การศึกษาวิธีการคัดคุณภาพของผลมังคุด
(Study on Quality Sorting Techniques of Mangosteen (Gracinia mangostana L.) Fruit)

โดย

นาย ธนะชัย พันธ์เกษมสุข

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2534

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการคัดคุณภาพของผลมังคุด
(Study on Quality Sorting Techniques of Mangosteen
(Gracinia mangostana L.) Fruit)

นาย ธนะชัย พันธ์เกษมสุข*

จากการศึกษาพบว่า สามารถแยกผลมังคุดเนื้อแก้ว (translucid pulp fruit) ออกจากผลปกติได้โดยอาศัยค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของผล คือ ผลที่จมน้ำมี ถ.พ. เฉลี่ย 1.01 เป็นผลมังคุดเนื้อแก้วร้อยละ 75.13 ส่วนผลที่ลอยน้ำมี ถ.พ. เฉลี่ย 0.95 เป็นผลมังคุดเนื้อปกติ ร้อยละ 90.68 และพบว่าผลมังคุดเนื้อแก้วเกิดจากการที่ผลมังคุดได้รับน้ำมากเกินกว่าผลปกติ ภาพที่เกิดจากการฉายรังสีเอ็กซ์ สามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างผลปกติและผลที่ผิดปกติได้ ส่วนอุลตราซาวน์ดไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของผลมังคุดได้

---

* อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Abstract

Study on Quality Sorting Techniques of Mangosteen (*Gracinia mangostana* L.) Fruit

Tanachai Pankasemsuk*

The Study revealed that translucid pulp fruit can be sepperated from normal fruit by using fruit specific gravity (S.G.). About 75.13% of sinking fruit (S.G. = 1.01) were translucid pulp fruit and 90.68% of floating fruit (S.G. = 0.95) were normal fruit. It revealed that translucid pulp was caused by over water up-take. x-ray image could show the difference between normal and abnormal fruit whereas ultrasound couldn't pass through the fruit.

---

* Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiangmai University.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจาก คุณยิ่งศิริ โชติสวัสดิ์ และคุณวาสนา ณ ฝั้น และได้รับการสนับสนุนด้านทุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	3
สถานที่ทดลอง	11
ระยะเวลาทดลอง	11
ผลการทดลอง	12
วิจารณ์ผลการทดลอง	31
สรุปผลการทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง	35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	น้ำยาสูตร FAA สำหรับฆ่าเซลล์และรักษาสภาพเซลล์	7
ตารางที่ 2	การเตรียม dehydration solution	8
ตารางที่ 3	อัตราส่วนน้ำหนักผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ	13
ตารางที่ 4	น้ำหนักสดเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนต่างๆ ของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ	15
ตารางที่ 5	% edible portion ความต้านทานไฟฟ้าของเปลือกและความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ	16
ตารางที่ 6	ความสัมพันธ์ของลักษณะเนื้อผลมังคุดกับลักษณะการจมน้ำ-ลอยน้ำของผลมังคุด	17
ตารางที่ 7	ความต้านทานไฟฟ้า การนำไฟฟ้า % soluble solids % titratable acids และอัตราส่วน SS/TA ของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วและมังคุดเนื้อปกติ	18
ตารางที่ 8	การ infiltration ด้วยน้ำในผลมังคุดเนื้อปกติทั้งผล	19
ตารางที่ 9	การ infiltration ด้วยน้ำในผลมังคุดเนื้อปกติเฉพาะเนื้อผล	20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ขั้นตอนในการย้อมสี	10
ภาพที่ 2	ลักษณะการลอยน้ำและการจมน้ำของผลมังคุด	12
ภาพที่ 3	ลักษณะของผลมังคุดที่มีรอยแตกตามขวางตามธรรมชาติ	13
ภาพที่ 4	ผลมังคุดเนื้อแก้วและผลมังคุดเนื้อปกติ	14
ภาพที่ 5	เนื้อผลมังคุดก่อน infiltration (ก) และเนื้อผลมังคุดหลัง infiltration (ข)	20
ภาพที่ 6	ลักษณะของผลมังคุดปกติที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม x-ray	21
ภาพที่ 7	ลักษณะของผลมังคุดที่ยางไหลที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม x-ray	22
ภาพที่ 8	ลักษณะของผลมังคุดที่มียางไหล	22
ภาพที่ 9	ลักษณะของผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้นานปรากฏบนแผ่นฟิล์ม x-ray	23
ภาพที่ 10	ลักษณะของผลมังคุดที่ตรวจด้วยเครื่อง ultrasound	23
ภาพที่ 11	ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ของเปลือกมังคุดที่ปกติ (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 50 และ 100 เท่า)	25
ภาพที่ 12	ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ของเปลือกมังคุดแข็ง (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 50 และ 100 เท่า)	26
ภาพที่ 13	ภาพตัดขวางลักษณะของผลึกน้ำยางที่อยู่ในเซลล์ของมังคุดที่มีเปลือกแข็ง (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)	27
ภาพที่ 14	ภาพตัดขวางการกระจายของเซลล์ที่มีลักษณะเป็นท่อลำเลียงในเนื้อมังคุด (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า)	27
ภาพที่ 15	ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ท่อลำเลียงที่มีเซลล์รอบๆ ท่อที่ติดสีและไม่ติดสีในเนื้อมังคุด (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)	28
ภาพที่ 16	ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ของเมล็ดมังคุดที่มีผลึกน้ำยางเกาะอยู่ (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 200 เท่า)	28
ภาพที่ 17	ภาพตัดขวางของเนื้อผลมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)	29

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

ภาพที่ 18 ภาพตัดขวางของเนื้อมังคุดที่ปกติ
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า) 29

ภาพที่ 19 ภาพตัดขวางของแกนกลางของผลมังคุด
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า) 30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทนำ

มังคุดเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมสูงสุด จนได้รับการยกย่องให้เป็นราชินีแห่งผลไม้ และจัดเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกสูงสุดชนิดหนึ่ง แต่ปริมาณและมูลค่าของการส่งออกของมังคุดยังไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้เท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากขาดวิธีการในการคัดคุณภาพของผลมังคุดอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผลมังคุดสดที่ส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เช่น มีผลที่เป็นเนื้อแก้ว (เนื้อผลมีลักษณะใสแข็ง) ปะปนกับผลที่มีเนื้อปกติ (เนื้อผลมีสีขาวฟู, นุ่ม) หรือมีผลดีปะปนกับผลที่เน่าเสีย การพัฒนาทางด้านการตลาดจึงไม่สามารถกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้กระทั่งตลาดภายในประเทศก็ตาม ผู้บริโภคมักพบว่า ผลไม้ชนิดนี้มีผลเสียและผลเลวปะปนไปกับผลดี ทั้งๆ ที่ผู้บริโภคยินดีที่จะซื้อในราคาแพง เพื่อให้ได้บริโภคผลมังคุดที่มีคุณภาพดี ทั้งหมดทุกผลก็ไม่สามารถกระทำได้ แม้ว่าจะได้มีการรณรงค์การผลิตผลมังคุดคุณภาพดีมานานหลายปีแล้วก็ตาม ผู้บริโภคส่วนใหญ่ก็ยังประสบปัญหาเรื่องการซื้อมังคุด ซึ่งมีผลเสียปะปนอยู่ในจำนวนมากเช่นเดิม เพราะทั้งผู้ผลิตและผู้จำหน่ายยังขาดวิธีในการคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดที่มีประสิทธิภาพ

สำหรับการขนส่งมังคุดไปยังตลาดต่างประเทศนั้น ก็ได้มีการกระทำกันมาเป็นเวลานานแล้ว โดยมีรายงานว่ามีการขนส่งผลมังคุดจากพม่าไปยังประเทศอังกฤษ ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน เก็บรักษาผลมังคุดในอุณหภูมิ 10 °ซ. เมื่อไปถึงผลมังคุดส่วนใหญ่ลักษณะภายนอกยังคงดี แต่เมื่อขนถ่ายผลมังคุดจากเรือแล้ว พบว่ามีมังคุดเน่าเสียเกินกว่า 50% (Empire marketing board report, 1933) ซึ่งโดยปกติสามารถเก็บรักษาผลมังคุดไว้ ณ อุณหภูมิ 13 °ซ. ได้นานถึง 4 สัปดาห์ (สุรพงษ์, 2530)

ในปัจจุบันการคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดนอกจากการผ่าผลมังคุด เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเนื้อภายในผลแล้ว ก็ใช้วิธีการบีบผล เพื่อตรวจสอบว่าเปลือกผลแข็งหรือไม่ อันเป็นลักษณะภายนอกเพียงลักษณะเดียวที่สามารถบ่งชี้ได้ว่าเนื้อผลภายในรับประทานได้หรือไม่ ส่วนวิธีการอื่นๆ ก็ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอเพราะไม่สามารถแยกผลที่เน่าเสียหรือมียางไหลภายในผลออกไปได้ทั้งหมด และยังไม่สามารถแยกผลที่เป็นเนื้อแก้วออกจากผลปกติได้เช่นกัน

นอกจากนี้การไม่สามารถคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดยังเป็นอุปสรรคต่อการเก็บรักษาผลมังคุดทั้งแง่ด้านการศึกษาวิจัยและด้านการค้าด้วย เนื่องจากทำให้อัตราการเน่าเสียของผลมังคุดมีความผันแปรไม่แน่นอน ดังรายงานการทดลอง รักษาผลมังคุดไว้ในอุณหภูมิต่างๆ กัน (องค์อร และสุมาลี, 2510 ; กวิศร์ และสุรพงษ์, 2522) และการเก็บรักษาผลมังคุดที่เน่าเสียปะปนกับผลดี เท่ากับเป็นการชักนำให้ผลดีเน่าเสียไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจุบันการศึกษาเรื่องการคัดคุณภาพของผลมังคุดมีน้อยมาก ซึ่งการศึกษาหาวิธีการคัดแยกคุณภาพของผลที่มีประสิทธิภาพนั้น จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการผลิต การเก็บรักษา และการตลาดของมังคุด

มังคุด (Garcinia mangostana L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีรสชาติดี ผลเป็นชนิดเบอรี่ (berry) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5-1.0 เซนติเมตร (สมสุข, 2531) เมื่อผลแก่จัดมีสีม่วงแดงหรือสีม่วงดำ น้ำหนักประมาณ 30-160 กรัมต่อผล คุณภาพของผลมังคุดส่วนใหญ่ไม่ตรงกับความต้องการของตลาด เนื่องจากตลาดต้องการผลมังคุดที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักผลมากกว่า 100 กรัมขึ้นไป หรือประมาณ 8-10 ผลต่อ 1 กิโลกรัม ผิวผลสะอาด เนื้อผลอ่อนนุ่มมีสีขาว ไม่มีน้ำยางสีเหลืองเปรอะเปื้อนเนื้อผล และเนื้อผลไม่ช้ำ (นิรนาม, 2530)

