

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับเมล็ดพืชด้วยวิธีประมวลผลภาพถ่ายความร้อนโดยใช้โปรแกรม Image J ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี ความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม เวลาในการให้ความร้อน และพลังงานที่กล้องถ่ายภาพความร้อนได้รับ รายละเอียดผลการทดลองทั้งหมดแสดงดังต่อไปนี้

4.1 ความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน

ความจุความร้อนจำเพาะ น้ำหนัก และสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ โดยสมบัติทางความร้อนของลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมจะใช้สำหรับการวิเคราะห์และเปรียบเทียบให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงหรือความแตกต่างระหว่างวัตถุสองสิ่งที่มีสมบัติทางความร้อนต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.2 เวลาในการให้ความร้อนและคายความร้อน

การตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมด้วยภาพถ่ายภาพความร้อนเป็นการวัดเชิงคุณภาพโดยพิจารณาความแตกต่างระหว่างภาพถ่ายความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม ภายใต้เงื่อนไขการกำหนดระยะเวลาในการให้ความร้อนและระยะเวลาการคายความร้อนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทา (Absolute difference of average gray level) กับเวลาช่วงคายความร้อนและเลือกระยะเวลาในการให้ความร้อนที่เพียงพอที่ทำให้โปรแกรมสามารถตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมได้ ซึ่งวิเคราะห์ได้โดยภาพที่ 4.1-4.3 แสดงค่าความแตกต่างระดับสีเทาของลูกเต๋อยกับสิ่งแปลกปลอมชนิดต่าง ๆ ได้แก่ หิน เศษไม้ เศษพลาสติก (พีวีเจอร์บอร์ด) และเศษเชือกที่ผ่านการให้ความร้อน 10 20 และ 30 วินาที ตามลำดับ ในระหว่างการคายความร้อน 10 วินาที

ตารางที่ 4.1 ความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม

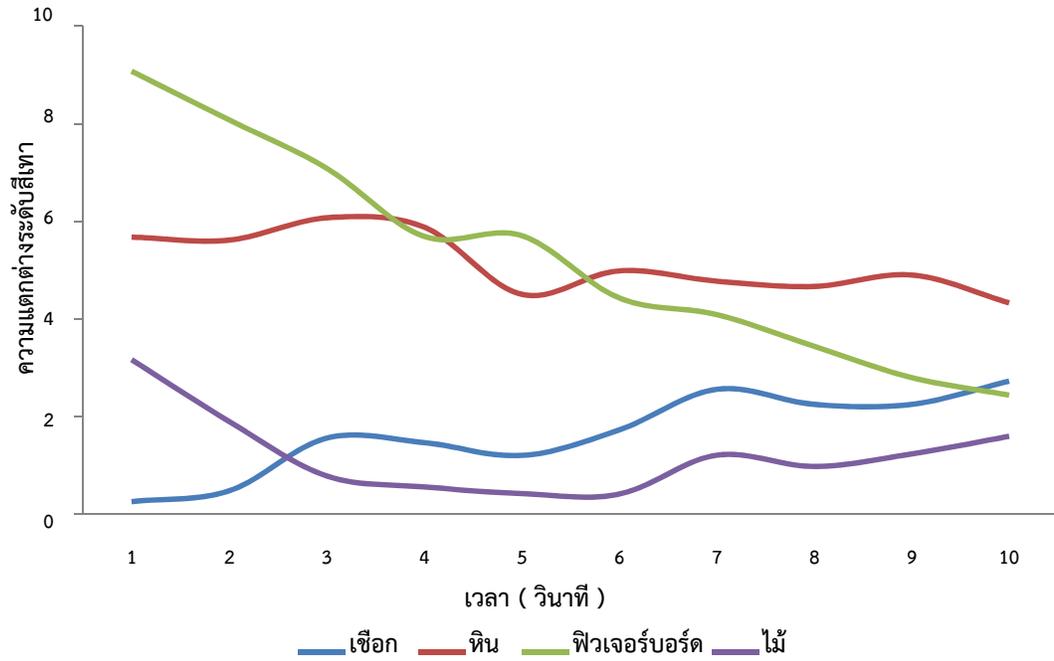
ชนิด	ความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg•K)	ความจุความร้อนจำเพาะอ้างอิง (kJ/kg•K)	ที่มา	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (ε)	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนอ้างอิง	ที่มา
ลูกเดือย	2.16±0.82	1.45-2.12	Legrand <i>et al.</i> , 2006	0.94 ± 0.01	0.91-0.93	Jeng Liang Lin <i>et al.</i> , 1998
เศษหิน	0.89±0.02	0.46-0.90	Lalit <i>et al.</i> , 2010	0.94 ± 0.01	0.88-0.95	Mallory, 1969
เศษไม้	2.85±0.02	1.26-2.90	Tan, 2010	0.84 ± 0.03	0.82-0.92	Touloukian and Ho., 1972
เศษเชือก	1.54±0.53	0.67-1.76	Boudenne <i>et al.</i> , 2005	0.93 ± 0.01	0.80-0.93	Mallory, 1969
ฟิวเจอร์บอร์ด	1.31±0.60	0.88-2.55	Boudenne <i>et a.</i> , 2005	0.83 ± 0.02	0.84-0.86	Boudenne <i>et al.</i> , 2005

ตารางที่ 4.2 ความจุความร้อนจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ย ความจุความร้อน พลังงานความร้อนที่วัตถุได้รับ และพลังงานที่ก่อกองถ่ายเทความร้อนได้รับ

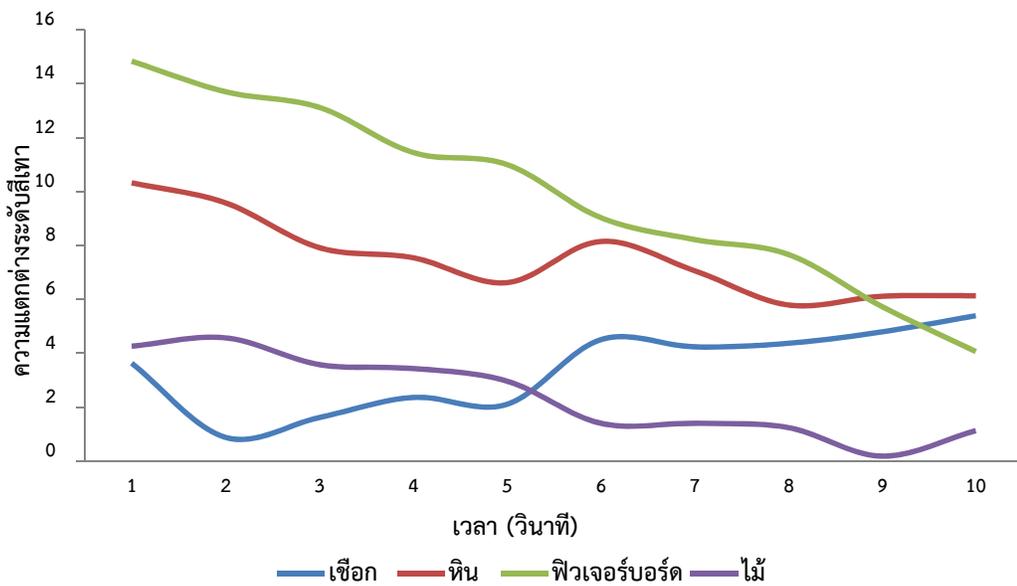
ชนิด	ความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg•K)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/เมล็ด)	ความจุความร้อน (kJ•K)	พลังงานความร้อนที่วัตถุได้รับ (Watts)	พลังงานที่ก่อกองถ่ายเทความร้อนได้รับ (Watts/m ²)
ลูกเดือย	2.16	0.11±0.02	0.000240	0.64	447.46
เศษไม้	2.85	0.01±0.01	0.000036	0.12	355.99
เชือก	1.54	0.01±0.00	0.000007	0.02	445.63
เศษหิน	0.99	0.05±0.00	0.000046	0.07	440.99
ฟิวเจอร์บอร์ด	1.91	0.03±0.01	0.000059	0.17	367.99

พบว่า เมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ค่าความแตกต่างระดับสีเทาระหว่างลูกเต๋อกับสิ่งแปลกปลอมที่ใช้ในการทดลองทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าความแตกต่างระดับสีเทาของลูกเต๋อกับเศษหิน เศษไม้ และฟิวเจอร์บอร์ด มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการคายความร้อน เนื่องจากพลังงานความร้อนที่กล้องได้รับลดลงขณะเดียวกันค่าความแตกต่างระดับสีเทาก็ลดลงด้วย สำหรับกรณีของเศษเชือกเมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระดับสีเทากับลูกเต๋อก็คือมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการคายความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความจุความร้อน (Heat capacity rate) ของเศษเชือกมีค่าแตกต่างจากลูกเต๋อมากที่สุดเมื่อเทียบกับสิ่งแปลกปลอมชนิดอื่น จึงมีแนวโน้มของค่าความแตกต่างระดับสีเทาสูงขึ้นในระยะเวลาคายความร้อน เมื่อให้ความร้อน 10 และ 20 วินาที รวมถึงขนาดรูปร่างของเชือกที่มีลักษณะไม่สมมุติเสมอมิเส้นใยที่ยู่ จึงมีความผิดพลาดสูงในการเก็บข้อมูลจากการใช้โปรแกรม Image J หาค่าความแตกต่างระดับสีเทาด้วย โดยในการเลือกเวลาสำหรับการให้ความร้อนกับวัสดุทดลองควรพิจารณาเลือกจากพลังงานความร้อนที่เพียงพอ ซึ่งในการทดลองนี้เลือกใช้ระยะเวลาการให้ความร้อนเพียง 20 วินาที เนื่องจากมีความแตกต่างระดับสีเทาเพียงพอสำหรับการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมด้วยการประมวลผลภาพถ่ายความร้อน ด้วยการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างทดลองโดยใช้หลอดไฟที่มีขนาด 150 วัตต์ และหากต้องการลดระยะเวลาการให้ความร้อนสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มจำนวนวัตต์ของหลอดไฟให้มากขึ้น

