บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความพองกับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

ผลส้มที่นำมาศึกษาความพองครั้งนี้ ขั้นต้นใช้การประเมินลักษณะภายนอกด้วยสายตา ซึ่งเป็นการคัดแยกโดยพนักงานของโรงคัดบรรจุผลส้ม เพื่อจัดลักษณะของผลส้มเป็น 3 ระดับความพอง คือ ปกติ (ระดับ 0), พอง (ระดับ 1), และ พองมาก (ระดับ 2) เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือสำหรับตรวจวัดระดับความพองของผลส้ม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความพองกับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ที่เหมาะสม สำหรับใช้เป็นดัชนีประเมินระดับความความพองของผลส้ม โดยคุณสมบัติทางกายภาพที่ศึกษา คือ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความต้านทานแรงกด ค่าปริมาตรช่องว่างที่เพิ่มขึ้นภายในผล และปริมาณน้ำคั้น สำหรับคุณสมบัติทางเคมีที่ศึกษา คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ และ สัดส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ การตรวจสอบคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์เป็นการตรวจสอบแบบวัตถุวิสัย เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบให้เห็นถึงระดับความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆ กับระดับความพองจากการประเมินแบบจิตวิสัย (กัลยา, 2545) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) โดยผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี กับระดับความพองของผลส้มเขียวหวาน

คุณสมบัติ	R^2
ความถ่วงจำเพาะ	0.7255
เปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผล	0.6107
ปริมาณน้ำคั้นโดยมวลโดยปริมาตร	0.5114
TSS	0.3163
ความต้านทานแรงกด	0.2807
ปริมาณน้ำคั้นโดยมวล	0.2272
TA	0.1185
TSS/TA	0.0298

4.1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

โดยการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความต้านทานแรงกด ปริมาตรช่องว่างที่เพิ่มขึ้นภายในผล ปริมาณน้ำคั้นโดยมวล และปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตร ผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.2 และสามารถอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

1) ความถ่วงจำเพาะ

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.906 ± 0.029, 0.840 ± 0.029 และ 0.775 ± 0.041 ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า R^2 = 0.7255 (รูป 4.1) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลส้มระดับปกติมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด โดยระดับพองและระดับพองมากมีค่าลดลงตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

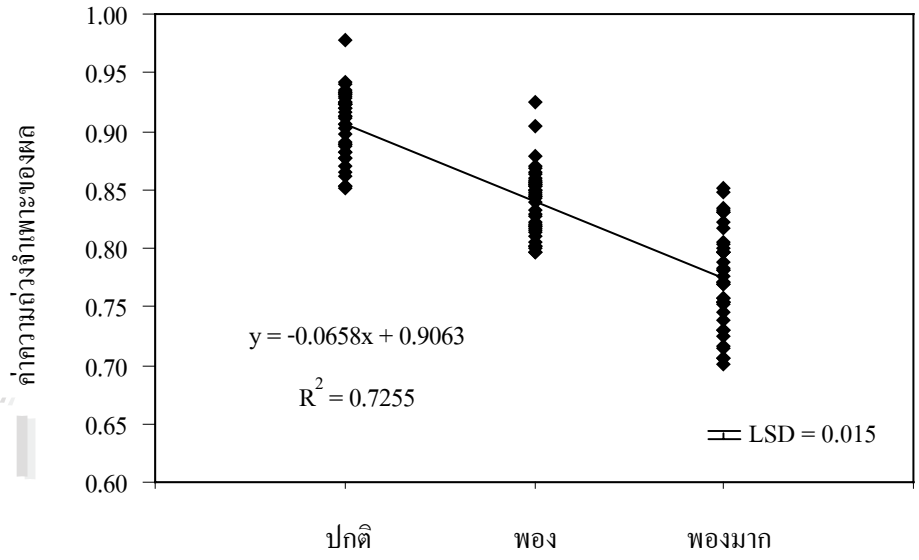
ตาราง 4.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลส้มระดับปกติ ระดับพอง และระดับพองมาก

ระดับความพองของผลส้ม	ความถ่วงจำเพาะ ± SD	ความต้านทานแรงกด (กิโลกรัม) ± SD	เปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผล (%) ± SD	ปริมาณน้ำคั้นโดยมวล (%) ± SD	ปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตร (%) ± SD	TSS (%) ± SD	TA (%) ± SD	TSS/TA ± SD
ระดับปกติ	0.906 ± 0.029 a	1.43 ± 0.46 a	4.86 ± 1.79 a	48.9 ± 5.0 a	43.1 ± 4.4 a	13.2 ± 1.0 a	0.441 ± 0.113 a	32.0 ± 8.3 a
ระดับพอง	0.840 ± 0.029 b	1.13 ± 0.31 b	8.04 ± 2.03 b	46.2 ± 4.4 b	37.7 ± 4.6 b	12.7 ± 0.7 b	0.413 ± 0.098 a	32.3 ± 7.3 a
ระดับพองมาก	0.775 ± 0.041 c	0.89 ± 0.26 c	15.10 ± 4.94 c	43.1 ± 3.8 c	32.5 ± 3.8 c	11.7 ± 0.9 c	0.351 ± 0.089 b	35.8 ± 11.0 a
LSD	0.015	0.156	1.439	1.962	1.896	0.389	0.044	3.985

หมายเหตุ อักษรตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เป็นอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Least-significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุใดๆ เป็นค่าสัดส่วนมวลเทียบกับปริมาตรของวัตถุนั้นๆ (Mohsenin, 1986) ในกรณีที่ความถ่วงจำเพาะมีค่าลดลงเมื่อผลส้มมีความพองเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเปลือกกับเนื้อเพิ่มมากขึ้น (ธงชัย และคณะ, 2542 ก) ซึ่งทำให้ปริมาตรของผลเพิ่มขึ้นมากกว่ามวลของผลและส่งผลต่อสัดส่วนมวลเทียบกับปริมาตรของผลส้มที่ลดต่ำลง ค่าความถ่วงจำเพาะที่ลดต่ำลงของผลิตผลทางการเกษตรใช้บ่งบอกคุณภาพภายในที่ด้อยลงและที่ผิดปกติได้ (Zaltman *et al*., 1987) ธงชัย และคณะ (2542 ก) ศึกษาการตรวจวัดคุณภาพของผลส้มและมะม่วงแบบไม่ทำลาย พบว่า ผลส้มพันธุ์ฟรีมองต์ที่เกิดอาการฟ่ามมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าส้มปกติ และผลมะม่วงพันธุ์แรดที่มีความแก่ 80, 85 และ 90% มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าผลที่มีความแก่ 100% Sornsrivichai *et al*. (2000) ศึกษาการตรวจวัดคุณภาพของผลสับปะรดแบบไม่ทำลาย พบว่า ทั้งผลสับปะรดพันธุ์นางแลและพันธุ์ปัตตาเวียที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อสองต่างก็มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าผลที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อหนึ่ง Kato (1997) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะและคุณภาพภายในของผลแตงโม พบว่า แตงโมที่เกิดอาการไส้กลวงภายในผลมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าผลแตงโมปกติ สำหรับ Chen and Studer (1977) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่สัมพันธ์กับความแก่และความพองของผลมะเขือเทศสด พบว่า ผลมะเขือเทศที่ยังอ่อนอยู่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าผลแก่ ส่วนผลมะเขือเทศที่มีความพองภายในผลมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าผลปกติ



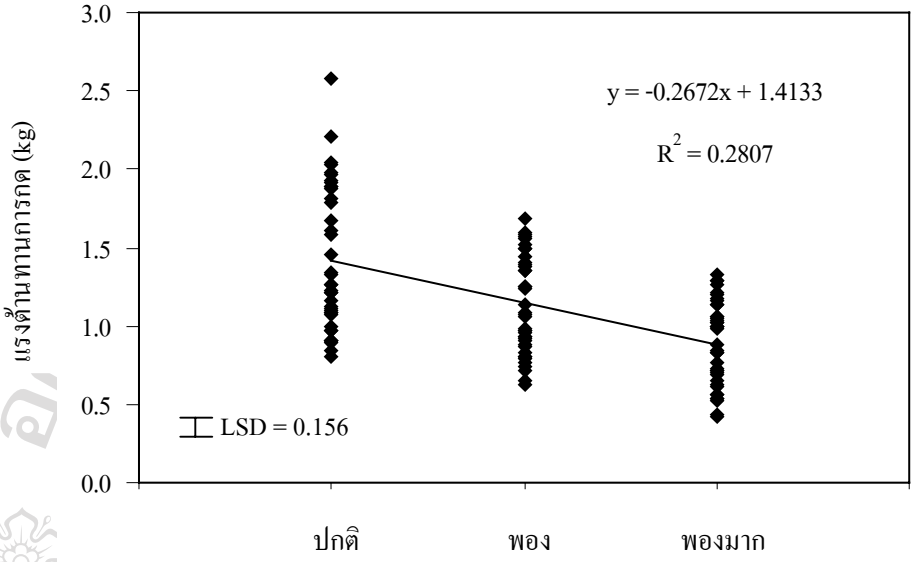
รูป 4.1 ความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะของผลและระดับความพอง

2)