การที่ผลมังคุดมีคุณภาพไม่ดี และมีผลเสียปะปนอยู่ด้วย อาจจะแบ่งสาเหตุออกได้ 2 ประเด็นใหญ่ๆ คือ ประเด็นแรกได้แก่ ผลมังคุดซึ่งทำการเก็บเกี่ยวโดยไม่ได้รับการเอาใจใส่เท่าที่ควร และอีกประเด็นหนึ่งก็คือ ผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวมาแล้วไม่ได้ทำการคัดเลือก แบ่งแยกเอาผลเสียออกจากผลดี (สุรพงษ์, 2532) ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การเปลี่ยนแปลงของเนื้อผลจากขาวขุ่นเป็นใส และจากเนื้อที่อ่อนนุ่มกลับกลายเป็นค่อนข้างแข็ง อาการดังกล่าวเรียกว่าอาการเนื้อแก้ว ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้จากภายนอก และอาจเป็นผลเสียสำหรับการส่งมังคุดเป็นสินค้าออก เพราะการควบคุมคุณภาพเป็นไปได้ยาก (ประวัติ และคณะ, 2521) ลักษณะของมังคุดเนื้อแก้วก็คือ เนื้อของมังคุดจะมีสีใสเป็นบางส่วนหรือเป็นไปทั้งผลและเนื้อจะกรอบกว่ามังคุดทั่วไป การเกิดเนื้อแก้วนั้น มักจะเกิดกับเมล็ดที่ใหญ่ที่สุดในผล ในขณะเดียวกันเปลือกด้านในส่วนที่ติดกับเนื้อผลจะมีอาการฉ่ำน้ำด้วย (ธนะชัย, 2530) และถ้าเป็นทั้งผลจะทำให้มังคุดเสียคุณภาพ อาจทำให้เปลือกแข็ง และถือว่ามังคุดที่เป็นเนื้อแก้วนั้นเป็นมังคุดเสีย ต้องคัดออกถ้าส่งไปยังตลาดต่างประเทศ ซึ่งสาเหตุของมังคุดเนื้อแก้วยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด

ข้อสันนิษฐานเรื่องมังคุดเนื้อแก้วมีหลายประการเช่น เกิดจากการได้รับความกระทบกระเทือนหรือเกิดจากความไม่สมดุลย์ของธาตุอาหาร แต่ก็ยังไม่มีวิธีใดยอมรับและได้รับการพิสูจน์ (นิวัฒน์, 2532) จากการวิจัยในขั้นต้น พบว่า การเกิดผลมังคุดเนื้อแก้วน่าจะมีส่วนสัมพันธ์กับการได้รับน้ำของต้นมังคุด ดังนั้นจึงอาจตั้งสมมุติฐานของการเกิดผลมังคุดเนื้อแก้ว (Translucid pulp) ได้ว่า มังคุดเนื้อแก้วเกิดจากการที่ผลมังคุดได้รับน้ำในสัดส่วนที่มากเกินกว่าผลมังคุดที่มีเนื้อปกติ ดังนั้นผลมังคุดเนื้อแก้วจึงควรมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าผลมังคุดที่มีเนื้อปกติ จากสมมุติฐานและหลักการดังกล่าว จึงควรจะสามารถคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้วออกจากผลมังคุดเนื้อปกติ โดยการใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของผลเป็นตัวตัดสินได้ด้วย (ธนะชัย, 2530)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับผลที่มีอาการยางไหล เนื้อช้ำ เนื้อเน่าเละ และเปลือกแข็งนั้น ก็น่าที่จะตรวจสอบได้โดยการใช้คลื่นความถี่สูง เช่น x-ray หรือ ultrasound ซึ่งปัจจุบันมีการนำ x-ray มาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมะเขือเทศ ซึ่งก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ (Brech et al., 1991)

วัตถุประสงค์

1. หาวิธีการคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้วออกจากผลปกติ
2. หาสาเหตุการเกิดผลมังคุดเนื้อแก้ว
3. ทดสอบวิธีการใช้ x-ray ในการแยกคุณภาพของผลมังคุด
4. ทดสอบวิธีการใช้ ultrasound ในการแยกคุณภาพของผลมังคุด
5. ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของผลมังคุด

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ซื้อมังคุดจำนวน 3 ครั้งๆ ละ 60 กิโลกรัม จากตลาดสดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม 2534 เป็นมังคุดที่ส่งมาจากจังหวัดอุตรดิตถ์ ระยอง จันทบุรี และชุมพร แล้วขนส่งทางรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำผลมังคุดทั้งหมดที่ได้ในแต่ละครั้งมาคัดแยกโดยสังเกตจากลักษณะการลอยน้ำและการจมน้ำ แยกผลมังคุดออกเป็น 2 พวก คือ พวกที่ลอยน้ำ และพวกที่จมน้ำ แล้วแยกผลมังคุดทั้ง 2 พวกที่มีอาการผิดปกติอื่นๆ คือ มังคุดผลแตก และมังคุดผลแข็ง ออกจากกัน จากนั้นนำผลมังคุดที่ลอยน้ำและมีลักษณะภายนอกดี และผลมังคุดที่จมน้ำและมีลักษณะภายนอกดี มาแยกกลุ่มกัน แล้วทำการทดลองเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของมังคุดทั้ง 2 กลุ่มนี้ โดยแบ่งการทดลองออกดังนี้

1. นำผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ ที่มีลักษณะภายนอกดี มาทำการชั่งน้ำหนักผล และติดหมายเลขที่ผลทุกผล จากนั้นนำมังคุดที่จมน้ำและมังคุดที่ลอยน้ำ มาอย่างละ 30 ผลต่อครั้ง ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลทั้งผล นำผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำเฉพาะเนื้อผลมาอย่างละ 10 ผลต่อครั้งชั่งน้ำหนัก แล้วหาเส้นผ่าศูนย์กลางเฉพาะเนื้อผล
2. นำผลมังคัดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ มาอย่างละ 30 ผลต่อครั้ง ชั่งหาน้ำหนักสดของเปลือก เนื้อ เมล็ด ขั้วผล และกลีบเลี้ยงของมังคุด จากนั้นนำไปอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำมาชั่งน้ำหนัก หาน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. นำผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ มาอย่างละ 30 ผลต่อครั้ง ชั่งหาน้ำหนักสดของเปลือกและเมล็ดของมังคุด

4. นำผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ มาอย่างละ 20 ผลต่อครั้ง มาทำการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่เปลือกของผลโดยใช้เครื่อง multitester ยี่ห้อ Sanwa รุ่น yx-361 TR

5. นำผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ มาอย่างละ 20 ผลต่อครั้ง มาหาความถ่วงจำเพาะของผลโดยวิธีการแทนที่น้ำ แล้วคำนวนโดยใช้สูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะผล(ถพ.)} = \frac{\text{ความหนาแน่นของผล } (g/cm^3)}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ } (g/cm^3)}$$

$$\text{ความหนาแน่นของผล} = \frac{\text{น้ำหนักของวัตถุ } (g)}{\text{ปริมาตรของวัตถุ } (cm^3)}$$

$$\text{ความหนาแน่นของน้ำ} = 1$$

6. นำผลมังคุดเนื้อแก้วและเนื้อปกติ มาอย่างละ 20 ผลต่อครั้ง มาทำการคั้นน้ำมังคัดและนำเอาน้ำคั้นมังคุดทั้งสองพวกมาทำวิธีการต่างๆ ดังนี้

6.1 วัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยเครื่อง multitester ยี่ห้อ Sanwa รุ่น yx-361 TR

6.2 วัดการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง YSI Conductivity Bridge Model 31

6.3 วัด Soluble Solids (SS) โดย hand refractometer

6.4 วัดปริมาณกรด (Titratable Acids) โดยใช้กรดซิตริก (citric acid) เป็นตัวเปรียบเทียบ ใช้น้ำคั้น 1 ml ผสมกับน้ำกลั่น 10 ml จากนั้นนำมาไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH 0.06 N ใช้ phenopthalene 1.0% เป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำค่าของสารละลายด่างมาตรฐาน 0.06 N ที่ถูกใช้ไปคำนวณหาเปอร์เซนต์กรดซิตริก โดยใช้สูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซนต์กรดซิตริก = $\frac{a \times b \times c \times 100}{d}$

a = ความเข้มของ NaOH มาตรฐาน = 0.06 N

b = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท (มล.)

c = meq.wt. ของกรดซิตริก = 0.06404

d = ปริมาตรของน้ำคั้นที่ใช้ (มล.)

7. นำผลมังคัดเนื้อปกติจำนวน 20 ผลต่อครั้ง มาทำการ infiltration ด้วยน้ำ 2 วิธี คือ

7.1 นำผลมังคุดทั้งผลมาทำการ infiltration

7.2 นำผลมังคุดเฉพาะเนื้อผล มาทำการ infiltration

การ infiltration ด้วยน้ำ ทำโดยการนำผลมังคุดที่จะนำมาทำการ infitration ด้วยน้ำ มาหาความถ่วงจำเพาะก่อนจะทำการ infiltration จากนั้นนำผลมังคุดมาใส่ลงใน pressure tank ซึ่งบรรจุด้วยน้ำกลั่น ที่เตรียมไว้แล้วปิดฝาของ pressure tank ให้สนิท ใช้เครื่องดูดอากาศภายใน pressure tank ออก โดยสังเกตจากความดันที่ลดลง จากหน้าปัดของเครื่องวัดความดันที่ติดกับ pressure tank เมื่อวัดความดันภายใน pressure tank ลดลงถึงระดับที่ต้องการ คือ 300 มิลลิเมตรปรอท รักษาความดันไว้นาน 5 นาที จากนั้นปรับให้ความดันกลับสู่ระดับปกติแล้วทิ้งไว้อีก 5 นาที จึงนำเอาผลมังคุดขึ้นจากน้ำแล้วนำมาหาค่าความถ่วงจำเพาะอีกครั้ง

8. นำผลมังคุดเนื้อปกติเฉพาะเนื้อผล จำนวน 10 ผล มาทำการชั่งน้ำหนักแล้วนำแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิห้องแล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง

9. หาสัดส่วนของส่วนที่รับประทานได้ของผลมังคุด (% edible portion) วิธีการนี้เป็นการหาปริมาณของเนื้อผลที่สามารถรับประทานได้ว่ามีสัดส่วนเป็นเท่าไร เมื่อเทียบกับน้ำหนักของผลโดยคำนวณได้จากสูตร

% edible portion = $\frac{\text{น้ำหนักของเนื้อผล} \times 100}{\text{น้ำหนักของผล}}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

10. การ x-ray โดยนำผลมังคุดประมาณ 15 ผลต่อครั้ง ไปทำการฉายรังสี x-ray โดยใช้ระดับรังสีประมาณ 100 mA 62 K.V. 0.04 Radio sec ยี่ห้อ SHIMADZU ณ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

11. การทำอุลตราซาวน์ด (ultrasound) โดยนำผลมังคุด 15 ผลต่อครั้ง ไปทำการตรวจลักษณะทางกายวิภาคด้วยเครื่องอุลตราซาวน์ด ยี่ห้อ ALOKA ณ แผนกศัลยกรรมฉุกเฉิน ภาควิชาศัลยกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

12. การทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อมังคุด โดยวิธีการฝังลงในพาราฟิน (parafin embedding method)

มีขั้นตอนดังนี้

12.1 การเลือกเก็บชิ้นส่วนพืช (colecting plant meterials)

นำส่วนของผลมังคัดที่มีลักษณะต่างๆ โดยการคัดเลือก

- ส่วนที่เป็นเปลือกดีและเปลือกแข็ง
- ส่วนที่เป็นแกนกลาง
- ส่วนที่เป็นเนื้อโดยการคัดเลือก เนื้อที่เป็นเนื้อแก้วและเนื้อไม่แก้ว โดยมีการเลือกเนื้อแก้วและเนื้อไม่แก้วที่มีเมล็ดและไม่มีเมล็ด

12.2 การตัดแบ่งชิ้นส่วนพืช (subdividing plant materials)