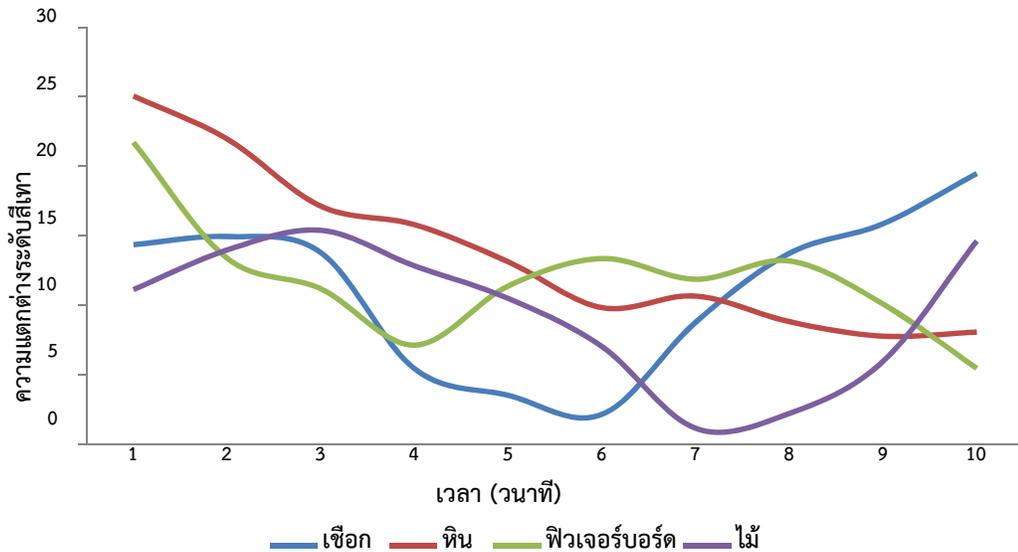
สำหรับการพิจารณาช่วงเวลาการคายความร้อนที่เหมาะสมในการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมด้วยการประมวลผลภาพถ่ายความร้อน พบว่า การคายความร้อนในช่วง 5 วินาทีแรก ให้ค่าความแตกต่างของระดับสีเทาของลูกเต๋อกับหินและลูกเต๋อกับฟิวเจอร์บอร์ดอย่างชัดเจน โดยวินาทีที่ 1 ให้ค่าความแตกต่างสูงที่สุด จึงเหมาะสำหรับการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์ภาพระดับสีเทา ส่วนกรณีเชือกและไม้มีค่าความแตกต่างระดับสีเทาไม่มากนัก จึงควรประมวลผลภาพโดยอาศัยการแยกด้วยความแตกต่างของรูปร่าง



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทากับเวลาช่วงคายความร้อนสำหรับการให้ความร้อนที่เวลา 10 วินาที



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทากับเวลาช่วงคายความร้อนสำหรับการให้ความร้อนที่เวลา 20 วินาที



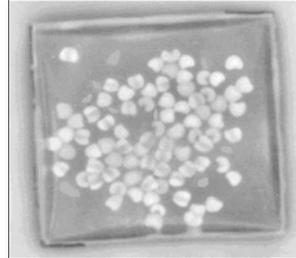
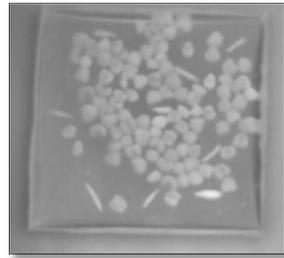
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทากับเวลาช่วงคายความร้อนสำหรับการให้ความร้อนที่เวลา 30 วินาที

4.3 การประมวลผลภาพถ่ายความร้อน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพหาจำนวนสิ่งแปลกปลอมแสดงได้ดังนี้

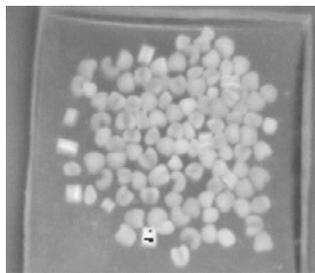
ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลภาพ (Image acquisition)

นำภาพถ่ายความร้อนที่ได้จากกล้องมาปรับค่าสแกนเพื่อให้ย่านอุณหภูมิครอบคลุมอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และให้สีของภาพมีความแตกต่างกับสิ่งแปลกปลอม โดยภาพที่ 4.4 (ก) (ข) (ค) และ (ง) มีการปรับค่าสแกน ดังนี้ (ก) และ (ง) ปรับค่าในช่วง 22-34 (ข) ปรับค่าในช่วง 22-32 และ (ค) ปรับค่าในช่วง 22-33 พบว่า มีการแสดงเฉดสีเพื่อบ่งบอกถึงอุณหภูมิของเมล็ดพืช สิ่งแปลกปลอม และภาพเหมือนกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 เฉดสี คือ ภาพจะแสดงเฉดสีเข้มเนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำกว่าเมล็ดพืช และสิ่งแปลกปลอม และเมล็ดพืชกับสิ่งแปลกปลอมแสดงเฉดสีอ่อน เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงกว่าภาพ โดยการ แสดงระดับสีของภาพมีความแตกต่างกันเนื่องจากเมล็ดพืช สิ่งแปลกปลอม และภาพมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันและมีการรับพลังงานความร้อนที่ต่างกัน จึงทำให้ภาพที่แสดงมีระดับสีที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยภาพที่ 4.4 (ก) เมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมมีสมบัติทางกายภาพ ความจุความร้อนและการรับพลังงานที่ต่างกันมากจึงทำให้ภาพมีการแสดงโทนสีที่ชัดเจนกว่าภาพอื่น ๆ



(ก)

(ข)



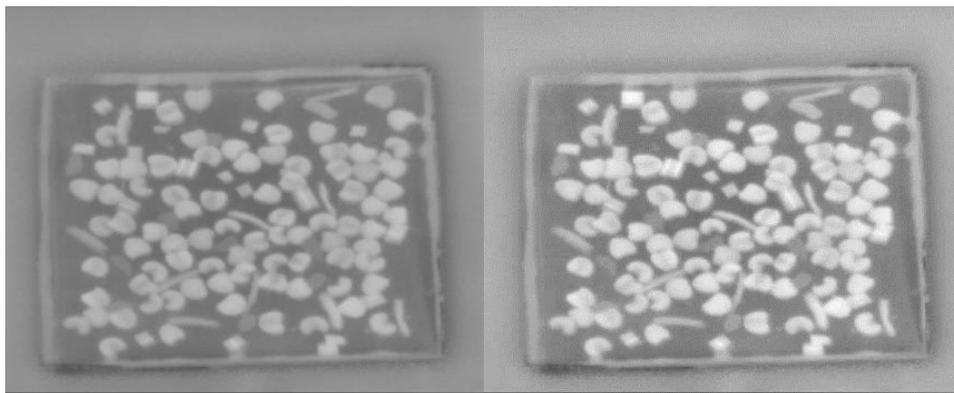
(ค)

(ง)

ภาพที่ 4.4 ภาพจริงและภาพระดับสีเทาของลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมจากโปรแกรม Smart view (ก) เชือก (ข) หิน (ค) พิวเจอร์บอร์ด (ง) ไม้

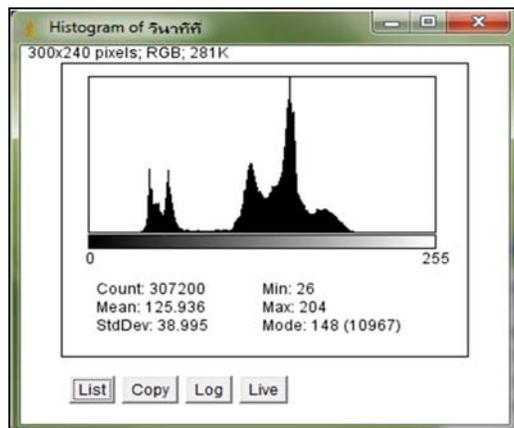
ขั้นตอนที่ 2 การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing)