ความต้านทานแรงกดของผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีค่าเท่ากับ 1.43 ± 0.46, 1.13 ± 0.31 และ 0.89 ± 0.26 กิโลกรัม ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า $R^2 = 0.2807$ (รูป 4.2) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลส้มระดับปกติมีค่าความต้านทานแรงกดสูงที่สุด โดยผลส้มระดับพองและระดับพองมากมีค่าลดลงตามลำดับซึ่งทั้ง 3 ระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ความต้านทานแรงกดของผลิตผลเกษตรแสดงถึงความสามารถในการรักษารูปทรงดั้งเดิมของผลิตผลเมื่อมีแรงภายนอกเข้ามากระทำ (Mizrach *et al*., 1992) สาเหตุที่ผลส้มพองต้านทานแรงกดได้ต่ำกว่าผลปกติเป็นเพราะมีอากาศหรือช่องว่างเกิดขึ้นภายในผลโดยเฉพาะระหว่างเปลือกกับเนื้อ ซึ่งอากาศหรือก๊าซใดๆ เป็นสสารที่สามารถยุบตัวได้ (Compressibility) ในขณะที่ของแข็งและของเหลวที่เป็นองค์ประกอบหลักของผลส้มเป็นสสารที่ไม่สามารถยุบตัวได้ (Incompressibility) (Chen and Studer, 1977) ดังนั้นความต้านทานแรงกดของผลส้มจึงขึ้นอยู่กับอากาศหรือปริมาตรช่องว่างที่เกิดขึ้นภายในผลโดยเฉพาะระหว่างเปลือกกับเนื้อเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหากภายในผลส้มมีปริมาตรช่องว่างมากขึ้น ก็ทำให้ความต้านทานแรงกดของผลลดลง การที่ผลิตผลหากมีความต้านทานแรงกดต่ำจะทำให้ผลิตผลเสียหายได้ง่ายกว่าผลิตผลมีความต้านทานแรงกดสูง ในกรณีของส้มพองนั้นจะเกิดการแตกหรือสูญเสียรูปทรงจากการกระแทกหรือเบียดกันในขณะขนส่งหรือขณะที่อยู่รวมกันเป็นกองใหญ่ได้ (รวี, 2543) ธงชัย และคณะ (2542 ก) ศึกษาการตรวจวัดคุณภาพของผลส้มและมะม่วงแบบไม่ทำลาย พบว่า ผลส้มพันธุ์ผิวทองที่เกิดการพองมีค่าความต้านทานแรงกดต่ำกว่าผลส้มปกติ การศึกษาความต้านทานแรงกดของผลฝรั่งพันธุ์เวียดนามที่มีความสุกต่างกัน 5 ระดับ (ธงชัย และคณะ 2542 ง) พบว่า ฝรั่งที่ผลนิ่มนอกจากมีความต้านทานแรงกดที่ต่ำแล้ว ผลยังเสียหายง่ายกว่าผลที่แข็งเมื่อถูกแรงกดลงมาบนผล ความต้านทานแรงกดที่ต่ำลงแสดงถึงคุณภาพที่ด้อยลงของผลิตผลทางการเกษตร การศึกษาในผลส้มเขียวหวาน (Sornsrivichai *et al*., 1991) พบว่า ผลส้มที่มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงขณะเก็บรักษาส่งผลต่อความต้านทานแรงกดของผลมีค่าต่ำกว่าผลส้มที่มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่ำขณะเก็บรักษา การศึกษาในมะม่วงพันธุ์แรด (ธงชัย และคณะ, 2542 ก) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์แรดที่มีความแก่ 80, 85 และ 90 % มีค่าต้านทานแรงกดต่ำกว่าผลที่มีความแก่ 100 % ในผลแอปเปิ้ลที่เกิดการช้ำ บริเวณที่ช้ำมีค่าความต้านทานการกดต่ำกว่าบริเวณที่ปกติ (Rotz and Mohsenin, 1978) สำหรับการศึกษากับผลมะเขือเทศโดย Chen and Studer (1977) พบว่า ผลมะเขือเทศที่เกิดอาการพองมีค่าความต้านทานแรงกดต่ำกว่าผลปกติ ซึ่งผลพองเป็นผลที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและจำเป็นต้องมีการคัดออกจากผลปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



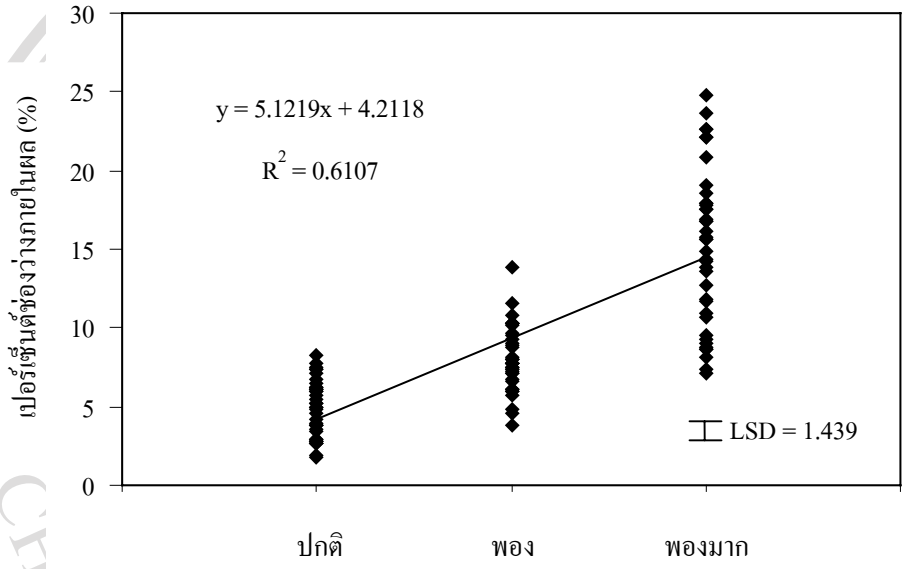
รูป 4.2 ความสัมพันธ์ของแรงต้านทานการกดของผลและระดับความพอง

3) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผล

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผล เท่ากับ 4.86 ± 1.79, 8.04 ±2.03 และ 15.10 ± 4.94% ตามลำดับ (ตาราง 4.1) แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า R^2 = 0.6107 (รูป 4.3) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลส้มระดับปกติซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลต่ำที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่าเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลของส้มระดับพองและระดับพองมาก ส่วนส้มระดับพองมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลต่ำกว่าและมีความแตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลของส้มระดับพองมากซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลสูงที่สุด สอดคล้องกับ Chen and Studer (1977) ที่ศึกษาในผลมะเขือเทศพอง พบว่า ปริมาตรภายในผลเพิ่มขึ้นตามระดับความพองของผลที่เพิ่มขึ้น และเป็นเหตุให้ความต้านมานแรงกดของผลลดลง สำหรับการศึกษาในผลส้มเขียวหวาน จริญญา (2542) รายงานว่า ช่องว่างภายในผลส้มที่มากขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ความพองโดยปริมาตรของผลมีค่าสูงขึ้นและแปรผันตามระดับความพองที่เพิ่มขึ้น ช่องว่างภายในผลส้มเขียวหวานมีลักษณะที่เปลือกแยกตัวออกจากเนื้อ (Yantarasri and Sornsrivichai, 1998) เกิดจากการปรับตัวของผลส้มเพื่อลดการสูญเสียน้ำในช่วงที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (รวี, 2543) และอีกกรณีหนึ่งเกิดเมื่อการเก็บเกี่ยวล่าช้า โดยผลส้มพัฒนาเข้าสู่ระยะแก่จัด การเจริญของส่วนเนื้อได้หยุดลงในขณะที่ปริมาตรของผลยังเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การแยกตัวออกจากกันระหว่างเปลือกและเนื้อที่จะมีขนาดกว้างขึ้นและเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นช่องอากาศในที่สุด (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) การเกิดช่องว่างภายในเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกคุณภาพการบรรจุของผลิตผล คือ เมื่อผลิตผลถูกบรรจุลงบรรจุภัณฑ์จนเต็มแล้วแต่น้ำหนักสุทธิที่วัดได้จะยังต่ำกว่าน้ำหนักที่ระบุไว้ (รวี, 2543)



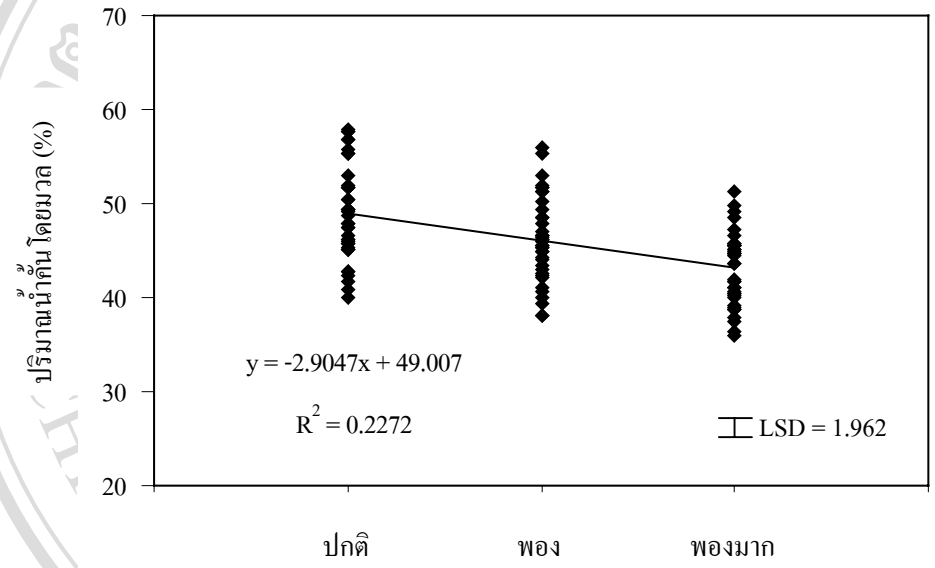
รูป 4.3 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลและระดับความพอง

4) ปริมาณน้ำคั้นโดยมวล

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีปริมาณน้ำคั้นโดยมวลเท่ากับ 48.9 ± 5.0, 46.2 ± 4.4 และ 43.1 ± 3.8% ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า R^2 = 0.2272 (รูป 4.4) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลส้มระดับปกติซึ่งมีปริมาณน้ำคั้นโดยมวลสูงกว่าและมีความแตกต่างจากปริมาณน้ำคั้นโดยมวลของส้มระดับพอง ขณะเดียวกันผลส้มระดับพองมีปริมาณน้ำคั้นโดยมวลสูงรองลงมาและมีความแตกต่างจากปริมาณน้ำคั้นโดยมวลของส้มระดับพองมาก การที่ปริมาณน้ำคั้นโดยมวลลดลงเมื่อระดับความพองของผลส้มเพิ่มขึ้นเกิดจากการที่ปริมาตรของผลยังเพิ่มขึ้นเมื่อถึงระยะแก่จัด โดยเป็นการสะสมองค์ประกอบที่เป็นเพคตินในเปลือกมากขึ้น (Baldwin, 1993; Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) ส่งผลให้ผลส้มมีมวลเพิ่มขึ้น ในขณะที่เนื้อของส้มพองมีการสูญเสียน้ำไปซึ่งสังเกตได้จากการเหี่ยวของกลีบเนื้อ (Pantastico *et al*., 1975) ทำให้มวลของน้ำส้มที่เหลืออยู่ลดลง ปริมาณน้ำคั้นโดยมวลจึงลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามส้มพองส่วนใหญ่มีเปลือกหนากว่าส้มปกติ (ธงชัย และคณะ, 2542 ก) ซึ่งส้มเปลือกหนาจะมีการอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าผลเปลือกบาง (Ketsa, 1990) ปริมาณน้ำที่คั้นได้ใช้บ่งบอกความฉ่ำน้ำของผลิตผลได้ (ดนัย และ นิธิยา, 2535) จากการศึกษาในผลส้มพันธุ์ฟรีมองต์ที่เกิดอาการฟ่าม (วชิราพร, 2543) พบว่า เมื่อผลส้มมีอาการฟ่ามแบบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำส้มที่คั้นได้จะลดลงเนื่องจากการสูญเสียน้ำในเนื้อไป (Erickson, 1968)



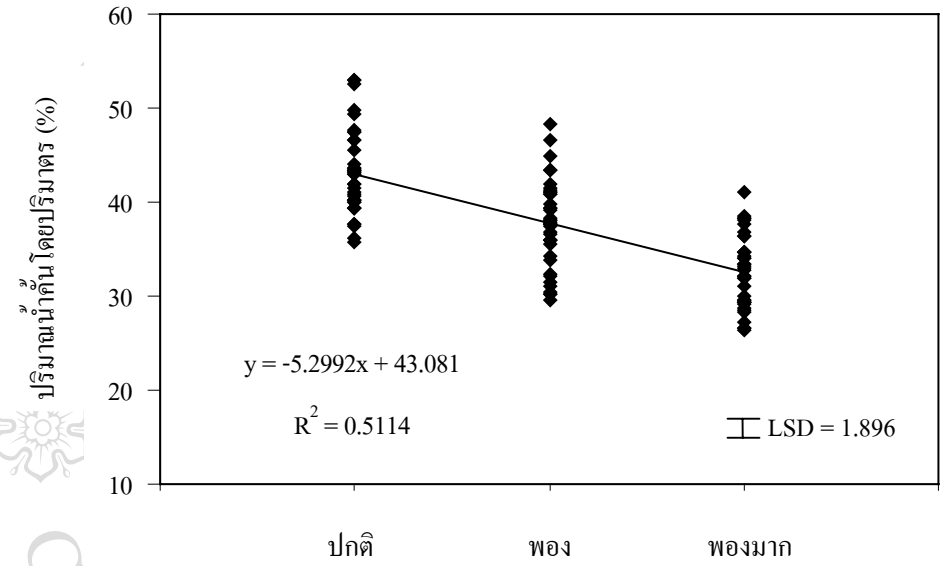
รูป 4.4 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นโดยมวลและระดับความพอง

5) ปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตร

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตร เท่ากับ 43.1 ± 4.4, 37.7 ± 4.6 และ 32.5 ± 3.8% ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า R^2 = 0.5114 (รูป 4.5) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลส้มระดับปกติมีปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรสูงกว่าและมีความแตกต่างจากปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรของส้มระดับพอง ขณะเดียวกันผลส้มระดับพองมีปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรสูงรองลงมาและมีความแตกต่างจากปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรของส้มระดับพองมาก การที่ปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรลดลงเมื่อระดับความพองของผลส้มเพิ่มขึ้นเกิดจากการที่ปริมาตรของผลยังเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะแก่จัดในขณะที่การเจริญของส่วนเนื้อได้หยุดลงและไม่มีการสะสมของเหลวเพิ่ม (Coombe, 1976) และเกิดการแยกตัวระหว่างเปลือกและเนื้อจนเกิดเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ภายในผล (Spiegel-Roy and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Goldschmidt, 1996) ทำให้อัตราส่วนของปริมาตรน้ำคั้นกับปริมาตรผลลดต่ำลง ปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรจึงมีค่าลดลง



รูป 4.5 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นโดยปริมาตรและระดับความพอง

4.1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

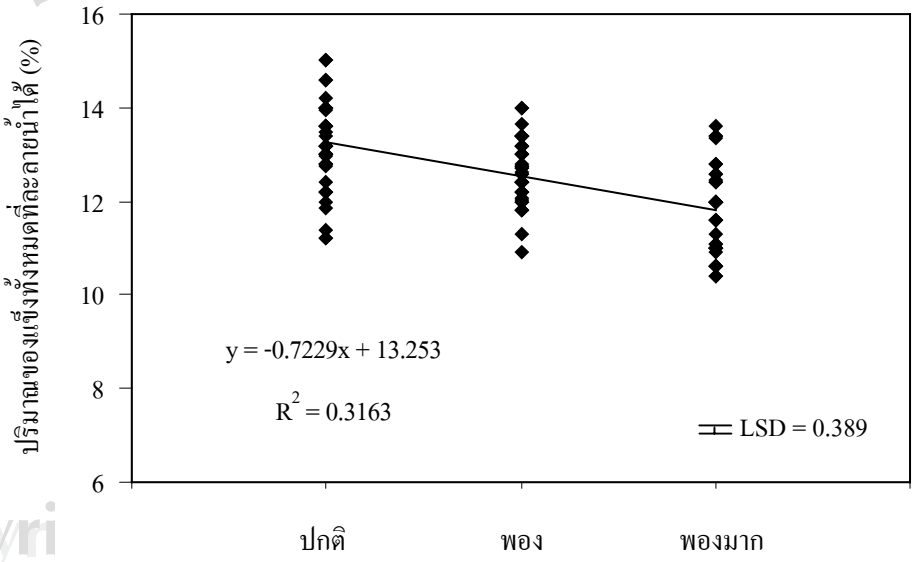
โดยการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ จากนั้นคำนวณสัดส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.2 และสามารถอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

1) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 13.2 ± 1.0, 12.7 ± 0.7 และ 11.7 ± 0.9% ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า $R^2 = 0.3163$ (รูป 4.6) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าผลส้มระดับปกติมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าและมีความแตกต่างจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มระดับพอง ขณะเดียวกันผลส้มระดับพองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงรองลงมาและมีความแตกต่างจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของส้มระดับพองมาก การที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงเมื่อระดับความพองของผลเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลส้มที่พองมากเป็นผลที่อยู่ในช่วงแก่จัด (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) หากพิจารณาการพัฒนาของผลส้มซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ (Bain, 1958) โดยระยะแรก เป็นระยะการแบ่งเซลล์ ระยะที่สอง เป็นระยะการขยายขนาดเซลล์ และระยะที่สาม เป็นระยะผลแก่ จะพบว่าตลอดการพัฒนาในระยะที่สอง ผลส้มมีการสะสมน้ำส้มและน้ำตาลเพิ่มขึ้นภายในกลีบส้ม (Erickson, 1968) โดยในน้ำส้มมีส่วนประกอบสำคัญคือปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่ง 75 ถึง 85% เป็นน้ำตาล (Ting and Attaway, 1971) เมื่อการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่สาม ผลส้มมีอัตราการสะสมน้ำตาลลดลงจนกระทั่งปริมาณน้ำตาลที่สะสมมีค่าคงที่ซึ่งผลส้มเข้าสู่ช่วงแก่จัด หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลมีค่าลดลงอย่างช้าๆ (Whiting, 1970) ปริมาณน้ำตาลมีค่าลดลงเนื่องจากผลไม้ที่เข้าสู่ช่วงแก่จัดไม่มีการสะสมน้ำตาลเพิ่ม (Coombe, 1976) แต่การที่ผลไม้ยังคงมีชีวิตอยู่ ผลไม้จึงมีการนำน้ำตาลที่เก็บสะสมไว้ในรูปปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีพ (Wills *et al*. 1998) ด้วยเหตุนี้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลส้มเขียวหวานจึงมีค่าลดลงเมื่อระดับความพองของผลเพิ่มขึ้น

