วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

การใช้ D/S ratio เพื่อกำหนดคุณภาพทุเรียนหมอนทองเกรดพรีเมียมเพื่อตลาดในประเทศและส่งออก

Using the D/S ratio to determine the quality of premium grade Monthong durian for domestic and export markets

ปิยะพงษ์ สอนแก้ว[1]*, ธนัชชา ชัยดา[1] และ วรภัทร วชิรยากรณ์[2]

Piyapong Sonkaew[1]*, Thanatcha Chaida[1] and Voraphat Vachirayakon[2]

[1] *ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัยชั้นสูง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*
[1] *Center of Scientific Equipment for Advanced Research, Thammasat University*
[2] *สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*
[2] *Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University*

บทคัดย่อ: ทุเรียนหมอนทองเป็นพันธุ์หลักที่สำคัญของไทยสำหรับตลาดในต่างประเทศโดยเฉพาะสาธารณรัฐประชาชนจีน ปัจจุบันพื้นที่ปลูกทุเรียนหมอนทองเพิ่มมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกัมพูชา ลาว เมียนมา และเวียดนาม (กลุ่มประเทศ CLMV) ทำให้เกิดการแข่งขันท้าทายด้านคุณภาพเป็นหลัก ทุเรียนหมอนทองคุณภาพขึ้นกับรสชาติที่ดี กลิ่นหอม มีกลิ่นฉุนน้อย อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อแห้ง (Dry matter, %D) ต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนดิบ (sulfur content, %S) (D/S ratio) เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานทุเรียนเกรดพรีเมียมสำหรับตลาดในและต่างประเทศ ทำการศึกษาในพื้นที่การผลิต เช่น จันทบุรีและนนทบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อแห้งต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนดิบ (D/S ratio) ของทุเรียนในแหล่งที่เป็นที่ยอมรับ เพื่อพิจารณาค่า D/S ratio และศึกษาความแตกต่างของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแพสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ในระยะ 1 เดือนก่อนเก็บเกี่ยวที่ส่งผลต่อคุณภาพและกลิ่นของเนื้อทุเรียนเมื่อสุก พบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ให้สารประกอบเอสเทอร์ ethyl 2-metyl butyrate สูงกว่าในโพแทสเซียมซัลเฟต ขณะเดียวกัน ethanethiol ต่ำกว่า นอกจากนี้ K_2SO_4 ให้ความสว่างและมุมสีของทุเรียนสุกสูงกว่าการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ เนื้อสัมผัสในรูปของความแข็ง และค่าการเกาะติดผิววัสดุ จากการใช้ปุ๋ยทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน D/S ratio มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณซัลเฟอร์ (S) และ D/S ratio เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณ S ลดลง ค่า D/S ratio ที่แนะนำสำหรับทุเรียนหมอนทองพรีเมียม คือ มากกว่า 316 และ D/S ratio ที่ 32% DM ต้องมี S เนื้อดิบไม่เกินร้อยละ 0.1010 โดย S สามารถเพิ่มขึ้นได้ตามน้ำหนักเนื้อแห้งที่เพิ่มขึ้น แต่ค่า D/S ratio ต้องมีค่าเกิน 316

คำสำคัญ: ทุเรียนหมอนทอง; *Durio zibethinus* L.; โพแทสเซียมซัลเฟต; โพแทสเซียมคลอไรด์; สารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ

ABSTRACT: Monthong durian (*Durio zibethinus* L.) is Thailand's main durian variety for domestic and export markets, especially China. Nowadays, the area for growing Monthong durian has increased around Cambodia, Laos, Myanmar, and Vietnam (CLMV), so competition for Monthong durian is challenged due to quality. The premium-grade Monthong durian quality was up on the flesh must have good taste, aroma, and mild (unpleasant odor). The ratio of dry matter (%D) and sulfur contents (%S) as the D/S ratio of unripe Monthong durian aril was employed to determine the quality of premium-grade Monthong durian for domestic and export markets, conducted at Chanthaburi and Nonthaburi province Thailand. Moreover, the effects of potassium sulfate and potassium chloride fertilizer application at one month before harvest on the quality and volatile compounds of the aril were compared. The results showed that KCl application in durian tree had a higher ester compound (ethyl 2-methyl butyrate) than

* Corresponding author: piyapongs@tu.ac.th

Received: date; December 13, 2022 Accepted: date; March 31, 2023 Published: date;

K_2SO_4 application, while sulfur-containing compound (ethanethiol) was lower than that of K_2SO_4 treatment. As for effect on durian pulp quality, the K_2SO_4 treatment had a higher lightness and color angle in ripe durian pulp than in the KCl treatment. The texture of durian pulp was not significantly different in terms of hardness, adhesive force, and adhesiveness with both KCl and K_2SO_4 treatment. The D/S ratio was highly correlated with the sulfur content in unripe durian pulp and showed the tendency of the ratio to increase when the sulfur in the durian pulp decreased. The recommended D/S ratio for premium Monthong durian must exceed 316 units. The D/S ratio for premium quality Monthong durian at 32%DM is recommended to have a sulfur content below 0.1010%, and this value can be increased as durian dry matter increases. However, the D/S ratio must be above 316 units.
Keywords: Monthong durian; *Durio zibethinus* L.; potassium sulfate; potassium chloride; volatile sulfur-containing compound

บทนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) เป็นผลไม้ส่งออกหลักของประเทศไทย โดยเฉพาะทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งรวมถึงความนิยมในการบริโภคในประเทศ เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น ทรงผลสวย มีเนื้อหนา เมล็ดลีบ เนื้อสัมผัสเวลารับประทานมีความหลากหลาย และมีรสชาติดี ปัจจุบันพื้นที่ปลูกทุเรียนทั้งในประเทศรวมถึงหลายๆประเทศ เช่น เวียดนาม และจีน ซึ่งมีความพยายามในการปลูกทุเรียนเองมากยิ่งขึ้น ทำให้การแข่งขันของตลาดทุเรียนจึงต้องพิจารณาถึงคุณภาพมากขึ้น ในส่วนของมาตรฐานการผลิตและการกำหนดคุณภาพทุเรียนหมอนทองของไทย ตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรแห่งชาติ (มกอช) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) เกณฑ์ที่สำคัญเกณฑ์หนึ่งที่ใช้คือร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งขั้นต่ำที่ ร้อยละ 32 ซึ่งโดยทั่วไปใช้ระยะเวลาหลังจากดอกบานจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ประมาณ 90-150 วัน ขึ้นกับสายพันธุ์ (Siriphanich, 2011) ขณะที่ทุเรียนหมอนทองที่ผลิตในภาคตะวันออกรวมถึงในพื้นที่ส่วนใหญ่ของไทย ใช้ระยะวันหลังดอกบานโดยประมาณที่ 120 วัน ในแง่ของการผลิตทุเรียนคุณภาพนอกจากทุเรียนจะมีน้ำหนักเนื้อแห้งสูง ซึ่งหมายถึงอายุของทุเรียนที่จัดเป็นทุเรียนแก่และจะทำให้มีคุณภาพของเนื้อดีแล้ว สิ่งที่ทำให้คุณภาพของทุเรียนมีความแตกต่างกันของแหล่งผลิต คือ คุณภาพด้านกลิ่นของทุเรียน ซึ่งในตลาดทุเรียนจะพบว่าทุเรียนก้านยาวนนทบุรีได้รับการยอมรับว่าเป็นทุเรียนที่มีราคาสูงและจัดเป็นทุเรียนคุณภาพและมีกลิ่นหอม รวมถึงมีกลิ่นฉุนจากซัลเฟอร์น้อย จากการศึกษาเบื้องต้นของสารประกอบกลิ่นในทุเรียนก้านยาว จะพบว่ามีสารประกอบกลิ่นหอม โดยเฉพาะ ethyl 2-metyl butyrate ซึ่งพบที่ retention time (RT) 5.865 นาที เกิดขึ้นชัดเจน ขณะที่ประเด็นเรื่องของกลิ่นฉุนที่เกิดจากสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งเป็นปัญหาของทุเรียนหลายสายพันธุ์ ทำให้คุณภาพการบริโภคของทุเรียนมีความแตกต่างกัน โดยสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบจะทำให้ทุเรียนมีกลิ่นฉุน (Fisher and Steinhaus, 2020) จากข้อมูลในการสำรวจซึ่งพบว่าทุเรียนหมอนทองที่ผลิตในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของกลิ่นฉุนของเนื้อเป็นอย่างมาก บางพื้นที่มีกลิ่นฉุนที่เกิดจากสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก ขณะที่บางพื้นที่พบว่ามีกลิ่นฉุนที่เกิดจากสารประกอบซัลเฟอร์รุนแรง โดยปัจจุบันในตลาดทุเรียนมักใช้คำว่า “ทุเรียนพรีเมียม” เป็นทุเรียนเนื้อหนึ่ง ซึ่งหมายถึงมีร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งสูง นำมาใช้ในการทำตลาดเพื่อประโยชน์ด้านราคาขาย โดยทุเรียนพรีเมียมในปัจจุบันจะใช้แนวทางของร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งที่สูง โดยทั่วไปสูงกว่าร้อยละ 36 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่ มกอช กำหนด นำมาใช้ในการกำหนดราคา แต่ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษาเบื้องต้นรวมถึงงานวิจัยในหลายๆประเทศ จะพบว่าหากเป็นทุเรียนที่มีกลิ่นฉุนมากก็จะทำให้ทุเรียนขาดความอร่อยได้เช่นเดียวกัน (Teh et al., 2017; Fischer and Steinhaus, 2020, Xiao et al., 2022)