นำภาพระดับสีเทาจากโปรแกรม Smart view มาแปลงให้เป็นภาพระดับสีเทาด้วยโปรแกรม Image J เนื่องจากเมื่อทำการเปรียบเทียบการแปลงภาพระดับสีเทาจากทั้ง 2 โปรแกรมแล้ว พบว่า ภาพระดับสีเทาที่มาจากโปรแกรม Smart view มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 26-204 ดังภาพที่ 4.5 (ก) แสดงว่า ภาพระดับสีเทานั้นมีค่าที่ก่อกรวมกันอยู่จึงทำให้มีค่าความละเอียดน้อยกว่าการนำภาพมาแปลงในโปรแกรม Image J อีกครั้ง ดังภาพที่ 4.5 (ข) แสดงให้เห็นว่าการแปลงค่าความสว่างจะอยู่ในช่วง 0-255 ซึ่งมีการกระจายค่าความสว่างมากกว่าโปรแกรม Smart view จึงทำให้ภาพที่นำมาใช้ในกระบวนการต่อไปมีค่าความละเอียดมากขึ้นทำให้การประมวลผลในขั้นตอนการปรับค่าเทรชโฮลด์เกิดสิ่งรบกวนน้อยลง

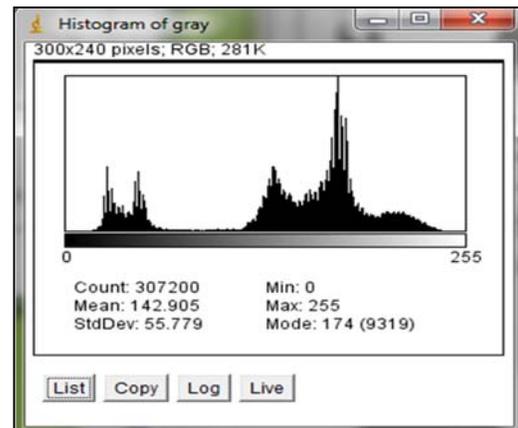


Gray scale 26 - 204

Gray scale 0 - 255

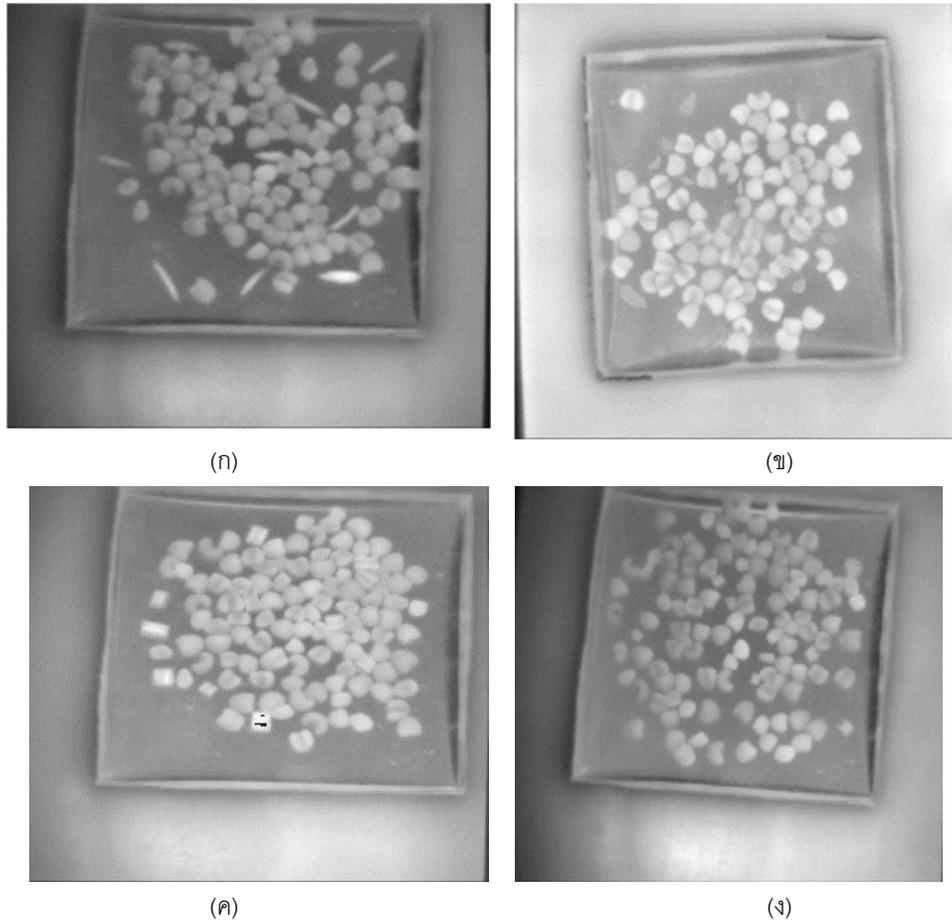


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.5 การแปลงเป็นภาพระดับสีเทา (ก) โปรแกรม Smart view (ข) โปรแกรม Image J

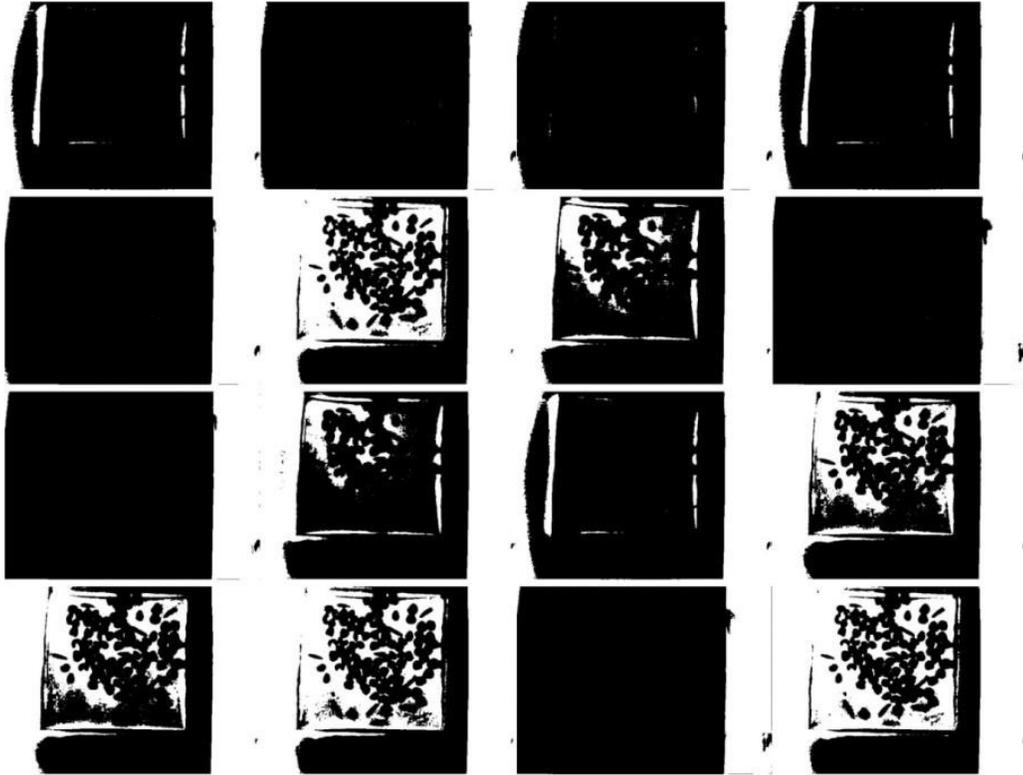


ภาพที่ 4.6 ภาพระดับสีเทาของลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมจากโปรแกรม Image J (ก) เชือก (ข) หิน (ค) ฟิวเจอร์บอร์ด (ง) ไม้

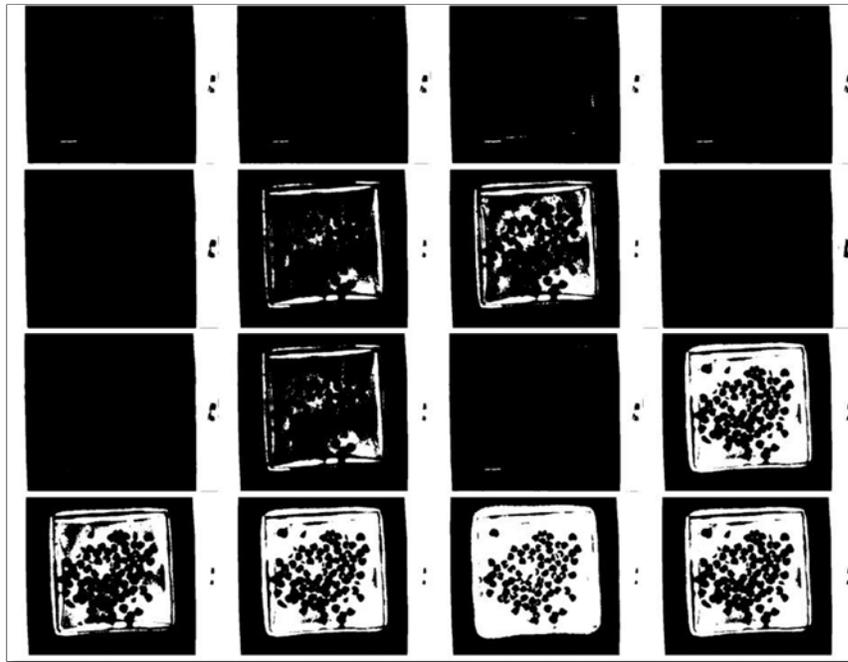
ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการแยกส่วนภาพ (Segmentation)

ทำการแยกส่วนภาพที่ต้องการออกโดยการปรับค่าเทรชโฮลด์เพื่อแยกขาดหรือพื้นหลังออกจากลูกเต๋อยกับสิ่งแปลกปลอมโดยใช้โปรแกรม Image J ซึ่งสามารถแยกได้ เนื่องจากถาดกับลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมแสดงเฉดสีของภาพระดับสีเทาที่แตกต่างกัน ซึ่งถาดแสดงเฉดสีโทนเข้มบ่งบอกถึงพลังงานความร้อนที่กล้องถ่ายภาพความร้อนได้รับมีค่าที่ต่ำกว่าลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอม ซึ่งแสดงเฉดสีโทนสว่าง เนื่องจากถาดมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนที่น้อยกว่าลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมจึงทำให้กล้องได้รับพลังงานความร้อนที่น้อยกว่าการปรับค่าเทรชโฮลด์สามารถทำได้ 2 แบบ คือ โลคอลเทรชโฮลด์ (Local Threshold) และโอบอลเทรชโฮลด์ (Global Threshold) ซึ่งการปรับค่าโอบอลเทรชโฮลด์แสดงดังภาพที่ 4.7-4.10 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งค่าเทรชโฮลด์ออกเป็น 16 ภาพ และโลคอลเทรชโฮลด์แสดงดังภาพที่ 4.11-4.14 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งค่าเทรชโฮลด์ออกเป็น 6 ภาพ ในการเลือกภาพแนวโน้มค่าเทรชโฮลด์ทั้ง 2 แบบ จะพิจารณาจากการดูภาพแล้วนับจำนวนของสิ่งแปลกปลอมที่ปรากฏในภาพว่ามีจำนวน

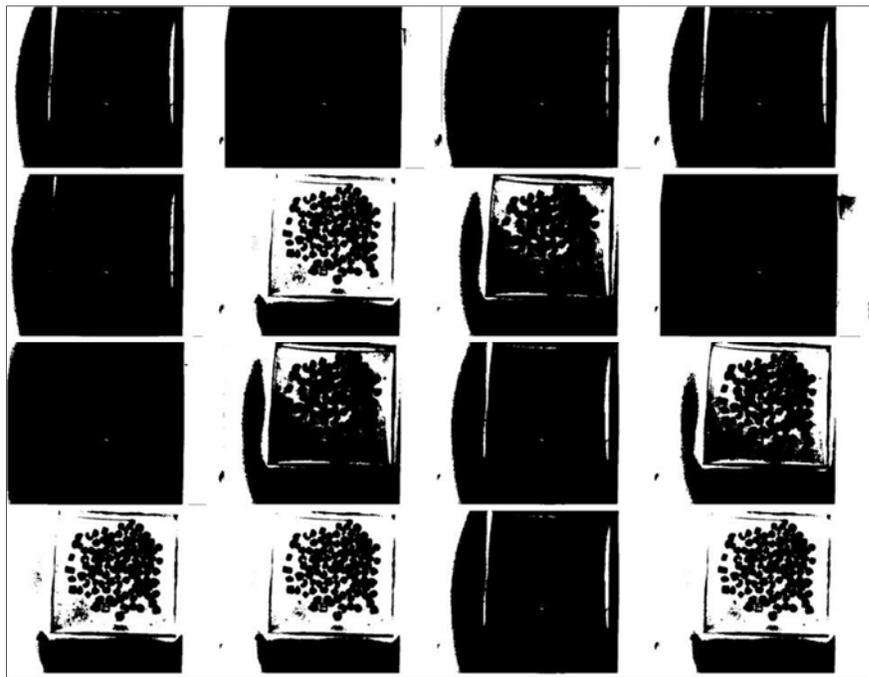
ครบถ้วนหรือไม่และต้องมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งการแยกภาพโดยใช้โลคอลเทอร์ซโฮลด์เหมาะสำหรับลูกเต๋อกับเชือก พลาสติก และไม้ เนื่องจากภาพระดับสีเทาของสิ่งแปลกปลอมที่ต้องการตรวจสอบแตกต่างกัน และใช้โอบอลเทอร์ซโฮลด์สำหรับลูกเต๋อกับหิน เนื่องจากภาพระดับสีเทาของหินใกล้เคียงกัน ข้อจำกัดคือ ภาพระดับสีเทาของถาด ลูกเต๋อ และสิ่งแปลกปลอมต้องแตกต่างกัน



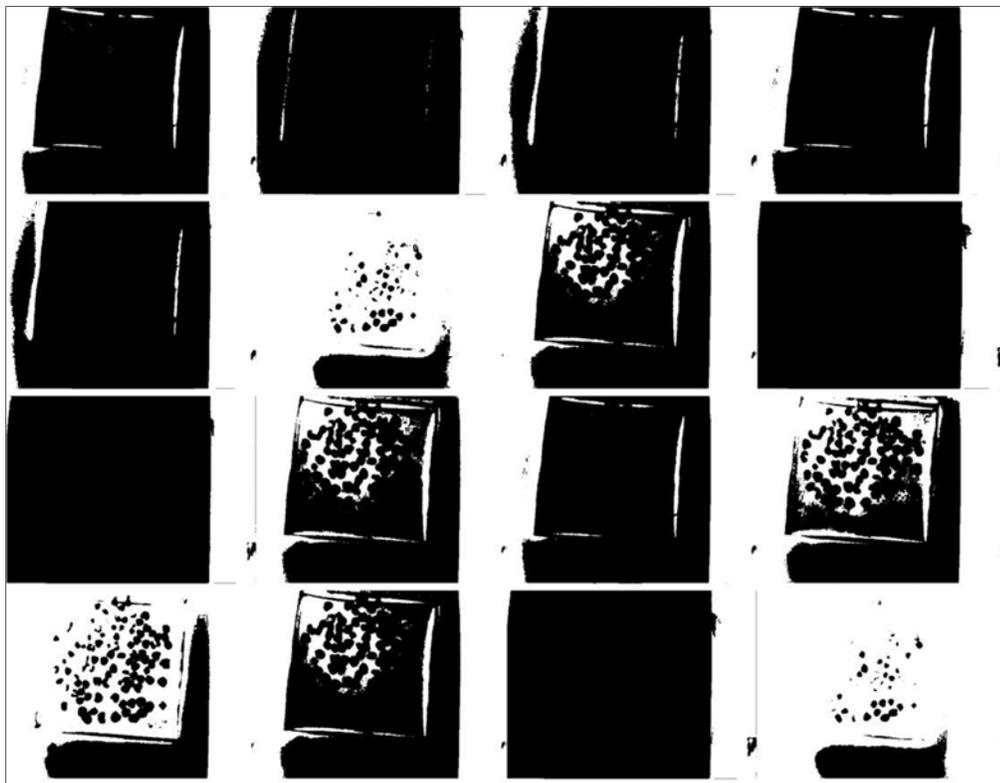
ภาพที่ 4.7 แนวโน้มจากโอบอลเทอร์ซโฮลด์ของลูกเต๋อกับเชือก



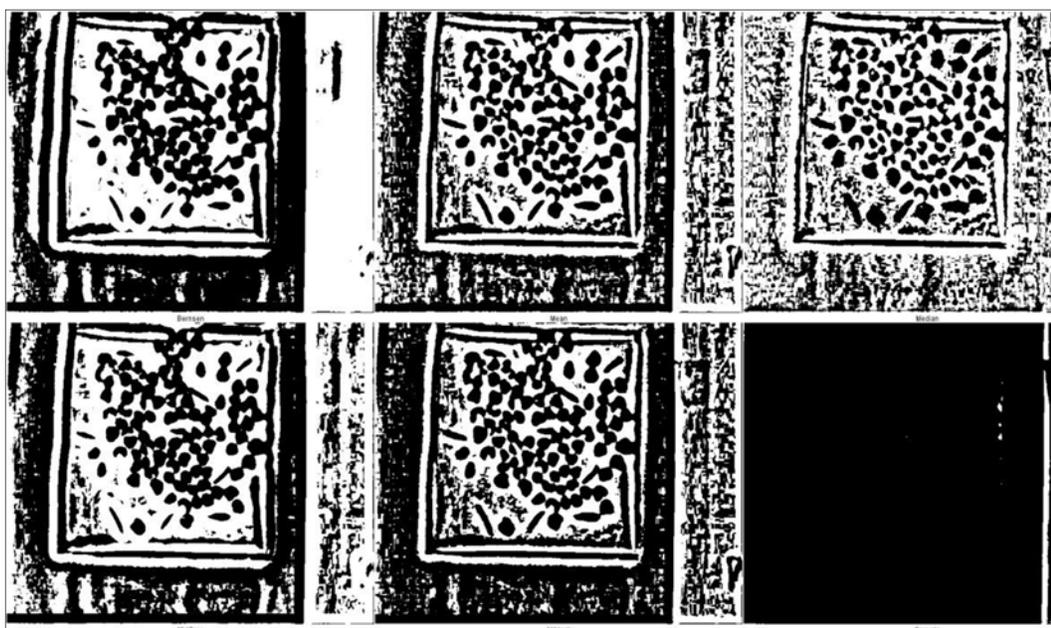
ภาพที่ 4.8 แนวโน้มจากโกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับหิน



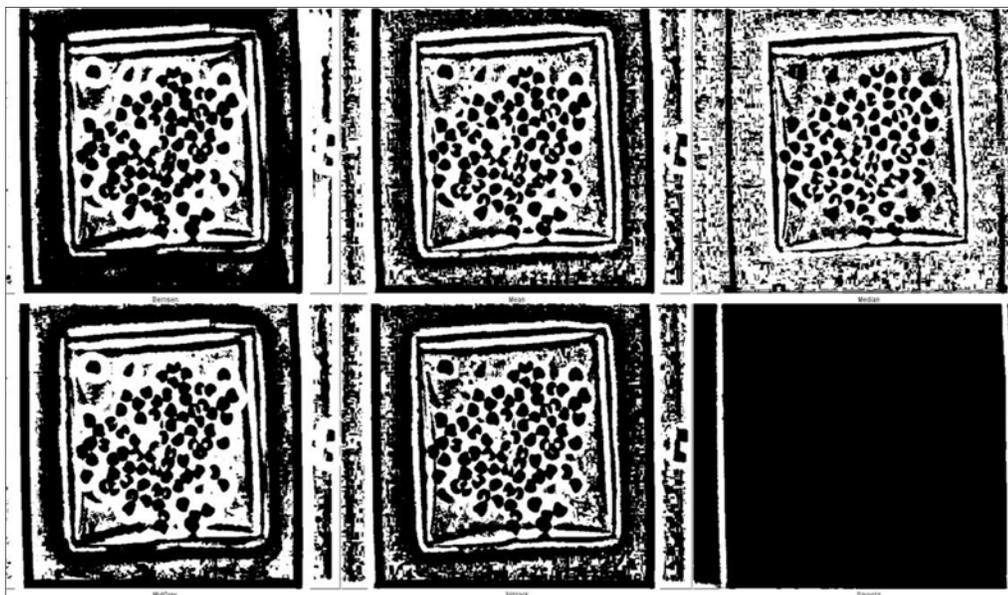
ภาพที่ 4.9 แนวโน้มจากโกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับฟิวเจอร์บอร์ด



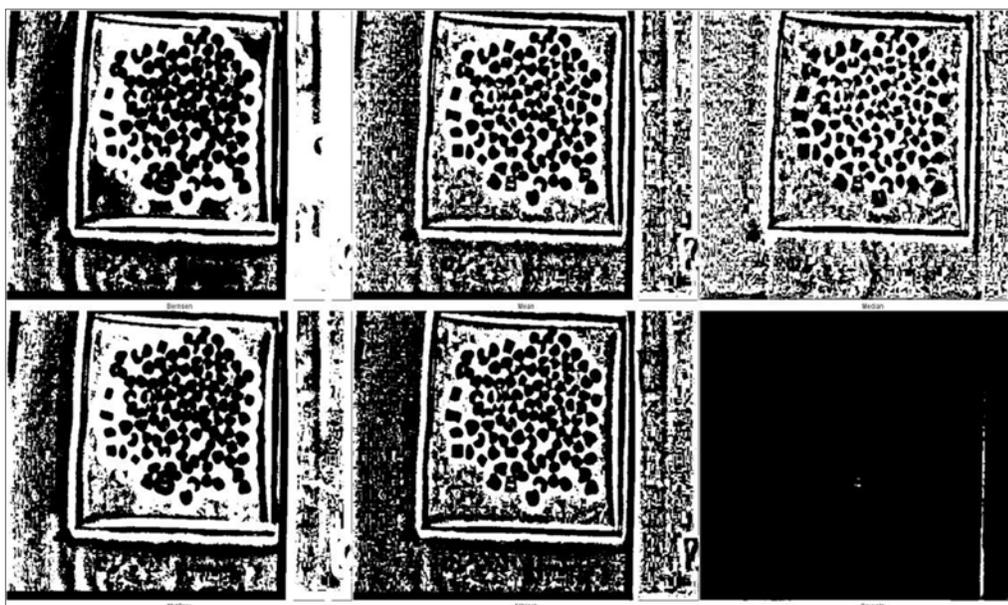
ภาพที่ 4.10 แนวโน้มจากโกบอลเทรซโฮลด์ของลูกเตี้ยกับไม้



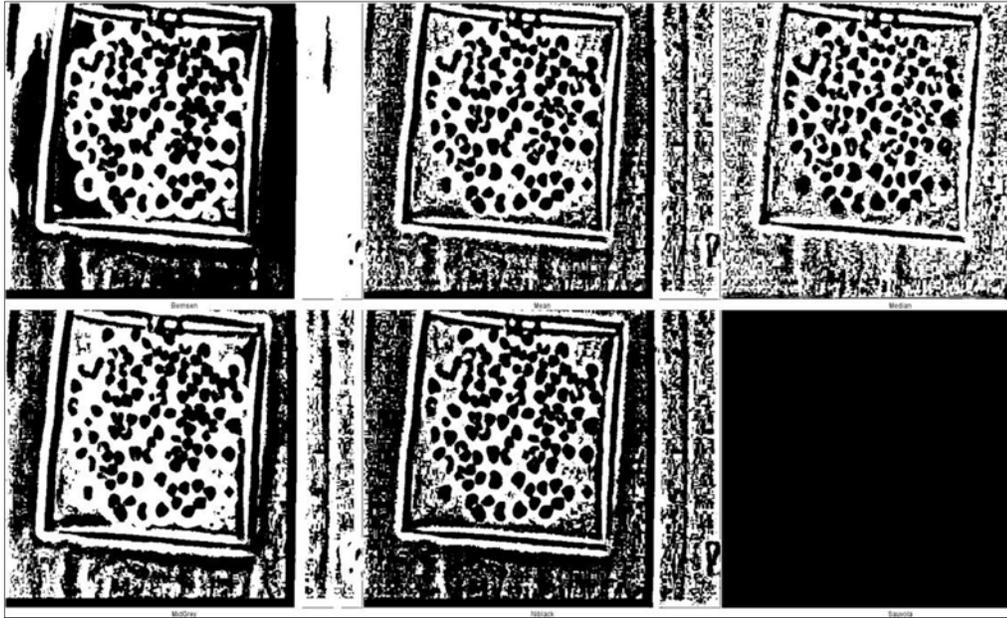
ภาพที่ 4.11 แนวโน้มจากโลคอลเทรซโฮลด์ของลูกเตี้ยกับเชือก



ภาพที่ 4.12 แนวน้มน้มาจากโลคอลลเทรซโฮลด์ของลูกเต๋อยกับหีน



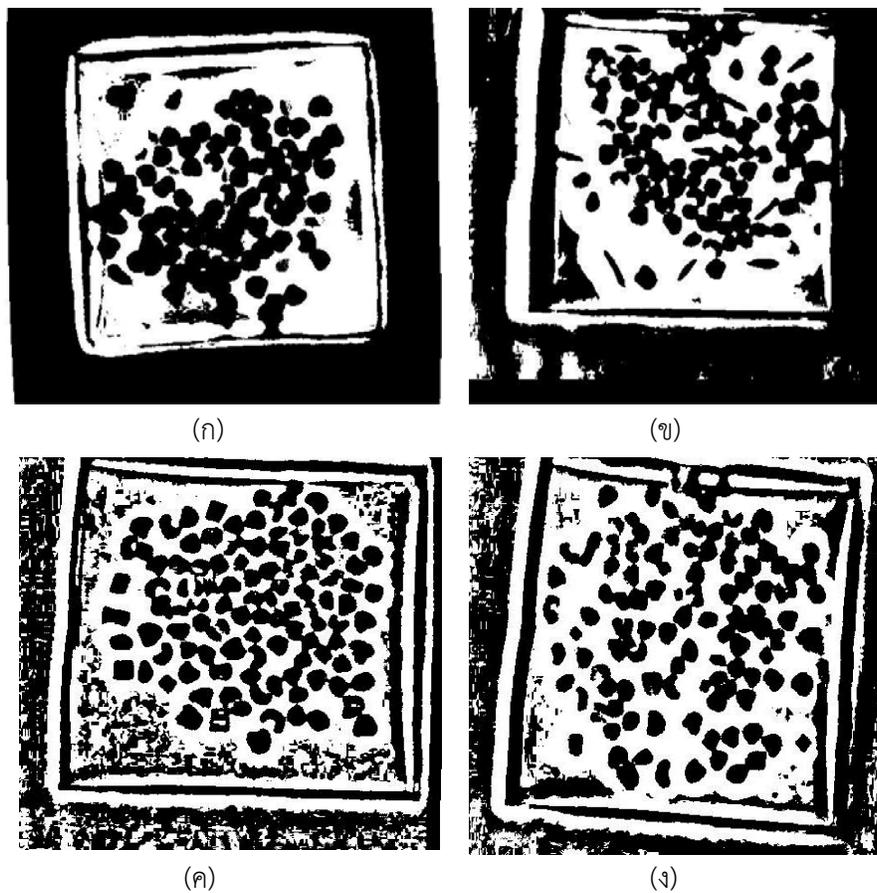
ภาพที่ 4.13 แนวน้มน้มาจากโลคอลลเทรซโฮลด์ของลูกเต๋อยกับฟิวเจอร์บอร์ด



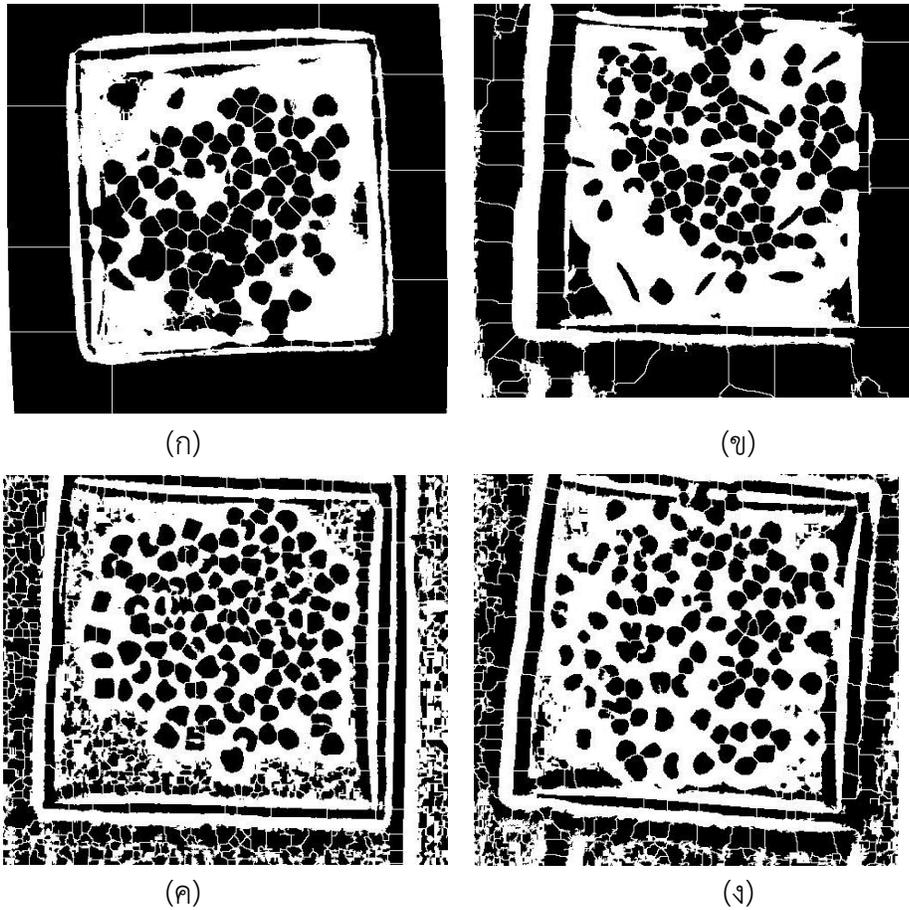
ภาพที่ 4.14 แนวโน้มจากโลคอลเทรชโฮลด์ของลูกเดียวกับไม้

ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการปรับปรุงภาพ (Image enhancement)

นำภาพที่เลือกจากแนวโน้มค่าเทรชโฮลด์ ทั้ง 2 แบบดังภาพที่ 4.15 โดยภาพ (ก) เลือกใช้แบบโกลบอลเทรชโฮลด์ที่มีค่าอยู่ในช่วง 175-255 และภาพ (ข) - (ง) เลือกใช้แบบโลคอลเทรชโฮลด์ จากนั้นใช้คำสั่งวอเตอร์เชด (Watershed) เพื่อแยกวัตถุที่ติดกันจากภาพที่ 4.15 พบว่า สิ่งแปลกปลอมและเมล็ดพืชอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนจึงทำให้ไม่สามารถจำแนกสิ่งแปลกปลอมออกมาได้ จึงต้องทำการแยกวัตถุที่ติดกันซึ่งแสดงภาพที่ 4.16 พบว่า มีเส้นแบ่งระหว่างเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอมเกิดขึ้น จากนั้นนำภาพไปใช้ในขั้นตอนต่อไป



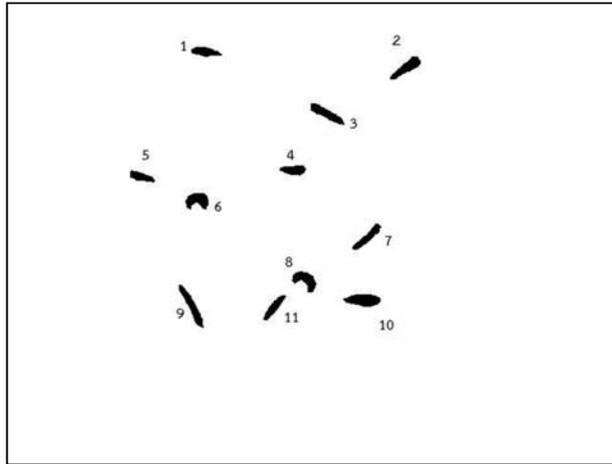
ภาพที่ 4.15 การเลือกช่วงอนุภาคและช่วงเทอร์ชโฮลด์ (ก) โกลบอลเทอร์ชโฮลด์ในช่วง 175-255 ของลูกเต๋ย
 กับหิน (ข) โกลคอลเทอร์ชโฮลด์ของลูกเต๋ยกับเชือก (ค) โกลคอลเทอร์ชโฮลด์ของลูกเต๋ยกับฟิวเจอร์บอร์ด
 และ (ง) โกลคอลเทอร์ชโฮลด์ของลูกเต๋ยกับไม้



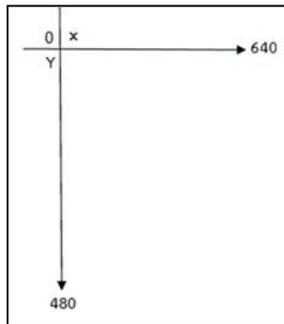
ภาพที่ 4.16 ภาพการแยกส่วนภาพโดยใช้ค่าสิ่งวเทอร์เชด (ก) ลูกเดียวกับหิน (ข) ลูกเดียวกับเชือก (ค) ลูกเดียวกับฟิวเจอร์บอร์ด และ (ง) ลูกเดียวกับไม้

ขั้นตอนที่ 5 การจำแนกวัตถุและตีความหมาย (Classification and interpretation)

ผลลัพธ์โดยใช้ค่าความกลมและพื้นที่เป็นตัวจำแนกการประมวลผลภาพแสดง ดังภาพที่ 4.17-4.21 และค่าเปอร์เซ็นต์ในการตรวจพบสิ่งแปลกปลอมแสดงดังตารางที่ 4.3

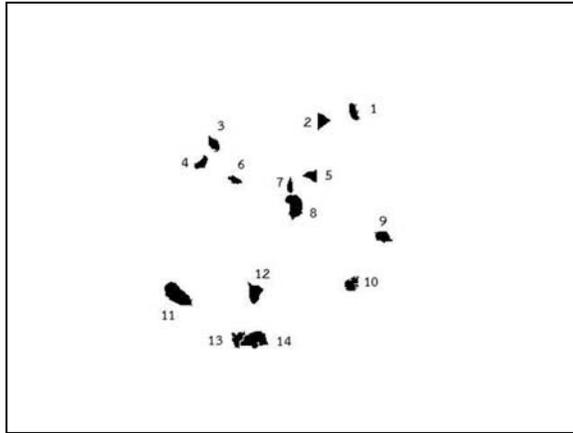


ภาพที่ 4.17 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของเชือกที่ปนมากับลูกเต๋วย



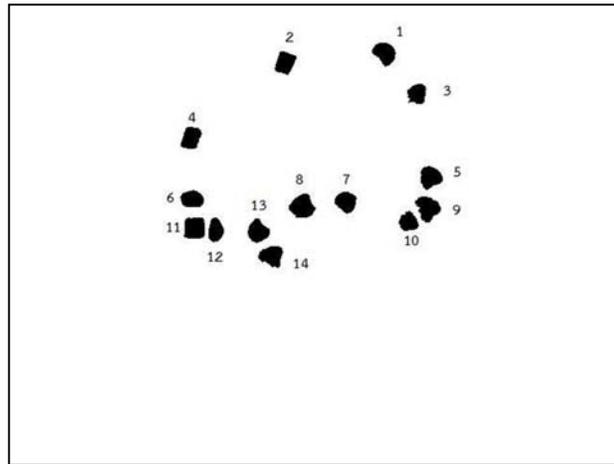
ภาพที่ 4.18 ภาพแสดงแนวแกน

จากภาพที่ 4.17 ตรวจสอบเชือกทั้งสิ้น 9 ชิ้นจากจำนวนทั้งหมด 10 ชิ้น หาตำแหน่งของเชือกได้ดังตารางที่ 4.4



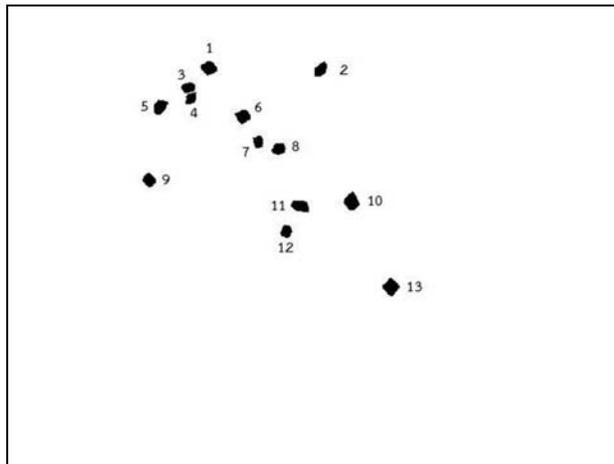
ภาพที่ 4.19 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของหินที่ปนมากับลูกเต๋อย

จากภาพที่ 4.19 พบว่าตรวจสอบ พบหินทั้งสิ้น 9 ชิ้นจากจำนวนทั้งหมด 10 ชิ้น ลูกเต๋อย 5 เมล็ด และหาตำแหน่งของหินได้ดังตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของฟิวเจอร์บอร์ดที่ปนมากับลูกเต๋อย

จากภาพที่ 4.20 พบว่า ตรวจสอบพบฟิวเจอร์บอร์ดทั้งสิ้น 3 ชิ้น จาก 10 ชิ้น และพบลูกเต๋อย 11 เมล็ด หาตำแหน่งของฟิวเจอร์บอร์ดได้ดังตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.21 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของไม้ที่ปนมากับลูกเดียว

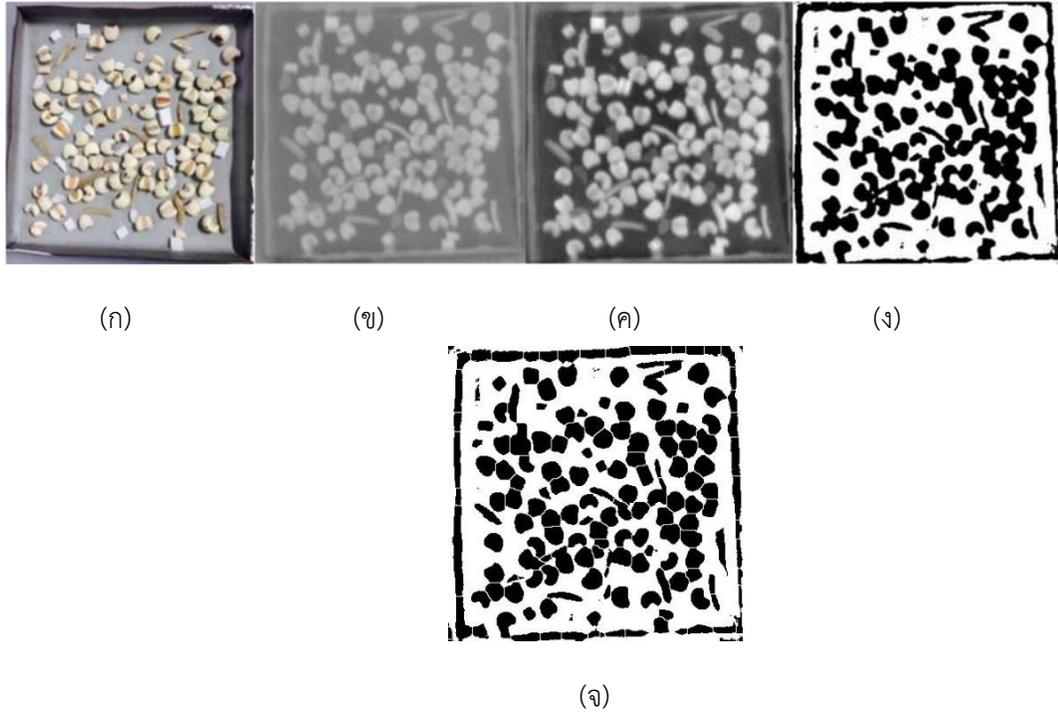
จากภาพที่ 4.21 พบว่า ตรวจสอบพบไม้ทั้งสิ้นทั้งหมด 9 ชันจาก 10 ชัน และพบลูกเดียว 4 เมล็ด
หาตำแหน่งของไม้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ในการตรวจพบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับลูกเดียวด้วยวิธีการประมวลผล
ภาพถ่ายความร้อน

สิ่งแปลกปลอม	จำนวน (ชัน)	ตรวจพบ (ชัน)	เปอร์เซ็นต์
เศษเชือก	10	9	90%
เศษหิน	10	9	90%
ฟิวเจอร์บอร์ด	10	3	30%
เศษไม้	10	9	90%

จากนั้นใช้ขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นมาใช้ในการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมหลายชนิดที่ปนมากับลูก
เดียวด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยขั้นตอนที่ 1 (ภาพที่ 4.22 ข) รับภาพความร้อนของสิ่งแปลกปลอมหลาย
ชนิดที่ปนมากับลูกเดียวมาปรับเป็นภาพระดับสีเทาในโปรแกรม Smart view ปรับค่าสแกนและเลเวล
ในช่วง 22-34 เพื่อให้สีของถาดกับสิ่งแปลกปลอมและลูกเดียวมีความแตกต่างกัน จากนั้นขั้นตอนที่ 2 (ภาพ
ที่ 4.22 ค) ปรับภาพระดับสีเทาด้วยโปรแกรม Image J เพื่อแปลงภาพ ระดับสีเทาที่มาจากอุณหภูมิเป็น
ภาพระดับสีเทาที่มีระดับความสว่าง 0 – 255 จากนั้นขั้นตอนที่ 3 (ภาพที่ 4.22 ง) ทำการแยกส่วนภาพที่
ต้องการออกโดยใช้เทรชโฮลด์ (Threshold) เพื่อแยกถาดหรือพื้นหลังออกจากลูกเดียวกับสิ่งแปลกปลอมโดย
ใช้โปรแกรม Image J ซึ่งใช้โลคอลเทรชโฮลด์สำหรับ ลูกเดียวกับเชือก พลาสติก และไม้ ส่วนโกลบอลเทรช
โฮลด์ใช้สำหรับลูกเดียวกับหิน จากนั้นขั้นตอนที่ 4 (ภาพที่ 4.22 จ) นำภาพที่ได้มาปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

เพื่อลดสิ่งรบกวนที่ปรากฏบนภาพและใช้คำสั่งวอเทอร์เชด (Watershed) เพื่อแยกวัตถุที่ติดกัน และ
 ขั้นตอนที่ 5 แสดงผลลัพธ์ได้โดยใช้ค่าความกลมและพื้นที่เป็นตัวจำแนก ผลการตรวจสอบแสดงดังภาพที่
 4.23 และภาพจริงแสดงดังภาพที่ 4.22 (ก)



ภาพที่ 4.22 ภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ (ก) ภาพจริง (ข) ขั้นตอนที่ 1 (ค) ขั้นตอนที่ 2
 (ง) ขั้นตอนที่ 3 และ (จ) ขั้นตอนที่ 4

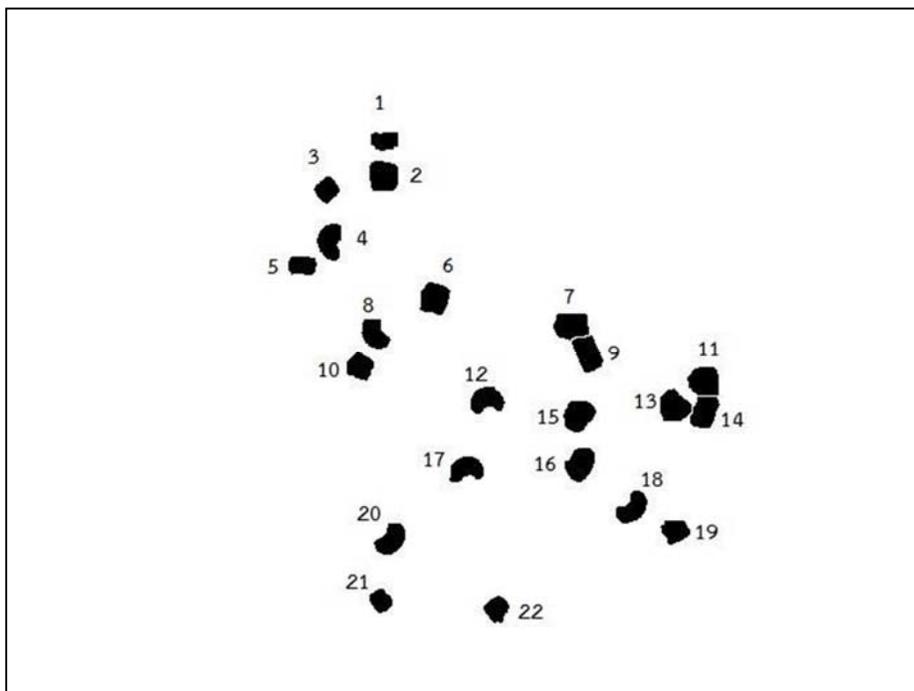


(ก)

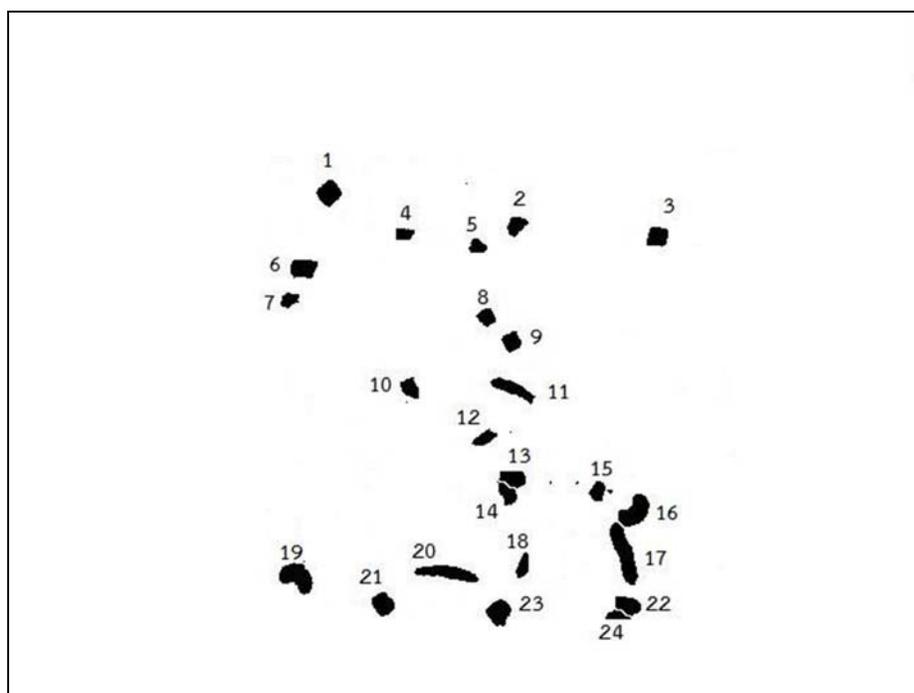


(ข)

ภาพที่ 4.23 ผลการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับลูกเดือย (ก) เชือก (ข) หิน
(ค) ฟิวเจอร์บอร์ด (ง) ไม้



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.23 (ต่อ) ผลการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมทั้งหมดที่ปนมากับลูกเต๋อย (ก) เขือก (ข) หิน
(ค) พิวเจอร์บอร์ด และ (ง) ไม้

จากภาพที่ 4.23 พบว่า สามารถตรวจสอบพบไม้ทั้งสิ้น 8 ชิ้น จาก 10 ชิ้น พบลูกเดียว 3 เมล็ด ตรวจสอบพบ หินทั้งสิ้น 6 ชิ้น จาก 10 ชิ้น พบลูกเดียว 18 เมล็ด ตรวจสอบพบพิวเจอร์บอร์ดทั้งสิ้น 9 ชิ้น จาก 10 ชิ้น พบ ลูกเดียว 14 เมล็ด ตรวจสอบพบไม้ทั้งสิ้น 9 ชิ้น จาก 10 ชิ้น พบลูกเดียว 13 เมล็ด โดยหาตำแหน่งได้ดัง ตารางที่ 4.8-4.11

ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งของเชือกที่ปนมากับลูกเดียว

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	206.5586	49.09459	
2	417.5425	65.51307	
3	333.3203	113.9346	
4	299.2089	172.8944	
5	139.6111	179.9180	
6	198.5614	204.7218	ลูกเดียว
7	376.4261	243.1498	
8	311.3087	288.2114	ลูกเดียว
9	192.6331	315.6953	
10	372.0399	309.1170	
11	278.6872	316.5913	

ตารางที่ 4.5 ตำแหน่งของหินที่ปนมากับลูกเดียว

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	384.8901	120.7908	
2	349.9122	130.6486	
3	229.8284	156.5075	
4	216.2097	177.6935	
5	338.3031	191.752	
6	253.0581	196.4767	
7	314.2848	203.3354	
8	319.3644	225.1525	ลูกเดียว
9	417.4515	258.9000	
10	382.7241	311.5920	
11	189.0688	323.2396	ลูกเดียว
12	275.1261	321.3782	ลูกเดียว
13	256.1863	372.2124	ลูกเดียว
14	275.1368	373.4474	ลูกเดียว

ตารางที่ 4.6 ตำแหน่งของพิวเจอร์บอร์ดที่ปนมากับลูกเต๋อย

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	384.8901	120.7908	ลูกเต๋อย
2	384.8901	120.7908	
3	229.8284	156.5075	ลูกเต๋อย
4	216.2097	177.6935	
5	338.3031	191.7520	ลูกเต๋อย
6	253.0581	196.4767	ลูกเต๋อย
7	314.2848	203.3354	ลูกเต๋อย
8	319.3644	225.1525	ลูกเต๋อย
9	417.4515	258.9000	ลูกเต๋อย
10	382.7241	311.5920	ลูกเต๋อย
11	189.0688	323.2396	
12	275.1261	321.3782	ลูกเต๋อย
13	256.1863	372.2124	ลูกเต๋อย
14	275.1368	373.4474	ลูกเต๋อย

ตารางที่ 4.7 ตำแหน่งของไม้ที่ปนมากับลูกเดียว

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	210.6023	63.23295	
2	327.4726	64.87671	ลูกเดียว
3	189.0118	83.74409	
4	191.7182	95.00909	
5	159.5061	103.9303	ลูกเดียว
6	246.1807	113.9277	
7	262.133	140.5275	
8	283.5797	147.8841	
9	148.0282	180.5423	
10	359.7714	203.1571	ลูกเดียว
11	306.1429	207.7582	ลูกเดียว
12	291.4426	234.3115	
13	400.9638	292.5386	

ตารางที่ 4.8 ตำแหน่งของเชือกที่ปนมากับลูกเต๋อย

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	443.6092	102.7969	
2	415.0211	100.5610	ขึ้นเดียวกับที่ 1
3	243.5000	148.8032	
4	424.3779	230.9427	
5	353.8896	262.1234	
6	380.7508	283.5997	ขึ้นเดียวกับที่ 5
7	210.9298	288.4213	
8	432.2149	377.8977	
9	492.3802	375.8473	
10	308.1265	391.5648	
11	496.7164	398.8955	ขึ้นเดียวกับที่ 9

ตารางที่ 4.9 ตำแหน่งของหินที่ปนมากับลูกเต๋อย

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	225.0991	124.2604	ลูกเต๋อย
2	356.6185	147.0778	ลูกเต๋อย
3	455.5877	154.8509	ลูกเต๋อย
4	277.8187	152.9835	ลูกเต๋อย
5	329.2368	161.7000	
6	207.0845	177.0459	ลูกเต๋อย
7	197.2041	199.1429	
8	335.6017	211.2119	ลูกเต๋อย
9	353.2429	228.3500	ลูกเต๋อย
10	281.9741	261.6852	
11	353.8896	262.1234	ลูกเต๋อย
12	334.2565	296.8391	
13	354.3947	325.0789	ลูกเต๋อย
14	350.2794	335.9926	ลูกเต๋อย
15	413.6293	334.1983	
16	439.6881	348.3683	ลูกเต๋อย
17	432.2149	377.8977	ลูกเต๋อย
18	361.1789	386.7385	
19	202.5179	394.4493	ลูกเต๋อย
20	308.3006	391.5467	ลูกเต๋อย
21	262.9792	413.4271	ลูกเต๋อย
22	434.8966	414.1872	ลูกเต๋อย
23	344.2991	419.2729	ลูกเต๋อย
24	426.9545	421.4870	ลูกเต๋อย

ตารางที่ 4.10 ตำแหน่งของพิวเจอร์บอร์ดที่ปนมากับลูกเต๋อย

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	287.2857	89.73308	ลูกเต๋อย
2	265.6737	89.93662	ลูกเต๋อย
3	264.8701	114.7205	
4	225.0991	124.2604	
5	227.2530	160.4256	ลูกเต๋อย
6	207.8186	177.2832	ลูกเต๋อย
7	300.6865	200.4486	
8	396.6466	219.4712	ลูกเต๋อย
9	258.5836	225.6003	ลูกเต๋อย
10	258.5836	225.6003	
11	408.2018	239.4420	
12	490.0265	259.1746	ลูกเต๋อย
13	337.2662	272.2354	ลูกเต๋อย
14	468.8883	276.8564	ลูกเต๋อย
15	490.1493	280.7841	
16	401.8173	283.172	ลูกเต๋อย
17	402.9632	317.4183	ลูกเต๋อย
18	322.9063	320.8048	ลูกเต๋อย
19	439.6881	348.3683	ลูกเต๋อย
20	469.5754	364.4325	
21	270.2077	370.4631	ลูกเต๋อย
22	262.9792	413.4271	
23	344.2991	419.2729	

ตารางที่ 4.11 ตำแหน่งของไม้ที่ปนมากับลูกเต๋อย

ลำดับ	ตำแหน่ง (x,y)		หมายเหตุ
1	265.6737	89.93662	
2	264.8701	114.7205	ลูกเต๋อย
3	225.0991	124.2604	
4	227.2530	160.4256	ลูกเต๋อย
5	207.8186	177.2832	ลูกเต๋อย
6	300.6865	200.4486	
7	396.6466	219.4712	ลูกเต๋อย
8	258.5836	225.6003	ลูกเต๋อย
9	408.2018	239.4420	
10	248.3225	248.6522	
11	490.0265	259.1746	ลูกเต๋อย
12	337.2662	272.2354	ลูกเต๋อย
13	468.8883	276.8564	ลูกเต๋อย
14	490.1493	280.7841	
15	401.8173	283.172	ลูกเต๋อย
16	402.9632	317.4183	ลูกเต๋อย
17	322.9063	320.8048	ลูกเต๋อย
18	439.6881	348.3683	ลูกเต๋อย
19	469.5754	364.4325	
20	270.2077	370.4631	ลูกเต๋อย
21	262.9792	413.4271	
22	344.2991	419.2729	