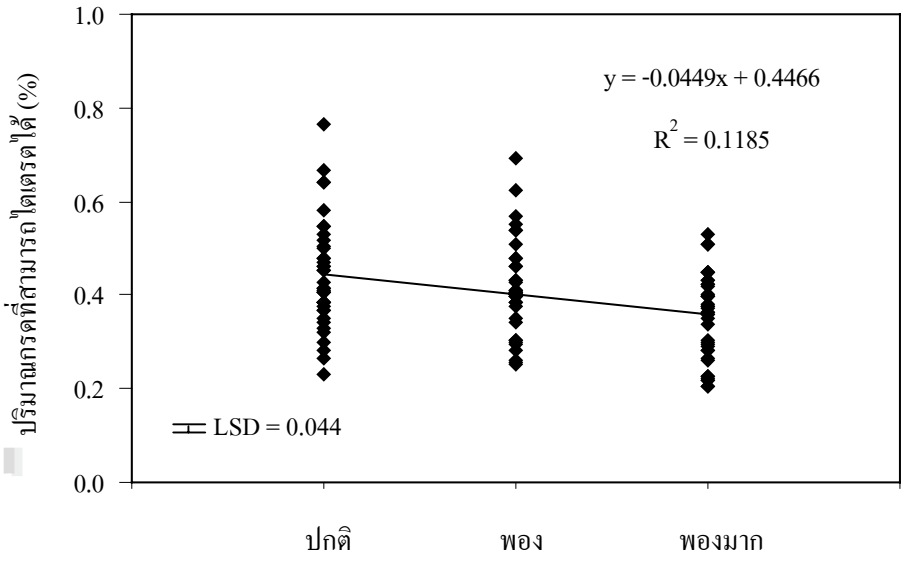


รูป 4.6 ความสัมพันธ์ของ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และระดับความพอง

2) ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้เท่ากับ 0.441 ± 0.113, 0.413 ± 0.098 และ 0.351 ± 0.089% ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า $R^2 = 0.1185$ (รูป 4.7) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ผลส้มระดับปกติและระดับพองมีปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผลส้มระดับพองมากมีปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ต่ำกว่าและมีความแตกต่างจากสองระดับแรก ผลการทดลองแสดงถึงปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความพองของผลเพิ่มขึ้น หากพิจารณาขั้นตอนการพัฒนาของผลส้ม จะพบว่า ผลส้มมีปริมาณกรดโดยรวมซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของการเจริญเติบโต จากนั้นมีค่าคงที่ (Ting and Attaway, 1971) และเริ่มมีค่าลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 20 หลังดอกบาน (มนตรี, 2527) ในขณะที่การพัฒนาของผลส้มยังอยู่ในระยะแรกซึ่งเป็นระยะการแบ่งเซลล์ โดยผลส้มยังคงมีการเพิ่มขนาดและปริมาณน้ำส้มอยู่ (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) ปริมาณน้ำส้มที่เพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้ปริมาณกรดที่มีอยู่คงที่นั้นถูกเจือจางลง (Baldwin, 1993) ฉะนั้นเมื่อผลส้มพัฒนาเข้าสู่ระยะผลแก่ ปริมาณกรดจึงมีค่าลดลง และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณกรดมีค่าลดลงคือปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ส่วนหนึ่งเกิดการเสื่อมสลาย (Monseline, 1986) ในขณะที่ผลส้มพัฒนาเข้าสู่ช่วงผลแก่จัด จากสาเหตุดังกล่าว ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้จึงมีค่าลดลงเมื่อผลส้มมีระดับความพองมากขึ้น



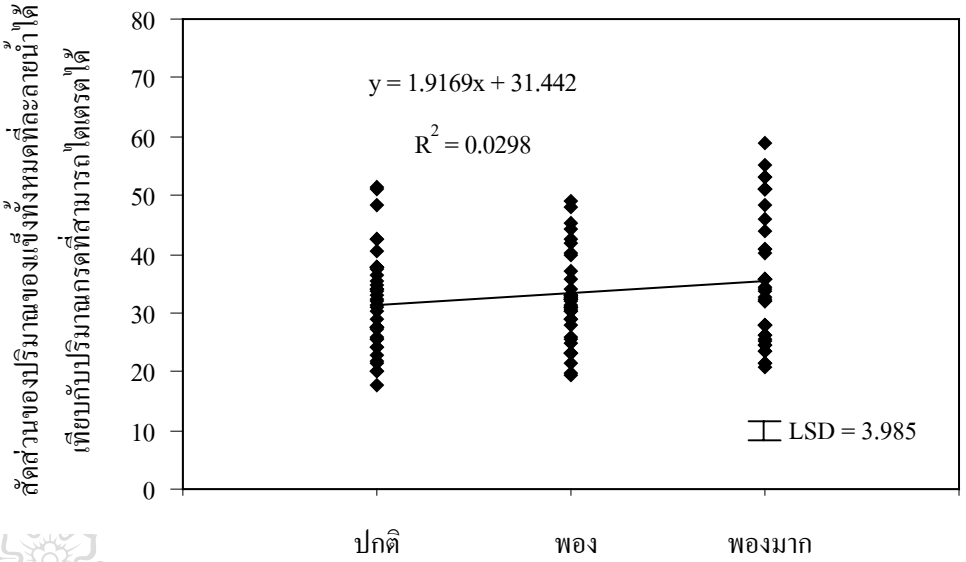
รูป 4.7 ความสัมพันธ์ของปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้และระดับความพอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) อัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้

ผลส้มเขียวหวานระดับปกติ ระดับพอง และ ระดับพองมาก มีอัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้เท่ากับ 32.0 ± 8.3, 32.3 ± 7.3 และ 35.8 ± 11.0 ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า $R^2 = 0.0298$ (รูป 4.8) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า อัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ของผลส้มทุกระดับความพองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความพองของผลส้มเพิ่มขึ้น การที่อัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความพองของผลส้มเพิ่มขึ้น เกิดจากการที่ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้มีค่าลดลงมากกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Ketsa, 1988) เนื่องจากปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ถูกเจือจางในขณะที่ผลส้มยังมีการสะสมน้ำส้มและมีขนาดผลเพิ่มขึ้นในช่วงต้นของระยะผลแก่ จากนั้นเมื่อผลส้มมีการพัฒนาเข้าสู่ช่วงผลแก่จัดซึ่งเป็นช่วงที่ส้มเขียวหวานมีความพองมาก (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ส่วนหนึ่งเกิดการเสื่อมสลาย ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ของผลส้มที่พองมากจึงมีค่าลดลงมากกว่าผลปกติซึ่งมีการพัฒนาอยู่ในช่วงต้นของระยะผลแก่ ส่วนปริมาณน้ำตาลมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อผลส้มมีการพัฒนาอยู่ในระยะผลแก่ (Whiting, 1970) เมื่อเป็นเช่นนี้อัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ของผลส้มทุกระดับความพองจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความพองของผลส้มเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.8 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่ไตเตรตได้และระดับความพอง

การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความพองกับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลส้มเขียวหวานทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของระดับความพองของผลส้มที่มีต่อค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความต้านทานแรงกด ปริมาตรช่องว่างที่เพิ่มขึ้นภายในผล ปริมาณน้ำคั้นโดยมวล ปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตร ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ และ สัดส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรตได้ ผลการทดลอง พบว่า ความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์ช่องว่างภายในผลมีความสัมพันธ์กับระดับความพองของผลส้มด้วยค่า R^2 สูงที่สุดและรองลงมา คือ 0.7255 และ 0.6107 ตามลำดับ ในขณะที่คุณสมบัติอื่นที่ศึกษามีความสัมพันธ์ที่ต่ำกับระดับความพองของผลส้ม ค่าความต้านทานแรงกดมีศักยภาพสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้งานจริงในการตรวจวัดผลส้มระดับพองมากให้แยกออกจากผลปกติได้เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ทำลายผล อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานแรงกดอาจมีความแม่นยำต่ำเมื่อนำมาตรวจวัดผลส้มระดับพองให้แยกออกจากผลปกติ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณน้ำคั้นโดยมวล ปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตร และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ต่างก็มีแนวโน้มในการนำมาใช้ตรวจวัดผลส้มระดับพองมากให้แยกออกจากผลปกติได้ โดยเฉพาะปริมาณน้ำคั้นโดยปริมาตรที่แสดงผลการตรวจวัดได้ค่อนข้างชัดเจนกว่าปริมาณน้ำคั้นโดยมวล และปริมาณของแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ แต่เนื่องจากการตรวจวัดจากทั้งสามวิธีต้องมีการทำลายผล จึงอาจไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ตรวจสอบและคัดแยกผลิตผลส้มเพื่อการจำหน่ายสดในระดับเกษตรอุตสาหกรรม ในขณะที่การตรวจสอบและคัดแยกผลส้มเขียวหวานในโรงคัดบรรจุจำเป็นต้องปฏิบัติด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ เพราะแต่ละวันในฤดูการผลิตจะมีการนำผลิตผลส้มที่เก็บเกี่ยวแล้วเข้ามาสู่โรงคัดบรรจุเป็นจำนวนมาก หากพิจารณาค่าความถ่วงจำเพาะแล้วจะพบว่ามีศักยภาพในการนำมาเป็นดัชนีตรวจวัดระดับความพองของผลส้มในโรงคัดบรรจุได้ เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ทำลายผลโดยแสดงผลการตรวจวัดความพองของผลส้มทุกระดับความพองได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้การคัดแยกผลส้มพองออกจากผลส้มปกติมีความแม่นยำกว่าวิธีอื่น ค่าความถ่วงจำเพาะยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องต้นแบบสำหรับการคัดแยกผลส้มพองออกจากผลปกติได้ด้วยการอาศัยหลักการจม-ลอยของผลส้มในน้ำที่ได้รับการปรับลดค่าความถ่วงจำเพาะอย่างเหมาะสมและน้ำมีการไหลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้การตรวจวัดและคัดแยกผลส้มพองออกจากผลปกติเป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง แม้ผลิตผลส้มที่เข้ามาสู่ขั้นตอนการคัดแยกจะมีจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การศึกษาการคัดผลส้มพองด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ

การทดลองการคัดแยกส้มพองจากผลส้มปกติด้วยต้นแบบเครื่องคัดแยกผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ โดยวัสดุทดลองคือผลส้มเขียวหวานจำนวน 300 ผล แบบคละเกรดและขนาดที่ผ่านการประเมินลักษณะภายนอกด้วยสายตาจากพนักงานของโรงคัดบรรจุผลส้ม เพื่อจัดผลส้มเป็น 3 ระดับความพอง คือ ปกติ (ระดับ 0), พอง (ระดับ 1), และ พองมาก (ระดับ 2) ขั้นตอนการดำเนินการทดลองเริ่มจากการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความพองกับค่าความถ่วงจำเพาะของผลส้มที่นำมาทดลองคัดด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์และช่วงค่าความถ่วงจำเพาะของผลส้มแต่ละระดับความพอง สำหรับประกอบการพิจารณาการปรับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำผสมฟองอากาศที่ใช้คัดแยก จากนั้นจึงเป็นการทดลองการคัดผลส้มพองด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.84, 0.86, 0.88, 0.90, 0.92, 0.94, 0.96 และ 0.98 ใช้อัตราการป้อนผล 5,400 7,400 และ 9,400 ผล/ชั่วโมง โดยทดลองคัด 3 ซ้ำที่แต่ละค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก ที่ทุกอัตราการป้อนผล เมื่อการคัดแยกแล้วเสร็จ จะเป็นการหาประสิทธิภาพการคัดของต้นแบบเครื่องคัดแยกผลส้มพอง ซึ่งเป็นการคำนวณตามวิธีของ Peleg (1985) โดยผลการทดลองเป็นดังนี้

4.2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความพองกับค่าความถ่วงจำเพาะ

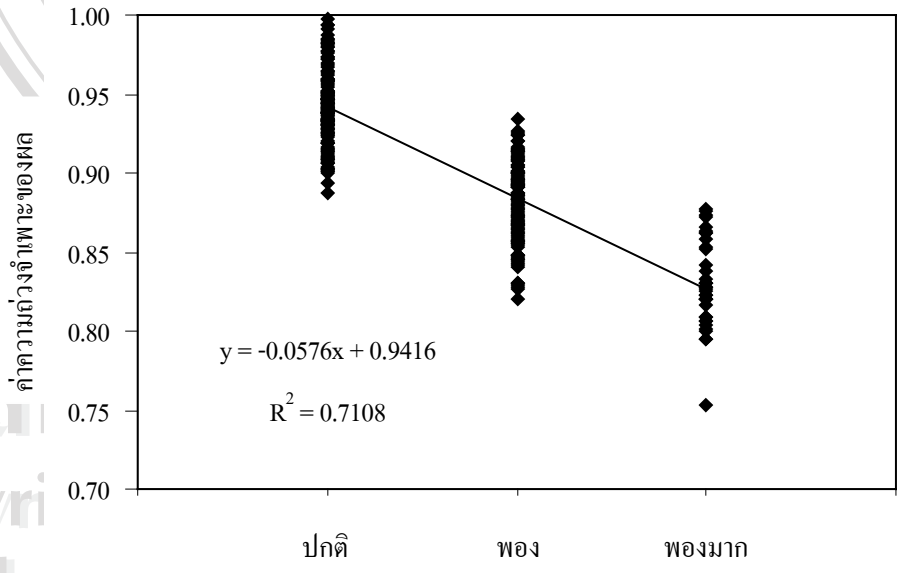
ความสัมพันธ์ของระดับความพองกับค่าความถ่วงจำเพาะของผลส้มทั้ง 300 ผล ที่นำมาทดลองการคัดแยก พบว่า สามารถแสดงความสัมพันธ์ด้วยค่า $R^2 = 0.7108$ ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของผลส้มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระดับความพองของผลเพิ่มขึ้นจากระดับปกติ พอง และพองมาก ดังแสดงตามตาราง 4.3 และ รูป 4.9 สอดคล้องกับผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพดังการอภิปรายที่ปรากฏตามหัวข้อ 4.1.1 ในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะ โดยผลส้มระดับปกติมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.888 ถึง 1.004 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.943 ± 0.025 ส่วนผลส้มระดับพองมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.820 ถึง 0.934 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.881 ± 0.026 สำหรับผลส้มระดับพองมากมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.753 ถึง 0.877 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.830 ± 0.027

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ค่าความถ่วงจำเพาะของผลส้มระดับปกติ ระดับพอง และระดับพองมาก ที่นำมาทดลองคัดแยก

ระดับความพอง ของผลส้ม	ความถ่วงจำเพาะ ± SD			
	รวม 300 ผล	5,400 ผล/ชั่วโมง (100 ผล)	7,400 ผล/ชั่วโมง (100 ผล)	9,400 ผล/ชั่วโมง (100 ผล)
ระดับปกติ	0.94 ± 0.03 a	0.93 ± 0.02 a	0.95 ± 0.02 a	0.95 ± 0.02 a
ระดับพอง	0.88 ± 0.03 b	0.87 ± 0.03 b	0.89 ± 0.02 b	0.89 ± 0.02 b
ระดับพองมาก	0.83 ± 0.03 c	0.81 ± 0.02 c	0.86 ± 0.02 c	0.83 ± 0.02 c

หมายเหตุ อักษรตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เป็นอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Least-significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูป 4.9 ความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะและระดับความพองของผลส้มจำนวน 300 ผล ที่นำมาทดลองการคัดแยก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะกับระดับความพองของผลส้มที่นำมาทดสอบการคัดแยก ผลส้มระดับปกติส่วนใหญ่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 0.90 ในขณะที่ผลส้มทั้งระดับพองและพองมากนั้น ส่วนใหญ่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 0.94 ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่าอาจใช้ช่วงค่าความถ่วงจำเพาะที่ 0.90 ถึง 0.94 สำหรับเป็นค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกผลส้มพองออกจากผลปกติด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำได้ สอดคล้องกับการศึกษาการตรวจวัดคุณภาพของผลส้มและมะม่วงแบบไม่ทำลาย โดยธงชัย และคณะ (2542 ก) ที่ได้ระบุว่า หากผลส้มเขียวหวานมีความพองเพิ่มขึ้น ความถ่วงจำเพาะของผลจะมีค่าลดลง โดยความถ่วงจำเพาะของผลส้มปกติและส้มพองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.937 และ 0.789 ตามลำดับ ซึ่งความถ่วงจำเพาะของผลส้มปกติส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า 0.90 และได้พิจารณาค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่า 0.90 ว่าอาจใช้แยกผลส้มปกติออกจากผลฟ่ามได้ และผลการคัดผลไม้เขตร้อนโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ (ธงชัย และคณะ, 2542 ข) พบว่า ในการแยกผลส้มฟ่าม ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.91 ด้วยอัตราการป้อนผล 5,400 ผล/ชั่วโมง ให้ค่าความถูกต้องในกลุ่มส้มจมเท่ากับ 93%

4.2.2 การทดลองการคัดแยกผลส้มพองด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ

การทดลองการใช้ต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำเพื่อคัดแยกผลส้มพองออกจากผลปกติในน้ำผสมฟองอากาศซึ่งมีการปรับค่าความถ่วงจำเพาะให้เหมาะแก่การคัดแยกและมีการไหลอย่างต่อเนื่อง โดยใช้หลักการจม-ลอยของผลส้มที่มีความแตกต่างกันของค่าความถ่วงจำเพาะดังแสดงตามรูป 4.10 ถึง 4.12 จากการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความพองและค่าความถ่วงจำเพาะของผลส้มที่นำมาทดลองการคัดแยก พบว่า ผลส้มระดับปกติส่วนใหญ่จะมีค่าความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไปแต่ไม่ถึง 1 ในขณะที่ผลส้มระดับพองและระดับพองมากมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ต่ำกว่า 0.94 ทั้งสิ้น การทดลองการคัดแยกดำเนินการที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.84, 0.86, 0.88, 0.90, 0.92, 0.94, 0.96 และ 0.98 ใช้อัตราการป้อนผล 5,400 7,400 และ 9,400 ผล/ชั่วโมง อัตราการไหลของน้ำ 1,325 ลิตร/นาที โดยทดลองคัด 3 ซ้ำที่แต่ละค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก ที่ทุกอัตราการป้อนผล ผลการทดลองของแต่ละอัตราการป้อนผลสามารถคำนวณออกมาเป็นประสิทธิภาพและอัตราการเจือปนเฉลี่ยของการคัดตามวิธีการคำนวณของ Peleg (1985) ดังแสดงตามตาราง 4.4 และ รูป 4.13