โดยใช้มีดคมๆ ตัดบนกระดาษหรือผ้าที่นุ่ม ชุบน้ำรองรับการตัด ใช้ใบมีดค่อยๆ ตัด ไม่กดแรงเพราะจะทำให้เนื้อเยื่อเสียหาย ตัดให้มีขนาดเล็กที่สุดแต่สามารถแสดงรายละเอียดได้ครบถ้วนตามต้องการ

12.3 การฆ่าเซลล์และรักษาเซลล์ให้คงสภาพ (killing and fixing)

เป็นการฆ่าเซลล์เพื่อให้หยุดกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์ และสามารถรักษาสภาพของเนื้อเยื่อให้คงได้นานเหมือนขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงภายในน้อยที่สุด โดยนำชิ้นส่วนพืชที่ทำการตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ มาแช่ในภาชนะที่เป็นขวดขนาดเล็ก ให้มีความเหมาะสมกับขนาดชิ้นส่วนพืช และมีฝาปิดมิดชิด เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำยา สำหรับน้ำยา FAA ที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีสูตรดังตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 น้ำยาสูตร FAA สำหรับฆ่าเซลล์และรักษาสภาพเซลล์

สารเคมี	ปริมาตร (มิลลิลิตร)
ethyl alcohol	90
glacial acetic acid	5
formalin	5

12.4 การดึงน้ำออกจากเซลล์ (dehydration)

โดยการใช้สารที่มีคุณสมบัติเข้าไปแทนที่น้ำในเซลล์ และทำให้พาราฟินแทรกซึมเข้มไปทุกส่วนของเซลล์ ซึ่งพาราฟินจะเข้าไปแทนที่สารที่ใช้ในการดึงน้ำออกจากเซลล์ ดังนั้นสารดังกล่าวต้องสามารถละลายหรือเข้าได้ทั้งพาราฟินและน้ำ หน้าที่ของสารจึงเป็นตัวกลางเพื่อให้พาราฟินเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งอัตราส่วนในการเตรียม dehydrate solution แสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยนำชิ้นส่วนพืชมา

12.4.1 แช่ใน 40 เปอร์เซนต์ dehydrate solution เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

12.4.2 แช่ใน 70 เปอร์เซนต์ dehydrate solution เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

12.4.3 แช่ใน 85 เปอร์เซนต์ dehydrate solution เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

12.4.4 แช่ใน 95 เปอร์เซนต์ dehydrate solution เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

12.4.5 แช่ใน 100 เปอร์เซนต์ dehydrate solution เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

12.4.6 แช่ใน tertial butyl alcohol(TBA) pure เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำยา TBA ใหม่ ทุก 24 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง (ครั้งละ 24 ชั่วโมง)

12.4.7 แช่ใน TBA และ liquid parafin อัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 การเตรียม dehydrate solution

Approximate total % of alcohol	50	70	85	95	100
distilled H_2O	50	30	15	-	-
95% ethyl alcohol	40	50	50	45	-
TBA	10	20	35	55	-
Absolute alcohol	-	-	-	-	25

12.5 การทำให้พาราฟินแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อ (infitration)

เป็นขบวนการที่ทำให้พาราฟินแทรกซึมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อ จนกระทั่งช่องว่างภายในเนื้อเยื่อเต็มไปด้วยพาราฟินลงในสารที่ใช้ดึงน้ำออกจากเซลล์ โดยมีเนื้อเยื่อพืชแช่อยู่ และสารนี้สามารถละลายพาราฟินได้ โดยเพิ่มความเข้มข้นของพาราฟินขึ้น และลดความเข้มข้นของสารละลายลง ในขั้นตอนนี้ทำได้โดยนำพาราฟินเหลว (liquid parafin) มาใช้โดยเติมพาราฟินเหลวลงไปในขวดที่มีชิ้นส่วนพืชและ TBA หรือ butanol ให้มีปริมาตร 1:1 และ 3:1 แช่ไว้ช่วงละ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทส่วนผสมของพาราฟินเหลวกับ TBA ทิ้ง เปลี่ยนใส่พาราฟินเหลวลงไปครึ่งขวด และรินพาราฟินเกรดต่ำที่หลอมไว้ล่วงหน้าลงไปในขวดอีกครั้งหนึ่ง เปิดฝาขวด และนำไปวางไว้ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ช่วงนี้ TBA ที่เหลือตกค้างในเนื้อเยื่อจะระเหยไป และพาราฟินเหลวจะช่วยป้องกันเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เสียหายเนื่องจากความร้อน ทำการเปลี่ยนโดยใช้พาราฟินเกรดต่ำอย่างเดียว 3-4 ครั้ง ช่วงนี้พาราฟินจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อ จากนั้นเปลี่ยนใช้พาราฟินเกรดดีอีก 2 ครั้ง ครั้งละ 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12.6 การฝังชิ้นส่วนพืชลงในพาราฟิน (embedding)

นำชิ้นส่วนพืชที่แช่ในพาราฟิน และทุกส่วนภายในเนื้อเยื่อเต็มไปด้วยพาราฟิน จากนั้นนำชิ้นส่วนพืชฝังลงในพาราฟินลักษณะเหมือนการหล่อวัตถุในแม่พิมพ์ เมื่อพาราฟินแข็งตัวจะห่อหุ้มและทำหน้าที่ยึดให้ชิ้นส่วนพืชสามารถรับคมมีดได้เต็มที่ และไม่ให้เนื้อเยื่อบางส่วนหลุดออกจากกันขณะกำลังตัด พาราฟินที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อจะช่วยค้ำจุนให้เซลล์อยู่ในสภาพปกติและทนต่อการกระแทกของคมมีด สำหรับขั้นตอนนี้มีวิธีการโดยนำพาราฟินไปหลอมในตู้อบ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทำการเตรียมแบบพิมพ์ที่ทำจากอลูมิเนียมฟอล์ยโดยทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สูง 2 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร และเตรียมอุปกรณ์อย่างอื่น เช่น ตะเกียงอัลกอฮอล์ และเข็มเขี่ย เมื่อเตรียมอุปกรณ์ทุกอย่างพร้อมแล้ววางแบบพิมพ์ แล้วเทพาราฟินลงในกระทง ทำการไล่ฟองอากาศที่อยู่ใกล้ชิ้นส่วนพืชออกให้หมด รอจนกระทั่งผิวหน้าพาราฟินแข็งตัว และชิ้นส่วนพืชติดในพาราฟินแน่น ยกกระทงไปลอยน้ำเพื่อให้พาราฟินแข็งตัวตลอด

12.7 การตัดชิ้นส่วนพืช (sectioning)

นำชิ้นส่วนพืชที่ฝังในพาราฟิน มาตัดด้วยเครื่องตัดล้อหมุน (Rotary microtome) โดยตั้งความหนา 10 ไมครอน

12.8 การติดแผ่นริบบอนบนแผ่นสไลด์ (affixing)

เมื่อตัดชิ้นส่วนพืชด้วยเครื่องตัดหมุน จะได้แผ่นริบบอนเรียงยาวติดต่อกัน หลังจากนั้นทำการตัดแผ่นริบบอนออกเป็นช่วงสั้นๆ นำมาติดบนแผ่นสไลด์ด้วยน้ำยายึด adhesive ที่มีส่วนผสมของไข่ขาวกับน้ำ จากนั้นนำมาวางบนเครื่องอุ่นสไลด์ เพื่อทำให้แผ่นริบบอนคลี่ตัวแผ่ออกสามารถมองเห็นได้ชัด แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้อบอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน

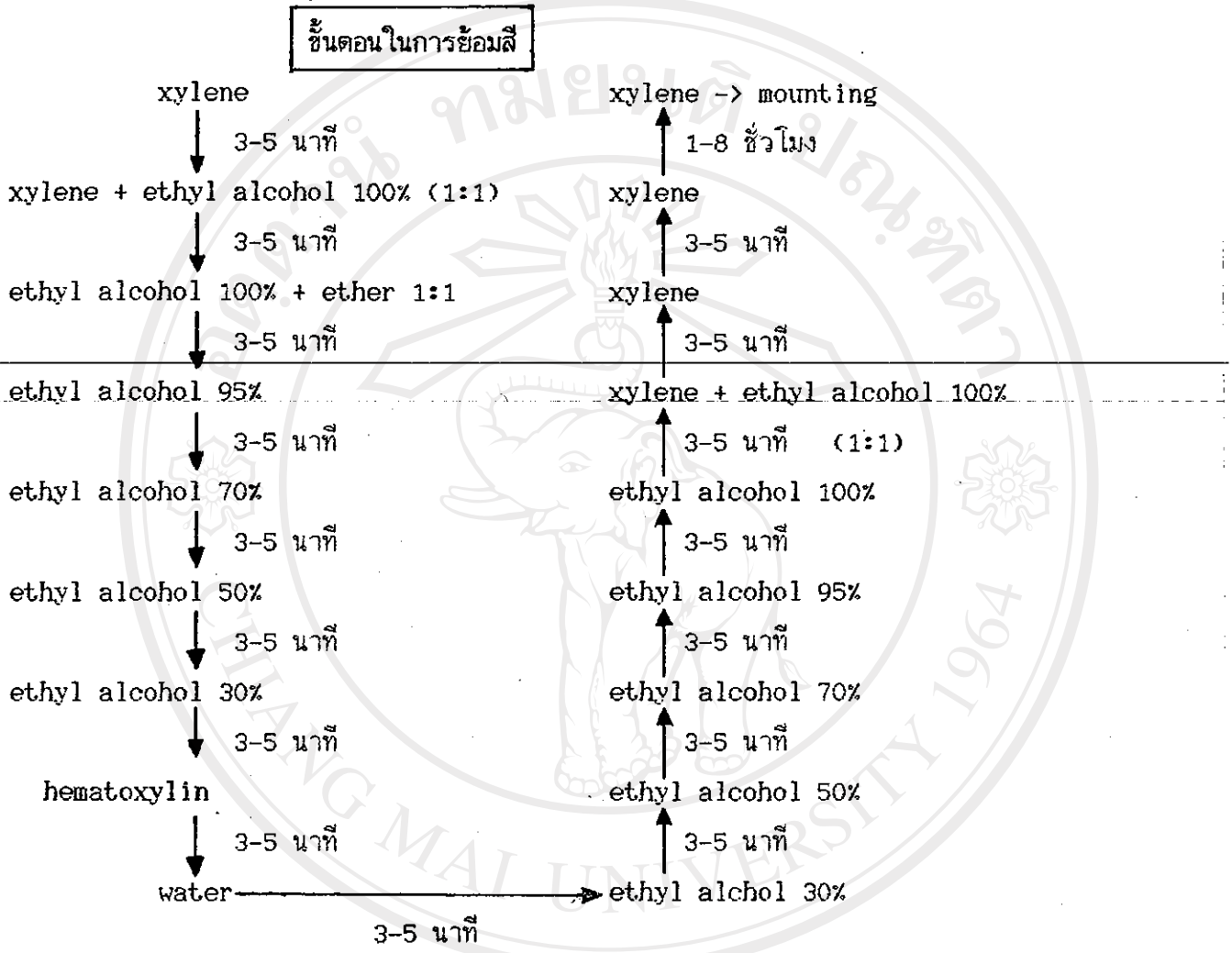
12.9 การย้อมสี (staining)

เป็นการทำให้สี หรือสารเคมีไปรวมตัวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา เกิดเป็นสีช่วยให้เห็นรายละเอียดของโครงสร้างต่างๆ และความแตกต่างของเซลล์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นตอนในการย้อมสี แสดงไว้ในภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