ความสำคัญของอัตลักษณ์ของทุเรียนหมอนทองพรีเมียมนั้น จากการศึกษาและเก็บข้อมูลของทุเรียนหมอนทองในแต่ละแหล่งทั่วประเทศ พบว่าทุเรียนหมอนทองที่มีร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งสูงมากกว่า 36 ขึ้นไป และส่งกลิ่นฉุนต่ำเมื่อทุเรียนสุกและขณะเดียวกันจะมีกลิ่นหอมที่เกิดจากสารประกอบเอสเทอร์สูง จะทำให้ทุเรียนหมอนทองที่ผลิตได้มีความอร่อยและมีกลิ่นหอมไม่มีกลิ่นฉุน ซึ่งจากงานวิจัยของทุเรียนในปัจจุบัน พบว่าสารประกอบกลิ่นที่พบในทุเรียน เกิดจากสารตั้งต้นที่เป็นกรดอะมิโน โดยพบว่า ลิวซีนมีอิทธิพลและสารตั้งต้นในกลิ่นหอมกลุ่มเอสเทอร์ และพบว่ากลิ่นฉุนของทุเรียนซึ่งเป็นสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบนั้นเกิดจากกรดอะมิโนในเนื้อทุเรียน คือ ซีสเทอีน (cysteine) (Peng, 2019) เมไทโอนีน (methionine) และเอไทโอนีน (ethionine) ซึ่ง

กรดอะมิโน 2 ชนิดนี้ เป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมไทโอนีน เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทิลีนและเกิดเป็นสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ เช่น มีเทนไทออล (methanethiol) และ อีเทนไทออล (ethanethiol) เป็นสารประกอบกลิ่น 2 ชนิดแรกที่เกิดขึ้นในเนื้อทุเรียนจากการเปลี่ยน methionine และ ethionine ด้วยเอนไซม์ methionine γ-lyase (*MGL*) ซึ่ง methionine อาจจะเปลี่ยนเป็นได้ทั้ง methanethiol โดย *MGL* และเข้าสู่กระบวนการสร้างเอทิลีนใน Yang cycle ได้ (Teh et al., 2017) ในกลไก Yang cycle ขณะที่ เอไทโอนีน ซึ่งปัจจุบันเริ่มพบว่ามีหลักฐานที่แสดงถึงอิทธิพลต่อการสร้างสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะ อีเทนไทออล (ethanethiol) ซึ่งจะทำให้เนื้อทุเรียนส่งกลิ่นฉุน (Teh et al., 2017; Fischer and Steinhaus, 2020)

เมื่อพิจารณาต้นทางของการเกิดการสะสมของกรดอะมิโน เมไทโอนีนและเอไทโอนีน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของซัลเฟอร์ในทุเรียน ซึ่งพบว่าการผลิตทุเรียนในช่วงของการเจริญเติบโตทางผลทุเรียนในช่วง 1-2 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะมีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากยิ่งขึ้นในรูปของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และ ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โดยใช้ในรูปของปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตมากกว่าการใช้ในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ เนื่องจากกังวลเรื่องของคลอไรด์ที่จะเป็นพิษต่อต้นทุเรียน ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่การผลิตทุเรียนในพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น จังหวัดนนทบุรี โดยพบว่าปริมาณคลอไรด์ไอออนที่มากับเกลือในรูปโซเดียมคลอไรด์ ทำให้เกิดพิษต่อต้นทุเรียนได้ (วิชาญ, 2508) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีการทดลองเปรียบการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์กับโพแทสเซียมซัลเฟตกับทุเรียน ซึ่งพบว่าให้ผลผลิตและคุณภาพแตกต่างกันเล็กน้อยซึ่งใช้ทดแทนกันได้ การทดลองใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ในพื้นที่ที่ไม่มีอิทธิพลจากน้ำทะเล คลอไรด์ไอออนจะถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่ายในเขตฝนตกชุก จึงไม่ค่อยสะสมในดิน (ยงยุทธ, 2564) ทั้งนี้ซัลเฟอร์ซึ่งเป็นธาตุอาหารหนึ่งที่มีความสำคัญต่อทุเรียนเนื่องจากเป็นทั้งองค์ประกอบของโปรตีนและมีส่วนในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ขณะเดียวกันซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของสารประกอบกลิ่นฉุนในทุเรียน เช่น สารประกอบไทออล และไดซัลไฟต์ ซึ่งโดยทั่วไปในเนื้อทุเรียนจะมีปริมาณซัลเฟอร์ประมาณ ร้อยละ 0.1 หรือ ประมาณ 1 กรัม ในเนื้อทุเรียน 1 กิโลกรัม (Diczbalis and Westerhuis, 2005) อย่างไรก็ตามในด้านการผลิตในประเทศไทย การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมของเกษตรกร โดยเฉพาะเกษตรกรในภาคตะวันออกของไทยนิยมใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของ K_2SO_4 โดยเฉลี่ยในอัตรา 1,000-3,000 กรัม K_2O ต่อต้นต่อปี ซึ่งมีปริมาณของซัลเฟอร์ ประมาณ 340-1,020 กรัมต่อต้นต่อปี โดยรูปของซัลเฟอร์ที่พืชใช้ประโยชน์ได้เป็นรูปของสารอนินทรีย์ (SO_4^{2-}) และปริมาณของซัลเฟอร์ที่สูญเสียไปกับผลผลิตของทุเรียนในแต่ละรอบการผลิตประมาณ 32.3 กรัมต่อต้นต่อปี ดังนั้นจะพบว่าการให้ปุ๋ยซัลเฟอร์กับต้นทุเรียนโดยทั่วไปจึงเป็นการให้ปุ๋ยที่มากเกินพอ (Jaisue et al., 2021) ซึ่งอาจจะมีแนวโน้มสะสมในเนื้อทุเรียนสูง ทำให้ทุเรียนที่ผลิตได้มีแนวโน้มมีกลิ่นฉุนจากสารประกอบซัลเฟอร์สูงด้วย

ดังนั้น ในการศึกษานี้ มีจุดประสงค์ในการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของคุณภาพทุเรียนในแต่ละพื้นที่ที่เป็นทุเรียนคุณภาพสูงและเป็นที่ยอมรับ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นทุเรียนที่เน้นการเก็บเกี่ยวที่พิจารณาจากน้ำหนักเนื้อแห้งสูงกว่า ร้อยละ 36 ขึ้นไป ประกอบกับการตรวจสอบร้อยละของซัลเฟอร์ในเนื้อดิบของทุเรียนแต่ละพื้นที่ รวมถึงพิจารณาเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในระยะของการสร้างเนื้อ (aril) ของทุเรียนในช่วงเดือนสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยว ในแปลงทดสอบในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี เพื่อเป็นแนวทางการผลิตทุเรียนที่ทำให้ทุเรียนมีรสชาติที่ดี กลิ่นหอมจากสารประกอบเอสเทอร์สูงและมีกลิ่นฉุนจากสารประกอบซัลเฟอร์ต่ำ เป็นแนวทางในการผลิตทุเรียนหมอนทองคุณภาพสูงในระดับพรีเมียมของตลาดต่อไป

วิธีการศึกษา

การสำรวจคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองและทดสอบการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม

ดำเนินการเก็บตัวอย่างทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ใช้สำหรับการจำหน่ายทางออนไลน์ในประเทศและทุเรียนเกรดสำหรับส่งออกไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนและสาธารณรัฐเกาหลี ในฤดูกาล 2564-2565 ในพื้นที่จังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ปราจีนบุรี นครนายก และศรีสะเกษ ซึ่งเป็นสวนทุเรียนที่ผลิตทุเรียนมีคุณภาพสูงและเป็นที่ยอมรับ และทดสอบการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในพื้นที่สวนจังหวัดจันทบุรี ในสวนที่สามารถจัดการและงดการให้ปุ๋ยอื่นๆ ในพื้นที่ตำบลท่าหลวง อำเภอมะขาม ในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2565 เพื่อ

ทดสอบอิทธิพลของการให้ปุ๋ย 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) และ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) โดยดำเนินการทดสอบการให้ปุ๋ยที่ระดับเกษตรกรใช้งาน คือ 500 กรัม ต่อ ต้น ต่อ สัปดาห์ ใส่จำนวน 4 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว (เดือนที่ 4 หลังดอกบาน) ให้ปุ๋ยโดยการโรยบริเวณรอบโคนต้น โดยใช้ต้นทุเรียนอายุ 8 ปี จำนวน 4 ต้น โดยใช้ 2 ต้นต่อชนิดปุ๋ย เก็บผลผลิตทุเรียนทั้งต้นในดอกรุ่นเดียวกัน โดยพิจารณาศึกษาในทุเรียนขนาดผลใกล้เคียงกัน คือ 2.5-3.5 กิโลกรัมต่อผล ต้นละ 20 ผล รวม 40 ผลต่อชนิดปุ๋ย เพื่อทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ

การตรวจสอบน้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียน

เก็บเกี่ยวทุเรียนที่อายุครบ 130 วัน ตรวจสอบน้ำหนักเนื้อแห้งของเนื้อดิบทุเรียน ตามวิธีการ มกษ.3-2556 โดยนำผลทุเรียนดิบมาผ่าเอาส่วนของเนื้อในแต่ละผล โดยทำการสุ่มเฉพาะในส่วนกลางพู นำทุเรียนมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1x1x5 มิลลิเมตร ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน และสุ่มชั่งภาชนะขนาด 20 กรัมต่อผล นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง หรือ จนมีน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วคำนวณหาน้ำหนักเนื้อแห้งของเนื้อทุเรียน (%) ตาม มกษ.3-2556

การตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์และไนโตรเจนในเนื้อทุเรียนดิบ (sulfur and nitrogen; %S and %N)

ตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์และไนโตรเจนในเนื้อดิบทุเรียน ด้วย CHNSO-Analysis combustion method โดยวัดปริมาณ CHN ด้วยเครื่อง CHNS/O analyzer รุ่น 628 series ยี่ห้อ Corporation, USA การวัดปริมาณ CHN ใช้อุณหภูมิเตา 950 องศาเซลเซียส และ after burner 850 องศาเซลเซียส มี EDTA เป็นสารมาตรฐานรับรองอ้างอิง (Alpha Resource, LLC, USA) และวัดปริมาณ S ในเนื้อทุเรียนดิบ โดยใช้อุณหภูมิเตาที่ 1350 องศาเซลเซียส ใช้ Coal เป็นสารมาตรฐานรับรองอ้างอิง (Alpha Resource, LLC, USA)

การตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิน

ตรวจสอบปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิน โดยการเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบโคนต้นทุเรียนโดยใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปตัววี ให้มีความลึกประมาณ 12 เซนติเมตร แซะดินให้มีความหนา 2-3 เซนติเมตร คลุกเคล้าในเข้ากัน นำไปตากในที่ร่มและบดให้ละเอียดแล้วนำมาอัดเป็นเม็ดเพื่อวิเคราะห์ทดสอบ วัดเชิงกึ่งปริมาณในช่วงธาตุทดสอบ B-U ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer, WDXRF รุ่น Rigaku ZSX Primus, ยี่ห้อ Rigaku, ประเทศญี่ปุ่น

การตรวจสอบค่าสีของเนื้อทุเรียน

ตรวจสอบค่าสีของเนื้อทุเรียนที่สุกแล้ว (เก็บรักษาที่ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±5 เป็นเวลา 7 วัน ให้สุกตามธรรมชาติ โดยไม่มีการป้ายเอทิลีน สังเกตจากการเคาะผลมีลักษณะหลวม มีกลิ่นหอมบริเวณปลายผลในวันแรก และมีความแข็งของเนื้อประมาณ 2-3 N) ตรวจสอบค่าสีด้วยการใช้เครื่องวัดสี Spectrophotometer รายงานค่าสีของเนื้อทุเรียน ด้วยค่า L*, a*, b*, Chroma C และ hue angle ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น UltraScan VIS ยี่ห้อ Hunter lab, USA ทดสอบด้วยโหมด RSEX (Reflectance Specular Exclude) ช่วงความยาวคลื่น 360-780 นาโมเมตร พื้นที่ทดสอบ 1 ตารางนิ้ว ใช้ green tile standard เป็นแผ่นเทียบมาตรฐานตรวจสอบความแม่นยำและถูกต้องของเครื่องมือก่อนการทดสอบตัวอย่าง

การตรวจสอบเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture profile analysis; TPA)

ตรวจสอบเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพของทุเรียน ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น CT3 ยี่ห้อ Brookfield, USA โหลดเซลล์ 10 กิโลกรัม cross-head speed 1 $mm \cdot S^{-1}$ ใช้ probe ทรงกระบอกขนาด 6 มิลลิเมตร trigger load 5 กรัม และ target 8.0 มิลลิเมตร ทดสอบตัวอย่างด้วยโหมด texture profile analysis (TPA) โดยการกดตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง

การตรวจสอบสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ

ตรวจสอบสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ด้วย Gas Chromatograph (GC) model 7890B, Agilent Technologies, USA Mass Spectrometer (MS) model 5977A, Agilent Technologies, USA ใช้เนื้อทุเรียนประมาณ 2 กรัม โดยปอกทุเรียนในวันเดียวกัน เก็บเนื้อทุเรียนที่ -80 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทดสอบ สุ่มตัวอย่างเนื้อทุเรียนบริเวณกลางพู โดยรอบผลทุเรียนเป็นตัวแทนของแต่ละผลเพื่อทดสอบ ใช้ตัวอย่างทุเรียนจำนวน 20 ผล ต่อ ชนิดของปุ๋ยเพื่อใช้ในการทดสอบ

สารประกอบกลิ่น โดย บรรจุในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ทดสอบด้วยเทคนิค solid phase microextraction (SPME) fiber ชนิด divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) ใช้ Thiophene เป็นสารมาตรฐานภายใน (Internal standard) column: HP-5MS Injection mode: splitless ทดสอบหาเชิงปริมาณด้วยการตรวจติดตามเฉพาะไอออน ของมีเทนไทออล โดยใช้ quantify mass 48 m/z อีเทนไทออล โดยใช้ quantify mass 62 m/z และ กรดบิวทาโนอิค 2-เอทิล เมทิล เอสเทอร์ โดยใช้ quantify mass 102 m/z

การศึกษากลิ่นในทุเรียนลูกผสมและพันธุ์ก้านยาว ซึ่งต้องการใช้เป็นข้อมูลเชิงเปรียบเทียบเรื่องของการทุเรียนที่มีกลิ่นฉุน เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าทุเรียนสายพันธุ์ก้านยาว เป็นทุเรียนที่มีกลิ่นเหม็นน้อยกว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ รวมถึงทุเรียนลูกผสมซึ่งเป็นอีกสายพันธุ์ที่มีการนำเกสรตัวผู้จากทุเรียนที่มีกลิ่นฉุนน้อยและเป็นสายพันธุ์ที่มีราคาสูง เช่น กบสุวรรณ และนำไปผสมกับเกสรตัวเมียของต้นแม่พันธุ์หมอนทอง โดยได้จากการผสมโดยเทคนิค DAP จากสวนประตูจันท์ ซึ่งจากการชิมโดยผู้มีประสบการณ์ในการทานทุเรียนมากกว่า 100 สายพันธุ์ให้ความเห็นว่ามีกลิ่นหอมอ่อนๆ มีกลิ่นฉุนน้อยมาก จึงเป็นที่มาของการนำมาทดสอบสารประกอบกลิ่นเพื่อเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ ซึ่งจากข้อสันนิฐานเบื้องต้นเชื่อว่าเกิดจากอิทธิพลของเกสรต้นพ่อ (xenia effect) โดยงานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของการสร้างสารประกอบกลิ่นจากการได้รับอิทธิพลละอองเกสรต้นพ่อ ยังอยู่กระบวนการวิจัยและดำเนินการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งอิทธิพลของละอองเกสรที่ทำให้เปลี่ยนรูปเนื้อเยื่อแม่ หรือ Metaxenia จะเป็นอิทธิพลของละอองเกสรต่อลักษณะของตัวอย่างได้ เช่น ขนาด สี และกลิ่น (สัมฤทธิ์, 2537) ขณะที่การทดลองเรื่องผลของละอองเกสรที่ผ่านการคัดเลือกต่อคุณภาพของทุเรียน (xenia effect) ปี 2561 โดยศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี พบว่าละอองเกสรของทุเรียนพันธุ์จันทบุรี 3 จากต้นพ่อและนำไปผสมเกสรโดยใช้ต้นทุเรียนหมอนทองเป็นต้นแม่ พบว่าทุเรียนที่ได้มีสารระเหยกลิ่นคล้ายกับทุเรียนจันทบุรี 3 (อภิรดี และคณะ, 2561) และในพืชอื่นๆ เช่น ลูกแพร์ ยังพบว่า xenia effect ที่มาจากอิทธิพลของละอองเกสรซึ่งส่งผลต่อสารประกอบกลิ่นของลูกแพร์ด้วย (Liu et. al.,2023)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการใช้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดโดยใช้ *t*-test ด้วยโปรแกรม SAS university edition ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

การสำรวจคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองคุณภาพ

จากผลการสำรวจคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ต่างๆ ที่ได้รับการยอมรับในด้านรสชาติและคุณภาพด้านต่างๆ **(Table 1)** จะพิจารณาคุณภาพของทุเรียนโดยใช้เกณฑ์ของวันหลังดอกบาน (Day after anthesis; DAA), น้ำหนักเนื้อแห้ง (Dry matter; %DM), ปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิบ (sulfur; %S) และอัตราส่วนของ น้ำหนักเนื้อแห้งต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อ (D/S ratio) ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นอีกหนึ่งเกณฑ์ในการพิจารณาความอร่อยและบ่งบอกความเป็นพรีเมียมของทุเรียน จากข้อมูลผลการวิจัยของ Diczbalis and Westerhuis (2005) ระบุว่าปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนจะมีประมาณร้อยละ 0.1 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานทุเรียนหมอนทอง มกษ.3-2556 ซึ่งระบุร้อยละน้ำหนักแห้งที่ร้อยละ 32 เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำของทุเรียนสำหรับบริโภคและส่งออก จึงพิจารณาเป็นเกณฑ์ทั่วไป คือ D/S ratio ของทุเรียนควรจะอยู่ที่ 320 ขณะที่จากข้อมูลของคุณภาพทุเรียนหมอนทองจากแหล่งผลิตต่างๆ ในประเทศไทย พบว่า D/S ratio ที่สูงเกิน 300 จะพบว่าเป็นทุเรียนที่มีกลิ่นหอม มีกลิ่นฉุนของสารประกอบซัลเฟอร์ต่ำและมีคุณภาพการบริโภคดี จากผลการสำรวจ พบว่า ทุเรียนหมอนทองจากพื้นที่สวนในจังหวัดนนทบุรี รหัสแปลงศึกษา Nonthaburi-01 อายุ 130 DAA พบว่ามีน้ำหนักเนื้อแห้ง ปริมาณของซัลเฟอร์ในเนื้อดิบ และ D/S ratio คือ 39.62%, 0.13% และ 316.96 ตามลำดับ ซึ่งเป็นทุเรียนมีรสชาติอร่อย หอม และมีกลิ่นฉุนของซัลเฟอร์ต่ำมาก (การทดสอบจากผู้ชิมที่มีประสบการณ์การชิมทุเรียนนนทบุรีและทุเรียนทั่วประเทศ โดยมีจำนวนผู้ชิม 6 คนที่มีประสบการณ์ และให้คะแนนความชอบตาม 5-points hedonic scale) ขณะที่ทุเรียนหมอนทองจากพื้นที่จังหวัดตราด แปลง Trat-01 มีความใกล้เคียงกับทุเรียนของนนทบุรี คือ %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 39.30, 0.11 และ 346.62 ตามลำดับ ขณะที่แปลง Trat-02 มี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 34.36, 0.15 และ 219.99 ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่จังหวัด

จันทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่จัดว่ามีพื้นที่ปลูกมากและรวมถึงมีโรงคัดบรรจุเพื่อส่งออกเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นพื้นที่หลักในทำวิจัยของคณะผู้วิจัย จึงได้มีการเก็บข้อมูลในพื้นที่สวน จำนวน 5 แปลง (Chanthaburi-01 ถึง Chanthaburi-05) โดยพบว่า เมื่อพิจารณาเรื่องของระยะวันหลังดอกบาน ที่ 90-130 วัน ในแปลง Chanthaburi-01 จะพบว่า เมื่อ DAA เพิ่มจาก 90-130 จะมีปริมาณของ %DM เพิ่มสูงขึ้น ขณะเดียวกันช่วงที่ทุเรียนยังไม่แก่จะพบปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อ (aril) สูงถึง 0.19-0.21% และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อทุเรียนเข้าใกล้ระยะของการเก็บเกี่ยวและรวมถึงลดลงต่ำมากๆ เมื่อทุเรียนแก่จัด (อายุหลังดอกบานเกิน 130 วัน) ขณะที่ Chataburi-02 ในกรณีที่มีการแขวนลูก คือให้มีระยะหลังดอกบานเกิน 130 วัน และเกือบจะถึงระยะหล่นจากต้น (tree-dropped) พบว่าที่ 140 และ 150 DAA มี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 39.50, 0.15, 270.55 และ 37.92, 0.15, 234.84 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนของ Chantaburi-03 ที่อายุ 130 DAA มี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 35.17, 0.14 และ 249.26 ตามลำดับ ขณะเดียวกัน Chantaburi-04 ซึ่งเป็นทุเรียนที่มีการคัดเพื่อส่งในตลาดพรีเมียมไปยังสาธารณรัฐเกาหลี ซึ่งพบว่ามี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 39.16, 0.12 และ 336.92 ตามลำดับ ขณะที่แปลง Chantaburi-05 เป็นพื้นที่แปลงทุเรียนที่สามารถควบคุมการให้ปุ๋ยของ KCl และ K_2SO_4 ได้ มีพื้นที่ร่องสวนเพื่อการระบายน้ำจากฝนที่ตก ซึ่งจะพบว่าที่อายุ 130 DAA จะมี %DM, sulfur, D/S ratio ของ KCl และ K_2SO_4 ที่ 37.53, 0.09, 432.16 และ 35.62, 0.12, 317.27 ตามลำดับ ซึ่งการให้ KCl มีการสะสมของซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนต่ำกว่าการใช้ K_2SO_4 และพบว่า ทุเรียน Chataburi-04 เมื่อได้รับการชิมจากผู้มีประสบการณ์ชิมทุเรียนคุณภาพ จัดให้คุณภาพของทุเรียนเป็นทุเรียนที่อร่อยและมีกลิ่นของซัลเฟอร์น้อยมากเมื่อรับประทาน เมื่อพิจารณาทุเรียนในพื้นที่จังหวัดระยอง ในแปลง Rayong-01 พบว่ามี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 32, 0.09, และ 362.81 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเป็นทุเรียนที่มีความอร่อย หวานปานปลางและมีกลิ่นเหม็นจากซัลเฟอร์ต่ำมาก ขณะเดียวกันในพื้นที่ปลูกอื่น ๆ เช่น ในจังหวัดปราจีนบุรี (Prachinburi-01) ซึ่งมี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 39.34, 0.13-0.14 และ 292.73 ตามลำดับ และจังหวัดนครนายก (Nakonnayok-01) ซึ่งพื้นที่ปลูกมีความเป็นป่าที่สมบูรณ์และได้รับอิทธิพลจากพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ มี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 40.16, 0.11 และ 359.89 ตามลำดับ และพบว่าทุเรียนโดยเฉพาะ Nakonnayok-01 ซึ่งทุเรียนที่ใช้ทดสอบเป็นสายพันธุ์หมอนทองละอองฟ้า ตามข้อมูลของโครงการพฤษพันธุศาสตร์เพื่อความมั่นคงทางอาหาร ระบุว่าเป็นทุเรียนที่เกิดจากการเพาะเมล็ดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ของหมอนทองกับก้านยาว มีความอร่อย กลิ่นหอม มีกลิ่นฉุนน้อยมาก และขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาทุเรียนหมอนทองในแปลงศึกษาพื้นที่จังหวัดศรีษะเกษ จำนวน 2 แปลง พบว่า Srisaket-01 และ Srisaket-02 มี %DM, sulfur, D/S ratio ที่ 35.70, 0.16, 197.13 และ 37.47, 0.11, 315.99 ตามลำดับ โดยพบว่า Srisaket-01 แม้ว่าจะมีน้ำหนักแห้งเกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่เนื้อของทุเรียนมีปัญหาหลายประการและประกอบกับพบปริมาณซัลเฟอร์ที่สะสมในเนื้อดิบในปริมาณที่สูงกว่า Srisaket-02 มาก ซึ่งจากการสัมภาษณ์และสำรวจพื้นที่ พบว่า Srisaket-01 พบว่ารากทุเรียนมีปัญหาและเนื้อทุเรียนพบปัญหาอย่างมาก ขณะเดียวกันแปลง Srisaket-02 ซึ่งให้คุณภาพการบริโภคดีมีกลิ่นฉุนของเนื้อทุเรียนน้อยมาก ซึ่งพบว่ามีการปรับพื้นที่แบบยกร่องสวนและมีการใช้ปุ๋ย KCl ในช่วงท้ายของการเก็บเกี่ยวและรวมถึงมีระบบรากตะขาบ หรือ รากขนอ่อน ที่ลอยอยู่บริเวณผิวดินและไม่จมน้ำ จึงเป็นข้อสังเกตหลายประการของการลักษณะของการผลิตทุเรียนที่มีคุณภาพที่ดี

ขณะที่ข้อมูลใน **Figure 1** ซึ่งเป็นการศึกษาและเปรียบเทียบสารประกอบกลิ่นของทุเรียนหมอนทองที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 และทุเรียนหมอนทองที่ได้รับการยอมรับจากการชิมโดยผู้ชิมที่มีความชำนาญว่าเป็นทุเรียนหมอนทองอร่อยและมีกลิ่นหอม รวมถึงมีการเปรียบเทียบกับทุเรียนหมอนทองที่ได้รับอิทธิพลจากการเกสรต้นพ่อที่เป็นพันธุ์กบสุวรรณ ด้วยเทคนิค development of durian varieties by assisted pollination (DAP) จากสวนประตูจันท์ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มทำให้ทุเรียนหมอนทองมีรสชาติดี มีกลิ่นหอมและมีกลิ่นฉุนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนพันธุ์ก้านยาวซึ่งเป็นทุเรียนที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นทุเรียนที่มีราคาสูง ที่มีความหอมชัดเจน ไม่มีกลิ่นฉุน โดยพบว่า จาก **Figure 1** จะเห็นว่า สารประกอบ กลิ่นฉุนหลักในทุเรียนหมอนทอง คือ ethanethiol ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Li et al. (2017) และ Xiao et al. (2022) ซึ่งได้ข้อสรุปว่า อีเทนไทออล เป็นกลิ่นฉุนหลัก และ ethyl 2-metyl butyrate เป็นกลิ่นหอมหลัก ในทุเรียนหมอนทอง โดยมีค่า odor activity value (OAVs) มีค่าสูงที่สุดของสารในกลุ่มกลิ่นฉุนและกลิ่นหอมในทุเรียนหมอนทอง คือ 480,000 และ 1,700,000 ตามลำดับ จากการทดสอบด้วย GCMS จะอยู่ในช่วงเวลา RT 1.5-2.0 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่มีสารประกอบกลิ่นหลายชนิดที่มีความซับซ้อนทำให้วิเคราะห์ในเชิงปริมาณยาก จึงต้องมีการวิเคราะห์ใน

เชิงปริมาณด้วยโหมดตรวจติดตามเฉพาะไอออน (selected-ion monitoring, SIM mode) และพบว่า ทุเรียนที่มีกลิ่นหอมของสารประกอบเอสเทอร์ จะมีปริมาณของสารประกอบ ethyl 2-metyl butyrate พบที่ RT 5.865 นาที เกิดขึ้นชัดเจน ซึ่งพบสารประกอบกลิ่นนี้มากที่สุดในทุเรียนพันธุ์ก้านยาว และพบว่ามีปริมาณสูงในทุเรียนหมอนทองพรีเมียม (หมอนทองที่ได้คัดจากผู้รวบรวมทุเรียนว่าเป็นทุเรียนแก่จัดและคุณภาพดี) และหมอนทองลูกผสมระหว่างกบสุวรรณกับหมอนทอง รวมถึงพบในทุเรียนหมอนทองที่ใช้ปุ๋ย KCl ก่อนเก็บเกี่ยว ขณะที่พบน้อยมากในทุเรียนหมอนทองที่ใช้ K_2SO_4 ก่อนการเก็บเกี่ยว

เมื่อพิจารณาข้อมูล จาก **Table 1** และหาความสัมพันธ์ของ D/S, sulfur และ %DM จากข้อมูลทุเรียนที่ได้สำรวจและแสดงความสัมพันธ์ดัง **Figure 2** จะพบว่า D/S มีความสัมพันธ์เชิงลบระดับสูงกับปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิบของทุเรียน (r=-0.95) ซึ่งเมื่อพิจารณาเกณฑ์ร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียน ที่ 32% ตาม มกษ.3-2556 แล้ว จะพบว่า ทุเรียนที่มี %DM ที่ 32% ควรมีปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิบไม่เกิน 0.1% และเมื่อพิจารณาจากข้อมูลของทุเรียนหมอนทองจากทุกๆ แหล่งที่มีกลิ่นฉุนน้อยมาก จึงทำให้สามารถกำหนดเกณฑ์ของการผลิตทุเรียนคุณภาพให้มีกลิ่นฉุนน้อยได้ตาม **Table 2** ซึ่งพิจารณาโดยให้มีปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนควรอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 0.1010 – 0.151% โดยพิจารณาควบคู่กับน้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้นจาก 32 – 48% ตามลำดับ

Table 1 Database of %DM, sulfur content and D/S ratio of unripe Monthong aril (Season 2021-2022)

No.	Orchard-Code	DAA (day)	%DM	Sulfur (%)	D/S ratio	Note*
1	Nonthaburi-01	130	39.62	0.13	316.96	low S flavor
2	Trat01	130	39.30	0.11	346.62	low S flavor
3	Trat-02	130	34.36	0.15	219.99	-
4	Chanthaburi-01	90	13-15	0.20	74.87	Immature durian
5	Chanthaburi-01	110	28-34	0.14	239.60	-
6	Chanthaburi-01	120	36-37	0.15	239.93	-
7	Chanthaburi-01	130	41.88	0.08	522.39	low S flavor
8	Chanthaburi-02	140	39.50	0.15	270.55	-
9	Chanthaburi-02	150	37.92	0.15	234.84	-
10	Chanthaburi-03	130	35.17	0.14	249.26	-
11	Chanthaburi-04	130	39.16	0.12	336.92	Export to Korea
12	Chanthaburi-05-(KCl)	130	37.53	0.09	432.16	low S flavor
13	Chanthaburi-05-(K_2SO_4)	130	35.62	0.12	317.27	-
14	Rayong-01	120	32.00	0.09	362.81	low S flavor
15	Prachinburi-01	130	39.34	0.14	292.73	-
16	Nakhonnayok-01	130	40.16	0.11	359.89	Sweet, low S flavor
17	Srisaket-01	120	35.70	0.16	197.13	Problem of aril defect (hard pulp, tip burn, wet core)
18	Sisaket-02	120	37.47	0.11	315.99	low S flavor

*Description note for more information to understand the characteristics of durian fruit

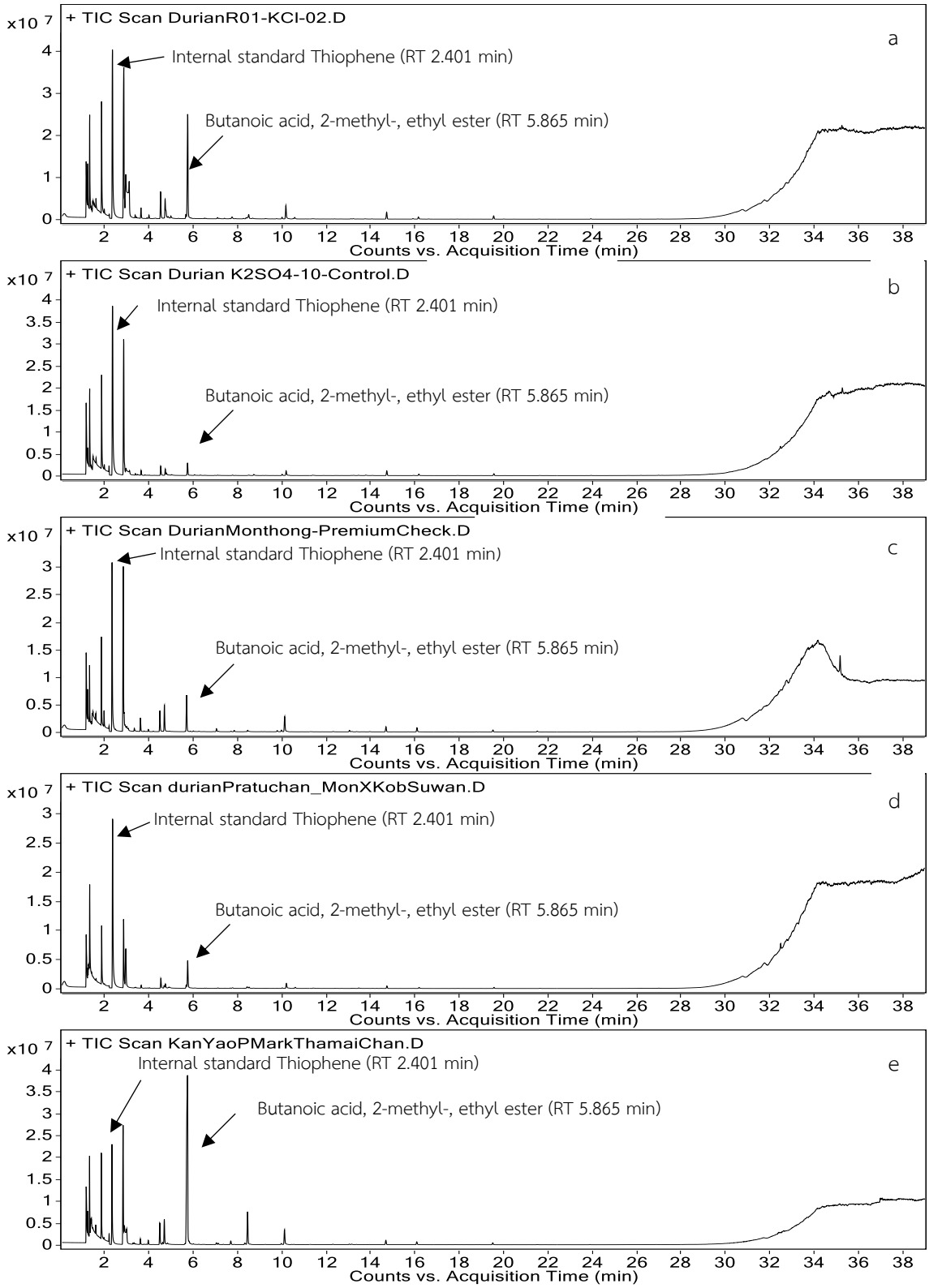

Figure 1 GCMS TIC scan volatile compounds of durian Monthong that the tree was treated with KCl (a), K_2SO_4 (b), Monthong Premium grade (idenfied by orchard) (c), hybrid with durian Monthong x Kobsuwan (d) and durian KanYao (e)

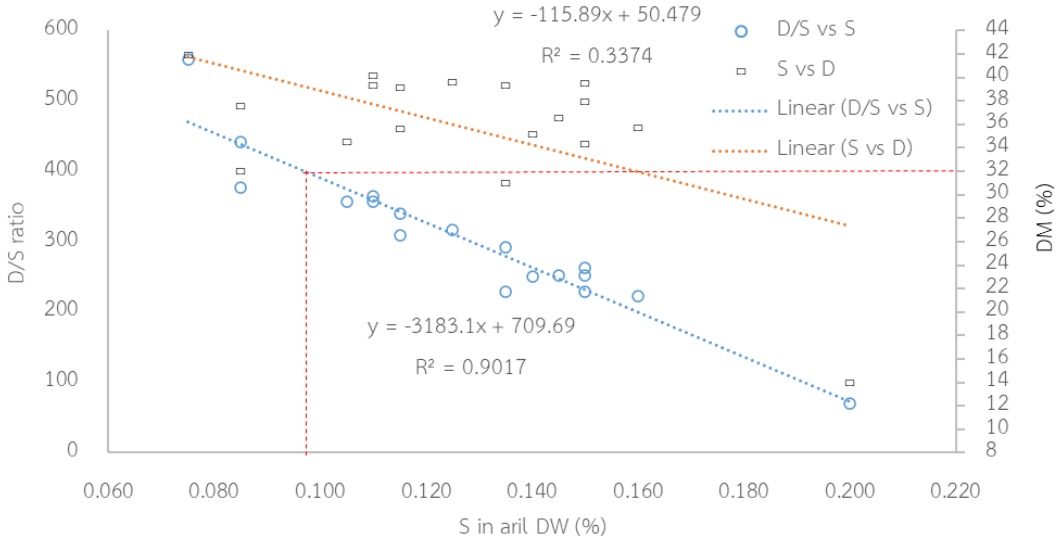

Figure 2 Correlation between D/S ratio and S in aril DW (%) and S vs D (%)

Table 2 Recommended the highest level sulfur content in unripe Monthong durian for premium durian production

DM (%)	S in DW of aril (%)
32	0.1010
33	0.1041
34	0.1073
35	0.1104
36	0.1136
37	0.1167
38	0.1199
39	0.1230
40	0.1262
41	0.1294
42	0.1325
43	0.1357
44	0.1388
45	0.1420
46	0.1451
47	0.1483
48	0.1514

ค่าสีของเนื้อทุเรียนจากการใช้ปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 ของแปลงทดสอบ Chantaburi-05

การตรวจสอบค่าสีของเนื้อทุเรียนที่สุกแล้ว ตาม (**Table 3**) ค่าสี L*, a*, b*, Chroma C และ hue angle ของการให้ปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 ซึ่งพบว่าค่าความเป็นสีแดง สีเหลืองและค่าโครมา ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ค่าความสว่างและค่ามุมฮิวของการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 ให้ค่าที่สูงกว่า KCl คือ ค่าความสว่างที่ 78.30±2.00 กับ 75.95±3.01 และ ค่ามุมฮิวที่ 86.33±1.20 และ 85.72±0.67 ซึ่งค่ามุมฮิวที่เข้าใกล้ 90 แสดงถึงการเข้าใกล้ค่าสีเหลืองมากกว่า ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 มีแนวโน้มให้เนื้อทุเรียนมีสีเหลืองกว่า KCl อย่างมีนัยสำคัญ

Table 2 Lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), chroma (C) and hue angle (h) of aril Monthong durian that the tree was treated with K_2SO_4 and KCl fertilizer in Chantaburi-05 orchard

Treatment	L*	a*	b*	C	h
K_2SO_4	78.30±2.00 a	2.34±0.84	35.86±1.56	35.94±1.60	86.33±1.20 a
KCl	75.96±3.01 b	2.73±0.47	36.33±2.64	36.43±2.64	85.72±0.67 b
t-test	0.0037	0.0521	0.5326	0.5178	0.0449
	**	ns	ns	ns	*
C.V.%	4.19	32.50	8.59	8.62	1.43

*Significantly different at $P<0.05$. **Significantly different at $P<0.01$. NS, no significantly different by *t*-test

เค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture profile analysis; TPA) ของแปลงทดสอบ Chantaburi-05

จาก **(Table 4)** ซึ่งเป็นทุเรียนที่ปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าเนื้อทุเรียนของการให้ปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 ซึ่งเป็นการพิจารณาค่าความแข็งของทุเรียน (hardness) และ ค่าของงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิววัสดุ (adhesiveness) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย มีค่า hardness, adhesive force และ adhesiveness ของทุเรียนที่ใช้ปุ๋ย K_2SO_4 คือ 2.58±0.78, 0.19±0.06 และ 0.43±0.19 และในทุเรียนที่ใช้ปุ๋ย KCl คือ 2.55±0.78, 0.19±0.05 และ0.45±0.20 ตามลำดับ

Table 4 Hardness, adhesive force, and adhesiveness of aril Monthong durian that the tree was treated with K_2SO_4 and KCl fertilizer in Chantaburi-05 orchard

Treatment	Hardness (N)	Adhesive Force (N)	Adhesiveness (mJ)
K_2SO_4	2.58±0.78	0.19±0.06	0.43±0.19
KCl	2.55±0.78	0.19±0.05	0.45±0.20
t-test	0.9393	0.9750	0.8360
	ns	ns	ns
C.V.%	42.40	41.57	58.59

NS, no significantly different by *t*-test

ปริมาณซัลเฟอร์ ไนโตรเจนในเนื้อทุเรียนดิบ สัดส่วนของเนื้อแห้งต่อปริมาณซัลเฟอร์ (D/S ratio) และ สัดส่วนของไนโตรเจนต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิบ (N/S ratio) ของแปลงทดสอบ Chantaburi-05

จากผลการทดลอง **Table 5** พบว่า ปริมาณของไนโตรเจนในเนื้อดิบของทุเรียน และ N/S ratio ที่มีการใช้ K_2SO_4 และ KCl ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปริมาณของซัลเฟอร์ในเนื้อดิบและ D/S ratio แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) ที่มีการใช้ K_2SO_4 และ KCl คือ sulfur ที่ 0.116±0.003 และ 0.088±0.002 และ D/S ratio ที่ 307.973±9.298 และ 426.547±10.610 ตามลำดับ

Table 5 Sulfur content, nitrogen content, D/S ratio and N/S ratio of aril Monthong durian that the tree was treated with K_2SO_4 and KCl fertilizer in Chantaburi-05 orchard

Treatment	Sulfur (%)	Nitrogen (%)	D/S ratio	N/S ratio
K_2SO_4	0.116±0.003 a	0.939±0.022	307.973±9.298 b	8.121±0.434
KCl	0.088±0.002 b	0.878±0.019	426.547±10.610 a	9.984±0.462
t-test	0.0214	0.1707	0.0139	0.0990
	*	ns	*	ns
C.V.%	4.05	3.18	3.84	8.62

*Significantly different at P<0.05. NS, no significantly different by *t*-test

ปริมาณมีเทนไทออลและอีเทนไทออลในเนื้อทุเรียนหมอนทอง แปลงทดสอบ Chantaburi-05

จาก **Table 6** พบว่า ปริมาณของมีเทนไทออลในเนื้อทุเรียนหมอนทองที่สุกแล้ว โดยต้นที่มีใช้ปุ๋ย K_2SO_4 and KCl ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 36.11±13.94 และ 26.67±9.05 μg kg^{-1} ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณอีเทนไทออลของการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 มีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ย KCl คือ 2,468.05±1,067.95 และ 1,090.00±204.43 μg kg^{-1} ตามลำดับ (P<0.05)

Table 6 Methanethiol and ethanethiol of ripe Monthong durian that the tree was treated with K_2SO_4 and KCl fertilizer

Treatment	Methanethiol (μg/kg)	Ethanethiol (μg/kg)
K_2SO_4	36.11±13.94	2,468.05±1,067.95 a
KCl	26.67±9.05	1,090.00±204.43 b
t-test	0.1246	0.0244
	ns	*
C.V.%	27.34	37.87

*Significantly different at P<0.05. NS, no significantly different by *t*-test

สารประกอบกลิ่นของทุเรียนหมอนทอง แปลงทดสอบ Chantaburi-05

จาก **Table 7** จะพบว่าสารประกอบกลิ่นของทุเรียนหมอนทอง อายุ 130 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ปล่อยให้สุกธรรมชาติ โดยไม่มีการเร่งด้วยเอทิลีน โดยเนื้อทุเรียนบริเวณส่วนกลางของพูของผลทุเรียนจะเป็นระยะทุเรียนเริ่มมีกลิ่นหอมจากสารประกอบกลิ่นเอสเทอร์ ระยะนี้จะมีปริมาณของสารประกอบกลิ่นเอสเทอร์ซึ่งเป็นสารประกอบกลิ่นหอมของทุเรียน มีจำนวนมากกว่าชนิดของสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ และพบว่าทุเรียนหมอนทองมีกลิ่นหอมที่มีปริมาณสูง คือ ethyl 2-metyl butyrate หรือ butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester เป็นเอสเทอร์หลักที่พบในทุเรียนหมอนทอง โดยทุเรียนที่ใช้ปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 พบที่ 56,994 และ 39,794 μg/kg ตามลำดับ ขณะที่พบสารประกอบกลิ่นฉุนหลัก คือ อีเทนไทออล (ethanethiol หรือ ethyl mercaptan) ทุเรียนที่ใช้ปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 พบที่ 1,090.00 และ 2,468.50 μg/kg ตามลำดับ

Table 6 Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds in Monthong durian that the tree was treated with K_2SO_4 and KCl fertilizer Chantaburi-05 orchard

No.	Compounds	CAS	RI	Concentration (µg/kg)			
			HP-5MS	KCl	RSD (%)	K_2SO_4	RSD (%)
1	methanethiol	74-93-1	<700	26.67	33.93	36.11	38.60
2	ethanethiol[1]	75-08-1	<700	1,090.00	18.75	2,468.50	0.43
3	ethyl acetate	141-78-6	<700	15,654.68	39.81	4,802.96	31.34
4	methyl propionate	544-12-1	<700	713.83	55.02	1,532.59	14.86
5	ethyl propionate	105-37-3	727	42,933.79	15.66	47,039.66	37.23
6	ethyl isobutyrate	97-62-1	766	3,655.85	15.08	1,362.15	18.33
6	methyl 2-methyl butyrate	868-57-5	782	1,332.40	19.66	2,448.37	25.21
7	ethyl butyrate	105-54-4	820	8,685.56	5.58	6,837.61	10.11
8	propyl propanoate	106-36-5	829	6,864.94	28.61	8,688.66	19.65
9	ethyl 2-metyl butyrate[2]	7452-79-1	871	56,994.05	8.26	39,793.61	12.75
10	propyl butyrate	105-66-8	917	359.63	0.99	729.43	8.57
11	diethyl disulfide	110-81-6	922	-	-	819.25	106.07
12	ethyl tiglate	5837-78-5	963	325.68	10.46	332.38	31.83
13	isobutyl butyrate	539-90-2	967	5,655.34	38.40	6,235.50	34.94
14	ethyl hexanoate	123-66-0	1020	4,048.76	49.06	3,587.07	48.36
15	propyl hexanoate	626-77-7	1118	-	-	130.68	11.49
16	ethyl octanoate	106-32-1	1223	297.79	7.37	455.39	10.53

[1/]Key sulfur compound in Monthong durian

[2/]Key ester aroma in Monthong durian

วิจารณ์

ประเด็นเรื่องของเนื้อแห้งของทุเรียนพรีเมียม พบว่า เมื่อทุเรียนหมอนทองมีเนื้อแห้งเกิน 32 จะทำให้ทุเรียนเป็นทุเรียนที่มีรสชาติอร่อยขณะเดียวกันในเนื้อแห้งระดับนี้ควรจะต้องมีระดับของซัลเฟอร์ในเนื้อดิบที่ต่ำในระดับ 0.08-0.10% ขณะที่หากร้อยละของเนื้อแห้งสูงขึ้นไปถึงระดับ 38-39%DM และปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิบไม่เกิน 0.12 จะทำให้ทุเรียนมีความอร่อย มีความหวานสูง มีความหอมชัดเจนและมีกลิ่นฉุนน้อย ซึ่งประเด็นนี้จะเกี่ยวโยงกับการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของ K_2SO_4 และ KCl โดยพบว่าการให้โพแทสเซียมในรูปของ K_2SO_4 นอกจากจะได้โพแทสเซียมแล้วก็จะทำให้ต้นทุเรียนได้ซัลเฟอร์ไปด้วย อัตราการให้ซัลเฟอร์ต่อต้นทุเรียนมีความเพียงพอเมื่อพิจารณากับการสูญเสียในรูปของผลทุเรียน โดยจากรายงานของ Jaisue et al. (2021) ระบุว่าหากให้ปุ๋ย K_2SO_4 ในอัตรา 1,000-3,000 กรัม K_2O ต่อต้นต่อปี จะให้ประมาณของซัลเฟอร์ที่ประมาณ 340-1,020 กรัมต่อต้นต่อปี ขณะปริมาณของซัลเฟอร์ที่สูญเสียไปกับผลผลิตของทุเรียนในแต่ละรอบการผลิตประมาณ 32.3 กรัมต่อต้นต่อปี ขณะที่การใช้ปุ๋ยที่ให้ซัลเฟอร์ ที่ 340-1,020 กรัมต่อต้นต่อปี ดังนั้นการพิจารณาลด หรือ สลับการให้ปุ๋ย KCl ในช่วงท้ายก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต อาจจะทำให้มีผลต่อสารประกอบกลิ่นในทุเรียนหมอนทอง ทั้งนี้ในแปลงที่ทำการทดสอบจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารแบบกึ่งปริมาณโดยเทคนิค XRF พบว่าดินก่อนการให้ปุ๋ยมีปริมาณซัลเฟอร์ประมาณ ร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนัก และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักภายหลังจากการให้ปุ๋ย ทั้งนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสะสมปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนยังเกี่ยวโยงกับพื้นที่ปลูก รวมไปถึงปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากปริมาณฝนที่ตกในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว รวมถึงการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปในพื้นที่แต่ละสวน ซึ่งไนโตรเจน อาจจะมีผลต่อการสะสมของซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียน เนื่องจากปริมาณของไนโตรเจนมีแนวโน้มส่งเสริมให้ระดับของสารประกอบกลิ่นในผักและผลไม้สูงขึ้น โดยไนโตรเจนจะส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มของ precursor กรดอะมิโน ซึ่งจะทำให้สารประกอบกลิ่นโดยเฉพาะเอสเทอร์และสารประกอบซัลเฟอร์สูงขึ้น ทั้งนี้ ในบางกรณี ปริมาณไนโตรเจนที่มากจนเกินไป ก็อาจจะทำให้สารประกอบกลิ่นของผลิตผลไม่เป็นที่ยอมรับได้เช่นกัน เนื่องจากขาดสมดุลของสารประกอบกลิ่น (Reineccius, 2006) ขณะที่การศึกษาของ Poovarodom and Phanchindawan (2006) ศึกษาความเป็นพิษจาการใช้ปุ๋ย KCl เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ย K ในรูป K_2SO_4 ซึ่งการใช้ K_2SO_4 มีแนวโน้มให้ปริมาณ S ในเนื้อทุเรียนเพิ่มมากขึ้น โดยพบปริมาณ S ในเนื้อทุเรียนเรียนจากการใช้ปุ๋ย KCl และ K_2SO_4 จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ 500 กรัม คือประมาณร้อยละ 0.12 และ 0.14 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างของสีเนื้อทุเรียน

การใช้ประโยชน์จากซัลเฟอร์ หรือ กำมะถันนั้น จะสัมพันธ์กับไนโตรเจน โดยมีอิทธิพลเชิงกระตุ้นการใช้ประโยชน์ระหว่างกัน โดยกำมะถันเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ถ้าพืชได้รับมากเกินพอ พืชจะสะสมในรูปของซัลเฟตและรูปอื่นๆ ที่ไม่ใช่โปรตีนไว้ในใบและลำต้น สัดส่วนของ N/S ทั้งหมดในพืช $(N/S)_t$ จะต่ำกว่า N/S ในโปรตีน แต่หาก S ไม่เพียงพอ พืชมักจะสะสม N ในรูปอื่นที่ไม่ใช่โปรตีน $(N/S)_t$ จึงมีค่ามากกว่า $(N/S)_p$ (ยงยุทธ, 2558) โดย Jaisue et al. (2021) รายงานว่าค่า N/S ในดินปลูกทุเรียนจะอยู่ที่ประมาณ 0.74-4.67 แต่ทั้งนี้ในบางกรณีปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะซัลเฟอร์จะไม่สอดคล้องกับปริมาณในต้นพืช เนื่องจากปริมาณซัลเฟอร์ ในบริเวณผิวดินซึ่งจะถูกชะล้างได้ง่าย ขณะที่ในเนื้อทุเรียนยังไม่พบการรายงานค่าดังกล่าวนี้ ดังนั้น ในการศึกษานี้ จะพบว่าเมื่อมีการลดปริมาณการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 ลง และเปลี่ยนไปใช้ปุ๋ย KCl แทน ในช่วงเดือนสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว จะพบว่ามีการสะสมซัลเฟอร์ในเนื้อแห้งของทุเรียนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้สัดส่วนของน้ำหนักแห้งต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนดิบ (D/S ratio) มีค่าสูง ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพเนื้อทุเรียนที่สุกแล้วมีกลิ่นหอมมากและมีกลิ่นฉุนต่ำกว่าปกติ หากมีการใช้ปุ๋ยที่มีปริมาณซัลเฟอร์สูง ก็อาจจะส่งผลให้เกิดการสะสมของในเนื้อทุเรียนเยอะขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลต่อสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญเนื้อทุเรียนพบปัญหามากโดยเฉพาะด้านกลิ่นฉุนของทุเรียน

ค่าสีเนื้อของทุเรียนที่มีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการใช้ปุ๋ย 2 ชนิดนี้ มีผลต่อค่าสีของทุเรียนเมื่อสุก โดยการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 มีค่าความสว่างของเนื้อและค่ามุมสีที่มีแนวโน้มไปทางสีเหลืองมากกว่าการใช้ KCl ทั้งนี้ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เมื่อเทียบกับทุเรียน D24 ของมาเลเซีย พบว่า D24 มีค่าสีของเนื้อ L*, a*, และ b* ที่ 62.20±2.77, 2.72±0.57 และ 34.37±1.24 ตามลำดับ (Ili Zafirah et al., 2019) ซึ่งค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองของทุเรียนหมอนทองทั้งที่ใช้ปุ๋ย K_2SO_4 มีแนวโน้มให้ค่าที่สูงกว่า KCl แม้ว่าจะมีค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าความเป็นสีเหลืองของการใช้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดที่ไม่แตกต่างกัน

สอดคล้องกับ Poovarodom and Phanchindawan (2006) ได้แนะนำว่าเกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ย KCl ซึ่งมีราคาถูกกว่า ใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 ทุเรียนได้ โดยค่าสีของเนื้อทุเรียนที่ได้ไม่แตกต่างกัน

ค่าความแข็งของทุเรียน (hardness) และ ค่าของงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิววัสดุ (adhesiveness) พบว่าเนื้อทุเรียนที่มีอายุ 130 วันหลังดอกบาน และมี %DM อยู่ในช่วง 35-37% เก็บรักษาโดยไม่ใช้เอทิลีนเร่งสุก โดยเก็บที่ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ความแข็งของเนื้อจะอยู่ในช่วง 2.55-2.58 N ขณะที่ พีระพงษ์ และยุพิน (2562) ทุเรียนที่มีอายุ 120 วันหลังดอกบาน ทดสอบการส่งออกไปยังประเทศจีน ในผลที่มีการสุกแบบธรรมชาติ เก็บรักษาที่ 15±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน และ 25±2องศาเซลเซียส อีก 3 วัน ทุเรียนจะมีค่าความแข็งของเนื้อประมาณ 1.1±2.1 N

สารประกอบกลิ่นหอมหลักในทุเรียนหมอนทองที่มีปริมาณสูง คือ ethyl 2-metyl butyrate หรือ butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester ซึ่งเป็นเอสเทอร์หลักที่พบในทุเรียนหมอนทองและรวมถึงในทุเรียนพันธุ์ก้านยาว ซึ่งพบว่าในการทดลองนี้ ผลของการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 และ KCl มีผลต่อปริมาณ ethyl 2-metyl butyrate ซึ่งพบว่า การใช้ K_2SO_4 พบสารประกอบกลิ่น ethyl 2-metyl butyrate 39,794 μg/Kg และ KCl พบสูงถึง 56,994 μg/Kg ขณะทุเรียนหมอนทองส่งออก ที่ได้รับการวิเคราะห์ปริมาณ ethyl 2-metyl butyrate มีปริมาณ 11,680.31 μg/Kg (Xiao et al, 2022) ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากคลอไรด์ไอออนมีผลต่อการสะสมของกรดไขมันอิสระและรวมไปถึงมีผลต่อการเสื่อมสภาพของไขมัน ซึ่งพบอิทธิพลของการใช้ปุ๋ย KCl ในมันฝรั่ง โดยปุ๋ย KCl มีแนวโน้มทำให้สารประกอบกลิ่นในกลุ่มของอัลดีไฮด์และกรดไขมันอิสระในมันฝรั่งสูงกว่าการให้ปุ๋ย K_2SO_4 (Wilmer et al., 2022) ซึ่งไขมันอิสระโดยเฉพาะสายสั้นๆ มีความเชื่อมโยงกับการเกิดสารประกอบกลิ่นของสารประกอบกลิ่นเอสเทอร์ จากการควบแน่นของแอลกอฮอล์และกรดคาร์บอซิลิก (Kays, 1991) ขณะที่สารประกอบกลิ่นที่ให้กลิ่นฉุน ethanthiol จากผลของการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 และ KCl พบว่ามีปริมาณ 1,090.00 และ 2,468.50 μg/Kg ขณะที่ทุเรียนหมอนทองส่งออกไปยังสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี พบปริมาณ ethanethiol ที่ระยะสุกเต็มที่ 13,900 μg/Kg ที่ทุเรียนเริ่มสุกเล็กน้อย พบเพียง 2,630 μg/Kg (Fischer and Steinhaus, 2020) และพบในตลาดจีนที่ประมาณ 1,617.98 μg/Kg ทั้งนี้พบว่าสารประกอบกลิ่น methanethiol เป็นสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบตัวแรกที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ methionine γ-lyase (*MGL*) และไม่เสถียร จึงจะพบสารประกอบกลิ่น ethanethiol ในปริมาณที่มากกว่า และมีหลักฐานว่า ethanethiol เป็นสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เกิดกลิ่นฉุนในทุเรียนหมอนทอง (Fischer and Steinhaus, 2020) การใช้ปุ๋ย K_2SO_4 ซึ่งมีแนวโน้มเกิดการสะสมซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนสูง และมีความเป็นไปได้ว่าจะส่งผลต่อการสะสมกรดอะมิโน methionine และ ethionine ในเนื้อทุเรียนและเกิดเป็นสารประกอบกลิ่นฉุนเมื่อทุเรียนสุกได้ ทั้งนี้จะพบเพิ่มเติมว่า เมื่อทุเรียนเริ่มสุกและเนื้อเริ่มนิ่มเละนั้น ปริมาณของกรดอะมิโนจะอยู่ในรูปกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) มากขึ้น และกรดอะมิโนนี้จะมีรสชาติขม ได้แก่ arginine, leucine, isoleucine, methionine และ valine ซึ่ง free amino acid นี้ พบมากในทุเรียนมูซางคิง และ แบล็คทอร์น มากกว่าทุเรียนหมอนทอง จึงทำให้ทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ของมาเลเซียซึ่งมีลักษณะเนื้อที่นิ่มเละ พบปริมาณของ free amino acid สูงและเนื้อมีรสชาติขมกว่าทุเรียนหมอนทอง (Xiao et al., 2022)

ผลของการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 และ KCl มีผลต่อปริมาณของซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนดิบ และมีผลต่อ D/S ratio เนื่องจากการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 มี S ในโครงสร้าง จึงทำให้มี S เกิดสะสมในเนื้อดิบของทุเรียนมากกว่า สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wilmer et al. (2022) ซึ่งพบว่าการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 ทำให้มีสารประกอบกลิ่นจาก methional จาก methionine สะสมในเนื้อของมันฝรั่งมากกว่าการใช้ปุ๋ย KCl และมีการสะสม free amino acid มากขึ้นเมื่อมีปริมาณของไนโตรเจนสูงขึ้น ทั้งนี้ในแปลงที่ทำการทดสอบปุ๋ยนี้ ไม่มีใช้ปุ๋ยอื่นที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและพบว่าแปลงทดสอบนี้มีสภาพเป็นร่องส่วนมีการระบายน้ำดี เมื่อมีฝนตกพบว่ารากตะขาบมีลักษณะลอยอยู่บริเวณผิวดินที่มีอินทรีย์วัตถุ ซึ่งอาจส่งผลให้ระบบสวนในลักษณะเช่นนี้ทำให้รากไม่เกิดการจมน้ำทั้งยังทำให้ลดการเกิดอาการไส้ซึมในเนื้อทุเรียนได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการเกิดสารประกอบกลิ่นที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะสารประกอบกลิ่น methanethiol และ ethanethiol ซึ่งไม่พบความแตกต่างของ methanethiol ในเนื้อทุเรียน จากการใช้ปุ๋ย K_2SO_4 และ KCl ขณะที่ ethanethiol พบว่า การใช้ K_2SO_4 มี ethanethiol สูงกว่า ทั้ง methanethiol และ ethanethiol เป็นสารประกอบกลิ่น 2 ชนิดแรกที่เกิดขึ้นในเนื้อทุเรียนจากการเปลี่ยน methionine และ ethionine ด้วยเอนไซม์ methionine γ-lyase (*MGL*) ซึ่ง methionine อาจจะเปลี่ยนเป็น

ได้ทั้ง methanethiol โดย *MGL* และเข้าสู่กระบวนการสร้างเอทิลีนใน Yang cycle ได้ (Teh et al., 2017) จากผลการทดลองพบว่า methanethiol มีปริมาณน้อยกว่า ethanethiol กว่า 10 เท่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fischer and Steinhaus (2020) ซึ่งพบว่า methionine ในเนื้อทุเรียนหมอนทอง กระดุม ชะนี และก้านยาว สูงกว่า ethionine เกือบ 10 เท่า ขณะที่กลับพบว่า ethanethiol มีปริมาณสูงกว่า methanethiol และรวมถึง ethanethiol ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้เมื่อทุเรียนมีการสุกเพิ่มขึ้น จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าเมื่อทุเรียนมีการสุกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ลักษณะของเนื้อทุเรียนจะเริ่มนิ่มลง กรดอะมิโนที่อยู่ในรูปของโครงสร้างของโปรตีน (protein-bond amino acid) มีการเกิดเป็น free amino acid มากขึ้น รวมถึงสารประกอบซัลเฟอร์ต่างๆ ที่เกาะในโครงสร้างของเซลล์มีการหลุดออก ทำให้เกิดสารประกอบกลิ่นซัลเฟอร์ของทุเรียนสูงขึ้นเมื่อเนื้อทุเรียนเริ่มเสื่อมสภาพ ทั้งนี้จากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ethanethiol เป็นกลิ่นฉุนในเนื้อทุเรียนที่มีความสำคัญ เป็นกลิ่นคล้ายหอมเน่า (rotten onion) และมีค่า OAV สูงถึง 480,000 ซึ่งค่านี้ยิ่งมีค่ามากจะแสดงถึงสารประกอบกลิ่นนี้มีความสำคัญในการเป็นกลิ่นที่มีอิทธิพลต่อผลิตผลนั้นๆ (Li et al., 2017)

สรุป

การผลิตทุเรียนหมอนทองให้มีรสชาติดีเกรดพรีเมียม คือ นอกจากทุเรียนต้องมีน้ำหนักเนื้อแห้งเกินร้อยละ 32 ตาม มกษ.3-2556 แล้ว ควรจะมีปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนดิบต่ำกว่าร้อยละ 0.1010 แต่เพิ่มขึ้นได้ตามน้ำหนักเนื้อแห้งที่เพิ่มขึ้น ไม่เกิน 0.1514 ที่น้ำหนักเนื้อแห้งทุเรียนร้อยละ 48 ดังนั้นปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อดิบในทุเรียนหมอนทองที่ระยะต่างๆ อาจใช้เป็นตัวชี้วัดอีกทางหนึ่งในการผลิตทุเรียนให้ได้คุณภาพ มีกลิ่นฉุนน้อย การปรับเปลี่ยนการให้ปุ๋ยจาก K_2SO_4 เป็น KCl กับทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 1 เดือนมีแนวโน้มทำให้ลดการสะสมซัลเฟอร์ในเนื้อทุเรียนและค่า D/S ratio สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ผลผลิตทุเรียนที่ได้มีกลิ่นฉุนน้อยลง โดยค่า D/S ratio สำหรับทุเรียนที่มีน้ำหนักเนื้อแห้งช่วง 32 ถึง 48 คือ ควรมีค่ามากกว่า 316 ขึ้นไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในการสนับสนุนทุนวิจัย ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย เลขที่ NRCT-TU-2561-07/2563 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 และขอขอบคุณสวนทุเรียนของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ปราจีนบุรี นครนายก และศรีสะเกษ สำหรับพื้นที่ในการศึกษาและเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 3(1): 6-13.

พีระพงษ์ แสงวนางค์กูล และยุพิน อ่อนศิริ. 2562. การชะลอการสุกและการแตกของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองระหว่างการส่งออกทางเรือด้วยสาร 1-MCP. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 50(พิเศษ3): 236-239.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 548.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2564. “ถามมา-ตอบไป” เสวนา “เรื่องที่มักเข้าใจผิดเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยในไม้ผล (ทุเรียน ลำไย มะม่วง มะพร้าว). วารสารเคหการเกษตร. 45(11): 113-118.

วิชาญ ศิริผล. 2508. การทดลองใช้ปุ๋ยคลอไรด์และซัลเฟตกับทุเรียน. รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ครั้งที่ 4 สาขาพืชและชีววิทยากับสาขาสัตว์. 27-29 มกราคม 2508 กรุงเทพฯ. หน้า 319-325.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2537. สรีรวิทยาไม้ผล. โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท. ขอนแก่น, 437.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2556). มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3-2556 ทุเรียน. ICS 67.080.10.

อภิรดี กอร์ปไพบูลย์, ธีรวุฒิ ชุตินันทกุล, มาลัยพร เชื้อบัณฑิต และนาทระพี สุขจิตไพบูลย์ผล. 2561. การคัดเลือกละอองเกสรที่มีประสิทธิภาพต่อการติดผลทุเรียนในสภาพอากาศเปลี่ยนแปลง. แหล่งข้อมูล https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10/ผลของละอองเกสรที่ผ่านการคัดเลือกต่อคุณภาพของทุเรียน.pdf. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2566.

Diczbalis, Y., and D. Westerhuis. 2005. Durian and mangosteen orchards-north Queenland nutrition survey. A report for the rural industries research and development corporation, Australian Government. RIRDC Publication No 05/163. 72p.

Fischer, N.S., and M. Steinhaus. 2020. Identification of an important odorant precursor in Durian: first evidence of ethionine in plants. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 68: 10397-10402.

Isa, I.Z.M., N.A.A. Mustafa, M.Z. Shahrill, A.A. Hamid, N.H.Z. Abedin, and M.S.P. Dek. 2019. Proximate composition, physicochemical and antioxidant properties of three durian (*Durio zibethinus*) cultivars. Journal of Tropical Plant Physiology. 11: 22-30.

Jaisue, N., N. Tawinteung, A. Worphet, and L. Khurnpoon. 2021. Distribution and management of total and available sulfur under durian orchard soils in the Eastern Thailand. International Journal of Agricultural Technology. 17(5): 1767-1778.

Kays, S.J.1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold, New York.

Li, J.-X., P. Schieberle, and M. Steinhaus. 2017. Insights into the key compounds of durian (*Durio zibethinus* L. 'Monthong') pulp odor by odorant quarant quantitation and aroma simulation experiments. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 65: 639-647.

Liu, W., Y. Zhang, L. Wang, B. Ahmad, X. Shi, Y. Ren, C. Liang, X. Zhang, Y. Zhang, and G. Du. 2023. Integrated transcriptome and metabolome analysis unveinled the mechanisms of xenia effect and the role of different pollens on aroma formation in 'Yili' pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd). Scientia Horticulturae. 307: 111503.

Peng, K.S.M. 2019. Volatile esters and sulfur compounds in durians & a suggested approach to enhancing economic value of durians. Malaysian Journal of Sustainable Agriculture. 3(2): 5-15.

Poovarodom, S. and N. Phanchindawan. 2006. Effect of chloride and sulfate in various N and K fertilizers on soil chemical properties and nutrient concentrations in durian leaf and fruit. Acta Horticulturae. 721: 191-198.

Reineccius, G. 2006. Flavor chemistry and technology. 2nd Edition. CRC Press, NW.

Siriphanich, J., 2011. 5 - Durian (*Durio zibethinus* Merr.), In: Yahia, E.M. (Ed.), Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Woodhead Publishing, pp. 80-116e.

Teh, B.T., K. Lim, C.H. Yong, C.C.Y. Ng, S.R. Rao, V. Rajasegaran, W.K. Lim, C.K. Ong, K. Chan, V.K.Y. Cheng, P.S. Soh, S. Swarup, S.G. Rozen, N. Nagarajan, and P. Tan. 2017. The draft genome of tropical fruit durian (*Durio zibethinus*). Nature Genetics. 49: 1633-1641.

Wilmer, L., E. Pawelzik, and M. Naumann. 2022. Comparison of the effects of potassium sulphate and potassium chloride fertilization on qualiry parameters, including volatile compounds, of potato tubers after harvest and storage. Frontiers in Plant Science. 13: 920212.

Xiao, Z., M. Niu, Y. Niu, and J. Zhu. 2022. Evaluation of the perceptual interaction among sulfur compounds in durian by feller's additive model and odor activity value. Food Analytical Methods. 15: 1787-1802.