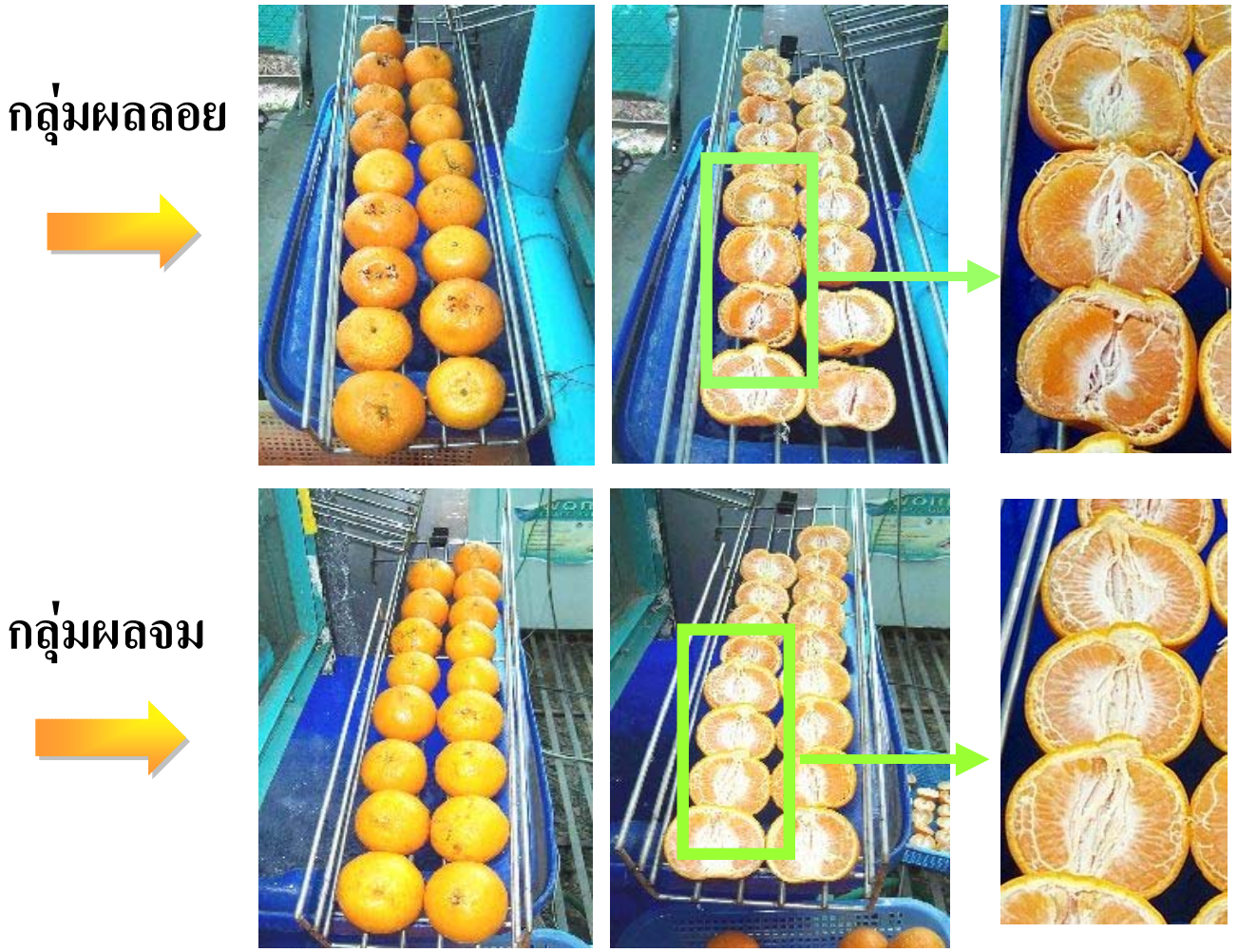
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 4.10 ช่องคัดผลจม (ขวา) และช่องคัดผลลอย (ซ้าย)

รูป 4.11 ผลส้มจม-ลอยขณะคัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทมยนติ



รูป 4.12 ผลส้มกลุ่มลอยและกลุ่มจมที่คัดแยกแล้ว

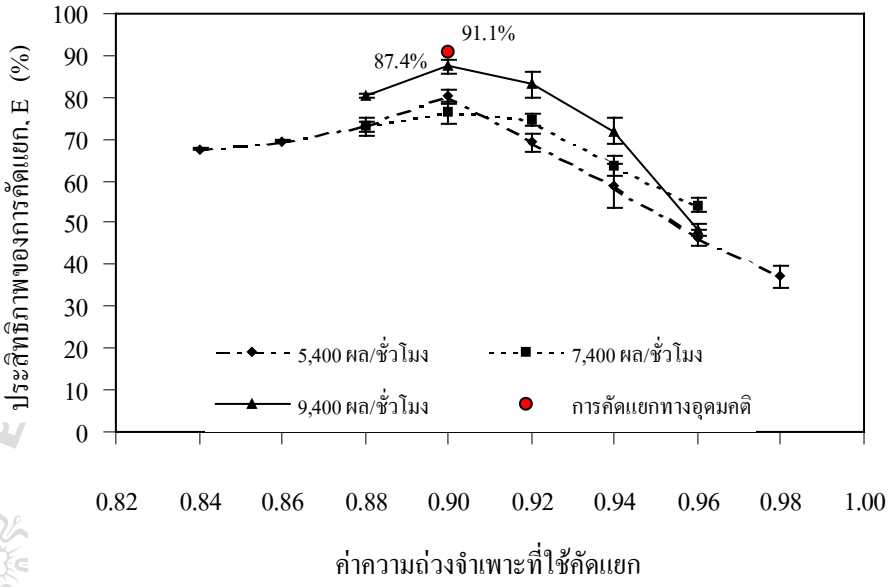
All rights reserved

ตาราง 4.4 ผลการคัดแยกผลส้มพองด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ

อัตราการป้อนผล	ผลการคัดแยก (%)	ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัด							
		0.84	**0.86**	**0.88**	**0.9**	**0.92**	**0.94**	**0.96**	**0.98**
5,400 ผล/ชั่วโมง	E_w	67.6 ± 0.2	69.6 ± 0.2	73.0 ± 2.3	80.3 ± 1.6	69.3 ± 2.1	58.8 ± 5.4	46.4 ± 2.1	37.1 ± 2.5
	Pg_1	49.3 ± 0.3	52.4 ± 0.3	59.2 ± 4.5	74.8 ± 2.8	55.1 ± 1.4	36.4 ± 7.6	16.7 ± 2.9	2.1 ± 3.6
	Pg_2	100	100	96.7 ± 4.1	90.0 ± 2.7	94.6 ± 3.4	98.5 ± 1.5	99.2 ± 0.7	99.2 ± 0.7
	$C_{1,2}$	50.7 ± 0.3	47.6 ± 0.3	40.8 ± 4.5	25.2 ± 2.8	44.9 ± 1.4	63.6 ± 7.6	83.3 ± 2.9	97.9 ± 3.6
	$C_{2,1}$	0	0	2.4 ± 4.1	10.0 ± 2.7	5.4 ± 3.4	1.5 ± 1.5	0.8 ± 0.7	0.8 ± 0.7
	C_R	48.3 ± 0.6	42.7 ± 0.6	33.0 ± 6.1	18.3 ± 1.5	23.3 ± 1.5	20.7 ± 5.5	17.3 ± 1.2	14.7 ± 0.6
7,400 ผล/ชั่วโมง	E_w			73.0 ± 1.2	76.4 ± 2.5	74.7 ± 1.6	63.6 ± 2.2	54.3 ± 1.6	
	Pg_1			55.7 ± 1.9	62.7 ± 3.3	61.9 ± 0.7	45.1 ± 3.2	26.5 ± 2.0	
	Pg_2			100	98.0 ± 3.4	94.8 ± 3.2	92.6 ± 0.6	98.0 ± 0.9	
	$C_{1,2}$			44.3 ± 1.9	37.3 ± 3.3	38.1 ± 0.7	56.2 ± 4.4	73.5 ± 2.0	
	$C_{2,1}$			0	2.0 ± 3.4	5.2 ± 3.2	7.4 ± 0.6	2.0 ± 0.9	
	C_R			35.0 ± 2.6	26.0 ± 3.6	23.7 ± 1.2	30.0 ± 4.4	25.3 ± 1.5	
9,400 ผล/ชั่วโมง	E_w			80.3 ± 0.4	87.4 ± 1.6	83.2 ± 3.1	72.0 ± 3.3	48.4 ± 1.6	
	Pg_1			73.6 ± 1.3	84.2 ± 2.4	80.2 ± 3.4	63.3 ± 4.8	30.5 ± 2.1	
	Pg_2			98.6 ± 2.4	96.2 ± 4.4	91.7 ± 2.8	96.1 ± 0.9	98.0 ± 1.9	
	$C_{1,2}$			26.4 ± 1.3	15.8 ± 2.4	19.8 ± 3.4	36.7 ± 4.8	69.5 ± 2.1	
	$C_{2,1}$			1.4 ± 2.4	3.8 ± 4.4	8.3 ± 2.8	3.9 ± 0.9	2.0 ± 1.9	
	C_R			21.0 ± 1.0	12.0 ± 1.7	15.7 ± 3.2	23.0 ± 4.4	37.7 ± 4.0	

หมายเหตุ สัญลักษณ์ต่างๆ ในช่องผลการคัดแยกมีการอธิบายความหมายไว้ในหัวข้อ 3.2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.13 ประสิทธิภาพการคัดจากอัตราการป้อนผล 5,400 7,400 และ 9,400 ผล/ชั่วโมง และการคัดทางอุดมคติ

การคัดแยกด้วยอัตราการป้อนผล 5,400 ผล/ชั่วโมง ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกคือ 0.84, 0.86, 0.88, 0.90, 0.92, 0.94, 0.96 และ 0.98 พบว่า ประสิทธิภาพของการคัดมีค่าเท่ากับ 67.6 ± 0.2, 69.6 ± 0.2, 73.0 ± 2.3, 80.3 ± 1.6, 69.3 ± 2.1, 58.8 ± 5.4, 46.4 ± 2.1 และ 37.1 ± 2.5% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลจมซึ่งเป็นส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกแต่ละค่าที่กำหนด มีค่าเท่ากับ 49.3 ± 0.3, 52.4 ± 0.3, 59.2 ± 4.5, 74.8 ± 2.8, 55.1 ± 1.4, 36.4 ± 7.6, 16.7 ± 2.9 และ 2.1 ± 3.6% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลส้มปลอมปนที่อยู่ในกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 0, 0, 2.4 ± 4.1, 10.0 ± 2.7, 5.4 ± 3.4, 1.5 ± 1.5, 0.8 ± 0.7 และ 0.8 ± 0.7% ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์ผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และ ระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 100, 100, 96.7 ± 4.1, 90.0 ± 2.7, 94.6 ± 3.4, 98.5 ± 1.5, 99.2 ± 0.7 และ 99.2 ± 0.7% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลส้มปลอมปนที่อยู่ในกลุ่มผลจมซึ่งเป็นผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และ ระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 50.7 ± 0.3, 47.6 ±

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

0.3, 40.8 ± 4.5, 25.2 ± 2.8, 44.9 ± 1.4, 63.6 ± 7.6, 83.3 ± 2.9 และ 97.9 ± 3.6% ตามลำดับ สำหรับอัตราการปลอมปนเฉลี่ยของการคัดมีค่าเท่ากับ 48.3 ± 0.6, 42.7 ± 0.6, 33.0 ± 6.1, 18.3 ± 1.5, 23.3 ± 1.5, 20.7 ± 5.5, 17.3 ± 1.2 และ 14.7 ± 0.6% ตามลำดับ

ส่วนการคัดแยกด้วยอัตราการการป้อนผล 7,400 ผล/ชั่วโมง ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกคือ 0.88, 0.90, 0.92, 0.94 และ 0.96 พบว่า ประสิทธิภาพของการคัดมีค่าเท่ากับ 73.0 ± 1.2, 76.4 ± 2.5, 74.7 ± 1.6, 63.6 ± 2.2 และ 54.3 ± 1.6% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลจมซึ่งเป็นส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกแต่ละค่าที่กำหนด มีค่าเท่ากับ 55.7 ± 1.9, 62.7 ± 3.3, 61.9 ± 0.7, 45.1 ± 3.2 และ 26.5 ± 2.0% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลส้มปลอมปนที่อยู่ในกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 0, 2.0 ± 3.4, 5.2 ± 3.2, 7.4 ± 0.6, และ 2.0 ± 0.9% ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์ผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และ ระดับปกติที่ค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 100, 98.0 ± 3.4, 94.8 ± 3.2, 92.6 ± 0.6 และ 98.0 ± 0.9% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลส้มปลอมปนที่อยู่ในกลุ่มผลจมซึ่งเป็นผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และ ระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก เท่ากับ 44.3 ± 1.9, 37.3 ± 3.3, 38.1 ± 0.7, 56.2 ± 4.4 และ 73.5 ± 2.0% ตามลำดับ สำหรับอัตราการปลอมปนเฉลี่ยของการคัด มีค่าเท่ากับ 35.0 ± 2.6, 26.0 ± 3.6, 23.7 ± 1.2, 30.0 ± 4.4 และ 25.3 ± 1.5% ตามลำดับ

สำหรับการคัดแยกด้วยอัตราการป้อนผล 9,400 ผล/ชั่วโมง ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกคือ 0.88, 0.90, 0.92, 0.94 และ 0.96 พบว่า ประสิทธิภาพของการคัดมีค่าเท่ากับ 80.3 ± 0.4, 87.4 ± 1.6, 83.2 ± 3.1, 72.0 ± 3.3 และ 48.4 ± 1.6% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลจมซึ่งเป็นส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกแต่ละค่าที่กำหนด มีค่าเท่ากับ 73.6 ± 1.3, 84.2 ± 2.4, 80.2 ± 3.4, 63.3 ± 4.8 และ 30.5 ± 2.1% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลส้มปลอมปนที่อยู่ในกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 1.4 ± 2.4, 3.8 ± 4.4, 8.3 ± 2.8, 3.9 ± 0.9 และ 2.0 ± 1.9 % ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์ผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และ ระดับปกติที่ค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 98.6 ± 2.4, 96.2 ± 4.4, 91.7 ± 2.8, 96.1 ± 0.9 และ 98.0 ± 1.9% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลส้มปลอมปนที่อยู่ในกลุ่มผลจมซึ่งเป็นผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และ ระดับปกติที่ค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก มีค่าเท่ากับ 26.4 ± 1.3, 15.8 ± 2.4, 19.8 ± 3.4, 36.7 ± 4.8 และ 69.5 ± 2.1% ตามลำดับ สำหรับอัตราการปลอมปนเฉลี่ยของการคัด มีค่าเท่ากับ 21.0 ± 1.0, 12.0 ± 1.7, 15.7 ± 3.2, 23.0 ± 4.4 และ 37.7 ± 4.0% ตามลำดับ

จากการคัดแยกด้วยต้นแบบเครื่องคัดส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำสามารถอภิปรายผลการคัดแยกได้ดังนี้ จากการคัดแยกด้วยอัตราการป้อนผล 5,400 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่า 0.84 ถึง 0.90 ซึ่งค่าประสิทธิภาพสูงสุดแสดงที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก เท่ากับ 0.9 จากนั้นประสิทธิภาพของการคัดแยกมีค่าลดลงเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.98 เมื่อพิจารณาความถูกต้องของผลที่คัดได้ในกลุ่มผลจม พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเพิ่มขึ้นจากค่า 0.84 ถึง 0.90 ซึ่งที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.9 ได้แสดงเปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมสูงสุด และเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.98 พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมมีค่าลดลง ในขณะที่เมื่อพิจารณาการปลอมปนของผลส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดลอยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 10% ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดลอยของการคัดทางอุดมคติ สำหรับความถูกต้องของผลที่คัดได้ในกลุ่มผลลอย พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดลอยมีค่าไม่ต่ำกว่า 90% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดลอยของการคัดทางอุดมคติ โดยค่าต่ำที่สุดคือ 90% แสดงที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.9 ในขณะที่หากพิจารณาการปลอมปนของผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก และระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก ที่ปลอมปนเข้าไปในช่องคัดจม พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดจมมีค่าลดลงเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเพิ่มขึ้นจากค่า 0.84 ถึง 0.90 ซึ่งที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.9 ได้แสดงเปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดจมต่ำสุด และเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.98 พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดจมมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการพิจารณาอัตราการปลอมปนเฉลี่ยเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.84 ถึง 0.90 พบว่า อัตราการปลอมปนเฉลี่ยมีค่าลดลงและมีค่าคงที่เมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าตั้งแต่ 0.9 ถึง 0.98

ในส่วนของการคัดแยกด้วยอัตราการป้อนผล 7,400 และ 9,400 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่า 0.88 ถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

0.90 ซึ่งค่าประสิทธิภาพสูงสุดแสดงที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก เท่ากับ 0.9 เช่นเดียวกัน จากนั้นประสิทธิภาพของการคัดแยกมีค่าลดลงเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.96 เมื่อพิจารณาความถูกต้องของผลที่คัดได้ในกลุ่มผลจม พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเพิ่มขึ้นจากค่า 0.88 ถึง 0.90 ซึ่งที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.9 ได้แสดงเปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมสูงสุด และเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.96 พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมมีค่าลดลงเช่นเดียวกับการทดลองคัดแยกด้วยอัตราการป้อนผลเท่ากับ 5,400 ผล/ชั่วโมง ในขณะที่เมื่อพิจารณาการปลอมปนของผลส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดลอยมีไม่สูงเกิน 10% ซึ่งแสดงค่าสูงสุดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.92 และมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดลอยของการคัดทางอุดมคติ สำหรับความถูกต้องของผลที่คัดได้ในกลุ่มผลลอย พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดลอยมีค่าสูงกว่า 90% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดลอยของการคัดทางอุดมคติ โดยค่าต่ำที่สุดแสดงที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.92 ในขณะที่หากพิจารณาการปลอมปนของผลส้มระดับพองระดับพองมาก และระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก ที่ปลอมปนเข้าไปในช่องคัดจม พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดจมมีค่าลดลงเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเพิ่มขึ้นจากค่า 0.88 ถึง 0.90 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดจมมีค่าต่ำสุดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 และเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.96 พบว่า เปอร์เซ็นต์ของผลส้มปลอมปนที่อยู่ในช่องคัดจมมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาอัตราการปลอมปนเฉลี่ยของการคัดแยกเมื่อความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าตั้งแต่ 0.88 ถึง 0.96 โดยที่อัตราการป้อนผล 7,400 ผล/ชั่วโมง พบว่า มีค่าคงที่ สำหรับที่อัตราการป้อนผล 9,400 ผล/ชั่วโมง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ผลการคัดแยกด้วยต้นแบบเครื่องคัดส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำสอดคล้องกับธงชัย และคณะ (2542 ข และ ค) ที่พบว่า เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คัดแยกได้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเพิ่มขึ้นและถึงจุดสูงสุด จากนั้นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คัดแยกได้มีค่าลดลงหลังจากการคัดแยกที่ค่าความถ่วงจำเพาะที่แสดงค่าประสิทธิการคัดสูงสุด ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การปลอมปนของผลส้มปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดมีค่าไม่เกิน 10% จากทุกค่าความถ่วงจำเพาะของการคัด โดยธงชัย และคณะ (2542 ค)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

