

## ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและการเกิดสีน้ำตาลในผลเงาะ (*Nephelium lappaceum* L.)

ประกายดาว ยิ่งสง่า\*

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเกิดสีน้ำตาลภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลเงาะว่าอัตราและปริมาณการสูญเสียมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของการเกิดสีน้ำตาลหรือไม่ ข) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และกายวิภาคของเปลือกและขนเงาะในแต่ละสายพันธุ์ตอบสนองต่อการเกิดสีน้ำตาลแตกต่างกันหรือไม่ และ ค) การสูญเสียน้ำตาล กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นหรือไม่ และศึกษาแนวทางในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล

การเก็บรักษาผลเงาะ (*Nephelium lappaceum* L.) 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์โรงเรียน สีชมพูและสีทอง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาพบรรยากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (60 -70%RH) ปานกลาง (75-85%RH) และสูง (85-95%RH) พบว่าทั้งสามสายพันธุ์ตอบสนองต่อการเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกัน ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-95 เป็นความชื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บรักษาของเงาะทั้ง 3 สายพันธุ์ การพัฒนาการเกิดสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับ การสูญเสียน้ำ เงาะที่เก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70 มีการสูญเสียน้ำมากที่สุดซึ่งส่งผลให้มีการพัฒนาการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด โดยเงาะมีการสูญเสียน้ำจากส่วนของขนเงาะมากที่สุด รองลงมาคือเปลือกเงาะ ในขณะที่เนื้อเงาะและเมล็ดมีการสูญเสียน้ำน้อย ทั้งนี้การเกิดสีน้ำตาลในทุกสายพันธุ์ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หรือระยะเวลาการเก็บรักษา

เงาะมีลักษณะโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่าขนเงาะ หรือที่เรียกว่า Spinterns ซึ่งส่งผลให้ผลเงาะมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการสูญเสียน้ำไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะพันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีชมพู และ พันธุ์สีทอง พบว่าเงาะพันธุ์สีชมพูมีปากใบกระจายตัวอยู่บนขนเงาะและที่เปลือกเงาะประมาณ 138-210 และ 94-218 apertures/mm<sup>2</sup> ตามลำดับ และ 89-156 และ 47-97 apertures/mm<sup>2</sup> ในผลเงาะโรงเรียน ส่วนพันธุ์สีทองเท่ากับ 127-263 และ 46-96 apertures/mm<sup>2</sup> ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบขนขนาดเล็ก (trichomes) อยู่บนส่วนปลายของขนเงาะในทุกสายพันธุ์ เงาะพันธุ์โรงเรียนมีจำนวนขนเงาะมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์สีชมพูและพันธุ์สีทองตามลำดับ ในขณะที่ขนเงาะพันธุ์สีทองยาวมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์โรงเรียน และพันธุ์สีชมพูตามลำดับ แต่เงาะพันธุ์สีชมพูมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ดังนั้นการสูญเสียน้ำหนักของเงาะมีอิทธิพลมาจากความหนาแน่นของปากใบมากกว่าจำนวน และความยาวของขนเงาะ

การศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของเปลือกเงาะเพื่อศึกษาสาเหตุการเกิดสีน้ำตาลที่ขนเงาะ โดยเลือกทำการศึกษาในเงาะพันธุ์โรงเรียนเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย มีผลผลิตมากและมีปริมาณการส่งออกสูง จากการศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (light microscope) พบกลุ่มของ vascular bundles ประมาณ 15-20 กลุ่มกระจายอยู่โดยตลอดขนเงาะ ซึ่งประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำ ท่อลำเลียงอาหาร และเนื้อเยื่อพาเร็นไคมา โดย

\* ปรัญญาคุณฉวีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กลุ่มของ vascular undles มีโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันระหว่างส่วนของขนเงาะและเปลือกเงาะ นอกจากนี้ยังพบกลุ่มของ vascular bundles ในส่วนของ inner pericarp บริเวณที่ติดกับเนื้อเงาะ

การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำในผลเงาะโดยใช้สีย้อม Brilliant Blue FCF ผ่านทางขั้วผล พบว่าน้ำเคลื่อนที่ไปที่ vascular ในเปลือกไปยังฐานของขนเงาะและส่งไปยังปลายขนเงาะ การเชื่อมโยงของvascular แสดงให้เห็นการระเหยของน้ำผ่านทางปากใบที่ผิวของเปลือกเงาะและขนเงาะซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของปากใบ

การเก็บรักษาเงาะโรงเรียน เงาะสีชมพู และเงาะสีทองภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (60–70 % RH) และความชื้นสัมพัทธ์สูง (85–95 % RH) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ติดตามการเปลี่ยนแปลงอัตราการสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาล ปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าขนเงาะมีการพัฒนาการเกิดสีน้ำตาลอย่างรุนแรง ในขณะที่เปลือกเงาะมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย การเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของขนเงาะแต่มีผลเพียงเล็กน้อยสำหรับเปลือกเงาะ ปริมาณสารประกอบฟีนอลและ กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในเปลือกสูงกว่าในขนเงาะในทุกสายพันธุ์ ความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลในระหว่างการเก็บรักษา แต่กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในเปลือกเงาะพันธุ์โรงเรียนและพันธุ์สีชมพูเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาในพันธุ์สีทองที่เก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง ในขณะที่ขนเงาะมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD มากกว่าในเปลือกเงาะทุกสายพันธุ์ ความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในขนเงาะทุกสายพันธุ์ ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในเปลือกเงาะ และในขนเงาะโรงเรียนมีกิจกรรมน้อย แต่มีการตอบสนองต่อความชื้นสัมพัทธ์ไม่ชัดเจนในระหว่างการเก็บรักษา การที่ขนเงาะมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD มากกว่าในเปลือกเงาะอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ขนเงาะมีการพัฒนาการเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว

การเก็บรักษาผลเงาะในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ถึงแม้ว่า มักจะมีปัญหาที่เกิดจากการปนเปื้อนหรือจากการเข้าทำลายของเชื้อที่ติดมาจากแปลงปลูก จึงมีความจำเป็นต้องใช้ยาฆ่าเชื้อรา การจุ่มผลไม้ในสารละลาย Calcium chloride (เพิ่มความแข็งแรง) ไม่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในขนเงาะเนื่องจากเกลือไม่สามารถผ่านเนื้อเยื่อเข้าไปได้ การเคลือบผลเงาะด้วย Super size Z (pure polyethylene) และ carnauba wax ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลแต่ผลเงาะเกิดกลิ่นหมักขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 13 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์สูงช่วยลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา ชะลอการสูญเสียน้ำ และลดการเกิดสีน้ำตาล

## Relationship between Structure and Browning in Rambutan Fruit (*Nephelium lappaceum* L.)

Prakaidao Yingsanga \*

### Abstract

The aim of this research was to study the causes of postharvest browning in rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit; a) whether the rate and extent of water loss from fruit and are related to the severity of browning; b) whether differences in the morphology and anatomy of peel and spinterns account for the differences in susceptibility to browning among cultivars and c) that desiccation increases the activity of enzymes associated with browning. The ultimate objective was to devise practical ways to control browning of rambutan.

The influence of relative humidity on the development of browning of the fruit of three cultivars, 'Rongrien', 'See-Chompoo' and 'Seethong' was examined. These cultivars differ in their susceptibility to browning and water loss. All cultivars stored best at 25 °C at high relative humidity (85-95% RH). The development of browning was dependent on the loss of water from the fruit. At low RH (60-70% RH) water loss from all fruit tissues affected the severity of browning. Water loss from the spinterns was highest followed by the peel, while water loss from the seed and aril was low. Browning in all cultivars was not related to total soluble solids concentrations (TSS) or storage time.

The presence of spinterns gives the fruit its special appearance but increases the surface area of the fruit enormously and increases susceptibility to rapid water loss. To aid understanding of water loss from the fruit when comparative study to the morphology of cvv. Rongrien, See-chompoo and Seethong was conducted. Stomatal density on the spinterns and at the base area of the spinterns of See-Chompoo was 138-210 and 94-218 apertures/mm<sup>2</sup> respectively whereas in Rongrien there were 89-156 and 47-97 apertures/mm<sup>2</sup> and 127-263 and 46-96 apertures/mm<sup>2</sup> in Seethong, respectively. Trichomes are also present on the tips of the spinterns in all cultivars. The number of spinterns per fruit was highest in Rongrien followed by See-Chompoo and Seethong, respectively. Seethong has the longest spinterns followed by, Rongrien and See-Chompoo respectively. Weight loss was higher in See-Chompoo compared to Rongrien and Seethong. The rate of water loss by rambutan fruit appears to be affected more by stomata density than the number and length of the spinterns.

The anatomy of the fruit pericarp was studied to aid understanding of the causes of browning of spinterns. Rongrien was selected for this experiment, because of it is widely grown in Thailand, its high volume of production and high export value. Anatomy of the fruit pericarp was observed with a light microscope. These observations showed 15-20 groups of vascular bundles, consisting of xylem, phloem and their associated parenchyma tissue, were scattered

---

\* Doctor of Philosophy (Postharvest Technology), Faculty of School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 128 pages.

through the spinterns. It was also observed that the vascular bundles in both spinterns and peel were connected. Vascular bundles were also found in the inner pericarp near the fleshy aril.

The movement of water through the fruit tissue was traced by introducing a water soluble dye (Brilliant Blue FCF) through the peduncle. Water was found to move through the vasculars in the peel to the base of the spinterns and then to the tips of spinterns. This network of vasculars shows that water is transpired via the stomata located on the skin and spinterns at rates that are influenced by the density of the stomata.

Fruit of cvv. Rongrien, See-Chompoo and Seethong were stored in low (60 – 70 % RH) and high relative humidity (85 – 95 % RH) environments at 25 °C for 6 days. Changes in weight loss, browning index, phenols content and activities of phenylalanine ammonia-lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) were measured. By day 6 of storage browning was severe in the spinterns but slight in the peel of all cultivars. High RH delayed spinterns browning but had only a small effect on peel browning. The concentrations of phenols and PAL activity in peel from all cultivars were generally higher than in the spinterns. RH had no effect on the changes in the concentration of phenols during storage but PAL activity increased in the peel but not spinterns at day 4 of storage of Rongrien and See-Compoo fruit and at day 2 of storage of Seethong fruit in high RH. The initial activities of PPO and POD in spinterns of all cultivars were higher than in peel. PPO activity in the spinterns of all cultivars was similar and was not affected by RH. The initial activity of POD was lower in the peel and the spinterns of Rongrien but there were no clear responses to RH during storage. Higher activities of PPO and POD in the spinterns compared to the peel may also be a factor in the higher rates of browning of the spinterns.

Storage at high relative humidity gave the longest shelf-life, although fungal and infection/contamination was often a problem. Treatment with a fungicide is required. Dipping fruit in a calcium chloride solution (strength) did not affect browning of spinterns possibly because the salt did not penetrate into the tissue. Dipping fruit in Super size Z (pure polyethylene) and carnauba wax delayed browning of spinterns but the fruit developed off-flavors when stored at 25 °C for (4 days after storage). It was concluded that storage at a low but non-chilling temperature (approximately 13 °C) and high RH is required to reduce fungal spoilage, retard water loss and to slow browning.