12.10 การปิดแผ่นสไลด์ (mounting)

นำเนื้อเยื่อที่ผ่านการย้อมสี มาทำการปิดทับด้วยกระจกปิดแผ่นสไลด์ โดยอาศัยตัวกลางสำหรับยึดปิดแผ่นสไลด์ เพื่อให้ติดแน่นอย่างถาวร สารตัวกลางที่ใช้ คือ canada balsam



ภาพที่ 1 ขั้นตอนในการย้อมสี

12.11 การดูสไลด์ โดยนำสไลด์ถาวรที่มีเนื้อเยื่อต่างๆ ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อคัดเลือกสไลด์ที่ต้องการศึกษา ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

12.12 การถ่ายภาพ โดยนำสไลด์ที่คัดเลือก ไปทำการถ่ายภาพ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ชนิด Photomicroscope ที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถานที่ทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. แผนกศัลยกรรมฉุกเฉิน ภาควิชาศัลยกรรม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

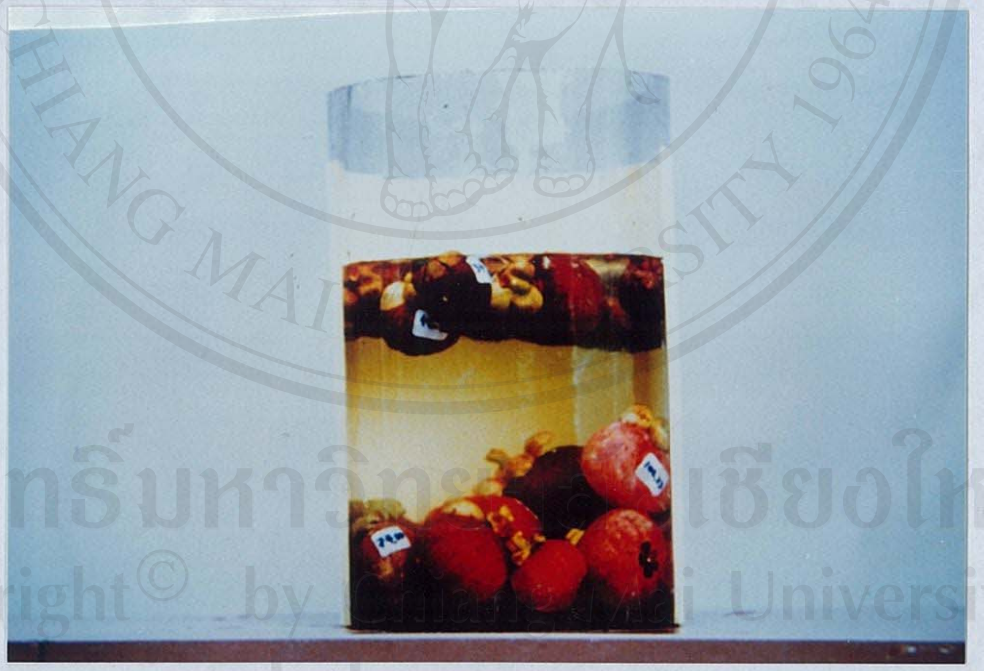
ระยะเวลาในการทดลอง

มกราคม 2534 - พฤศจิกายน 2534

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า มีผลมังคุดที่จมน้ำจำนวน 1,114 ผล และผลมังคุดที่ลอยน้ำ จำนวน 2,210 ผล (ภาพที่ 2) คิดเป็นอัตราส่วนมังคุดที่จมน้ำ:มังคุดที่ลอยน้ำ เท่ากับ 1:1.98 และพบว่ามีผลมังคุดที่มีลักษณะภายนอกดี จำนวน 2,660 ผล และมังคุดผลเสียจำนวน 664 ผล โดยมีผลแตก 8.16% ผลแข็ง 11.84% ของผลทั้งหมด และพบว่าผลมังคุดที่มีรอยแตกตามขวางตามธรรมชาติ (ภาพที่ 3) เป็นผลมังคุดเนื้อแก้วทั้งหมด เมื่อทำการชั่งน้ำหนักผลและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางผลของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ พบว่า ผลมังคุดที่จมน้ำ มีแนวโน้มที่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อเส้นผ่าศูนย์กลางจะมีค่ามากกว่าผลมังคุดที่ลอยน้ำ โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของผลมังคุดทั้งผลมีอัตราส่วนเป็น 1.46 และ 1.34 กรัม/มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของผลมังคุดเฉพาะเนื้อผลมีอัตราส่วนเป็น 0.77 และ 0.66 กรัม/มิลลิเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ลักษณะการลอยน้ำและการจมน้ำของผลมังคุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 ลักษณะของผลมังคุดที่มีรอยแตกตามขวางตามธรรมชาติ

ตารางที่ 3 อัตราส่วนน้ำหนักผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ

	มังคุดที่จมน้ำ		มังคุดที่ลอยน้ำ		อัตราส่วน น้ำหนัก/เส้นผ่าศูนย์กลาง	
	น้ำหนัก (กรัม)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	มังคุดจมน้ำ	มังคุดลอยน้ำ
ผลมังคุดทั้งผล	76.75	52.72	71.54	53.35	1.46	1.34
ผลมังคุดเฉพาะเนื้อ	29.93	38.30	25.46	38.64	0.77	0.66

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนั้นยังพบว่าผลมังคุดที่จมน้ำ มีเนื้อผลที่มีลักษณะเป็นเนื้อแก้ว (เนื้อมีสีใสและแข็ง) ส่วนผลมังคุดที่ลอยน้ำจะไม่พบลักษณะที่เป็นเนื้อแก้ว (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 4 ผลมังคุดเนื้อแก้วและผลมังคุดเนื้อปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของผลมังคุดที่จมน้ำ และผลมังคุดที่ลอยน้ำ พบว่า ผลมังคุดที่จมน้ำ มีแนวโน้มที่อัตราส่วนของน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง จะมีค่ามากกว่าผลมังคุดที่ลอยน้ำ โดยอัตราส่วนของน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของเปลือก เนื้อ เมล็ด ขั้วผล และกลีบเลี้ยงของผลมังคุดที่จมน้ำมีค่าเป็น 2.87, 5.34, 4.14 และ 3.06 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และอัตราส่วนของน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของเปลือก เนื้อ เมล็ด ขั้วผลและกลีบเลี้ยงของผลมังคุดที่ลอยน้ำมีค่าเป็น 2.74, 5.27, 4.08 และ 2.95 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 น้ำหนักสดเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนต่างๆ ของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ

	น้ำหนักสด (กรัม)		น้ำหนักแห้ง (กรัม)		อัตราส่วน น้ำหนักสด/น้ำหนักแห้ง	
	มังคุดจมน้ำ	มังคุดลอยน้ำ	มังคุดจมน้ำ	มังคุดลอยน้ำ	มังคุดจมน้ำ	มังคุดลอยน้ำ
เปลือก	38.51	37.33	13.41	13.64	2.87	2.74
เนื้อ	10.47	8.54	1.96	1.62	5.34	5.27
เมล็ด	1.78	1.92	0.43	0.47	4.14	4.08
ขั้วผลและกลีบเลี้ยง	3.58	2.98	1.17	1.01	3.06	2.95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษา % edible portion ความต้านทานไฟฟ้าของเปลือก และความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ พบว่า ผลมังคุดที่จมน้ำซึ่งมีลักษณะเป็นเนื้อแก้ว มี % edible portion น้อยกว่าผลมังคุดที่ลอยน้ำเล็กน้อย โดยมีค่าเป็น 28.07% และ 28.29% ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ความต้านทานไฟฟ้าของเปลือกมังคุดที่จมน้ำจะมีค่าน้อยกว่ามังคุดที่ลอยน้ำโดยมีค่าเป็น 6.1×10^3 และ 6.2×10^3 โอห์ม ตามลำดับ และความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่จมน้ำจะมีค่ามากกว่าผลมังคุดที่ลอยน้ำ โดยมีค่าเป็น 1.01 และ 0.95 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 % edible portion ความต้านทานไฟฟ้าของเปลือกและความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่จมน้ำและผลมังคุดที่ลอยน้ำ

	มังคุดที่จมน้ำ	มังคุดที่ลอยน้ำ
% edible portion	28.07	28.29
ความต้านทานไฟฟ้าของเปลือก(โอห์ม)	6.1×10^3	6.2×10^3
ความถ่วงจำเพาะ	1.01	0.95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำผลมังคุดที่จมน้ำและลอยน้ำมาทำการผ่าผลเพื่อตรวจสอบสภาพเนื้อผล พบว่า ผลมังคุดที่ลอยน้ำเป็นผลมังคุดที่มีเนื้อปกติ 90.68% และเนื้อแก้ว 9.32% (ตารางที่ 6) ส่วนผลมังคุดที่จมน้ำเป็นผลที่มีเนื้อปกติ 24.87% และเนื้อแก้ว 75.13%

ตารางที่ 6 . ความสัมพันธ์ของลักษณะเนื้อผลมังคุดกับลักษณะการจม-ลอยน้ำของผลมังคุด

ลักษณะของผลมังคุด	ลอยน้ำ		จมน้ำ	
	จำนวนผล	% ของผลเนื้อปกติ	จำนวนผล	% ของผลเนื้อแก้ว
เนื้อปกติ	2004	90.68	277	24.87
เนื้อแก้ว	206	9.32	837	75.13

จากการศึกษาความต้านทานไฟฟ้า การนำไฟฟ้า % soluble solids (SS) % titratable acids(TA) และอัตราส่วน SS/TA ของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วและมังคุดเนื้อปกติ พบว่า ความต้านทานไฟฟ้าของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วมีค่าน้อยกว่ามังคุดเนื้อปกติ โดยมีค่าเป็น 9.7×10^3 และ 9.9×10^3 โอห์ม ตามลำดับ (ตารางที่ 7) การนำไฟฟ้าของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้ว มีค่ามากกว่ามังคุดเนื้อปกติ โดยมีค่าเป็น 15.2×10^2 และ 14.6×10^2 มิลลิโม ตามลำดับ % soluble solids ของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วมีค่าน้อยกว่ามังคุดเนื้อปกติ โดยมีค่าเป็น 16.8% และ 18.7% ตามลำดับ % titratable acids ของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วมีค่าน้อยกว่ามังคุดเนื้อปกติ โดยมีค่าเป็น 0.30% และ 0.38% ตามลำดับ และอัตราส่วนระหว่าง SS ต่อ TA ของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วมีค่ามากกว่ามังคุดเนื้อปกติ โดยมีค่าเป็น 56.0 และ 49.2 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ความต้านทานไฟฟ้า การนำไฟฟ้า % soluble solids % titratable acids และอัตราส่วน SS/TA ของน้ำคั้นมังคุดเนื้อแก้วและมังคุดเนื้อปกติ

	มังคุดเนื้อแก้ว	มังคุดเนื้อปกติ
ความต้านทานไฟฟ้า(โอห์ม)	9.7×10^3	9.9×10^3
การนำไฟฟ้า (มิลลิโม)	15.2×10^2	14.6×10^2
% soluble solids (SS)	16.8	18.7
% titratable acids (TA)	0.30	0.38
อัตราส่วน SS/TA	56.0	49.2

จากการทำการ infiltration ด้วยน้ำ โดยใช้ผลมังคุดเนื้อปกติทั้งผล พบว่า ก่อนทำการ infiltration ในผลมังคุดเนื้อปกติทั้งผล ผลมังคุดทุกผลลอยน้ำ หลังทำการ infiltration พบว่า มังคุดทุกผลจมน้ำ น้ำหนักของผลมังคุดก่อนทำการ infiltration มีค่าน้อยกว่าน้ำหนักของผลมังคุดหลังทำการ infiltration โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 79.17 เป็น 82.44 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8) และ ความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดทั้งผลก่อนทำการ infiltration มีค่าน้อยกว่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดหลังทำการ infiltration โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.98 เป็น 1.02 ตามลำดับ และเมื่อผ่าผลมังคุดดู พบว่า ลักษณะของเปลือกด้านในที่ติดกับเนื้อผลมีอาการฉ่ำน้ำ เนื้อผลมียางสีเหลืองจากเปลือกผลไหลเปรอะเปื้อน และมีลักษณะอาการของมังคุดเนื้อแก้วเกิดขึ้น โดยเฉพาะเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของผลจะเกิดอาการเนื้อแก้วมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 การ infiltration ด้วยน้ำในผลมังคุดเนื้อปกติทั้งผล

	ก่อน infiltration			หลัง infiltration		
ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว	น้ำหนักผล (กรัม)	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนักผล (กรัม)	ความถ่วงจำเพาะ	%น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	ความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้น
พค.34	84.16	0.97	88.71	1.04	5.41	0.07
กค.34	73.23	0.98	76.32	1.01	4.22	0.03
ตค.34	80.11	0.98	82.28	1.02	2.71	0.04
เฉลี่ย	79.17	0.98	82.44	1.02	4.11	0.05

จากการทำการ infiltration ด้วยน้ำ โดยใช้เฉพาะเนื้อผลที่เป็นปกติ พบว่าก่อนทำการ infiltration เนื้อผลบางผลลอยและบางผลจมน้ำ แต่ไม่ปรากฏลักษณะอาการเนื้อแก้วให้สังเกตเห็นได้ หลังทำการ infitration แล้ว พบว่า เนื้อผลทุกผลจมน้ำ น้ำหนักของผลมังคุดเฉพาะเนื้อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก 29.49 เป็น 31.28 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9) และความถ่วงจำเพาะของเนื้อผลมังคุดก่อนทำการ infiltration ก็มีค่าน้อยกว่าความถ่วงจำเพาะของเนื้อผลมังคุด หลังทำการ infiltration โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.04 เป็น 1.07 ตามลำดับ โดยเนื้อผลมีลักษณะอาการเนื้อแก้วเกิดขึ้นทุกผล (ภาพที่ 5) โดยเฉพาะจะเกิดมากกับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของผลและมีระดับของการเป็นเนื้อแก้วแตกต่างกันในแต่ละผลด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 การ infiltration ด้วยน้ำในผลมังคุดเนื้อปกติเฉพาะเนื้อผล

	ก่อน infiltration			หลัง infiltration		
ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว	น้ำหนักผล (กรัม)	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนักผล (กรัม)	ความถ่วงจำเพาะ	%น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	ความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้น
พค.34	28.29	1.05	30.47	1.09	7.70	0.04
กค.34	29.09	1.03	30.55	1.05	5.02	0.02
ตค.34	31.09	1.05	32.82	1.07	5.56	0.02
เฉลี่ย	29.49	1.04	31.28	1.07	6.09	0.03

(ก) (ข)

ภาพที่ 5 เนื้อผลมังคุดก่อน infiltration (ก) และเนื้อผลมังคุดหลัง infiltration (ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำเอาผลมังคุดเนื้อปกติเฉพาะเนื้อผล มาชั่งน้ำหนักแล้วแช่น้ำทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง พบว่า น้ำหนักของผลมังคุดเฉพาะเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 18.06 กรัม เป็น 18.40 กรัม คิดเป็น 1.9% ของน้ำหนักเนื้อผล และพบว่า บริเวณผิวของเนื้อมังคุดเริ่มมีอาการเนื้อแก้วมีเส้นสีน้ำตาล และสีเนื้อจะเปลี่ยนจากสีขาวไปเป็นสีคล้ำขึ้น

การใช้ x-ray

พบว่า x-ray สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของผลมังคุดได้ และสามารถตรวจลักษณะภายในของผลไม้ด้วย โดยผลมังคุดปกติจะเห็นพูเนื้อผลอย่างชัดเจนไม่มีรอยด่างดำ (ภาพที่ 6)

ผลมังคุดที่มียางไหล ลักษณะที่ปรากฏบนฟิล์ม พบว่า มีลักษณะใส ไม่สามารถมองเห็นกลีบของเนื้อผลได้ในบริเวณที่มีน้ำยางเปรอะเปื้อนอยู่ (ภาพที่ 7) และเมื่อทำการผ่าดูข้างใน พบว่า บริเวณเปลือกจะเต็มไปด้วยน้ำยางสีเหลือง (ภาพที่ 8)

ผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้นาน จะพบว่า ข้างใยจะมีช่องว่างระหว่างเนื้อและเปลือก ซึ่งสามารถทำการตรวจได้ด้วย x-ray (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 6 ลักษณะของผลมังคุดปกติที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม x-ray

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

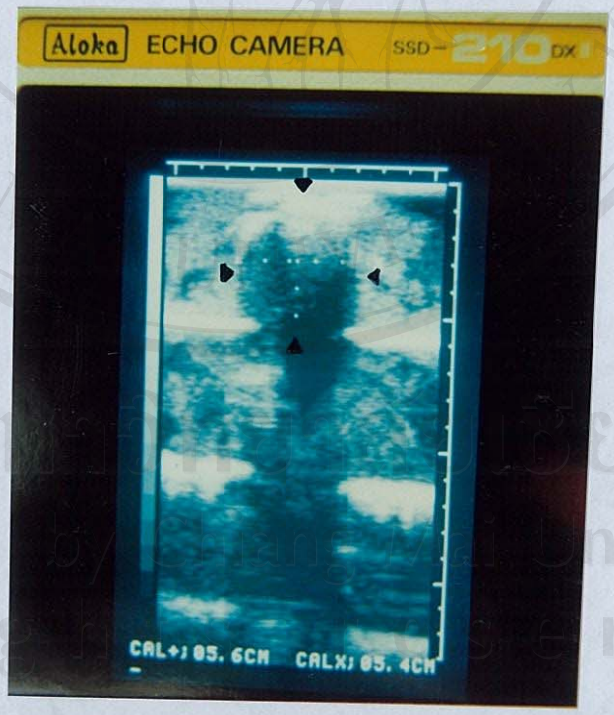
ภาพที่ 7 ลักษณะของผลมังคุดที่ยางไหลที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม x-ray

ภาพที่ 8 ลักษณะของผลมังคุดที่มียางไหล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 9 ลักษณะของผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้นานปรากฏบนแผ่นฟิล์ม x-ray

การใช้ ultrasound พบว่า ultrasound ไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของผลได้ภาพผลมังคุดที่ปรากฏบนจอรับภาพ เป็นเพียงลักษณะรูปร่างภายนอกของผลเท่านั้น (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ลักษณะของผลมังคุดที่ตรวจด้วยเครื่อง ultrasound

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อผลมังคุด โดยการฝังในพาราฟิน

เปลือกผล

พบว่า ผลมังคุดปกติ เปลือกจะมีเซลล์ของท่อลำเลียงอยู่เป็นชั้นๆ โดยชั้นนอกสุดเป็นชั้นของ cuticle, outer epidermis และต่อจากนั้น จะเป็นชั้นของ palisade cell ซึ่งประกอบด้วยเซลล์พวก parenchyma และในช่วงกลางของเปลือกจะมีกลุ่มเซลล์ parenchyma และ/หรือ sclerenchyma จากนั้น จึงเป็นชั้นของเซลล์ parenchyma อีกครั้งหนึ่ง และชั้นในสุดเป็นชั้นของเซลล์ inner epidermis โดยมีท่อน้ำยางขนาดใหญ่ และท่อลำเลียง (vascular bundles) แทรกอยู่ตลอดความหนาของเปลือก (ภาพที่ 11) และพบว่า ผลมังคุดที่มีเปลือกแข็งจะมีผลึกของน้ำยาง เคลือบเกาะติดอยู่ที่ผนังเซลล์โดยทั่วไป และเซลล์ส่วนมากจะแตกด้วย (ภาพที่ 12) โดยมีผลึกน้ำยางตกค้างอยู่ในเซลล์ (ภาพที่ 13)

เนื้อผล

เนื้อผลมังคุดที่ปกติจะประกอบด้วยเซลล์ parenchyma ที่เรียงตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ โดยมีเซลล์ที่มีลักษณะเป็นท่อลำเลียง กระจัดกระจายอยู่ทั่วไปภายในผล (ภาพที่ 14) ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ พวกที่เป็นกลุ่มเซลล์รอบๆ ท่อลำเลียงที่มีการติดสี และพวกที่เป็นกลุ่มเซลล์รอบๆ ท่อลำเลียงที่ไม่ติดสี (ภาพที่ 15) สำหรับในเนื้อผลที่มีเมล็ด พบว่า เซลล์ที่ผิวของเมล็ดจะมีผลึกน้ำยางเกาะอยู่โดยทั่วไป (ภาพที่ 16)

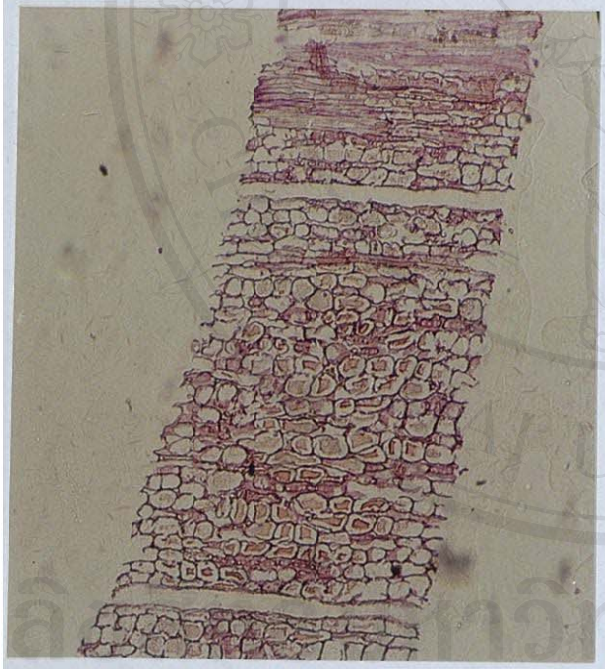
ในมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว พบว่า เซลล์ parenchyma ที่เป็นองค์ประกอบจะมีลักษณะกลมและมีความเต่ง (ภาพที่ 17) มากกว่าเนื้อผลปกติ โดยพวกเนื้อปกติสามารถตรวจพบ intercellular space ได้มากกว่าพวกเนื้อแก้ว (ภาพที่ 18) ซึ่งลักษณะความแตกต่างของเซลล์ในเนื้อปกติและเนื้อแก้วไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างเด่นชัด

แกนกลาง

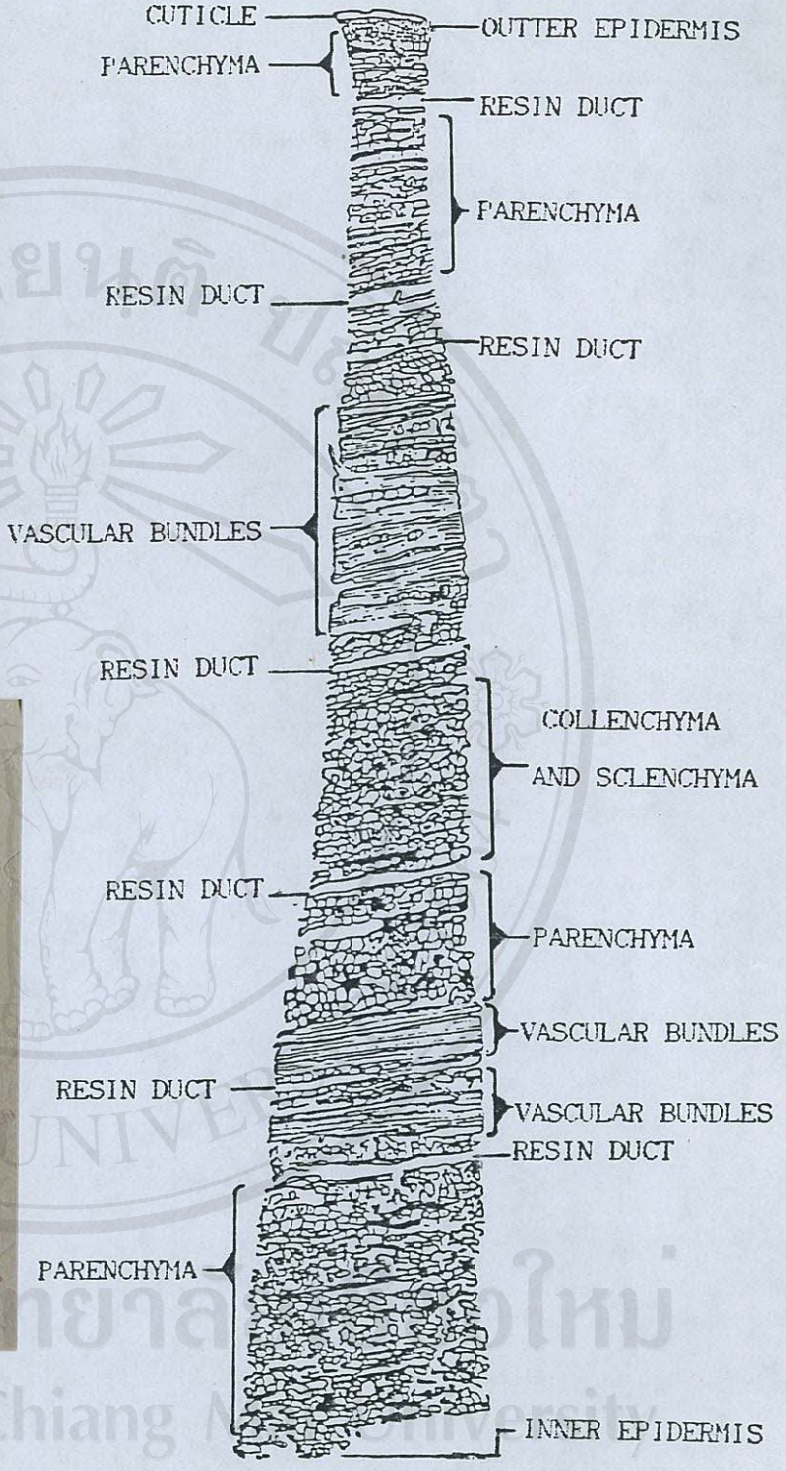
พบว่าประกอบด้วยเซลล์ท่อลำเลียงขนาดใกล้เคียงกันจำนวนมาก อยู่กระจัดกระจายทั่วไปภายในแกนกลาง และมีผลึกของน้ำยาง อยู่บริเวณรอบนอกของแกนกลาง (ภาพที่ 19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

x 100 เท่า



x 100 เท่า

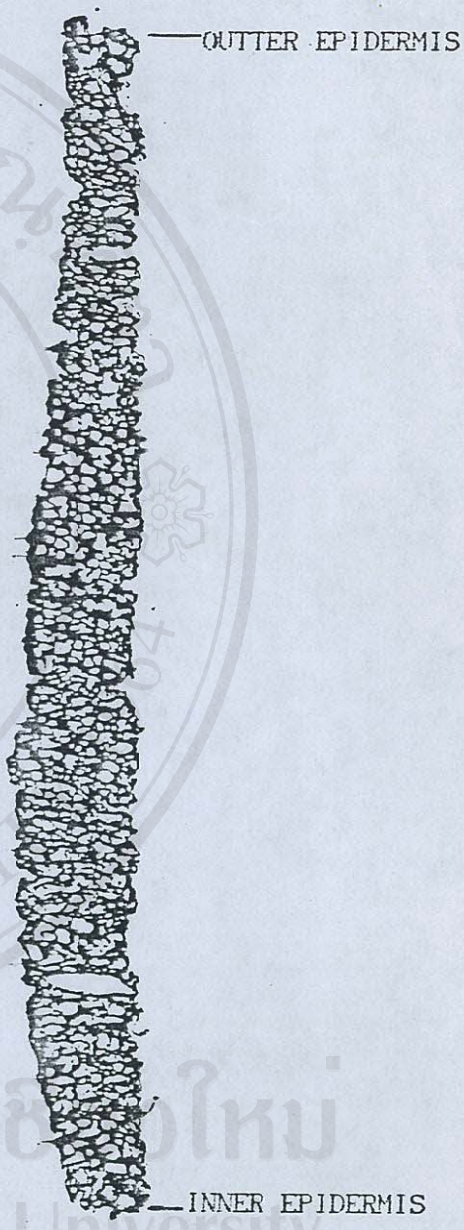


x 50 เท่า

ภาพที่ 11 ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ของเปลือกมังคุดที่ปกติ
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 50 และ 100 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

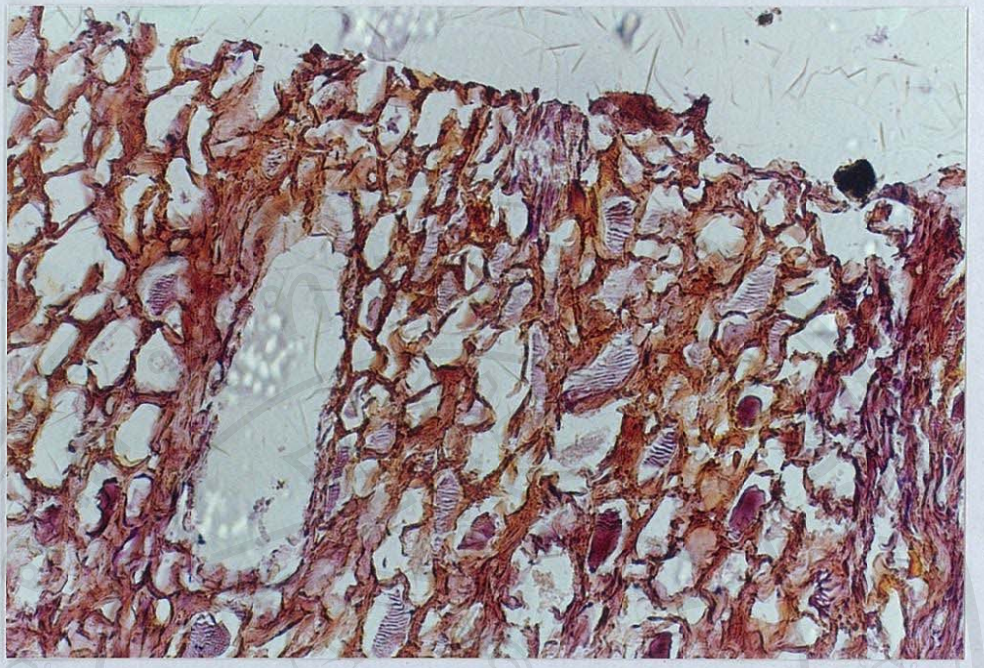
x 100 เท่า



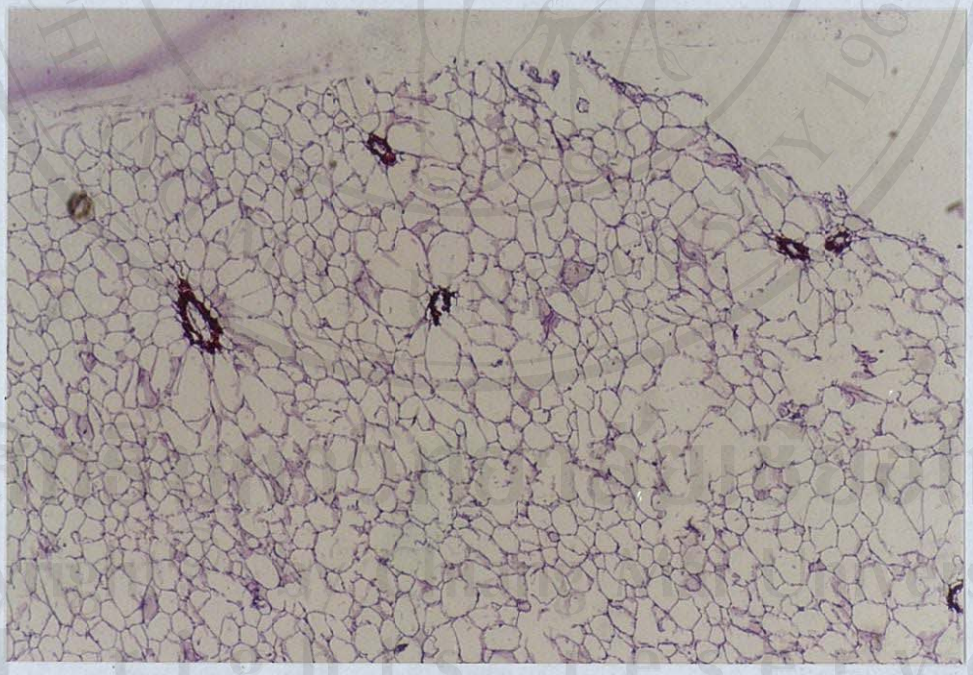
x 50 เท่า

ภาพที่ 12 ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ของเปลือกมังคุดที่แข็ง
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 50 และ 100 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

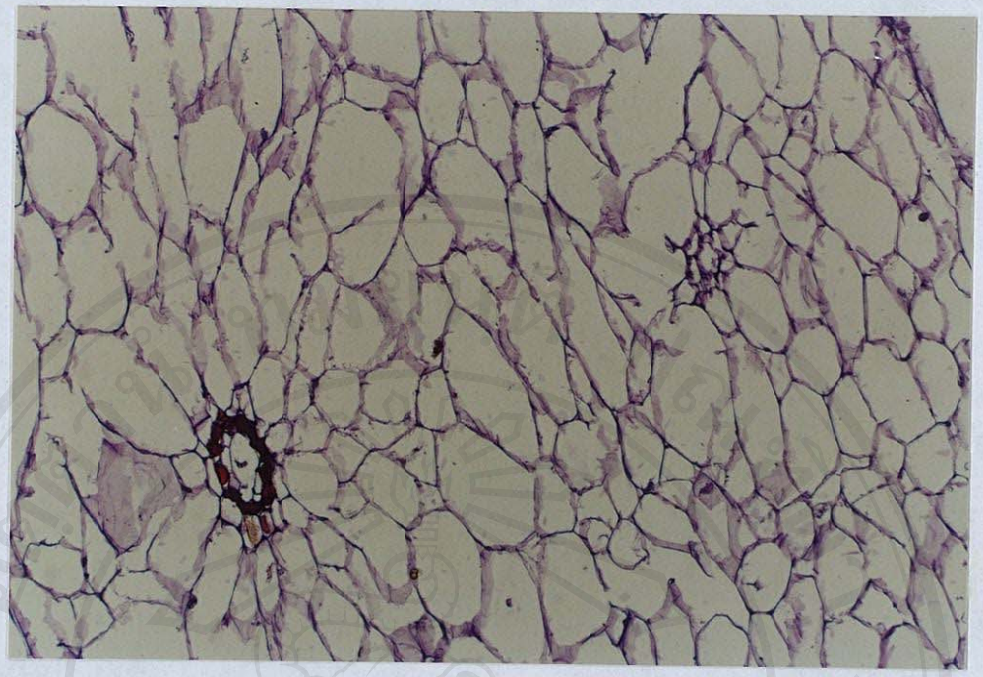


ภาพที่ 13 ภาพตัดขวางลักษณะของผลึกน้ำยางที่อยู่ในเซลล์ของมังคุดที่มีเปลือกแข็ง (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)

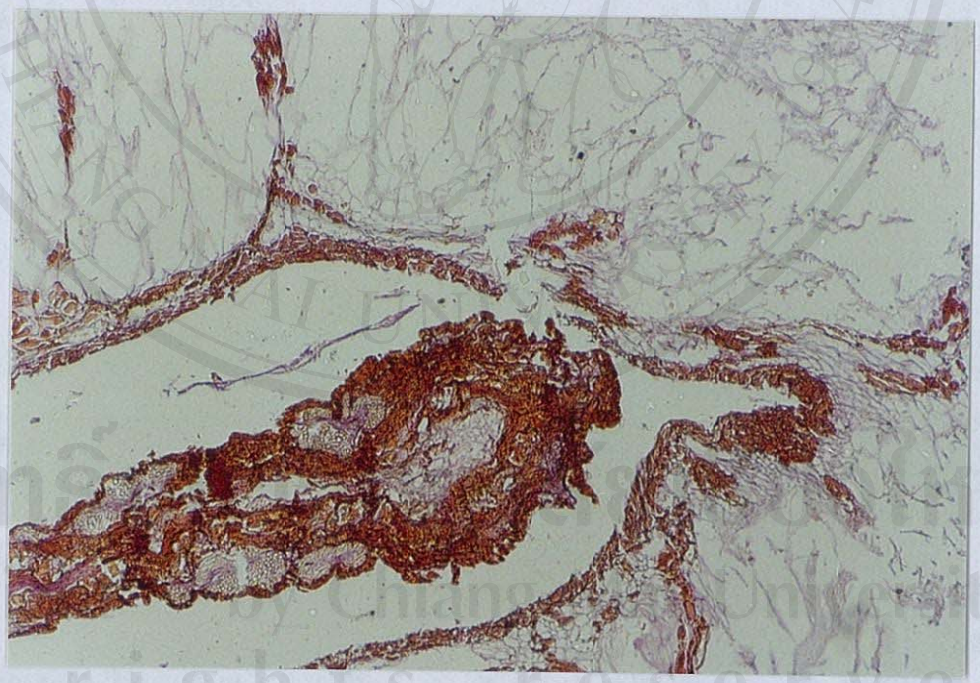


ภาพที่ 14 ภาพตัดขวางการกระจายของเซลล์ที่มีลักษณะเป็นท่อลำเลียงในเนื้อมังคุด (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



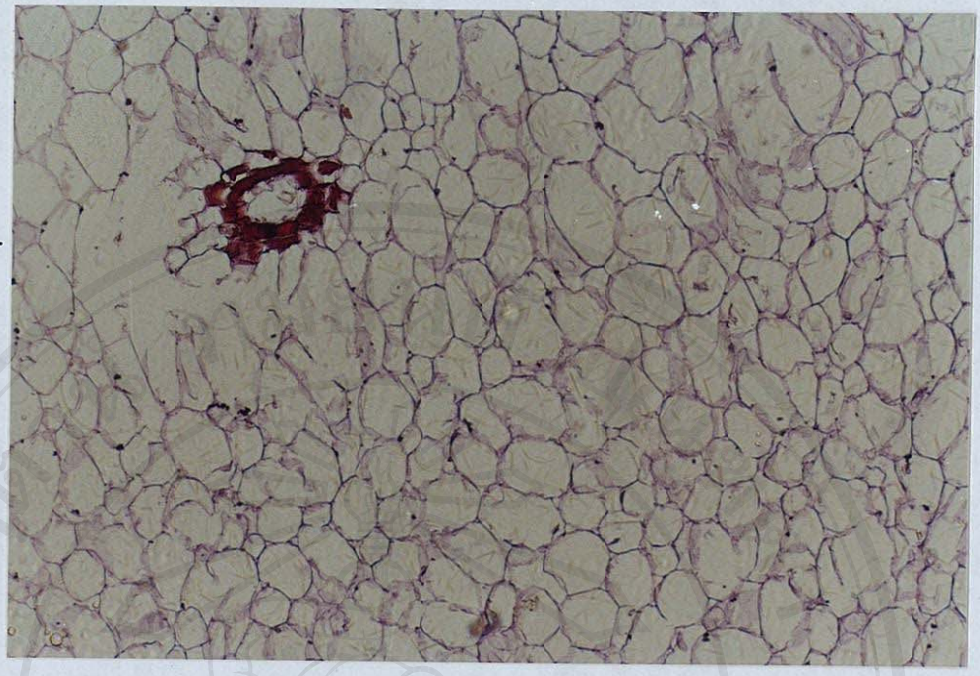
ภาพที่ 15 ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ท่อลำเลียงที่มีเซลล์รอบๆ ท่อที่ติดสีและไม่ติดสีในเนื้อมังคุด (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)



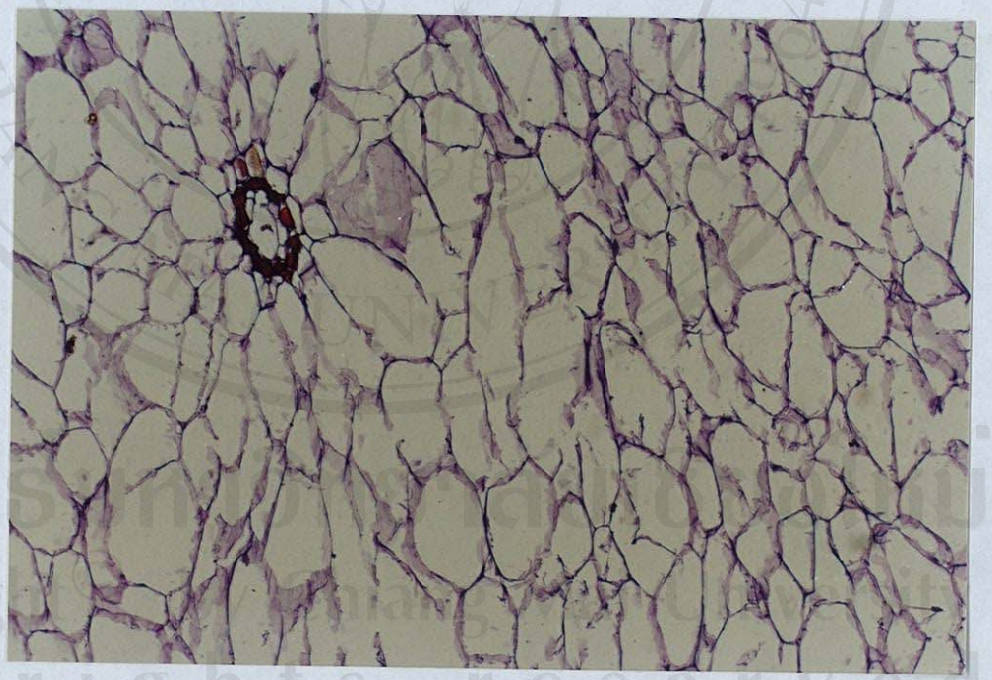
ภาพที่ 16 ภาพตัดขวางลักษณะเซลล์ของเมล็ดมังคุดที่มีผลึกน้ำยางเกาะอยู่ (ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 200 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส.ร.
634.655
ธ151ภ



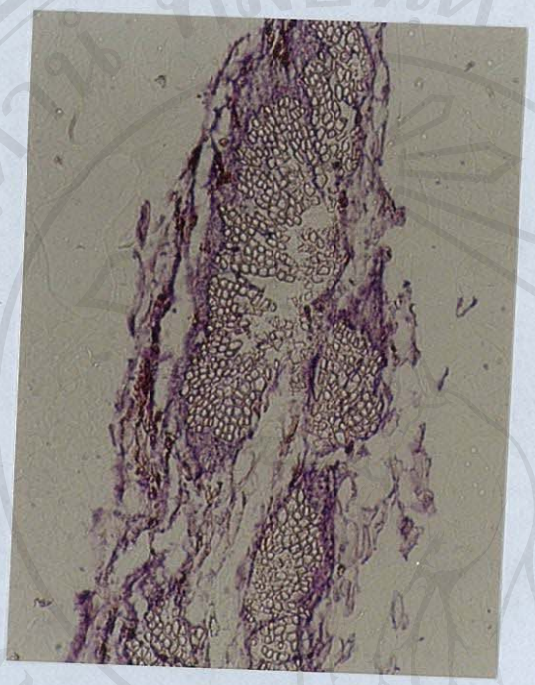
ภาพที่ 17 ภาพตัดขวางของเนื้อมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)



ภาพที่ 18 ภาพตัดขวางของเนื้อมังคุดที่ปกติ
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 300 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เลขหมู่ 11354
เลขทะเบียน
สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ภาพที่ 19 ภาพตัดขวางของแกนกลางของผลมังคุด
(ใช้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีการคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้วออกจากผลมังคุดเนื้อปกติ ทำได้โดยการสังเกตรอยแตกตามขวางของผล และลักษณะการลอยน้ำและการจมน้ำของมังคุด ผลมังคุดเนื้อแก้วบางผล จะเป็นผลที่มีรอยแตกตามขวางของผล เนื่องจากการที่ผลมังคุดได้รับน้ำเข้าไปในผล เมื่อน้ำมีปริมาณมากขึ้น แรงดันของน้ำภายในผลมังคุดเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เปลือกของผลมังคุดแตกได้ โดยมีรอยแตกตามขวางและบริเวณรอยแตกจะมียางไหลเปรอะเปื้อน วิธีการคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้วอีกวิธีหนึ่ง ทำได้โดยสังเกตจากลักษณะของการลอยน้ำและการจมน้ำของมังคุด จากสมมุติฐานการเกิดผลมังคุดเนื้อแก้วที่ว่า "มังคุดเนื้อแก้วเกิดจากการที่ผลมังคุดได้รับน้ำในสัดส่วนที่มากเกินกว่าผลมังคุดที่มีเนื้อปกติ" ดังนั้น ผลมังคุดที่จมน้ำเป็นผลมังคุดเนื้อแก้ว ส่วนผลมังคุดที่ลอยน้ำเป็นผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติ ลักษณะการลอยน้ำของผลมังคุดที่สังเกตเห็นจากการทดลอง พบว่า การลอยน้ำของผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกตินั้นลักษณะการลอยของผลจะหันขั้วผลไปด้านล่างหรือด้านข้างของผิวน้ำ แต่มีผลมังคุดบางผลที่ลอยน้ำ แต่หันขั้วผลขึ้นด้านบนของผิวน้ำ ซึ่งผลมังคุดพวกนี้จะมีอากาศอยู่ภายใต้กลีบเลี้ยงของผลมังคุด เมื่อไล่อากาศที่อยู่บริเวณใต้กลีบเลี้ยงออกหมดแล้ว ผลมังคุดพวกนี้จะจมน้ำและเป็นผลมังคุดเนื้อแก้ว

ผลมังคุดเนื้อแก้วมีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางผล อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของผลมังคุด ความถ่วงจำเพาะ การนำไฟฟ้าของน้ำคั้น และอัตราส่วนระหว่าง SS/TA มากกว่าผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติ และผลมังคุดเนื้อแก้วมี % edible portion ความต้านทานไฟฟ้าที่เปลือก ความต้านทานไฟฟ้าของน้ำคั้น % soluble solids (SS) และ % titratable acids (TA) น้อยกว่าผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติ เนื่องจากผลมังคุดเนื้อแก้วมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่ามังคุดที่เป็นเนื้อปกติ ซึ่งสองคล้องกับสมมุติฐานของการเกิดมังคุดเนื้อแก้วดังกล่าวข้างต้น

การ infiltration ผลมังคุดปกติทั้งผลและเฉพาะเนื้อผล ภายใต้ความดัน 300 มม.ปรอท เป็นเวลานาน 5 นาที ขณะลดความดันของบรรยากาศลงทำให้อากาศที่อยู่ภายในผลมังคุดแทรกออกมาภายนอกผลและเมื่อเพิ่มความดันบรรยากาศจนเท่ากับความดันบรรยากาศปกติ (760 มม.ปรอท) น้ำที่อยู่โดยรอบผลจะแทรกเข้าไปแทนที่ช่องว่างภายในผล ซึ่งเคยมีอากาศอยู่ทำให้ผลมังคุดเกิดอาการมังคุดเนื้อแก้วขึ้น แต่เป็นที่สังเกตว่าในการทำ infiltration ของผลมังคุดทั้งผล นอกจากจะทำให้เกิดอาการมังคุดเนื้อแก้วแล้วยังพบว่ามีอาการยางไหลเกิดขึ้นด้วย ดังนั้น การเกิดมังคุดเนื้อแก้วจึงน่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการยางไหลของผลมังคุดด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการนำผลมังคุดไปแช่น้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำหนักผลจะเพิ่มขึ้น และเกิดอาการเนื้อแก้วชั้นเล็กน้อยด้วย เนื่องจากน้ำที่อยู่โดยรอบมีการออสโมซิส (osmosis) เข้าไปที่เนื้อผลทำให้เกิดอาการมังคุดเนื้อแก้วขึ้น

การคัดแยกผลมังคุด โดยวิธีการลอยน้ำและการจมน้ำนั้น มีข้อจำกัด คือ หากเก็บรักษาผลมังคุดไว้เป็นเวลาหลายวัน ผลมังคุดเนื้อแก้วอาจไม่จมน้ำแต่อาจลอยน้ำ เนื่องจากการเก็บรักษาผลมังคุดไว้ มังคุดจะมีการสูญเสียน้ำออกจากผลไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเนื้อผลกับเปลือกของมังคุด (ภาพที่ 9) นั่นคือ จะมีอากาศแทรกอยู่ภายในช่องว่างนั้น เมื่อนำเอาผลมังคุดไปทำการลอยน้ำและจมน้ำนั้น ผลมังคุดเนื้อแก้วก็อาจลอยน้ำได้ ทำให้ไม่สามารถแยกผลมังคุดเนื้อแก้วออกจากผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติได้ ดังนั้นวิธีการแยกผลมังคุดจึงควรทำอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนั้น ลักษณะอุ้มน้ำของผลมังคุดส่วนเปลือกผลน่าจะเป็นส่วนที่อุ้มน้ำได้ดีกว่าและมากกว่าเนื้อผล ดังนั้น ในบางครั้งผลที่จมน้ำแต่ยังไม่เกิดอาการเนื้อแก้วจึงมีปรากฏขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเข้าไปแทนที่ช่องว่างภายในเปลือกด้วยเช่นกัน ซึ่งการแก้ปัญหานี้อาจใช้น้ำเกลือในการคัดแยกผล แทนการใช้น้ำเปล่า (น้ำประปา) ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความหนาแน่นให้แก่ตัวกลาง (น้ำ) ที่จะนำผลมังคุดไปตรวจสภาพการจมหรือลอยน้ำ

x-ray สามารถพัฒนานำมาใช้ในการตรวจคุณภาพของผลมังคุดได้ คือ สามารถแสดงให้เห็นลักษณะเปลือกแข็ง และอาการยางไหลได้พอสมควร และมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วยแต่ควรมีการพัฒนาต่อไป เนื่องจากเครื่อง x-ray มีราคาแพง ดังนั้น การนำเครื่อง x-ray ไปใช้ประโยชน์จึงควรจะทำเป็นกลุ่มของผู้ส่งออก และพ่อค้ารายใหญ่

ultrasound ไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของผลมังคุดได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากเซลล์ของมังคุดเป็นเซลล์พืช ดังนั้นจึงมี cell wall ซึ่งใน cell wall มีองค์ประกอบของแคลเซี่ยมซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง cell wall ในแต่ละเซลล์ และเซลล์เหล่านี้เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ เป็นชั้นๆ นอกจากนั้นชั้นนอกสุดของเปลือกยังมีชั้นของ cuticle ที่แข็งอีกด้วย ทำให้เสียงดูดกลืนหรือสะท้อนกลับออกไปได้มาก ultrasound จึงไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของผลมังคุดได้ ดังนั้นการนำ ultrasound มาใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพของผลมังคุดจึงใช้ไม่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทำสไลด์เนื้อเยื่อถาวร โดยการฝังในพาราฟิน โดยใช้ เปลือก แกนกลาง และเนื้อที่มีเมล็ดและไม่มีเมล็ด พบว่า มีเซลล์ของท่อน้ำยางจำนวนมาก แทรกอยู่โดยทั่วไป ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลมังคุดเกิดอาการยางไหลได้ง่าย และพบว่าเซลล์เปลือกของมังคุดที่มีลักษณะเปลือกแข็งเป็นเซลล์ที่แตกและมีน้ำยางมาเกาะที่ผนังเซลล์ สำหรับเนื้อผลที่เป็นเนื้อแก้ว กลุ่มเซลล์ parenchyma มีลักษณะกลม และมีความเต่งมากกว่าในเนื้อปกติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่ามังคุดเนื้อแก้วมีสาเหตุจากการที่ผลมังคุดได้รับน้ำในสัดส่วนที่มากเกินกว่าผลมังคุดที่มีเนื้อปกติ ดังนั้นเซลล์ผลที่มีน้ำมากกว่าปกติจึงควรที่จะมีความเต่งมากกว่าเซลล์ผลที่มีน้ำในระดับปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปผลการทดลอง

1. วิธีการคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้วออกจากผลมังคุดเนื้อปกติ ทำได้โดยการสังเกตรอยแตกตามขวางของผล และลักษณะของการลอยน้ำและการจมน้ำของผลมังคุด

2. ผลมังคุดที่มีรอยแตกตามขวางของผลตามธรรมชาติจะเป็นมังคุดเนื้อแก้ว

3. ผลมังคุดที่จมน้ำเป็นผลมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว 75.13%

4. ผลมังคุดที่ลอยน้ำเป็นผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติ 90.68%

5. ผลมังคุดเนื้อแก้ว มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง ความถ่วงจำเพาะ การนำไฟฟ้าของน้ำคั้น และอัตราส่วนระหว่าง SS/TA มากกว่า ผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติ

6. ผลมังคุดเนื้อแก้วมี % edible portion ความต้านทานไฟฟ้าที่เปลือก ความต้านทานไฟฟ้าของน้ำคั้น % soluble solids (SS) และ titratable acids (TA) น้อยกว่าผลมังคุดที่เป็นเนื้อปกติ

7. ผลมังคุดเนื้อแก้ว เกิดจากการที่ผลมังคุดได้รับน้ำในอัตส่วนที่มากเกินกว่าผลมังคุดที่มีเนื้อปกติ

8. x-ray ที่ระดับ 100 mA. 62 K.V. 0.04 radio sec. สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของมังคุดได้ โดยสามารถแสดงให้เป็นถึงความแตกต่างระหว่างผลมังคุดที่ปกติและผลมังคุดที่ผิดปกติได้

9. ultrasound ไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของผลมังคุดได้

10. เปลือกมังคุดที่ปกติ จะมีท่อลำเลียงและท่อน้ำยางขนาดใหญ่อยู่เป็นชั้นๆ ตลอดความหนาของเปลือก

11. เปลือกมังคุดที่แข็ง จะมีผลึกของน้ำยางเกาะติดอยู่ที่ผนังเซลล์ของเปลือกและเซลล์ส่วนมากจะแตก

12. เนื้อมังคุดที่ปกติ จะประกอบด้วยเซลล์ parenchyma ที่เรียงตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ โดยมีเซลล์ท่อลำเลียงกระจายทั่วไปในเนื้อผล

13. เนื้อมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว เซลล์ parenchyma จะมีลักษณะกลมและมีความเต่งมากกว่าเซลล์เนื้อปกติ

14. เมล็ดมังคุดจะมีผลึกของน้ำยางเกาะอยู่ที่เซลล์ชั้นรอบนอก

15. แกนกลางของผลมังคุด ประกอบด้วยเซลล์ท่อลำเลียงจำนวนมาก และมีผลึกน้ำยางเกาะอยู่บริเวณรอบนอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล และสุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2522. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมังคุด. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 13 (1-2) : 45-62.

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2530. สมมุติฐานการเกิดผลมังคุดเนื้อแก้ว. งานวิจัยยังไม่ได้ตีพิมพ์.

นิรนาม. 2530. การปรับปรุงคุณภาพมังคุด. วารสารเคหะการเกษตร 11 (27) : 72-76.

นิวัฒน์ พรหมแพทย์. 2532. มังคุดเพื่อการส่งออก. ชมรมไม้ผลแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 72 น.

ประวิติ ตันบุญเอก, วัลลภา ธีรภาวะ, สุภา อโนธารมณ์ และดารา พวงสุวรรณ. 2521. โรคและวิธีการเก็บรักษาผลมังคุดหลังเก็บเกี่ยว. กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. น. 403-408.

สมสุข ศรีจักรวาฬ. 2531. มังคุดผลไม้ที่น่าจับตามอง. วารสารกสิกร 61 (6) : 501-502.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2530. แนะนำวัยสำหรับการเก็บเกี่ยว "มังคุด" เพื่อรับประทานให้อร่อยที่สุด. เคหะการเกษตร. 11 (121) : 25-27.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2532. การเก็บเกี่ยวผลมังคุด. เคหะการเกษตร. 13 (6) : 65-68.

องค์อร วิรยศิริ และสุมาลี พันธ์พิพัฒน์. 2510. การทดลองเก็บมังคุดสุกไว้ในอุณหภูมิต่างๆ กัน. กสิกร. 40 (5) : 439-443.

Brecht, J.K., R.S. Shewfet, J.C. Garner and E.W. Tollner. 1991. Using x-ray-computed tomography to nondestructively determine maturity of green tomatoes. HortScience 26 (1) : 45-47.

Empire Marketing Board Report on further Experimental Consignments of Mangosteen from Burma in 1932-1933. Tropical Agriculture 80 (2) : 128-134.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved