือน)	pH เฉลี่ย		ปริมาณกรด (%เฉลี่ย)	
		กล้วยสุก	กล้วยอบ	กล้วยสุก	กล้วยอบ
	ฤดูหนาว (พ.ย. 32-ก.พ. 33)				
-ห้อง ม.นเรศวร		4.70	5.20	0.39	0.63
-แหล่งอื่น ๆ ในจังหวัดพิษณุโลก		4.60	5.20	0.38	0.62
-อุตรดิตถ์		4.60	5.10	0.38	0.60
	ฤดูร้อน (มิ.ค. 33-มิ.ย. 33)				
-ห้อง ม.นเรศวร		4.80	5.23	0.39	0.62
-แหล่งอื่น ๆ ในจังหวัดพิษณุโลก		4.70	5.10	0.38	0.60
-อุตรดิตถ์		4.60	5.00	0.38	0.58
	ฤดูฝน (ก.ค. 33-ค.ค. 33)				
-ห้อง ม.นเรศวร		4.40	4.80	0.34	0.56
-แหล่งอื่น ๆ ในจังหวัดพิษณุโลก		4.40	4.80	0.34	0.56
-อุตรดิตถ์		4.50	5.00	0.36	0.58

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่า pH และปริมาณกรดของกล้วยในแต่ละเดือนโดยเฉลี่ยตลอดปีมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก อาจจะสรุปได้ว่าวัตถุดิบที่เก็บมาทั้งสามฤดูกาลไม่มีผลต่อรสชาติของกล้วยมากนัก สิ่งที่มีผลต่อรสชาติน่าจะขึ้นอยู่กับความสุกของกล้วย

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำตาลในกล้วย (ข้อมูลเฉลี่ยปี 5)

ชนิดกล้วย ฤดูกาลเก็บ	solid soluble (° Brix)		reducing sugar (%)		sucrose (%)		total sugar (%)	
	กล้วยสุก	กล้วยดิบ	กล้วยสุก	กล้วยดิบ	กล้วยสุก	กล้วยดิบ	กล้วยสุก	กล้วยดิบ
	ฤดูหนาว (พ.ศ. 32-พ.ศ. 33)							
- กล้วยชนิดที่ 1 ม.พรสวรรค์	28.20	71	18.66	58.18	4.49	12.50	23.15	70.68
- กล้วยนางกระพุ่มตากนอกตู้	28.20	70	18.66	58.66	4.49	16.00	23.15	74.66
- กล้วยจากแหล่งอื่น ๆ และ กล้วยดิบจากห้องตลาด	27.00	71	18.82	49.00	7.55	14.50	26.37	63.50
ฤดูร้อน (พ.ศ. 33-พ.ศ.)								
- กล้วยชนิดที่ 1 ม.พรสวรรค์	28.00	72	21.29	63.12	5.72	16.73	27.01	79.85
- กล้วยนางกระพุ่มตากนอกตู้	28.00	72	21.29	59.26	5.72	15.50	27.01	74.76
- กล้วยจากแหล่งอื่น ๆ และ กล้วยดิบจากห้องตลาด	27.60	71	18.46	49.13	4.47	10.00	22.93	59.13
ฤดูฝน (พ.ศ. 33-พ.ศ. 33)								
- กล้วยชนิดที่ 1 ม.พรสวรรค์	26.50	71	18.50	58.54	5.00	14.50	23.50	73.04
- กล้วยนางกระพุ่มตากนอกตู้	26.50	70	18.50	48.29	5.00	17.75	23.50	66.04
- กล้วยจากแหล่งอื่น ๆ และ กล้วยดิบจากห้องตลาด	26.00	70	18.52	47.31	8.14	11.20	21.66	58.51

จากตารางที่ 4.3 พบว่ากล้วยสุกที่เก็บจากแหล่งต่าง ๆ กันจะมีปริมาณน้ำตาล ากใกล้เคียงกันและกล้วยสุกที่เก็บานฤดูต่างกันก็มีปริมาณน้ำตาลต่างกันไม่มากนัก แต่ปริมาณน้ำตาล ของกล้วยอบ พบว่ากล้วยที่อบในตู้อบของมหาวิทยาลัยนเรศวร จะมียมากกว่ากล้วยอบที่อบนอกตู้ เล็กน้อยตลอดทั้งปี แม้ว่า จะเก็บกล้วยน้ำว้าจากที่บางระจุ่มเหมือนกัน

ปริมาณน้ำตาลของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

สูตร ก.02, ก.06, พ.01, พ.03 (ธิดา ชนารักษ์ 25, 33:40)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำตาลในมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

พันธุ์มะม่วง	% ความชื้น	x น้ำตาลซูโครส	x น้ำตาลอินเวิร์ต
ก.02	26.25	3.37	66.90
ก.06	29.87	4.56	59.00
พ.01	26.58	7.34	66.00
พ.03	29.87	9.38	68.00

หมายเหตุ การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสและ เปอร์เซนต์น้ำตาล อินเวิร์ต กระทำโดยกองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานแห่งชาติ

ปริมาณปรตีนในกล้วยอบ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณปรตีนกล้วยอบในห้องปฏิบัติการอาหาร มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่ามีปริมาณปรตีน 2.10 %, 2.12 %, 2.26 %, 2.13 %, 2.07 %, และ 1.99 %

จากการวิเคราะห์หาปริมาณปรตีนของกล้วยอบในห้องทดลอง พบว่ามีค่าเฉลี่ย 3.32 %, 2.06 %, และ 2.40 %, (ศิริรัตน์ แสงอ่อน ผู้วิเคราะห์)

4.4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของผลไม้แห้ง

4.4.1 อุณหภูมิที่เก็บกล้วยอบ

บรรจุกล้วยอบลงใน 3 ผล ใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงไว้แช่แข็งแล้วแยกเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิต่างๆ กันคือ 5 °C (ตู้เย็น) 10 °C 20°C 30°C และที่อุณหภูมิห้อง แล้วติดตามสังเกตการเปลี่ยนสีรอยาซีแอนด์เทียบสีของ A.H.S. Colour Chart ตั้งแต่วันที่เริ่มเก็บ และสังเกตบันทึกการเปลี่ยนสีทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 1 ปี

ผลการศึกษาพบว่ากล้วยอบที่เก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วมีการเปลี่ยนสีดังนี้
สีกล้วยอบ: เริ่มเก็บเทียบกับแผ่นสี คือ greyed-orange 163 group D-C

ตารางที่ 4.5 สีกล้วยอบเก็บที่อุณหภูมิ 5°C

เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C ระยะเวลาที่เก็บ (สัปดาห์)	สีกล้วยอบ
1 - 12	greyed-orange 163 group C
13 - 24	greyed-orange 163 group B
25 - 48	greyed-orange 163 group A

ที่อุณหภูมิ 5 °C นี้เหมาะที่สุดในการเก็บรักษาสีของกล้วยอบสีจะมีสีเหลืองอ่อน นำมารับประทานและสีจะเข้มขึ้นเป็นสีเหลืองทองตามระยะเวลาที่เก็บสีจะเปลี่ยนน้อย

ตารางที่ 4.6 สีกล้วยอบเก็บที่อุณหภูมิ 10°C

เก็บที่อุณหภูมิ 10 °C ระยะเวลาที่เก็บ (สัปดาห์)	สีกล้วยอบ
1 - 10	greyed-orange 163 group C
11 - 14	greyed-orange 163 group B
15 - 48	greyed-orange 164 group A

ที่อุณหภูมิ 10 °C เหมาะจะเก็บกล้วยอบในช่วงหกเดือนแรกสีไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่หลังหกเดือนแล้วสีจะค่อย ๆ เข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (164 A)

ตารางที่ 4.7 สีกล้วยอบเก็บที่อุณหภูมิ 20°C

เก็บที่อุณหภูมิ 20 °C ระยะเวลาที่เก็บ (สัปดาห์)	สีกล้วยอบ
1 - 2	greyed-orange 163 group C
3 - 6	greyed-orange 163 group B
7 - 12	greyed-orange 163 group A
13 - 24	greyed-orange 164 group A
25 - 48	greyed-orange 165 group A

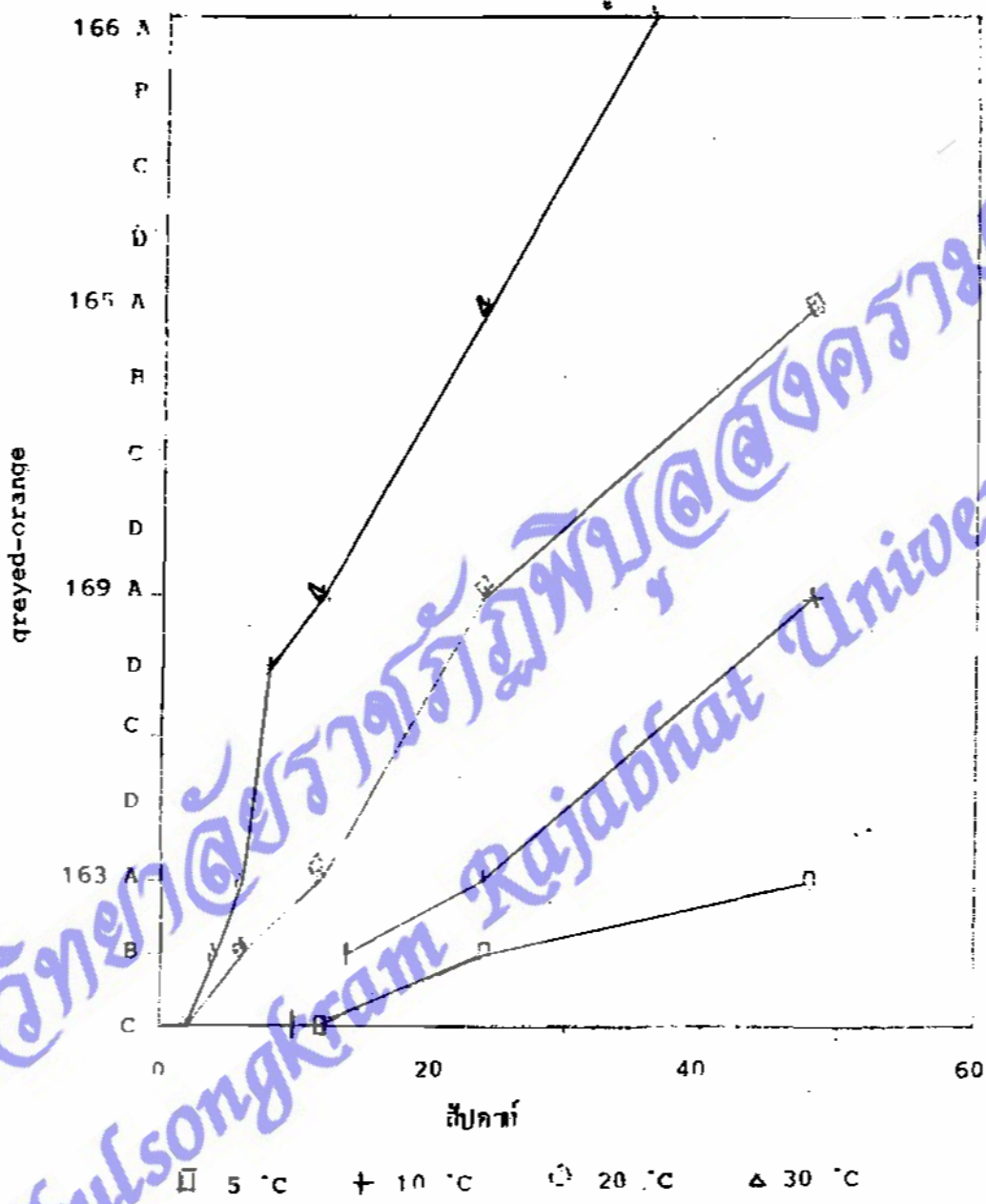
ที่อุณหภูมินี้ยังเหมาะในการเก็บรักษาสีกล้วยอบ แต่เมื่อเลย 3 เดือนสีจะคล้ำ ให้นำรับประทานเหมือนกับที่ 5 °C และ 10 °C

ตารางที่ 4.8 สีกัวยอบเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C

เก็บที่อุณหภูมิ 30 °C ระยะเวลาที่เก็บ (สัปดาห์)	สีกัวยอบ
1 - 2	greyed-orange 163 group C
3 - 4	greyed-orange 163 group B
5 - 6	greyed-orange 163 group A
7 - 8	greyed-orange 164 group B
9 - 12	greyed-orange 164 group A
13 - 24	greyed-orange 165 group A
25 - 36	greyed-orange 166 group A

ที่อุณหภูมิ 30 °C นี้ 2 สัปดาห์แรกสีเหลือง สัปดาห์ที่ 3 - 4 สีเข้มขึ้น เก็บ 6 เดือนขึ้นไปสีจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแดงเข้ม และเป็นสีน้ำตาลดำ (brown 200 group A) เมื่ออายุการเก็บถึง 1 ปี

การเก็บที่อุณหภูมิห้องสีจะเปลี่ยนคล้ายการเก็บที่ 30 °C จนยากที่จะแยกความแตกต่างของสีกัวยอบที่เก็บที่สภาวะอุณหภูมิทั้งสองนี้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนสีในระยะเวลาดังกันที่อุณหภูมิต่างกัน

4.4.2. ชนิดของวัตถุบรรจุและวิธีการบรรจุกล้วยอบ

แยกกล้วยอบออกเป็น 5 ส่วน ๆ ละ 5 ผล แยกบรรจุเปรียบเทียบดังนี้

ส่วนที่ 1 วัสดุขณะเปิดเก็บตามปกติที่อุณหภูมิห้อง

ส่วนที่ 2 บรรจุในถุงพลาสติกใสปิดสนิทแน่น

ส่วนที่ 3 บรรจุใส่กล่องโฟมสีขาว

ส่วนที่ 4 บรรจุในกล่องแก้วใสแกลสไนโตรเจน

ส่วนที่ 5 บรรจุใส่ถุงพลาสติกข้างในเป็นสุญญากาศ

ติดตามผลการวิเคราะห์สีรอยไขมันเทียบสี

ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 การเปลี่ยนสีเหมือนกับกรณีอุณหภูมิห้อง

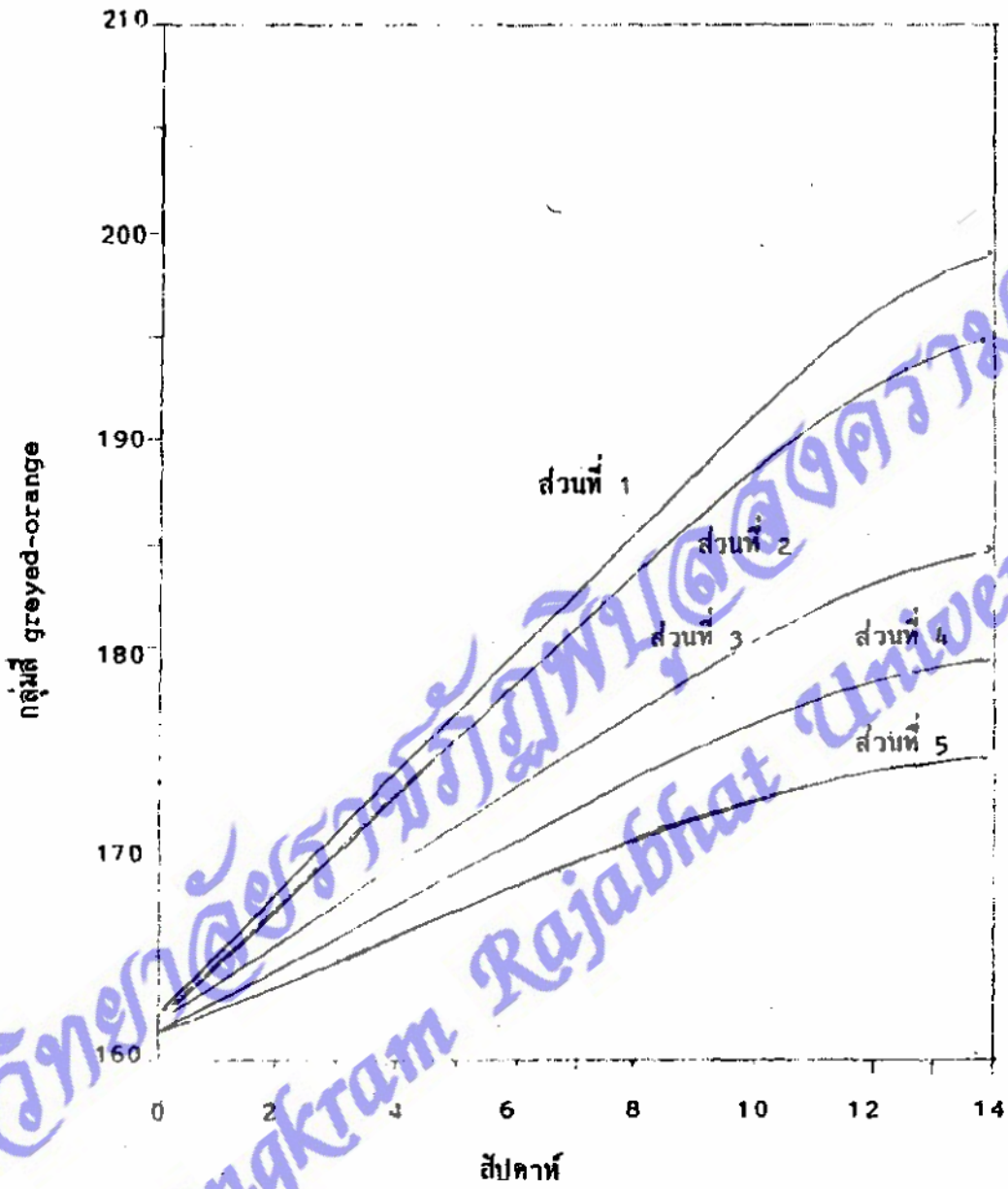
ส่วนที่ 3 สีจะเปลี่ยนคล้ายส่วนที่ 1 และ 2 แต่เนื้อกล้วยจะแห้งและแข็งกระด้างสีตกดำเร็วกว่า

ส่วนที่ 4 บรรจุในบรรยากาศแกลสไนโตรเจน สีจะเปลี่ยนน้อยกว่าที่เก็บในบรรยากาศปกติ ผิวกล้วยจะเป็นมันวาว แต่สีจะค่อย ๆ เข้มขึ้นหลังจาก 1 ปีแล้วสีจะเข้มมากเช่นเดียวกัน

ส่วนที่ 5 กล้วยที่บรรจุในถุงข้างในเป็นสุญญากาศ 6 สัปดาห์แรกสีไม่เปลี่ยน (greyed-orange 163 group C) หลังจากถึง 1 ปีสีจะค่อย ๆ เข้มเป็นสีเหลืองทอง (greyed-orange 163 group B-A) แต่ผิวจะเข้มเป็นมันน่ารับประทาน รสชาติอร่อย เนื้อนุ่มฉ่ำ หวาน

สรุปการเก็บในสุญญากาศเป็นวิธีที่ดีที่สุดจะรักษาสี รสชาติ กลิ่น ความนุ่ม ความชื้น

1 วิธีที่ดีที่สุดคุณภาพดีที่สุด



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อบรรจุในวัสดุและวิธีการต่างกัน

4.4.3. ปัจจัยของแสงต่อการเปลี่ยนสีของกล้วยอบ

แยกกล้วยอบที่จะศึกษาบรรจุใส่ถุงพลาสติกใส 3 ถุง และกล่องโพลีเอทิลีนใส 3 กล่อง แล้วแยกเก็บไว้ในที่ต่างกัน 3 แบบคือ ส่วนที่ 1 เก็บในที่เก็บปกติ บนชั้นเก็บส่วนที่ 2 เก็บในตู้ปิด ส่วนที่ 3 เก็บไว้กลางแจ้งที่มีแสงแดดแล้วสังเกตการเปลี่ยนสี ทุกสัปดาห์จดบันทึกและเปรียบเทียบสี ผลของการศึกษาพบว่า

ส่วนที่ 1 เก็บในที่เก็บปกติสัปดาห์ที่ 1 - 2 สีเหลืองอ่อน สัปดาห์ที่ 3 สีจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นเหลืองทอง และค่อย ๆ เข้มขึ้น สัปดาห์ที่ 5 เป็นสีทองเข้ม หลังจากสัปดาห์ที่ 6 สีจะเข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ จนเป็นสีน้ำตาลอมแดง เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 12 และหลังจาก 6 เดือนสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำคล้ำ

ส่วนที่ 2 เก็บในตู้ปิด สัปดาห์ที่ 1 - 4 สียังคงเป็นสีเหลืองอ่อน จนถึงสัปดาห์ที่ 6 สีจะเหลืองเข้มขึ้น

ตารางที่ 4.9 สีกล้วยอบที่เก็บในตู้ปิด

สัปดาห์ที่	สีกล้วยอบ
1 - 4	greyed-orange 163 group C
5 - 12	greyed-orange 163 group B
13 - 24	greyed-orange 163 group A
24 ---->	greyed-orange 166 group A

สีจะค่อย ๆ เข้มขึ้นจากสีเหลือง หลังจาก 6 เดือนไปแล้วสีจะเป็นสีน้ำตาลเข้ม

ส่วนที่ 3 หากวิากลางแจ้งได้รับแสงตลอดเวลาสีจะเปลี่ยนจาก greyed-orange 163 group C ในสัปดาห์แรกสัปดาห์ที่ 2 เป็น group B และ สีจะเข้มขึ้นทุกวัน จนหลังสัปดาห์ที่ 4 สีเข้มเป็น greyed-orange 166 group A หลังจากนั้นจะเข้มขึ้น สีเป็น Brown 200 group A (น้ำตาลดำ) เนื่องจากสียจะเพี้ยนแห้งย่น แม้จะ กระด้าง แต่จะหวนมาก

4.4.4 การเคลื่อนย้ายยอบด้วยสารละลายน้ำตาลซูโครส

(น้ำเชื่อม) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และน้ำผึ้ง ตัวเปรียบเทียบไม่เคลื่อนสารละลายน้ำตาลและ น้ำผึ้ง

สารละลายใช้น้ำตาลทรายชนิดขาวละเอียดความเข้มข้น 40 °B 50 °B และ 60 °B น้ำผึ้งทำสีเหลืองอ่อน ติดตามผลการวิเคราะห์

ส่วนที่ 1 ไม่เคลื่อน ผลการทดลองเหมือนเก็บที่อุณหภูมิห้องปกติ

ส่วนที่ 2 เคลื่อนน้ำเชื่อม 40 °B

ตารางที่ 4.10 สีกล้วยยอบที่เคลื่อนน้ำเชื่อม 40 °B

สัปดาห์ที่	สีกล้วยยอบ
1 - 2	greyed-orange 163 group C
3 - 6	greyed-orange 163 group B
7 - 12	greyed-orange 164 group A

หลัง 6 เดือนสีจะเป็นน้ำตาลเข้มอมดำ

ส่วนที่ 3 เคลื่อนสารละลาย 50 °B คล้ายกับการทดลองที่ 40 °B แต่สีจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลอมดำที่น้อยกว่า

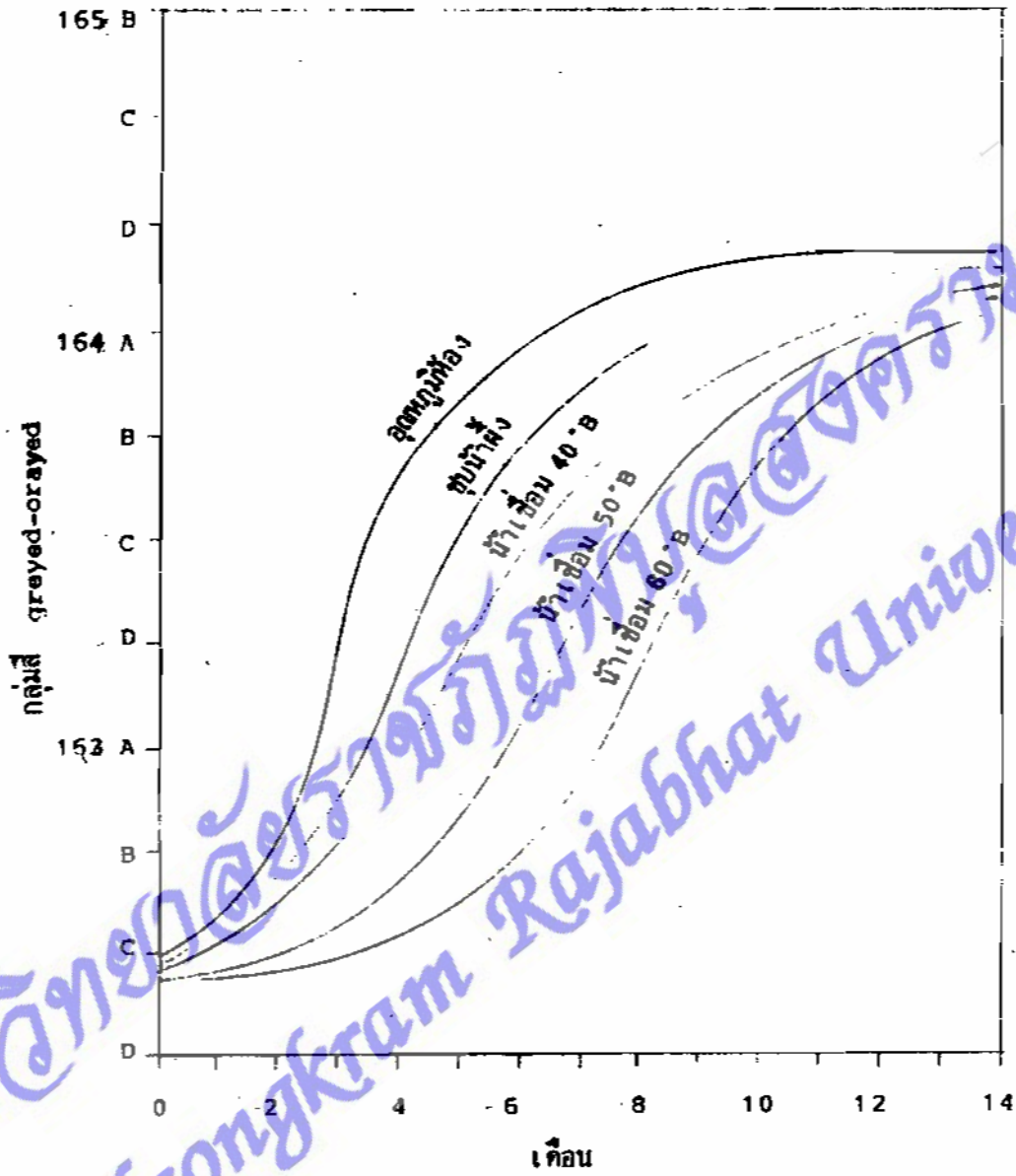
ส่วนที่ 4 เคลื่อนสารละลาย 60 °B คล้ายการทดลองที่ 50 °B แต่สีจะเปลี่ยนไม่เข้มเท่า

สรุปกล้วยอบชุบน้ำผึ้งที่ 60 °B จะช่วยรักษาสีน้ำตาลแก่ได้ยาวนานดีกว่า 40 °B และ 50 °B และที่น้ำตาลเค็มน้อย

ส่วนที่ 5 กล้วยอบชุบน้ำผึ้ง สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเร็วกว่าที่น้ำตาลเค็ม และที่เคลือบน้ำเชื่อม 40 °B 50 °B และ 60 °B

ส่วนที่ 6 ใช้น้ำเชื่อมผสมสีเหลือง (สีผสมอาหาร) พบว่าสีกล้วยจะเหลืองตาม ต้องการจะเก็บรักษาอยู่ได้นานเป็นระยะเวลาสามเดือน หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เข้มขึ้นเล็กน้อยแต่สีจะคงทนอยู่เป็นปี (ชาวบ้านนิยมใช้วิธีนี้กับกล้วยอบที่ตากแล้วสีไม่สวย คุณภาพไม่ดี หรือกล้วยอบเก่าสีคล้ำนำมาอบและเคลือบน้ำตาลได้กล้วยอบสีเหลืองด้วย)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University



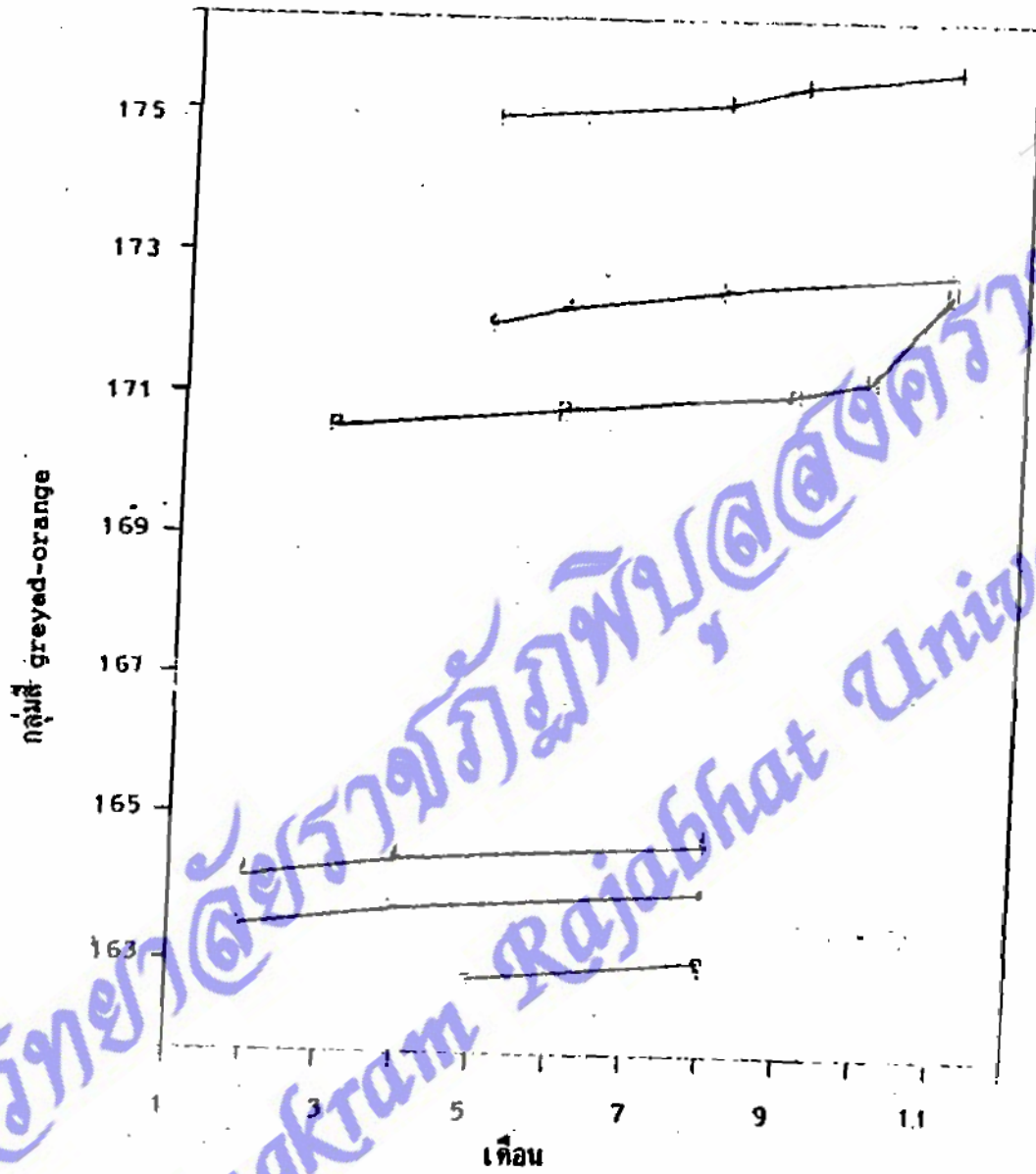
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนสีของกล้วยอบเคลือบสารละลายน้ำตาลซูโครส และน้ำผึ้งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

คุณภาพทางด้านสีของมะม่วงและมะขามแช่เย็นแช่แข็ง

สูตร มก.01 มก.02 และ มก.03 (มะขามกระดาน) มข.01 (มะขาม
ขึ้นแก้ว) และมะม่วงสูตร ก.02 ก.06 พ.01 และ พ.03 นั้นจากการสังเกตศึกษา
คุณภาพทางด้านสี สรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 สีมะขามและมะม่วงแช่เย็น ที่เก็บในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

มะม่วงและ มะขามแช่เย็น	ระยะเวลาที่สีเปลี่ยน												
	สูตร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
มก.01			170 B			170 A			171 D		171C	172B	
มก.02			175 D					175 C		175B		175 A	
มก.03			172 D				172C		172 B		172 A		
มก.01			172 D				172C		172 B		172 A		
ก.02		165 D		165 C			165 B						
ก.06		164 C		164 B			164 A						



▲ มก.02 □ มก.03+มช.01 ▽ มก.02 ○ มก.06
□ มก.01 ▽ ม.03

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสีของมะขามและมะม่วงแช่เย็นอบแห้งเทียบกับเวลา

สรุป สีของมะขามและมะม่วงแช่เย็นอบแห้งมาเปลี่ยนมากขึ้นเมื่อเทียบกับเวลาที่เก็บ

4.4. การวิจัยสารเคมีป้องกันการเปลี่ยนสีของกล้วยอบ ใช้แก๊ส SO₂ สารละลาย sodium meta bisulphite และ citric acid ในการยับยั้งการเปลี่ยนสีของกล้วยอบ

1. ใช้ SO₂ อบกล้วยนี้ว่าก่อนจะอบแห้งงานระดับทดลองพบว่ารักษาสีได้ดีพอสมควรสีจะอยู่คงที่เหมือนเดิมในระยะเวลา 6 เดือนแรก แต่ในระดับอุตสาหกรรมต้องสร้างตู้ควบคุมและวัดปริมาณ SO₂ กำจัดเพื่อควบคุมปริมาณต่าง ๆ

2. ใช้สารละลาย NaHSO₃ Citricacid และน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธีการดังนี้

ก. เตรียมสารละลาย NaHSO₃ และ citricacid ในน้ำ 500 ppm และ 1,000 ppm สารละลายน้ำตาล sucrose ในน้ำ 10 % และ 20 % แยกการวิเคราะห์โดยผสมสารละลายดังนี้

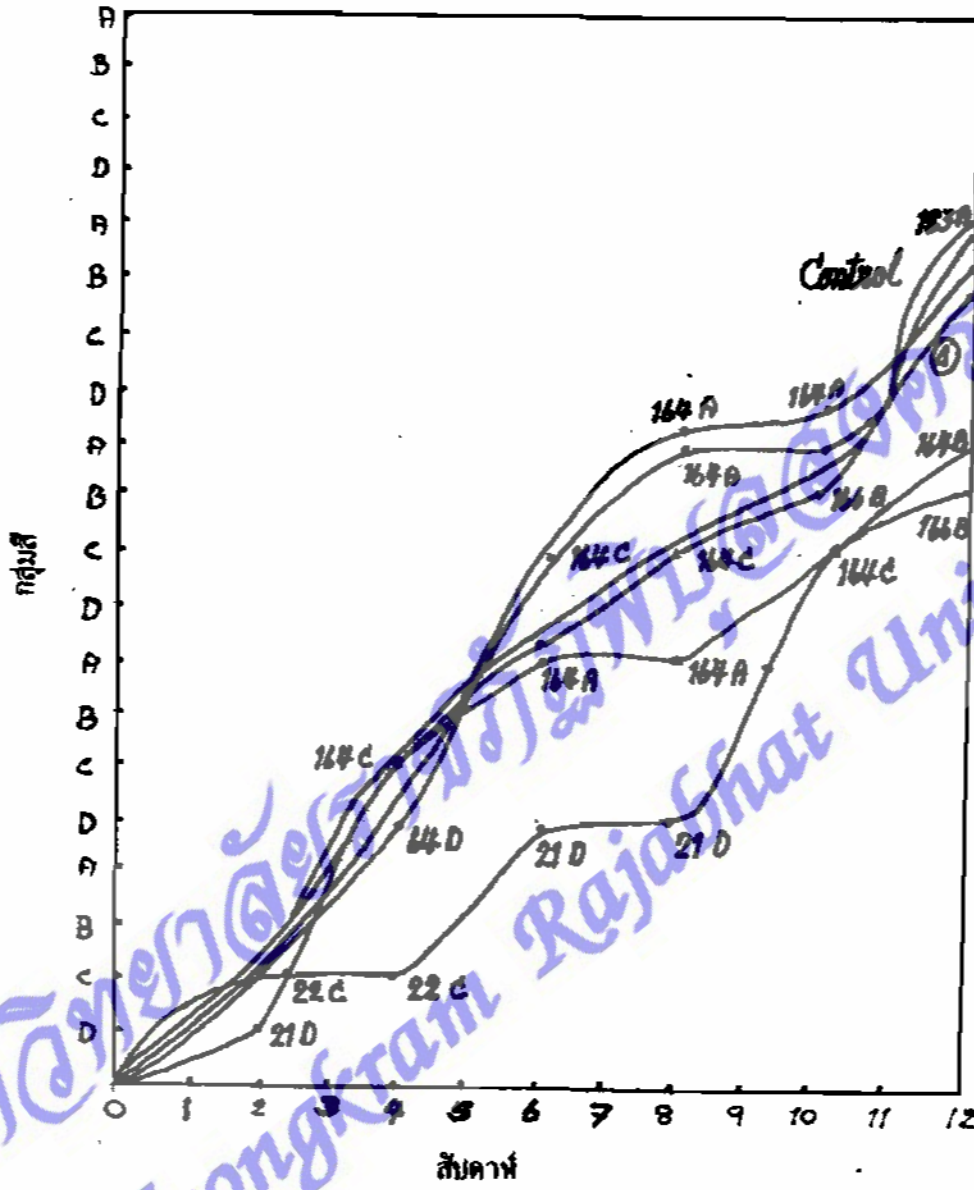
1. สารละลายน้ำตาล 10 % + citricacid 1,000 ppm
2. สารละลายน้ำตาล 20 % + citricacid 2,000 ppm
3. สารละลายน้ำตาล 10 % + citricacid 1,000 ppm + sodiummetabisulphite 1,000 ppm
4. สารละลายน้ำตาล 20 % + citricacid 1,000 ppm + sodiummetabisulphite 1,000 ppm
5. สารละลายน้ำตาล 10 % + citricacid 1,000 ppm + sodium metabisulphite 500 ppm
6. สารละลายน้ำตาล 20 % + citricacid 1,000 ppm + sodium tabisulphite 500 ppm
7. - citric acid 1,000 ppm + sodium meta bisulphite 500 ppm

๕. เตรียมกล้วยที่จะตากทั้งห้ามและสุกแห้งตามขวางหนา 1 ซม. และตามยาวหนา 1 ซม. และหึ่งลูก โดยแยกไว้แต่ละประเภท

๖. นำกล้วยที่เตรียมไว้ไปแช่ในสารละลายคังกล่าว โดยแบ่งเป็นพวกๆ โดยแช่ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยกล้วยที่แช่ 20 นาที หึ่งลูก 30 นาที โดยมีตัวเปรียบเทียบไม่แช่สารละลาย

๗. ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีทุกสัปดาห์โดยใช้น้ำส้มสายชู ซึ่งสรุปข้อมูลจากการทดลองไว้ในตารางภาคผนวก ๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนสีกล้วยอบที่ปุ๋ยสารละลายต่างชนิดกัน

ตัวเลข 1-7 คือความเข้มข้นหัวข้อ 4.4.5 ก.

เปรียบเทียบสีที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ผลการทดลองพบว่า

1. กกล้วยอบที่เป็นตัวเปรียบเทียบไม่มีตัวชี้สารละลายสีจะเปลี่ยนไปตามปกติ ส่วนพวกที่หันความยาว และตามขวางสีจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นน้ำตาลเข้มเร็วขึ้น ภายในเวลาประมาณ 3 เดือน ส่วนที่เป็นกล้วยห้ามจะได้อกล้วยอบที่เนื้อแข็ง ขาวซีด ไม้หวาน

2. กกล้วยอบที่ใส่สารเคมีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ตามข้อ 1 กกล้วยอบที่ทำจากกล้วยสุกทุกการทดลองในช่วงระยะเวลา 6 เดือน สีเปลี่ยนแปลงน้อยมากได้ผลเป็นที่พอใจ หลังจากนั้นยังอยู่ในระหว่างการศึกษาติดตามผลการทดลอง

สำหรับกล้วยอบที่ทำจากกล้วยห้ามนั้น สีค่อนข้างจะขาวซีด เนื้อแข็งไม้หวาน ไม้เหมาะจะนำมาทำกล้วยอบเหมือนกล้วยสุกในระยะ eating ripe

3. กกล้วยอบที่ใส่สารเคมีตามข้อ 1 นั้น การเปลี่ยนแปลงสีใกล้เคียงกันมากแยกความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงน่าจะเลือกใส่สารละลายที่มีสารเคมีเจือปนน้อยที่สุด เช่น สารละลายน้ำตาล 10 % + citric acid 1,000 ppm

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อ เสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยและข้อ เสนอแนะ

จากการวิจัยดังกล่าวแล้วสรุปผลการวิจัยทดลองดังต่อไปนี้
คุณภาพผลไม้มอบแห้งทางเคมี

1. จากการวิเคราะห์ด้านคุณภาพทางเคมีของกล้วย พบว่าในการหาปริมาณกรด โดยวิธีการหาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acidity, TTA) ปริมาณกรดใน กล้วยน้ำว้าสุกอยู่ในระหว่าง 0.34-0.39 % ค่า pH 4.40-4.80 กล้วยอบปริมาณกรดอยู่ใน ระหว่าง 0.56-0.63% pH 4.80-5.23 (จากตาราง 4.2) ค่า pH และปริมาณกรดของ กล้วยในแต่ละเดือนโดยเฉลี่ยตลอดปีมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก อาจสรุปได้ว่าวัตถุดิบที่เก็บมา ทั้งสามฤดูกาลไม่มีผลต่อรสชาติของกล้วยมากนัก

การหาปริมาณน้ำตาลโดยวิธีของ Lane & Eynon กล้วยน้ำว้าสุก Reducing sugar อยู่ระหว่าง 18.46-21.29 % Sucrose 4.47-8.14 กล้วยอบ Reducing sugar 47.31-63.12 % sucrose 10.00-17.75 % (จากตาราง 4.3) กล้วยที่เก็บจากแหล่ง ต่าง ๆ กันจะมีปริมาณน้ำตาลใกล้เคียงกันและกล้วยที่เก็บในฤดูกาลต่าง ๆ กันก็มีปริมาณน้ำตาล ไม่ต่างกันมากนัก แต่ปริมาณน้ำตาลของกล้วยอบจากตู้อบของมหาวิทยาลัยนเรศวร จะมากกว่า กล้วยอบที่ตากนอกตู้เล็กน้อย ถึงแม้ว่าจะเก็บจากต้นบางกระพุ่มเหมือนกัน

ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง อยู่ระหว่าง 59.0 - 68.0 % ปริมาณ น้ำตาลซูโครสอยู่ระหว่าง 3.37 - 9.38 %

ปริมาณโปรตีนในกล้วยอบ จากกล้วยที่อบในตู้อบ ปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 1.99 - 2.26 % จากกล้วยอบในห้องตลาดอยู่ระหว่าง 2.06 - 3.32 %

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสี (browning reaction) ของผลามือบแห้ง โดยการเทียบสีด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานของ R.H.S. Colour Chart, London (The Royal Horticultural Society, London) สรุปว่าดังนี้

ก. ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนสี จากการวิจัยพบว่าอุณหภูมิ 5 °C จะรักษาสีให้คงสภาพเดิมคือสีเหลือง (greyed-orange 163 group B) ได้ดีในระยะเวลา 6 เดือนหลังจากนั้นสีจะเข้มขึ้นเรื่อย ๆ มากนัก (greyed-orange 163 group A) ในระยะเวลา 1 ปี ผลการวิเคราะห์พบว่าที่อุณหภูมิ 5 °C (ใกล้เคียงกับตู้เย็น) เหมาะที่สุดในการเก็บรักษาสีของกล้วยอบแห้งสภาพสีเหลืองนำมารับประทานเก็บที่ 10 °C ในช่วง 3 เดือนแรกสีเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (greyed-orange B) หลังจาก 6 เดือนสีจะค่อย ๆ เข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (greyed-orange 164 group A)

เก็บที่อุณหภูมิ 20 °C ถึงสัปดาห์ที่ 12 สีจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองเข้ม (greyed orange 163 group A) หลังสัปดาห์ที่ 24 เป็นต้นไป สีน้ำตาลคล้ำ (greyed-orange 165 group A) นำมารับประทานเหมือนเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C และ 10 °C

เก็บที่ 30 °C สีจะเริ่มเข้มตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นสีจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นน้ำตาลอมแดงเข้มมากหลัง 6 เดือนในระยะเวลา 1 ปี สีจะคล้ำ (greyed-orange 166 group A)

เก็บที่อุณหภูมิห้อง สีจะเปลี่ยนใกล้เคียงกับเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C มากจนแยกความแตกต่างได้ยาก

ข. ผลของชนิดของวัตถุดิบบรรจุและวิธีการบรรจุ

สรุปได้ว่า บรรจุในสูญญากาศดีที่สุด สีเปลี่ยนน้อยที่สุด คุณภาพคงเดิมมากที่สุด ผิวกล้วยจะมีมันเยิ้ม เนื้อนุ่ม หวาน นำมารับประทาน

ค. ผลของแสง พบว่าเก็บในที่มืดและในตู้มิดสีเปลี่ยนแปลงไม่ต่างกันมากนัก แต่ส่วนที่เก็บไว้กลางแจ้งสีจะเข้มมากขึ้นทุกวันจนสัปดาห์ที่ 4 สีจะเข้มมากเป็นน้ำตาลดำ (Brown 200 group A) เนื้อกล้วยแข็ง เยียว ย่น กระด้าง และจะหวานมาก

ง. ผลของการเคลือบกล้วยอบด้วยสารละลายน้ำตาลซูโครส (น้ำเชื่อม) ที่ความเข้มข้น 40 °B 50°B 60 °B และเคลือบน้ำผึ้งและน้ำเชื่อมผสมสีเหลือง (สีผสมอาหาร) พบว่าที่ 60 °B จะช่วยรักษาสีและการเก็บได้ดีที่สุด

ผลการวิเคราะห์ทางด้านสีของมะม่วงและมะขามแช่อิ่มอบแห้ง สรุปได้ว่าสีไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในระยะเวลา 1 ปี สียังอยู่ในกลุ่มเดียวกับแต่เข้มข้นเท่านั้น ทั้ง ๆ ที่เก็บในสภาพปกติ

สรุปการวิจัยสารเคมี

1. การวิจัย SO_2 วิชาเคมีค้นคว้าปัญหาในการควบคุมปริมาณ SO_2 วิชาปริมาณความต้องการ ควรสร้างคู่มือที่ควบคุมการวิจัยปริมาณแก๊ส SO_2 ได้

2. การวิจัยสารละลาย $NaHSO_3$ citricacid และสารละลาย sucrose ความเข้มข้นต่าง ๆ จากการศึกษาติดตามผลในระยะเวลา 6 เดือน การเปลี่ยนแปลงสีน้อยมาก และยังอยู่ในระหว่างการทดลองจึงแยกความแตกต่างของสีในแต่ละกรณีได้ยาก ควรออกแบบการทดลองและติดตามผลต่อไปในการวิจัยในระยะต่อไป และจะต้องตรวจสอบถึงปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างอยู่ในผลมีที่อบแห้งและปริมาณต้องไม่เกินปริมาณที่องค์การอาหารและยาคำหนดไว้ด้วย หรือในกรณีที่จะส่งเป็นสินค้าส่งออกประเทศ ปริมาณสารเคมีที่ตกค้างต้องควบคุมไม่เกินปริมาณที่กำหนดของแต่ละประเทศ หรือในบางกรณีเช่นประเทศแคนาดา อาจจะมีปริมาณเกินได้แต่ต้องระบุปริมาณที่ใช้ไว้ที่สลากด้วย