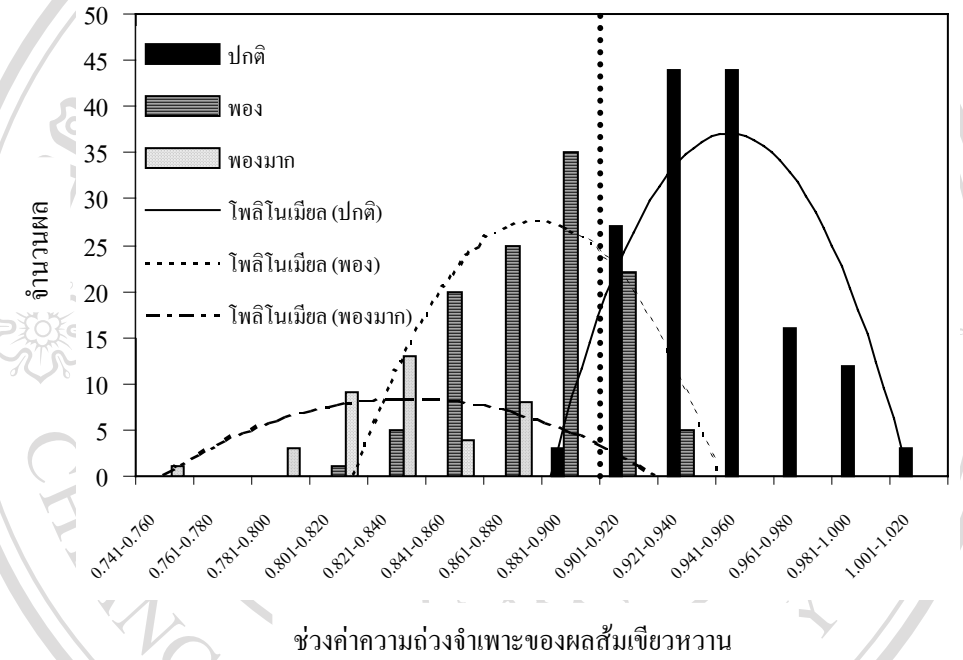
พบว่า การที่ประสิทธิภาพการคัดมีค่าลดลงซึ่งต่างจากการคัดทางอุดมคติที่มีค่าคงที่นั้นอาจเนื่องมาจากผลของความแปรปรวนของฟองอากาศที่สูงขึ้นเมื่อการเติมฟองอากาศมีอัตราที่ต่ำลง

จากผลการทดลองการคัดแยกผลส้มพองด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ พบว่า การคัดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 ให้ค่าประสิทธิภาพการคัดที่ดีที่สุดจากทุกอัตราการป้อนผล โดยประสิทธิภาพการคัดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 76.4 ถึง 87.4% และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดสูงสุดซึ่งมีค่า 87.4% กับค่าประสิทธิภาพการคัดทางอุดมคติที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 91.1% พบว่ามีความแตกต่างกัน 3.7% การที่ประสิทธิภาพของการคัดแยกแสดงค่าสูงที่สุดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 สามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของจำนวนผลส้มเขียวหวานในแต่ละระดับความพองที่ช่วงค่าความถ่วงจำเพาะแต่ละช่วงดังรูป 4.14 พบว่า ผลส้มระดับปกติมีความถี่ของจำนวนผลสูงสุดในช่วงค่าความถ่วงจำเพาะ 0.92 ถึง 0.96 ในขณะที่ผลระดับพองมีความถี่ของจำนวนผลสูงสุดในช่วงค่าความถ่วงจำเพาะ 0.88 ถึง 0.90 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของผลส้มระดับปกติและระดับพองดังแสดงในหัวข้อ 4.2.1 ดังนั้นเมื่อมีการคัดแยกผลส้มพองที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 (แสดงตามเส้นประ) ผลการคัดแยกที่ได้จึงให้ค่าประสิทธิภาพการคัดดีที่สุด โดยเป็นผลมาจากค่าความถูกต้องของกลุ่มผลส้มลอยซึ่งเป็นผลที่คัดจำหน่ายมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของผลส้มเขียวหวานระดับปกติมีความถี่ของผลมากที่สุดในช่วง 0.901 ถึง 0.920 ทำให้ในการทดลองการคัดแยกด้วยเครื่องมีปริมาณผลปกติเข้าสู่กลุ่มลอยในปริมาณมาก เนื่องจากมีสัดส่วนของผลส้มปกติในกลุ่มผลจมมีค่าสูงสุด ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพที่แสดงค่าดีที่สุดที่ความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90

ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการคัดผลไม้เขตร้อนโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำโดย ธงชัย และคณะ (2542 ข) ในส่วนของการคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการผิดปกติต่างๆ คือ เนื้อแก้วเล็กน้อย เนื้อแก้วปานกลาง เนื้อแก้วรุนแรง ยางไหล และเนื้อแก้วร่วมกับยางไหล ให้ออกจากผลปกติ พบว่า ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.98 ด้วยอัตราการป้อนผล 5,400 ผล/ชั่วโมง เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการคัดผลผิดปกติ โดยค่าความถูกต้องของกลุ่มผลลอยซึ่งเป็นผลที่คัดจำหน่ายมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่มีความถี่ของผลมากที่สุดมีค่าใกล้เคียง 1 ทำให้ในการทดลองคัดแยกด้วยเครื่องคัดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก 0.98 มีปริมาณผลปกติเข้าสู่กลุ่มลอยในปริมาณมาก และส่งผลต่อสัดส่วนของผลมังคุดปกติในกลุ่มผลที่คัดจำหน่ายมีค่าสูงสุด สำหรับผลการคัดผลทุเรียนอ่อนออกจากผลแก่โดยใช้ความหนาแน่นของน้ำ ธงชัย (2545) พบว่า ความถี่ของจำนวนผลทุเรียนที่มีความแก่ 60% มีค่าสูงสุดที่ความถ่วงจำเพาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

0.88 ในขณะที่ผลที่มีความแก่ 70% จำนวนที่ความถ่วงจำเพาะ 0.83 ผลผลที่ระดับความแก่ 60% มีความถี่สูงสุด และผลการทดลองคัดแยกด้วยเครื่องคัด พบว่า ที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยก 0.84 แสดงประสิทธิภาพการคัดดีที่สุด เนื่องจากมีปริมาณผลอ่อน (ระดับความแก่ 60%) เข้าสู่กลุ่มผลจมในปริมาณมาก จึงส่งผลต่อสัดส่วนของผลทุเรียนอ่อนในกลุ่มผลที่คัดออกมีค่าสูงสุด



รูป 4.14 จำนวนผลส้มเขียวหวานในแต่ละระดับความพองที่ช่วงค่าความถ่วงจำเพาะต่างๆ

ประสิทธิภาพของการคัดประกอบด้วยค่าความถูกต้องของผลที่คัดออกมาได้ในกลุ่มผลจมและกลุ่มผลลอย ในกรณีที่สัดส่วนของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลลอยมีค่าคงที่ ประสิทธิภาพของการคัดจึงขึ้นอยู่กับสัดส่วนของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลจม ซึ่งแสดงค่าสูงที่สุดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 โดยเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าสูงกว่า 0.90 สัดส่วนของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในกลุ่มผลจมมีค่าลดลง ในขณะที่การปลอมปนของผลส้มปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลมากกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดมีอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ทำให้ประสิทธิภาพของการคัดก็มีค่าลดลงด้วย การที่ประสิทธิภาพการคัดมีค่าลดลงเมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีค่าสูงกว่า 0.90 เพราะเปอร์เซ็นต์ของผลส้มถูกต้องที่คัดได้ในช่องคัดจมมีค่าลดลง เนื่องจากการปลอมปนเข้าไปในช่องคัดจมของผลส้มระดับพอง ระดับพองมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลเท่ากับหรือต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกมีอยู่ในสัดส่วนที่สูงขึ้น โดยธงชัย และคณะ (2542 ข) ได้ศึกษาการคัดผลไม้เขตร้อนด้วยความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งผลไม้ที่ศึกษา คือ ผลส้มเขียวหวานพันธุ์ฟรีมองต์ และผลมังคุด ผลการทดลองพบว่าการคัดแยกผลส้มฟ่ามออกจากผลปกติด้วยอัตราการป้อนผล 5,400 ผล/ชั่วโมง ที่ค่าความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมต่อการคัดแยกเท่ากับ 0.94 ได้แสดงค่าความถูกต้องในกลุ่มผลที่คัดจำหน่ายสูงที่สุด ในทำนองเดียวกันกับการคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการผิดปกติต่างๆ ออกจากผลปกติ อัตราการป้อนผล 5,400 ผล/ชั่วโมง ที่ค่าความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมต่อการคัดแยกเท่ากับ 0.98 ก็ได้แสดงค่าความถูกต้องในกลุ่มผลที่คัดจำหน่ายสูงที่สุด ฉะนั้นในการคัดผลส้มพองออกจากผลส้มปกติด้วยต้นแบบเครื่องคัดผลส้มพองโดยใช้ความหนาแน่นของน้ำจึงมีประสิทธิภาพการคัดดีที่สุดที่ค่าความถ่วงจำเพาะของการคัดแยกเท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความถูกต้องของผลส้มที่คัดได้ในกลุ่มผลจมหรือสัดส่วนของจำนวนผลส้มระดับปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 0.90 ต่อจำนวนผลส้มทั้งหมดในกลุ่มผลจมมีค่าสูงสุด โดยประสิทธิภาพการคัดที่ดีที่สุดมีค่าเฉลี่ยในช่วง 76.4 ± 2.5 ถึง 87.4 ± 1.6% เมื่อป้อนผลด้วยอัตรา 5,400 7,400 และ 9,400 ผล/ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved