รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ
การสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง

The production of sweet potato washing machine by water jet and dryer set.

โดย

นายฉัตรพล พิมพา และคณะ

เดือนมกราคม พ.ศ. 2559

รายงานวิจัย

ชื่อโครงการ

โครงการ การสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง

โดย

นายฉัตรพล พิมพา	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
นายสุประวิทย์ เมืองเจริญ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
นายจีรัฐติกุล กล้าหาญ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
นายปิติชน เปี่ยมบริบูรณ์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ดร.ธงชัย อรัญชัย	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

เดือนมกราคม พ.ศ. 2559

รายละเอียดโครงการ

สัญญาเลขที่ RDG58A0002/01

ชื่อโครงการ (ไทย) การสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง

ชื่อโครงการ (อังกฤษ) The production of sweet potato washing machine by water jet and dryer set.

หัวหน้าโครงการ ฉัตรพล พิมพา

สังกัด คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ผู้ประกอบการผู้ร่วมทุน ชุมชุนทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

งบประมาณ 500,000 บาท ระยะเวลา 1 ปี (ตั้งแต่ 19 มกราคม ถึง 19 มกราคม 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.สีลาภรณ์ บัวสาย รองผู้อำนวยการด้านยุทธศาสตร์วิจัยเชิงพื้นที่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ดังเช่น รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา ที่ปรึกษาอธิการบดีฝ่ายวิจัย มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ รวมถึง คุณสันติ จียะพันธ์ ผู้ประสานงาน ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่น จ.พระนครศรีอยุธยาที่ได้ให้คำแนะนำ และสนับสนุนให้การทำงานผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ระวีวรรณ สุวรรณศร รองอธิการบดี รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ผู้ช่วยอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และคณะผู้บริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ นภัทร วัจนเทพินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี สังข์ทอง อาจารย์วิชัย มาแสง และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและประสานงานจานงานวิจัยสำเร็จ ซึ่งทุกท่านเป็นผู้ให้โอกาสคณะผู้วิจัยมีโอกาสลงพื้นที่ในการทำงานและทุกท่านยังให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือคณะผู้วิจัยอย่างดีเสมอมา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ กฤตภพ เฉื่อยฉ่ำ นายกองค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำทุกท่าน รวมถึงเกษตรกรและชาวบ้านตำบลทับน้ำ อาทิเช่น ป้าเพ็ญจันทร์ ป้ามุ้ย ลุงละเอียด และทุกๆท่านที่ให้ความเมตตาและดูแลคณะผู้วิจัยอย่างดีราวกับเป็นลูกหลานในชุมชนของท่าน

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ท่านที่ได้ให้ความรู้และแนวคิดที่ดีแก่ผู้เขียนมาโดยตลอดขอกราบขอบพระคุณ

สุดท้ายนี้ผู้เขียนหวังว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย หากเกิดความผิดพลาดประการใดผู้เขียนขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

สัญญาเลขที่ **:RDG58A0002/01**
ชื่อโครงการ **:** การสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง
หัวหน้าโครงการ **:** ฉัตรพล พิมพา
หน่วยงานต้นสังกัด **:** คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ระยะเวลาดำเนินการ **:1 ปี (ตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2558 ถึงวันที่ 19 มกราคม 2559)**

บทสรุปผู้บริหาร

ในปัจจุบันชุมชนทับน้ำ อำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่รวม 2 ตำบล คือ ตำบลทับน้ำและตำบลบ้านม้า ซึ่งในชุมชนดังกล่าว มีการประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก โดยพืชเศรษฐกิจที่ชุมชนปลูกคือ มันเทศ ซึ่งที่มันดังกล่าวนั้นมีอายุการปลูกประมาณ 4 เดือน โดยเกษตรกรจะปลูกเพื่อเก็บเกี่ยว 2 ช่วงคือ ช่วงเดือน สิงหาคมและช่วงเดือนพฤษภาคมของทุกปี และในช่วงเวลานอกฤดูเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะรับหัวมันเทศจาก เกษตรกรจังหวัดอื่นๆเพื่อนำมาล้างและบรรจุลงถุงเพื่อรอการจัดจำหน่าย เกษตรที่เพาะปลูกหัวมันเทศในชุมชนแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งเกษตรกรในแต่ละกลุ่มจะรับหัวมันเทศจากการเพาะปลูกของตนเองและจากจังหวัดอื่นเพื่อนำมาบรรจุส่งขาย ประมาณกลุ่มละ 10 ตันต่อวัน โดยเมื่อรวมทั้งชุมชนจะการทำงานทั้งสิ้นประมาณ 50 ตันต่อวัน โดยกระบวนการที่เกษตรกรทำงานคือ รับหัวมันดิบมาแช่น้ำเพื่อให้เศษดินที่ติดมากับหัวมันสดอ่อนตัว จากนั้นจะนำหัวมันบรรจุในถุงตาข่ายแล้วฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาด โดยเมื่อหัวมันสะอาดดีแล้วจึงนำไปผึ่งและบรรจุลงถุงเพื่อจัดจำหน่ายต่อไปจากการลงพื้นที่ตรวจสอบและจากการสอบถามจากเกษตรกร ของผู้วิจัย พบว่ากระบวนการทำงานของเกษตรกรในชุมชนนั้นเป็นการผลิตแบบครัวเรือนซึ่งในแต่ละกลุ่มที่ผลิตจะมีแรงงานประมาณ 2-3 คน ทำให้กระบวนการล้างและทำความสะอาดหัวมันเทศมีความลำบาก โดยในกระบวนการล้างเกษตรกรจะนำหัวมันที่ได้แช่นำประมาณ 1 ชั่วโมงจากนั้นจะต้องนำหัวมันที่แช่น้ำแล้วบรรจุลงถุงตาข่ายถุงละประมาณ 50 กิโลกรัม แล้วยกขึ้นฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดและตรวจสอบความสะอาดจนกว่าจะแน่ใจว่าสะอาด จึงนำหัวมันเทศเข้ากระบวนการผึ่งและบรรจุต่อไป และสำหรับหัวมันเทศที่รับช่วงจากเกษตรกรแหล่งอื่นเกษตรกรในชุมชนจะทำตามกระบวนการดังกล่าวโดยจะมีรายได้ 250 บาทสำหรับการล้างหัวมันจำนวน 1 ตัน จากการสอบถามจากเกษตรกรกระบวนการล้างหัวมันเทศยังคงเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความยุ่งยากสำหรับเกษตรกรอย่างสูง ซึ่งปัญหาดังกล่าวยังไม่มีหน่วยงานต่างๆเข้าไปช่วยเหลือ ในชุมชนทับ

น้ำเคยมีการประดิษฐ์เครื่องล้างหัวมันเทศซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับเครื่องปั่นนุ่นซึ่งจะมีลักษณะการหมุนเป็นวงกลมประกอบกับฉีดน้ำช่วยในการชะล้างเศษดินออกจากหัวมันเทศ ซึ่งเครื่องดังกล่าวใช้มือหมุน โดยผลการทำงานของเครื่องเดิมนั้นจะทำให้มันเทศตกกระทบกับซึ่งทำให้เกิดความเสียหายทำให้เกษตรกรเลิกใช้และทำลายเครื่องไปในที่สุด ทำให้เกษตรกรกลับไปใช้วิธีพื้นบ้านคือนำมันเทศใส่ในถุงตาข่ายและฉีดน้ำล้างและยกขึ้นตรวจสอบจนกว่าจะสะอาด จากนั้นนำไปผึ่งเพื่อรอบรรจุขาย ซึ่งจากกรบวนการจะเห็นว่าเกิดความยากลำบากในการทำงานเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้แรงงานในครัวเรือนจึงมีแรงงานน้อยและเป็นผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่จึงเป็นเหตุให้สร้างเครื่องจักรดังกล่าวเพื่อให้การทำงานของเกษตรกรสะดวกขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการสร้างเครื่องที่ใช้ในการล้างหัวมัน เพื่อใช้สำหรับเกษตรกรที่อยู่ในชุมชนทับน้ำ เพื่อลดเวลาในการทำงานของเกษตรกรผู้ปลูกหัวมันเทศ ทั้งจากการเพาะปลูกของเกษตรกรเองและที่เกษตรกรรับเหมาช่วงจากเกษตรกรรายอื่น ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาในชุมชนต่อไป โดยการออกแบบเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งเพื่อช่วยลดเวลาในการทำงานและทำให้การทำงานของเกษตรกรมีประสิทธิภาพขึ้น โดยในการออกแบบเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำนั้น จะใช้แรงดันน้ำ (Water jet) ร่วมกับแปรงขัด (brushing) ใช้สำหรับปัดเศษดินออก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างให้มากขึ้น และในการสร้างชุดอบแห้งมันเทศจะใช้การเป่าลมเย็นที่มีความแรงและขนแปรงเพื่อไล่น้ำในส่วนแรกและจะเป่าลมผ่านฮีทเตอร์เพื่อให้เกิดลมร้อนทำให้น้ำที่ติดบริเวณหัวมันเทศหมาดเพื่อรอบรรจุถุง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำคือ แรงดันน้ำ ความเร็วรอบ เวลาในการทำงาน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของชุดอบแห้งคืออุณหภูมิ และความเร็วของสายพาน โดยในการทดลองใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเพื่อใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงาน โดยผลจากการทดลองจะพบว่าเครื่องล้างหัวมันเทศและชุดอบแห้งสามารถลดจำนวนคนทำงานลงได้ 1 คน คิดเป็นรอยละ 50 โดยที่ค่าใช้จ่ายในการทำงานลดลง 169 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 27 และสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้มากขึ้น 5,760 กิโลกรัมต่อวันคิดเป็นร้อยละ 400 หรือเพิ่มขึ้น 4 เท่า

สัญญาเลขที่ **:RDG58A0002/01**
ชื่อโครงการ **:** การสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง
หัวหน้าโครงการ **:** อาจารย์ฉัตรพล พิมพา
หน่วยงานต้นสังกัด **:** คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ระยะเวลาดำเนินการ **:1 ปี (ตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2558 ถึงวันที่ 19 มกราคม 2559)**

บทคัดย่อ

อำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่รวม 2 ตำบล คือ ตำบลทับน้ำและตำบลบ้านม้า ซึ่งในตำบลดังกล่าว มีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก โดยพืชเศรษฐกิจที่ชุมชนปลูกคือ มันเทศ โดยทั่วไปมันเทศทั่วไปต้องการเวลาปลูกประมาณ 4 เดือน ซึ่งเกษตรกรจะปลูกมันเทศ ช่วงเดือนสิงหาคมและช่วงเดือนพฤษภาคมของทุกปี ช่วงเวลานอกฤดูเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะรับหัวมันเทศจากเกษตรกรของจังหวัดอื่นๆ เพื่อนำมาล้างและบรรจุลงถุงเพื่อรอการจัดจำหน่าย โดยกลุ่มเกษตรกรจะรับหัวมันเทศจากการเพาะปลูกของตนเองและจากเกษตรกรจังหวัดอื่นเพื่อนำมาบรรจุส่งขายประมาณ 10 ตันต่อวัน กระบวนการที่เกษตรกรทำงานคือ นำหัวมันเทศแช่ในถังน้ำเพื่อให้เศษดินที่ติดมากับหัวมันเทศอ่อนตัว จากนั้นจะนำหัวมันเทศบรรจุในถุงตาข่ายและใช้น้ำฉีดเพื่อทำความสะอาด โดยเมื่อหัวมันสะอาดดีแล้วจึงนำไปผึ่งและบรรจุลงถุงเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป ในกระบวนการทำงานจะมีแรงงานประมาณ 2-3 คน ส่งผลให้กระบวนการล้างและทำความสะอาดหัวมันเทศมีความลำบาก โดยพบว่ากระบวนการล้างและทำความสะอาดหัวมันเทศยังคงเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความยุ่งยากสำหรับเกษตรกรอย่างสูง จึงมีการสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนทับน้ำ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำคือ แรงดันน้ำ ความเร็วรอบ และเวลาในการทำงาน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของชุดอบแห้งคืออุณหภูมิ และความเร็วของสายพาน จึงเลือกการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเพื่อใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานโดยผลจากการทดลองจะพบว่าเครื่องล้างหัวมันเทศและชุดอบแห้งสามารถลดจำนวนคนทำงานลงได้ 1 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 50 ค่าใช้จ่ายในการทำงานลดลง 169 บาทต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 27 และสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้มากขึ้น 5,760 กิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 400 และต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมลดลงร้อยละ 83.33

คำสำคัญ : เครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ , ชุดอบแห้ง ,การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล

Abstract

Bang Pahan District, Ayutthaya has 2 Sub-district area are Tub nam Sub-district and Banma Sub-district. Agriculture has been the primary occupation of the people in the Sub-district. Sweet potato is the most important crop cultivated in the Sub-district. Sweet potatoes generally need at least 4 months. The time their plantings will by August and May of every year. They will receive the sweet potato from agriculturist in other provinces for washing then fill in to bag for wait distribution .Agriculturist group will get their sweet potato from them and from other provinces Agriculturist to sell about 10 tons per day. They process are take sweet potato to water tank for decrease soil around sweet potato then take sweet potato to net and use water jet for wash them. After sweet potato was clean, then take them to dry and packed into bags for distribution. In the process has a worker of about 2-3 people. That effect to sweet potato washing and cleaning processes are difficult. The sweet potato washing and cleaning has found that process is still that caused very difficult for agriculture. The production of sweet potato washing machine by water jet and dryer set to reduce problems in the Tub nam Sub-district. The factors which affect to the production of washing machine by water jet are water pressure, speed and working time. And factors which affect to the production of drying set are temperature and conveyer speed. So choose that the fractional design to find optimization process. The result find sweet potato washing machine by water jet and dryer set can reduce worker 1 person or 27 percent, Reduce cost of process 169 baht/day or 27 percent and can increase production quantity 5,760 Kilogram/day or 400 percent and production cost per Kilogram decrease 83.33 percent.

Keyword : Washing machine by water jet , Dryer set, Fractional design

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทสรุปผู้บริหาร	ง
บทคัดย่อภาษาไทย	ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญภาพ	ฎ
สารบัญตาราง	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย	3
1.4 แผนการดำเนินการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 การออกแบบการทดลอง	5
2.1.1.1. การทดลองซ้ำ	7
2.1.1.2. การสุ่ม	7
2.1.1.3. การควบคุม	7
2.1.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล	7
2.1.3 การออกแบบชนิด 2^2 แฟกทอเรียล	8
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.2.1 การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน	13
2.2.2 การล้างผักผลไม้ด้วยแรงดันน้ำ	14
2.2.3 การอบแห้งวัตถุดิบ	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	15
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	15
3.3 ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการล้างเศษดินจากหัวมันโดยเครื่องล้างแรงดันน้ำและชุดอบแห้ง	15
3.4 จัดเตรียมวัสดุและสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำ	15
3.5 จัดเตรียมวัสดุและสร้างชุดอบแห้ง	15
3.6 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	16
3.7 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับชุดอบแห้ง	16
3.8 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	16
3.9 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานชุดแห้ง	16
3.10 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานปัจจุบัน	16
3.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน	16
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	
4.1 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	17
4.1.1 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง	17
4.1.2 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการใช้แรงดันน้ำในการทำความสะอาดผลผลิตทางการเกษตร	17
4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	18
4.2.1 ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้หรือปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง	18
4.2.2 ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้	18
4.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	18
4.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	18
4.2.5 การกำหนดลักษณะมาตรฐานของมันเทศที่เกษตรกรจำหน่าย	19

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4.3	ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการล้างเศษดินจากหัวมันโดยเครื่องล้างแรงดันน้ำและชุดอบแห้ง	23
	4.3.1 ศึกษาปัจจัยที่ควบคุมและคาดว่าจะมีผลต่อการทดลอง	23
	4.3.2 ปัจจัยอื่นๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการ	23
	4.3.3 การออกแบบการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนมันเทศที่สะอาดหลังจากผ่านเครื่องล้างหัวมันเทศจะใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน	24
	4.3.4 การออกแบบการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนมันเทศที่แห้งหลังจากผ่านชุดอบแห้งจะใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน	25
4.4	จัดเตรียมวัสดุและสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำ	26
4.5	จัดเตรียมวัสดุและสร้างชุดอบแห้ง	30
4.6	การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	34
	4.6.1 ผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	34
	4.6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	35
	4.6.3 สรุปผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	38
	4.6.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	39
4.7	การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับชุดอบแห้ง	41
	4.7.1 ผลการทดลองของชุดอบแห้ง	41
	4.7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของชุดอบแห้ง	42
	4.7.3 สรุปผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความแห้งของหัวมันเทศโดยชุดอบแห้ง	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อความแห้งในการอบหัวมันโดยชุดอบแห้ง	46
4.8 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	48
4.9 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานชุดแห้ง	49
4.10 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานปัจจุบัน	50
4.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน	51
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 บทสรุปงานวิจัย	52
5.2 ผลที่ได้จากงานวิจัย	53
5.2.1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ	53
5.2.2 การขยายขนาดการผลิต	53
5.3 ผลประเมินทางเศรษฐศาสตร์	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	57
ประวัติผู้วิจัย	83

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ภาพแบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ 6
ภาพที่ 2 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2k 8
ภาพที่ 3 การพล๊อตกราฟของการกระจายตัวแบบปกติของส่วนตกค้าง 11
ภาพที่ 4 ภาพแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้าง 11
ภาพที่ 5 ภาพการพล๊อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าพยากรณ์ 12
ภาพที่ 6 ภาพการพล๊อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง 12
ภาพที่ 7 เกษตรกรเข้าร่วมกำหนดลักษณะของของมันเทศดีและไม่ดีและกำหนดข้อควรระวังต่างๆ 19
ภาพที่ 8 เกษตรกรเข้าร่วมศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจักร 20
ภาพที่ 9 เกษตรกรเข้าร่วมศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจักร 20
ภาพที่ 10 มันเทศที่ล้างแล้วสามารถมีเศษดินติดอยู่บริเวณร่องของหัวมันเทศได้ 21
ภาพที่ 11 มันเทศที่ล้างแล้วผิวไม่ควรจะมีรอยเนื่องจากจะทำให้มันเทศเน่าเมื่อกรอกใส่ถุง 21
ภาพที่ 12 การสุกของมันเทศ (ตายนึ่ง) 22
ภาพที่ 13 Drawing outline ของเครื่องล้างมันเทศด้วยแรงดันน้ำ 26
ภาพที่ 14 ภาพเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ (ด้านหน้าช่องใส่มันเทศ) 26
ภาพที่ 15 ภาพเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ (ด้านหลัง) 27
ภาพที่ 16 บริเวณจุดต่อน้ำเข้าเครื่อง (ด้านหลังเครื่อง) 27
ภาพที่ 17 บริเวณจุดที่ปล่อยแรงดันน้ำและแปรงที่ใช้ร่วมกัน 28
ภาพที่ 18 หัว Nozzle แรงดันน้ำและชุดวัดแรงดันน้ำ 28
ภาพที่ 19 หัว Nozzle แรงดันน้ำและชุดวัดแรงดันน้ำ 28
ภาพที่ 20 ช่องเชื่อมต่อสำหรับส่งมันเทศเข้าชุดอบแห้ง 29
ภาพที่ 21 Drawing outline ของชุดอบแห้ง 30
ภาพที่ 22 ชุดอบแห้ง (ด้านหลังเครื่อง) 30
ภาพที่ 23 ชุดอบแห้ง (ด้านหน้าเครื่อง) 31
ภาพที่ 24 ชุดอบแห้ง (ทางป้อนมันเทศจากเครื่องล้างหัวมันเทศ) 31
ภาพที่ 25 ชุดสายพานลำเลียง (ทางป้อนมันเทศจากเครื่องล้างหัวมันเทศ) 32
ภาพที่ 26 ภาพชุดควบคุมอุณหภูมิของชุดอบแห้งมันเทศ 32

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 27 ภาพชุดควบคุมอุณหภูมิของชุดอบแห้งมันเทศ 32
ภาพที่ 28 ภาพเครื่องล้างและชุดอบแห้งมันเทศ 33
ภาพที่ 29 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 35
ภาพที่ 30 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 37
ภาพที่ 31 กราฟแสดงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมัน โดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 40
ภาพที่ 32 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญของชุดอบแห้งมันเทศ 42
ภาพที่ 33 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลองของชุดอบแห้งมันเทศ 44
ภาพที่ 34 กราฟแสดงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้จำนวนมันเทศที่ผ่านชุดอบแห้งได้ผลมากที่สุด 47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 23

ตารางที่ 2 ตารางแสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยของชุดอบแห้งหัวมันเทศ 23

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการออกแบบการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 24

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการออกแบบการทดลองของชุดอบแห้ง 25

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 34

ตารางที่ 6 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบจากการทดลอง ของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 36

ตารางที่ 7 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบแบบ ANOVA ของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 36

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดของหัวมันเทศโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 38

ตารางที่ 9 ข้อจำกัดในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม 39

ตารางที่ 10 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ 40

ตารางที่ 11 ตารางแสดงผลการทดลองของชุดอบแห้ง 41

ตารางที่ 12 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบจากการทดลอง ของชุดอบแห้ง 43

ตารางที่ 13 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบแบบ ANOVA ของชุดอบแห้ง 43

ตารางที่ 14 ตารางแสดงการสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความแห้งในการอบหัวมัน โดยชุดอบแห้ง 45

ตาราง 15 ข้อจำกัดในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม 46

ตารางที่ 16 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่แห้งจากชุดอบแห้ง 47

ตารางที่ 17 ตารางเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานระหว่างการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน 51

ตารางที่ 18 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านปริมาณการผลิตและค่าใช้จ่ายระหว่างการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน 51

บทที่ 1 บทนำ

สัญญาเลขที่ **:RDG58A0002/01**
ชื่อโครงการ **:** การสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง
หัวหน้าโครงการ **:** อาจารย์ฉัตรพล พิมพา
หน่วยงานต้นสังกัด **:** คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
หน่วยงานร่วมโครงการ **:** องค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ระยะเวลาดำเนินการ **:1 ปี (ตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2558 ถึงวันที่ 19 มกราคม 2559)**

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันชุมชนทับน้ำ อำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่รวม 2 ตำบล คือ ตำบลทับน้ำและตำบลบ้านม้า ซึ่งในชุมชนดังกล่าว มีการประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก โดยพืชเศรษฐกิจที่ชุมชนปลูกคือ มันเทศ ซึ่งที่มันดังกล่าวนั้นมีอายุการปลูกประมาณ 4 เดือน โดยเกษตรกรจะปลูกเพื่อเก็บเกี่ยว 2 ช่วงคือ ช่วงเดือน สิงหาคมและช่วงเดือนพฤษภาคมของทุกปี และในช่วงเวลานอกฤดูเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะรับหัวมันเทศจาก เกษตรกรจังหวัดอื่นๆเพื่อนำมาล้างและบรรจุลงถุงเพื่อรอการจัดจำหน่าย เกษตรที่เพาะปลูกหัวมันเทศในชุมชนแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งเกษตรกรในแต่ละกลุ่มจะรับหัวมันเทศจากการเพาะปลูกของตนเองและจากจังหวัดอื่นเพื่อนำมาบรรจุส่งขาย ประมาณกลุ่มละ 10 ตันต่อวัน โดยเมื่อรวมทั้งชุมชนจะการทำงานทั้งสิ้นประมาณ 50 ตันต่อวัน โดยกระบวนการที่เกษตรกรทำงานคือ รับหัวมันดิบมาแช่น้ำเพื่อให้เศษดินที่ติดมากับหัวมันสดอ่อนตัว จากนั้นจะนำหัวมันบรรจุในถุงตาข่ายแล้วฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาด โดยเมื่อหัวมันสะอาดดีแล้วจึงนำไปผึ่งและบรรจุลงถุงเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

จากการลงพื้นที่ตรวจสอบและจากการสอบถามจากเกษตรกร ของผู้วิจัย พบว่ากระบวนการทำงานของเกษตรกรในชุมชนนั้นเป็นการผลิตแบบครัวเรือนซึ่งในแต่ละกลุ่มที่ผลิตจะมีแรงงานประมาณ 2-3 คน ทำให้กระบวนการล้างและทำความสะอาดหัวมันเทศมีความลำบาก โดยในกระบวนการล้างเกษตรกรจะนำหัวมันที่ได้แช่นำประมาณ 1 ชั่วโมงจากนั้นจะต้องนำหัวมันที่แช่น้ำแล้วบรรจุลงถุงตาข่ายถุงละประมาณ 50 กิโลกรัม แล้วยกขึ้นฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดและตรวจสอบความสะอาดจนกว่าจะแน่ใจว่าสะอาด จึงนำหัวมันเทศเข้ากระบวนการผึ่งและบรรจุต่อไป และสำหรับหัวมันเทศที่รับช่วงจากเกษตรกรแหล่งอื่นเกษตรกรในชุมชนจะทำตามกระบวนการดังกล่าวโดยจะมีรายได้ 250 บาทสำหรับการล้างหัวมันจำนวน 1

ตัน จากการสอบถามจากเกษตรกรกระบวนการล้างหัวมันเทศยังคงเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความยุ่งยากสำหรับเกษตรกรอย่างสูง ซึ่งปัญหาดังกล่าวยังไม่มีหน่วยงานต่างๆเข้าไปช่วยเหลือ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการสร้างเครื่องที่ใช้ในการล้างหัวมัน เพื่อใช้สำหรับเกษตรกรที่อยู่ในชุมชนทับน้ำ เพื่อลดเวลาในการทำงานของเกษตรกรผู้ปลูกหัวมันเทศ ทั้งจากการเพาะปลูกของเกษตรกรเองและที่เกษตรกรรับเหมาช่วงจากเกษตรกรรายอื่น ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาในชุมชนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1. เพื่อสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งสำหรับชุมชนทับน้ำ

1.2.2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการล้างหัวมันโดยการใช้แรงดันน้ำ

1.2.3. เพื่อลดเวลาในกระบวนการล้างหัวมันเทศของเกษตรกร

1.2.4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรและการผลิตโดยใช้แรงงานเกษตรกร

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

1.3.1 ได้เครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งสำหรับชุมชนทับน้ำ

1.3.2 ได้ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการล้างหัวมันโดยการใช้แรงดันน้ำ และชุดอบแห้ง

1.3.3 ลดเวลาในกระบวนการล้างจากหัวมันเทศของเกษตรกร

1.3.4 ทราบประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของเครื่องจักรกับประเภทของเกษตรกร

1.4 แผนการดำเนินการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ผู้เกี่ยวข้อง	จำนวนวันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
1. เพื่อสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งสำหรับชุมชนทับน้ำ	ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง,การใช้แรงดันน้ำ และการอบแห้ง	นักวิจัย และเกษตรกร	30 วัน	นาย ฉัตรพล นายสุประวิทย์ นายจีรัฐติกุล นายปิติชน
	ศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการล้างเศษดินจากหัวมันโดยเครื่องล้างแรงดันน้ำ	นักวิจัย และเกษตรกร	30 วัน	นาย ฉัตรพล นายจีรัฐติกุล นายสุประวิทย์ นายธงชัย
	จัดเตรียมวัสดุและสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำ	นักวิจัย	90 วัน	นาย ฉัตรพล นายสุประวิทย์ นายจีรัฐติกุล
	จัดเตรียมวัสดุและสร้างชุดอบแห้ง	นักวิจัย	60 วัน	นาย ฉัตรพล นายปิติชน นายธงชัย
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการล้างหัวมันโดยการใช้แรงดันน้ำ	การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณสุ่มจากน้ำหนักก่อนและหลังการล้าง	นักวิจัย	30 วัน	นาย ฉัตรพล นายสุประวิทย์ นายจีรัฐติกุล

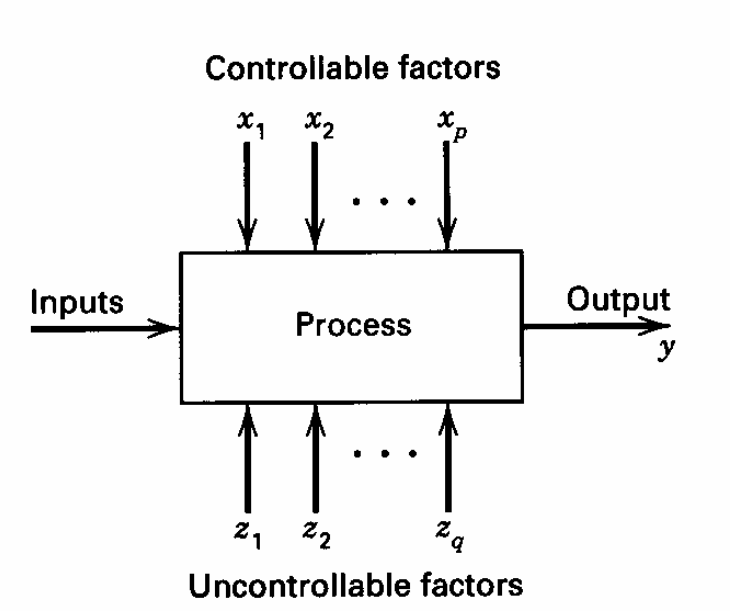
	การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพตรวจสอบจากเกษตรกร	นักวิจัย และเกษตรกร	30 วัน	นาย ฉัตรพล นายปิติชน
3. เพื่อลดเวลารวมในกระบวนการล้างเศษดินจากหัวมันของเกษตรกร	วิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมัน	นักวิจัย	30 วัน	นาย ฉัตรพล นายธงชัย
	เปรียบเทียบ , วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	นักวิจัย	30 วัน	นาย ฉัตรพล นายธงชัย

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดปัญหา และสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการออกแบบการทดลองแบบ ลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่าโดยอาจจะปรับตั้งค่าใดค่าหนึ่งคงที่ไว้และปรับค่าที่ต้องการไปเรื่อยๆ เช่น ถ้าเราสงสัยว่าเราควรที่จะต้องปรับตั้งค่าของอุณหภูมิในการอบชิ้นงาน เวลาที่ใช้ในการอบชิ้นงานเท่าไร จึงจะทำให้ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพสูงสุดไม่เป็นของเสีย ดังนั้นแนวทางที่เรามักใช้กันทั่วไป คือ การทดลอง ปรับตั้งในส่วนของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบก่อน (ขณะที่จะคงค่าของเวลาที่ใช้ในการน้ำชิ้นงานเข้าอบไว้) เมื่อทดลองจนได้ค่าของอุณหภูมิที่เราต้องการแล้วจึงค่อยไปปรับตั้งเรื่องของเวลา (ขณะที่คงที่ค่าของอุณหภูมิไว้) และเราอาจทำซ้ำวงจรนี้ ไปเรื่อยๆเพื่อที่จะหาจุดที่ดีที่สุดของกระบวนการซึ่งลักษณะนี้เรียกว่าการทดลองแบบนี้ว่า One-Factor-at -a-Time จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่เราต้องการช้า และสิ้นเปลืองเวลาในการวิเคราะห์ และยังไม่เหมาะสมกับกระบวนการที่มีผลของผลกระทบร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรด้วยกันเอง โดยปกติแล้วการทดลองถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งทั้งกระบวนการและระบบ สามารถที่แทนด้วยแบบจำลอง ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพแบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ

(ที่มา: ปารเมศ ชุติมา; การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม)

กระบวนการคือ การรวมเอาคนงาน เครื่องจักร วิธีการ และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนปัจจัยนำเข้า (เช่น วัตถุดิบ) ไปสู่ปัจจัยนำออกที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งเราสามารถเห็นได้ ตัวแปรกระบวนการบางชนิด $X_1,X_2,X_3.....X_p$ เป็นตัวแปรที่เราสามารถควบคุม ได้ในขณะที่ตัวแปรบางตัว $Z_1,Z_2,Z_3.....Z_p$ เป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ดังนั้นวัตถุประสงค์ ของการทดลองอาจเกี่ยวข้องกับ

1) การหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุดต่อผลตอบ y

2) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y ได้ตามค่าที่ต้องการ

3) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y น้อยที่สุด

4) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ $Z_1,Z_2,Z_3…Z_p$ มีผลกระทบน้อยที่สุด

หลักการสำคัญพื้นฐานในการออกแบบการทดลองประกอบด้วย 3 ประการ คือการทดลองซ้ำ การสุ่ม และการควบคุม ทั้งนี้หลักการพื้นฐานเหล่านี้จะช่วยให้ผลการทดลองมีความถูกต้อง และแม่นยำยิ่งขึ้น

2.1.1.1. การทดลองซ้ำ (Replication) คือการทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขของ การทดลองแบบเดียวกันมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองเพิ่มมากขึ้น และยิ่งทำการทดลองเพิ่มมากขึ้นเท่าใด โดยประโยชน์ของการทำซ้ำนั้น จะช่วยให้สามารถประมาณความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ช่วยให้การทดลองแม่นยำขึ้นโดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการทดลองจะลดลง โดยเมื่อมีข้อมูลจากการทดลองเพิ่มมากขึ้น สามารถยืนยันผลการทดลองและเพิ่มความถูกต้อง และแม่นยำของข้อมูลมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์และผลการสรุปจากการทดลอง มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยการทดลองซ้ำมีประโยชน์คือช่วยให้ผู้ทดลองสามารถประมาณค่าความผิดพลาดในการทดลองได้ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบกับผลของปัจจัยที่สนใจศึกษาได้

2.1.1.2. การสุ่ม (Randomization) คือหลักการสำคัญพื้นฐานอย่างหนึ่งซึ่ง การจัดลำดับในการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม เป็นการช่วยลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งเกิดปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยการสุ่มนั้นจะช่วยกระจายความผิดพลาดในการทดลองที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ไปสู่ทุก ๆ การทดลองด้วยโอกาส และขนาดเท่าๆกัน เพื่อให้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลเกิดขึ้นน้อยที่สุด

2.1.1.3. การควบคุม (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ในการทดลอง ป้องกันการรบกวนจากปัจจัยภายนอก (Noise, Nuisance, Factors) โดยจะใช้ควบคุมปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ซึ่งจะลดความผิดพลาดในการทดลอง โดยเมื่อการทดลองมีบล็อกเดียวกัน หมายถึงการควบคุมสภาวะในการทดลองให้มีสภาพเหมือนกันมากที่สุด เช่น วัสดุที่ใช้ทดลองจะต้องเป็นวัสดุชุดเดียวกัน ใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน ผู้ทดลองคนเดียวกัน วิธีการทดลองเป็นแบบเดียวกัน รวมทั้งช่วงเวลาทดลองใกล้เคียงกัน โดยเปลี่ยนแปลงเฉพาะเงื่อนไขของปัจจัยที่สนใจศึกษาเท่านั้น

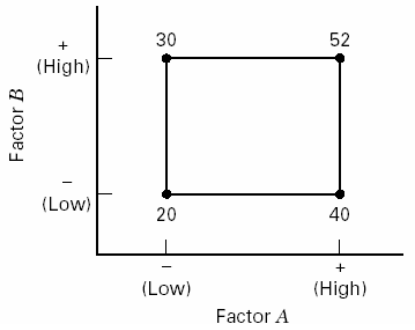
2.1.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k กรณีที่มี k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัย ประกอบด้วย 2 ระดับ โดยแต่ละระดับอาจเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ เวลาหรือค่าต่างๆของชิ้นส่วนที่ประกอบภายในชิ้นงาน เป็นต้น หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้น และใน 2 ระดับ บทนี้จะแทนด้วยระดับ “ สูง ” และ “ ต่ำ” ของแต่ละปัจจัย สำหรับออกแบบการทดลองแบบนี้จะประกอบด้วยข้อมูล 2 x 2 x 2 x 2 ……x 2 = 2^k ข้อมูล ดังนั้นจึงเรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่าการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ซึ่งการออกแบบชนิดนี้มีประโยชน์ มาก

ต่อการทดลองในช่วงแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ การออกแบบ เช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุด ที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างงสมบูรณ์โดยใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เพื่อกรองปัจจัยที่มีอยู่เป็นจำนวนมากให้เหลือน้อยลง เนื่องจากแต่ละปัจจัยของการออกแบบการทดลองแบบ 2^k ประกอบด้วย 2 ระดับ

2.1.3 การออกแบบชนิด 2^2 แฟกทอเรียล

การออกแบบที่ง่ายที่สุดของ 2^k คือที่มีปัจจัยเพียง 2 ปัจจัยสมมุติเป็น A และ B โดยในแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ จึงเรียกว่า 2^2 Factorial Design การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k แสดงตามภาพที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขการทดลองทั้งหมด (Treatment Combination) ของปัจจัยเท่ากับ 4 โดยกำหนดให้ผลของปัจจัยเป็น อักษรตัวใหญ่คือ A อ้างอิงถึงผลของปัจจัย A, B คือผลของปัจจัยผลของปัจจัย B ส่วน AB คือผลของอันตรกิริยาระหว่าง A และ B ในการออกแบบการทดลองแบบชนิด ผลของปัจจัย 2^2 ระดับต่ำและสูง A และ B จะกำหนดเป็นเครื่องหมาย – และ + บนแกน A และแกน B ดังนั้น – บนแกน A แสดงถึงระดับต่ำและ + แสดงถึงระดับสูงในทำนองเดียวกัน – บนแกน B แสดงถึงระดับต่ำ และ +แสดงถึงระดับสูง เงื่อนไขการทดลองทั้งหมด (Treatment Combination) ทั้ง 4 ปกติจะแสดงโดยใช้อักษรตัวเล็กและที่ระดับต่ำของปัจจัยที่จุดในการออกแบบจะไม่มีอักษรแสดง ดังนั้น a แสดงถึง คอมบิเนชั่นของ A ที่ระดับสูง และ B ที่ระดับต่ำ, ส่วน b แสดงถึง A ที่ระดับต่ำและ B ที่ระดับสูง ส่วน ab แสดงถึงปัจจัยทั้งสองที่ระดับสูง โดยปกติ (1) หมายถึง Run ของทั้งสองปัจจัยที่ระดับต่ำ โดยการกำหนดลักษณะนี้ใช้เป็นหลักในการออกแบบ 2^k ทั้งหมด



ภาพที่ 2 : การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

(ที่มา: Design and Analysis of Experiment, Douglas C.MONTGOMERY, 7th Edition)

การกำหนดค่าเฉลี่ยของปัจจัยจะทำให้ผลตอบเปลี่ยนแปลงโดยการเปลี่ยนในระดับของ ปัจจัยที่ถูกเฉลี่ยกับปัจจัยอื่นๆ สัญลักษณ์ตามรูป การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k คือ (1),a, b และ ab แสดงถึงผลรวมทั้งหมดของ n ซ้ำที่กระทำที่จุดต่างๆของการออกแบบ ดังนั้นผลของ A สามารถหาได้จากความแตกต่างใน ค่าเฉลี่ยของผลตอบของจุดสอง ในด้านขวามือของสี่เหลี่ยมจัตุรัส (เรียกว่าค่าเฉลี่ย $Y\ A+$ เพราะว่าเป็นค่าเฉลี่ยผลตอบที่จุด A อยู่ในระดับสูง) และสองจุดที่อยู่ทางซ้าย (หรือ $YA-$) ดังสมการนั้นคือ

สมการที่ 1

$$A = YA+ \ -YA-$$

$$= \frac{ab+a}{2} - \frac{b+(1)}{2}$$

$$= \frac{1}{2}\left[ab+a-b-(1)\right]$$

ส่วนผลของปัจจัย B หาได้จากความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของผลตอบที่สองจุดบนด้านบนของสี่เหลี่ยม ($YB+$) และค่าเฉลี่ยของผลตอบของจุดสองจุดที่ด้านล่างของสี่เหลี่ยม ($YB-$) ดังสมการ

สมการที่ 2

$$B = YB+ \ -YB-$$

$$= \frac{ab+a}{2} - \frac{b+(1)}{2}$$

$$= \frac{1}{2}\left[ab+a-b-(1)\right]$$

สุดท้ายหาผลของอันตรกิริยา AB คือค่าเฉลี่ยของผลตอบบนจุดทะแยงมุมขวาและซ้ายของสี่เหลี่ยม [ab และ (1)] ลบด้วยค่าเฉลี่ยของผลตอบจุดทแยงมุมจากซ้ายไปขวา (a และ b) ดังสมการ

สมการที่ 3

$$AB = \frac{ab+(1)}{2} - \frac{a+b}{2}$$

$$= \frac{1}{2}\left[ab-a-b+(1)\right]$$

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k สามารถตรวจสอบทั้งขนาดและทิศทางของผลลัพธ์ของปัจจัยที่ต้องการทราบ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) พิจารณา Sum of Squares ของ A, B และ AB จากสมการจะได้Contrast ที่ใช้ในการ ประมาณค่า A นั้นดังสมการ คือ

สมการที่ 4 $\text{Contrast}_A = (a\ b) + a - b - (1)$

โดยปกติจะเรียกว่า Contrast นี้ว่าผลลัพธ์รวมของA และจากสมการ และ จึงได้ Contrast ที่ใช้ในการประมาณ ค่าB และ AB โดยทั้ง 3 Contrast นี้เรียกว่า Orthogonal ซึ่งค่า Sum of Squares ใดๆ จะเท่ากับ Contrast ยกกำลังสองหารด้วยจำนวนของค่าสังเกตในแต่ละจำนวนครั้งของ Contrast ดังสมการ จะได้ว่า

สมการที่ 5
$$SS_A = \frac{[ab+a-b-(1)]^2}{4n}$$
$$SS_B = \frac{[ab-a+b-(1)]^2}{4n}$$

และสามารถที่หาผลรวมของ Sum of Squares ได้ดังสมการ นี้

สมการที่ 6 $$SS_{Total} = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{2} Y_{ijk} - \frac{Y_{...}^2}{4n}$$

โดยทั่วไป SS_{Total} และ SS_{Error} จะมี Degrees of Freedom เท่ากับ 4n-1 และ 4(n-1) ซึ่ง สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการ นี้

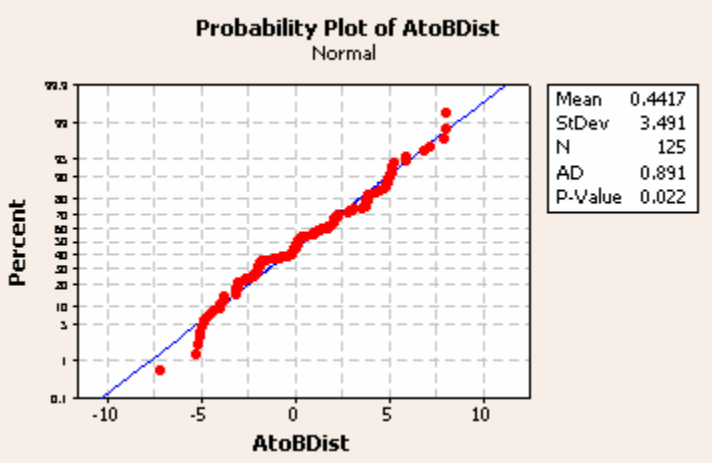
สมการที่ 7
$$SS_{Error} = SS_{Total} - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

การวิเคราะห์ส่วนตกค้างเพื่อที่ตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Residual Analysis for Model Adequacy) เมื่อเราทดลองแทนค่าตัวแปรลงไปในแบบจำลองที่ได้จากเทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อทำนายผลตอบนั้น สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์ (y_i) ค่าจริง (y_{ij}) และส่วนตกค้าง (e_{ij}) ได้ดังสมการนี้

สมการที่ 8 $$e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_i$$

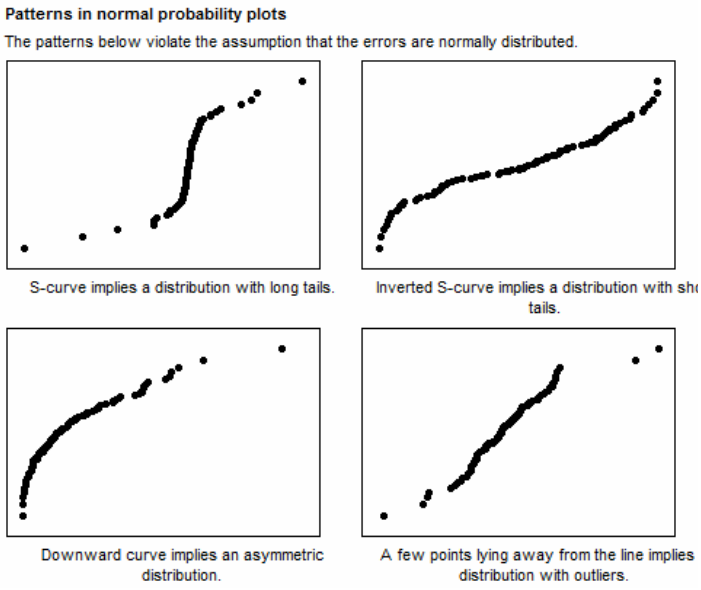
โดยแบบจำลองดังกล่าวต้องตั้งอยู่บนสมมุติฐานหลัก 3 ประการดังนี้

1) ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติและค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (Normality Assumption) ดังภาพที่ 3 และ 4 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวของข้อมูลส่วนตกค้างที่มีการกระจายตัวแบบปกติ



ภาพที่ 3 การพล๊อตกราฟของการกระจายตัวแบบปกติของส่วนตกค้าง

(ที่มา: คู่มือ Minitab Version 15)

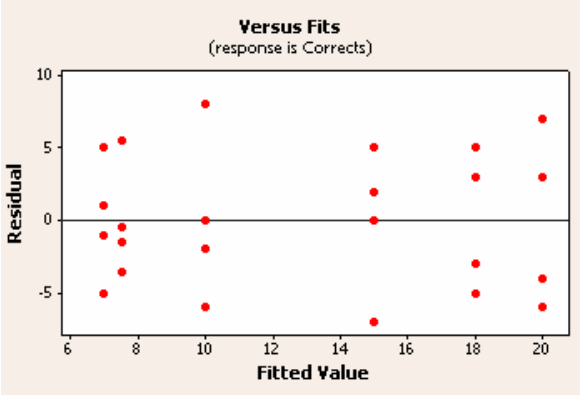


ภาพที่ 4 ภาพแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้าง

(ที่มา: คู่มือ Minitab Version 15)

การกระจายตัวของส่วนตกค้างที่ผิดปกติเกิดจากหลายสาเหตุดังรูป

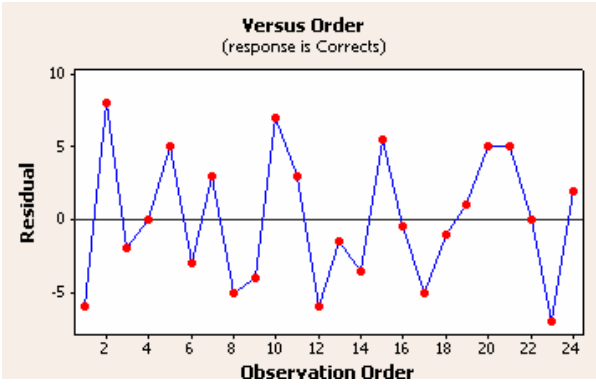
2) ส่วนตกค้างมีความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance Assumption) ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับของปัจจัยหรือขึ้นอยู่กับค่าพยากรณ์ของผลตอบ ดังรูป 5 แสดงตัวอย่างการแจกแจงของข้อมูลส่วนตกค้างกับค่าพยากรณ์ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลอิสระ มีโครงสร้างไม่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานข้อนี้



ภาพที่ 5 ภาพการพล๊อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าพยากรณ์

(ที่มา: คู่มือ Minitab Version 15)

3) ส่วนตกค้างต้องมีการกระจายตัวอิสระ (Independence Assumption) ไม่แปรผันตามปัจจัยหรือลำดับการทดลอง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ภาพการพล๊อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง

(ที่มา: คู่มือ Minitab Version 15)

ดังที่กล่าวมาขั้นต้นเราสามารถสรุปขั้นตอนการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองได้ดังนี้ คือใช้แบบจำลองที่ได้จากการทดลองพยากรณ์ค่าผลตอบในแต่ละเงื่อนไขการทดลองจากนั้นนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงหรือคำนวณหาค่าความผิดพลาดของส่วนตกค้าง ของแต่ละการทดลองแล้วนำมาพล๊อตกราฟการกระจายตัวของส่วนตกค้าง สังเกตลักษณะของกราฟที่ได้จากการพล๊อตเพื่อทำการตรวจสอบสมมุติฐานหลัก 3 ข้อ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน

ช่วงเริ่มต้นของการทดลอง มักจะมีปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการจำนวนมาก (R.E. DeVor et.al, 2007) ดังนั้นการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสภาวะที่เหมาะสมในการล้างหัวมันเทศโดยการใช้แรงดันน้ำ วิธีทีเหมาะสมคือการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล ซึ่งแต่ละชุดการทดลองมีความเกี่ยวเนื่องและมีความสัมพันธ์กัน เพื่อลดความซับซ้อนในช่วงเริ่มต้นการทดลอง และสามารถที่จะปรับเปลี่ยนกลยุทธในการออกแบบการทดลองและเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการทดลอง จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล พบว่าการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองปัจจัย โดยใช้วิเคราะห์ว่ามีปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบที่งานวิจัยต้องการ และในการทดลองสามารถที่จะใช้ทรัพยากรในการทดลองได้อย่างเหมาะสม เพราะสามารถลดจำนวนการทดลองได้ (Dente et al., 2002) ,(Berkuma et al., 2005) และ (ศราวุธ , 2010) โดยที่การใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลยังสามารถที่จะคัดกรองปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในกรณีที่การทดลองไม่สามารถที่จะทำให้สภาวะในการทดลองเหมือนกัน หรือในกรณีที่จำนวนการทดลองมีจำนวนมากเกินกว่าที่จะทดลองให้เสร็จภายในครั้งเดียว จำเป็นจะต้องมีการบล๊อกเพื่อลดอิทธิพลที่เกิดจากสภาวะในการทดลองที่ไม่เหมือนกันและยังช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าของผลกระทบในการทดลองได้ดีขึ้น (Jiang Chen et al., 2006) และ (Dente et al., 2003) ซึ่งการทดลองแบบแฟกทอเรียลนั้น สามารถที่จะเพิ่มการทดลองเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม โดยที่นำผลจากการทดลองเดิมวิเคราะห์ร่วมกับผลการทดลอง ที่มีการทดลองเพิ่มเติม

2.2.2 การล้างผักผลไม้ด้วยแรงดันน้ำ

ในการล้างวัตถุดิบจำพวกผักและผลไม้ จำเป็นต้องที่จำเป็นต้องมีการทำความสะอาดเศษสิ่งสกปรกที่ติดมากับวัตถุดิบก่อนที่จะแปรรูปหรือนำไปเข้ากระบวนการผลิต ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนั้นผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังต้องอาศัยการใช้แรงงานคนในการทำความสะอาด ทำให้วัตถุดิบมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและไม่ได้มาตรฐานประกอบกับเครื่องจักรอันทันสมัยที่มีประสิทธิภาพในการล้างวัตถุดิบในปริมาณมากนั้นยังมีราคาสูง โดยปัจจุบันมีขั้นตอนการทำงานหลักๆคือการล้าง ซึ่งขึ้นอยู่กับการล้างแต่ระบบจะทำงานแบบใด โดยหนึ่งในวิธีที่นิยมใช้คือการล้างด้วยระบบแรงดันน้ำหรือการใช้นำแรงดันน้ำฉีดพ่นลงบนผักหรือผลไม้เพื่อทำความสะอาดคราบและสิ่งสกปรกที่ติดมาจากการเพาะปลูก โดยในการล้างด้วยระบบแรงดันน้ำนั้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องขึ้นอยู่กับแรงดันในการพ่นของน้ำ (D.I. Wilson et.al, 2015) และ (Anirban Guha et.al, 2011) ส่งผลจากลักษณะของหัวฉีดที่ใช้พ่นทำความสะอาดซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการทำความสะอาดวัตถุดิบ รวมถึงลักษณะของลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำความสะอาด และตำแหน่งของวัตถุที่ผ่านหัวพ่นแรงดันน้ำรวมถึงปริมาณของวัตถุดิบในการล้างก็ส่งผลต่อต่อความสะอาดของวัตถุดิบที่เข้าล้างในเครื่อง

2.2.3. การอบแห้งวัตถุดิบ

การอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนการจัดความชื้น หรือการลดความชื้นสำหรับผลผลิต ซึ่งในการลดความชื้นสามารถทำได้หลายวิธี โดยหนึ่งในวิธีการที่มีการยอมรับคือการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน หรือการอบแห้ง (Drying Curve) ซึ่งสามารถนำไปใช้กับการอบแห้งเพื่อถนอมอาหารและสามารถนำมาประยุกต์ใช้แทนการลดความชื้นบนผิวของวัตุดิบด้วย โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง (Drying Curve) ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่ เช่น มีอุณหภูมิ เวลาในการอบ (จินตนาพร และคณะ, 2012) และ (จรัญ และคณะ,2014) การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้งจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน การอบแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Initial Period) ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) และช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง
- ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการใช้แรงดันน้ำในการทำความสะอาดผลผลิตทางการเกษตร
- ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการอบแห้ง

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้หรือปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง
- ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้
- เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
- การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- การกำหนดลักษณะมาตรฐานของมันเทศที่เกษตรกรจำหน่าย
- การกำหนดข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ

3.3 ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการล้างเศษดินจากหัวมันโดยเครื่องล้างแรงดันน้ำและชุดอบแห้ง

- ศึกษาปัจจัยที่ควบคุมและคาดว่าจะมีผลต่อการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการ
- ปัจจัยอื่นๆที่คาดว่าจะส่งผลในกระบวนการ
- ออกแบบการทดลองสำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ
- ออกแบบการทดลองสำหรับชุดอบแห้ง

3.4 จัดเตรียมวัสดุและสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำ

3.5 จัดเตรียมวัสดุและสร้างชุดอบแห้ง

3.6 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

- ผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ
- การวิเคราะห์ผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ
- สรุปผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมัน โดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ
- การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมัน โดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

3.7 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับชุดอบแห้ง

- ผลการทดลองของชุดอบแห้ง
- การวิเคราะห์ผลการทดลองของชุดอบแห้ง
- สรุปผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมัน โดยชุดอบแห้ง
- การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อความแห้งในการอบหัวมัน โดยชุดอบแห้ง

3.8 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

3.9 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานชุดแห้ง

3.10 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานปัจจุบัน

3.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน

บทที่ 4 ผลการศึกษา และบทสรุป

4.1. ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1.1 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง

การศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบการทดลองพบว่าการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมในการวิจัย คือการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน เนื่องจากการทดลองดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัยได้ทั้งยังสามารถนำผลจากการวิเคราะห์ไปคำนวณและสามารถนำเสนอในรูปของ “แบบจำลอง” (Empirical Models) ซึ่งการทดลองโดยวิธีดังกล่าวนั้นจะใช้สำหรับการทดลองเครื่องล้างหัวมันเทศด้วยแรงดันน้ำ และเครื่องอบแห้งมันเทศ

4.1.2 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการใช้แรงดันน้ำในการทำความสะอาดผลผลิตทางการเกษตร

ผลจากการศึกษาพบว่าลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบเครื่องที่ใช้ในการทดลองจะเป็นแบบการใช้แรงดันน้ำ (Water jet) ร่วมกับแปรงขัด (brushing) ใช้สำหรับปัดเศษดินออก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างให้มากขึ้น และในการทบทวนทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวกับการอบแห้ง พบว่า

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์ผลสำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศ

- แรงดันน้ำ
- ความเร็วรอบ
- เวลาในการทำงาน

ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์ผลสำหรับเครื่องอบแห้งหัวมันเทศ

- อุณหภูมิในการอบ
- ความเร็วของสายพาน

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.2.1 ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้หรือปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่ควบคุมได้และคาดว่าจะมีผลต่อการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยปัจจัยที่ควบคุมได้สำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศคือ แรงดันน้ำ ความเร็วรอบและระยะเวลาในการล้าง ปัจจัยที่ควบคุมได้สำหรับเครื่องอบหัวมันเทศคือ อุณหภูมิและความเร็วรอบของสายพาน

4.2.2 ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้การสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Randomization) โดยใช้การสุ่มจากโปรแกรมมินิแทป เพื่อลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดลองซึ่งเกิดปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยการสุ่มนั้นจะช่วยกระจายความผิดพลาดในการทดลองที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ไปสู่ทุกๆ การทดลองด้วยโอกาสและขนาดเท่าๆกันเพื่อให้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลเกิดขึ้นน้อยที่สุด และใช้การการควบคุม (Blocking) ผู้ทดลอง วันที่ทดลอง สถานที่ทดลอง และกลุ่มของหัวมันเทศที่เข้ากระบวนการ เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ในการทดลองและป้องกันการรบกวนจากปัจจัยภายนอก (Noise, Nuisance และ Factors)

4.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน (Full Factorial Design) ซึ่งใช้ในการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลของเครื่องอบแห้งหัวมันเทศ โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวนจะสามารถแยกและวิเคราะห์ผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่เกิดขึ้น ซึ่งเหมาะกับการทดลองที่มีจำนวนปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลจำนวนไม่มาก เพื่อนำผลจากการทดลองไปคำนวณหาสถาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยการศึกษาจะใช้ร่วมกับโปรแกรมมินิแทป

4.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะแสดงโดยใช้วิธีกราฟ (Graphical Method) เพื่อให้การผู้วิเคราะห์เห็นภาพ เข้าใจง่าย เช่นกราฟปกติของผลกระทบเพื่อแสดงผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัยที่ส่งผลต่อผลตอบหรือความสะอาดของหัวมันเทศ และส่วนค้างนอกจากนี้ผู้ทดลองจะนำเสนอในรูปของ “แบบจำลอง” (Empirical Models) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบที่มีนัยสำคัญ (Important Effects) และผลตอบ (Response) โดยใช้การ

วิเคราะห์ผลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 โดยสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม ในการทำนายผลการทดลองและเลือกเฉพาะปัจจัยหรือเทอมที่มีผลต่อการทดลองอย่างมีนัยสำคัญเท่านั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของสมการความสัมพันธ์โดยวิธีการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) และตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Adequacy Checking) โดยพิจารณาจากการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง โดยใช้เทคนิควิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ตรวจสอบจากกราฟส่วนโค้งกับตัวแปรอิสระ อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับคำทำนายได้แก่ ค่าทำนาย ลำดับการทดลองหรือเวลา และตัวแปรอิสระอื่นๆ โดยกราฟส่วนค้างไม่ควรมีรูปแบบใดๆ (Patterns) และมีการกระจายตัวแบบสุ่ม (Random Pattern)

4.2.5 การกำหนดลักษณะมาตรฐานของมันเทศที่เกษตรกรจำหน่าย

ในการกำหนดลักษณะมาตรฐานของมันเทศที่เกษตรกรจำหน่าย ใช้การเชิญเกษตรกรผู้ปลูกและผู้ล้างมันเทศเพื่อร่วมกันกำหนดลักษณะของมันเทศดีและไม่ดี เพื่อใช้ในการนับจำนวนมันเทศที่มีคุณภาพตรงตามที่เกษตรกรต้องการ ซึ่งจะผ่านจากเครื่องโดยใช้การจัดอบรมเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของเกษตรกรและขอความคิดเห็น ถึงรูปแบบของมันเทศที่ถือว่าสะอาดและมันเทศที่ถือว่าไม่สะอาด รวมถึงมันเทศที่ถือว่าแห้งและมันเทศที่ถือว่าไม่แห้ง ซึ่งนำไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานเพื่อคัดแยกมันเทศในการทดลองต่อไป ดังภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 9

ภาพที่ 7 เกษตรกรเข้าร่วมกำหนดลักษณะของของมันเทศดีและไม่ดีและกำหนดข้อควรระวังต่างๆ

ภาพที่ 8 เกษตรกรเข้าร่วมศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจักร

ภาพที่ 9 เกษตรกรเข้าร่วมศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจักร

ข้อกำหนดและข้อควรระวังของมันเทศมันเทศที่ใช้เครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ โดยกำหนดมาตรฐานร่วมกับเกษตรกร ซึ่งผลการกำหนดลักษณะของมันเทศที่จะที่มีลักษณะตามที่เกษตรกรต้องการหลังจากผ่านเครื่องล้างหัวมันเทศ จะอ้างอิงจากมันเทศที่เกษตรกรขายอยู่ในปัจจุบันดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11

ภาพที่ 10 มันเทศที่ล้างแล้วสามารถมีเศษดินติดอยู่บริเวณร่องของหัวมันเทศได้

ภาพที่ 11 มันเทศที่ล้างแล้วผิวไม่ควรจะมีรอยเนื่องจากจะทำให้มันเทศเน่าเมื่อกรอกใส่ถุง

ข้อกำหนดและข้อควรระวังของมันเทศมันเทศที่ใช้ชุดอบแห้ง โดยกำหนดมาตรฐานร่วมกับเกษตรกร ซึ่งผลการกำหนดลักษณะของมันเทศที่จะที่มีลักษณะตามที่เกษตรกรต้องการหลังจากชุดอบแห้งจะอ้างอิงจากมันเทศที่เกษตรกรขายอยู่ โดยต้องระวังไม่ให้เกิดการสุกของมันเทศ (ตายนึ่ง) เพราะจะส่งผลให้มันเทศเสียหลังจากบรรจุถุง ในปัจจุบันดังภาพที่ 12

ภาพที่ 12 การสุกของมันเทศ (ตายนึ่ง)

5 กำหนดข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณสุ่มตรวจสอบจำนวนมันเทศที่ล้างสะอาด และจำนวนมันเทศที่แห้ง สำหรับเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง

6 กำหนดข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงคุณภาพตรวจสอบจากเกษตรกร สำหรับเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำ

7 ข้อมูลเชิงคุณภาพตรวจสอบจากเกษตรกร สำหรับชุดอบแห้ง

4.3 ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการล้างเศษดินจากหัวมันโดยเครื่องล้างแรงดันน้ำและชุดอบแห้ง

4.3.1 ศึกษาปัจจัยที่ควบคุมและคาดว่าจะมีผลต่อการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยปัจจัยที่ควบคุมได้คือ แรงดันน้ำ ความเร็วรอบและเวลาในการทำงาน ดังที่แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

ปัจจัย	หน่วย	ระดับของปัจจัย		
		ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
A : BRUSHING SPEED (ความเร็วรอบลูกขัด)	ระดับ	1.0	2.0	3.0
B : WATER PRESSURE (แรงดันน้ำ)	บาร์	1.0	1.5	2.0
C : OPERATE TIME (เวลาในการทำงาน)	นาที	0.5	1.0	1.5

ตารางที่ 2 ตารางแสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยของชุดอบแห้งหัวมันเทศ

ปัจจัย	หน่วย	ระดับของปัจจัย		
		ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
A : TEMPERATURE (อุณหภูมิในการอบ)	C°	100	150	200
B : CONVEYER SPEED (ความเร็วรอบในการป้อน)	ระดับ	1	2	3

4.3.2 ปัจจัยอื่นๆจะใช้หลักการควบคุมและหลักการสุ่ม เพื่อให้สามารถควบคุมผลกระทบในกระบวนการ โดยปัจจัยที่ใช้การควบคุมคือ ผู้ทดลอง วันที่ทดลอง สถานที่ทดลอง และอื่นๆ ปัจจัยที่ใช้การสุ่ม คือ ลำดับการทดลองกลุ่มของหัวมันที่เข้ากระบวนการ

4.3.3 การออกแบบการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนมันเทศที่สะอาดหลังจากผ่านเครื่องล้างหัวมันเทศจะใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวนดังที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการออกแบบการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Brushing Speed	Water Pressure	Operate time	Goods rate
1	1	1	1	1	1	0.5	
2	2	1	1	3	1	0.5	
3	3	1	1	1	2	0.5	
4	4	1	1	3	2	0.5	
5	5	1	1	1	1	1.5	
6	6	1	1	3	1	1.5	
7	7	1	1	1	2	1.5	
8	8	1	1	3	2	1.5	
9	9	1	1	1	1	0.5	
10	10	1	1	3	1	0.5	
11	11	1	1	1	2	0.5	
12	12	1	1	3	2	0.5	
13	13	1	1	1	1	1.5	
14	14	1	1	3	1	1.5	
15	15	1	1	1	2	1.5	
16	16	1	1	3	2	1.5	
17	17	0	1	2	1.5	1	
18	18	0	1	2	1.5	1	
19	19	0	1	2	1.5	1	
20	20	0	1	2	1.5	1	

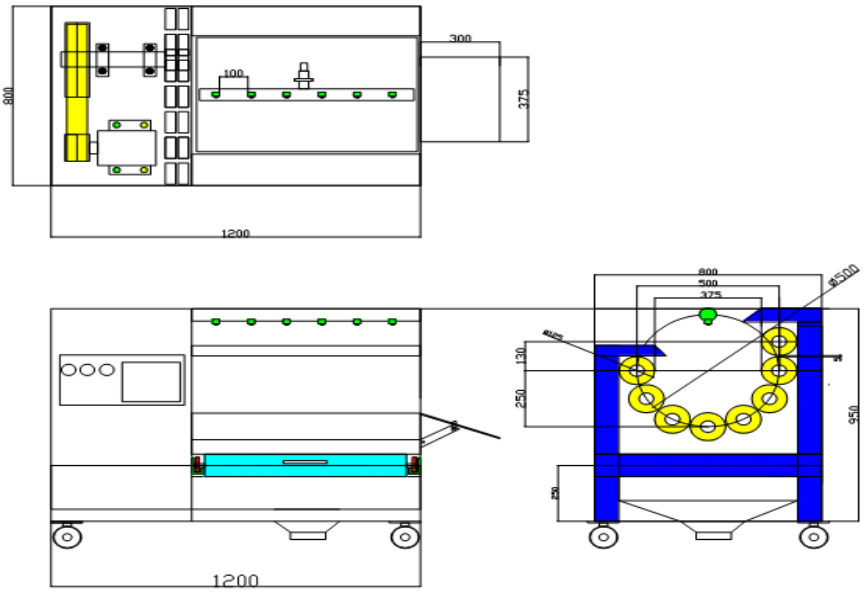
4.3.4 การออกแบบการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนมันเทศที่แห้งหลังจากผ่านชุดอบแห้งจะใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวนดังที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการออกแบบการทดลองของชุดอบแห้ง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temperature	Conveyer speed	Goods result
1	1	1	1	100	1	
2	2	1	1	200	1	
3	3	1	1	100	3	
4	4	1	1	200	3	
5	5	1	1	100	1	
6	6	1	1	200	1	
7	7	1	1	100	3	
8	8	1	1	200	3	
9	9	0	1	150	2	
10	10	0	1	150	2	
11	11	0	1	150	2	
12	12	0	1	150	2	

4.4 จัดเตรียมวัสดุและสร้างเครื่องล้างหัวมันโดยใช้แรงดันน้ำ

<u>Drawing outline ของเครื่องล้างมันเทศด้วยแรงดันน้ำ</u>



ภาพที่ 13 Drawing outline ของเครื่องล้างมันเทศด้วยแรงดันน้ำ

ภาพที่ 14 ภาพเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ (ด้านหน้าช่องใส่มันเทศ)

ภาพที่ 15 ภาพเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ (ด้านหลัง)

ภาพที่ 16 บริเวณจุดต่อน้ำเข้าเครื่อง (ด้านหลังเครื่อง)

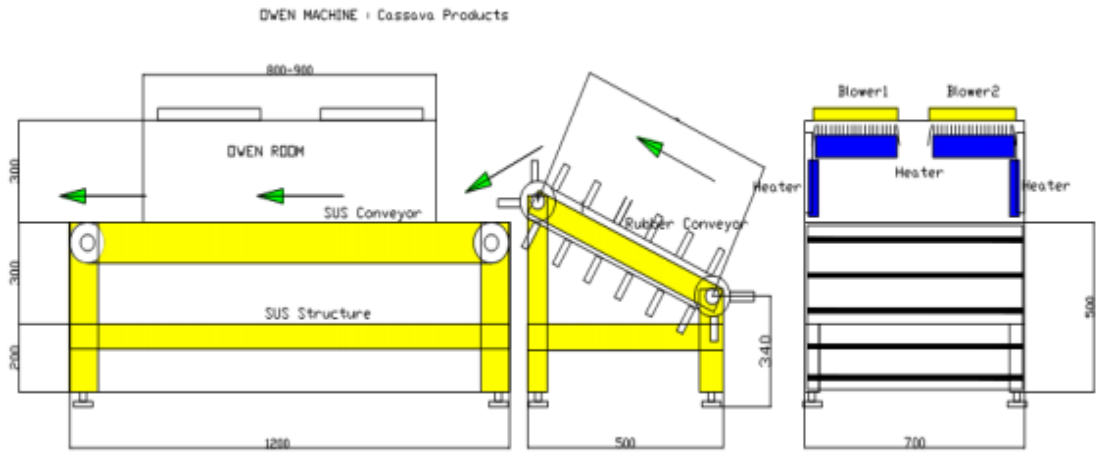
ภาพที่ 17 บริเวณจุดที่ปล่อยแรงดันน้ำและแปรงที่ใช้ร่วมกัน

ภาพที่ 18 -19 หัว Nozzle แรงดันน้ำและชุดวัดแรงดันน้ำ

ภาพที่ 20 ช่องเชื่อมต่อสำหรับส่งมันเทศเข้าชุดอบแห้ง

4.5 จัดเตรียมวัสดุและสร้างชุดอบแห้ง

<u>Drawing outline ของชุดอบแห้ง</u>



ภาพที่ 21 Drawing outline ของชุดอบแห้ง

ภาพที่ 22 ชุดอบแห้ง (ด้านหลังเครื่อง)

ภาพที่ 23 ชุดอบแห้ง (ด้านหน้าเครื่อง)

ภาพที่ 24 ชุดอบแห้ง (ทางป้อนมันเทศจากเครื่องล้างหัวมันเทศ)

ภาพที่ 25 ชุดสายพานลำเลียง (ทางป้อนมันเทศจากเครื่องล้างหัวมันเทศ)

ภาพที่ 26 – 27 ภาพชุดควบคุมอุณหภูมิของชุดอบแห้งมันเทศ

ภาพที่ 28 ภาพเครื่องล้างและชุดอบแห้งมันเทศ

4.6 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

4.6.1 ผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

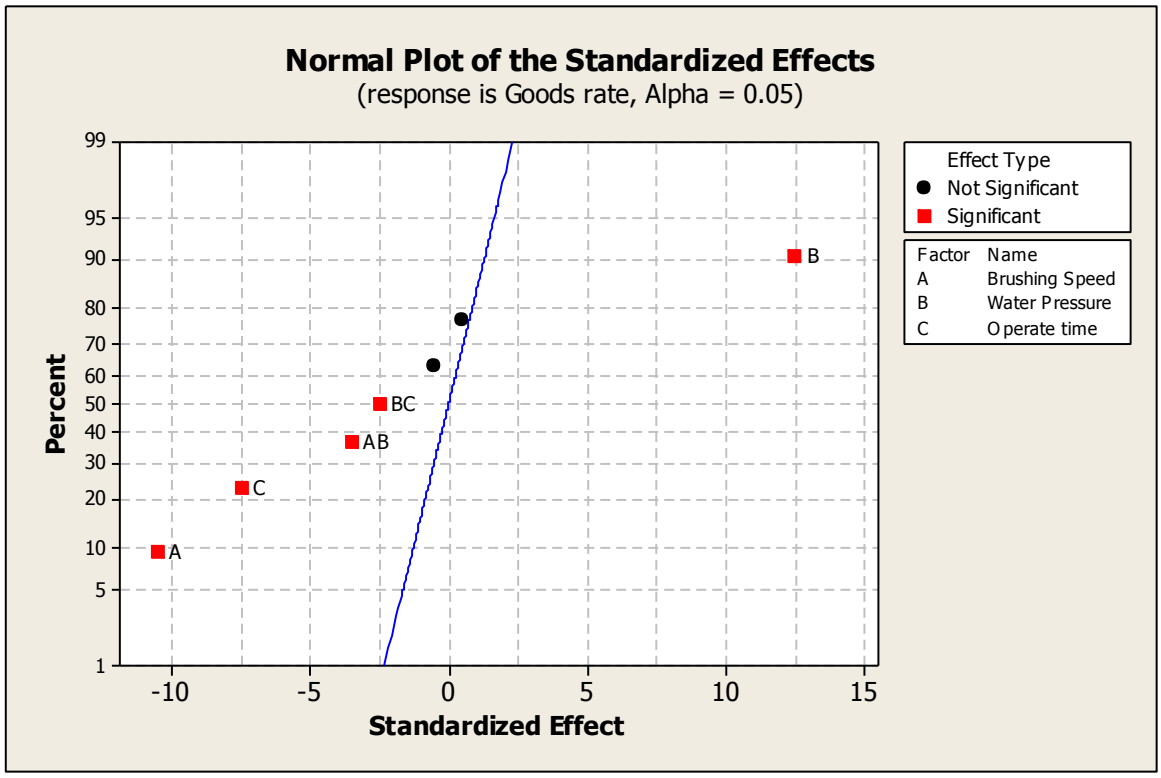
ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้มันเทศจำนวน 50 หัว แล้วนับจำนวนหัวที่ผ่านตามมาตรฐานที่กำหนดโดยเกษตรกร แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Brushing Speed	Water Pressure	Operate time	Goods rate
1	1	1	1	1	1	0.5	38
2	2	1	1	3	1	0.5	35
3	3	1	1	1	2	0.5	47
4	4	1	1	3	2	0.5	40
5	5	1	1	1	1	1.5	35
6	6	1	1	3	1	1.5	33
7	7	1	1	1	2	1.5	43
8	8	1	1	3	2	1.5	35
9	9	1	1	1	1	0.5	38
10	10	1	1	3	1	0.5	35
11	11	1	1	1	2	0.5	48
12	12	1	1	3	2	0.5	41
13	13	1	1	1	1	1.5	37
14	14	1	1	3	1	1.5	31
15	15	1	1	1	2	1.5	42
16	16	1	1	3	2	1.5	36
17	17	0	1	2	1.5	1	38
18	18	0	1	2	1.5	1	37
19	19	0	1	2	1.5	1	39
20	20	0	1	2	1.5	1	36

4.6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

ในการทดลองจะใช้วิธีการป้อนวัตถุดิบในแต่ละครั้งจำนวน 50 หัวและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม Minitab เพื่อคำนวณหาผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่ล้างสะอาดโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ โดยการพิจารณาปัจจัยที่มีนัยสำคัญจากพิจารณาจากค่า P-Value ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ดังภาพที่ 29 ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่ล้างสะอาดโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำดังนี้ ผลกระทบหลักที่ส่งผลคือความเร็วรอบ, แรงดันน้ำและเวลาในการทำงาน ผลกระทบร่วมที่ส่งผลคือ ความเร็วรอบและแรงดันน้ำ และ แรงดันน้ำและเวลาในการทำงาน ดังที่แสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7



ภาพที่ 29 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

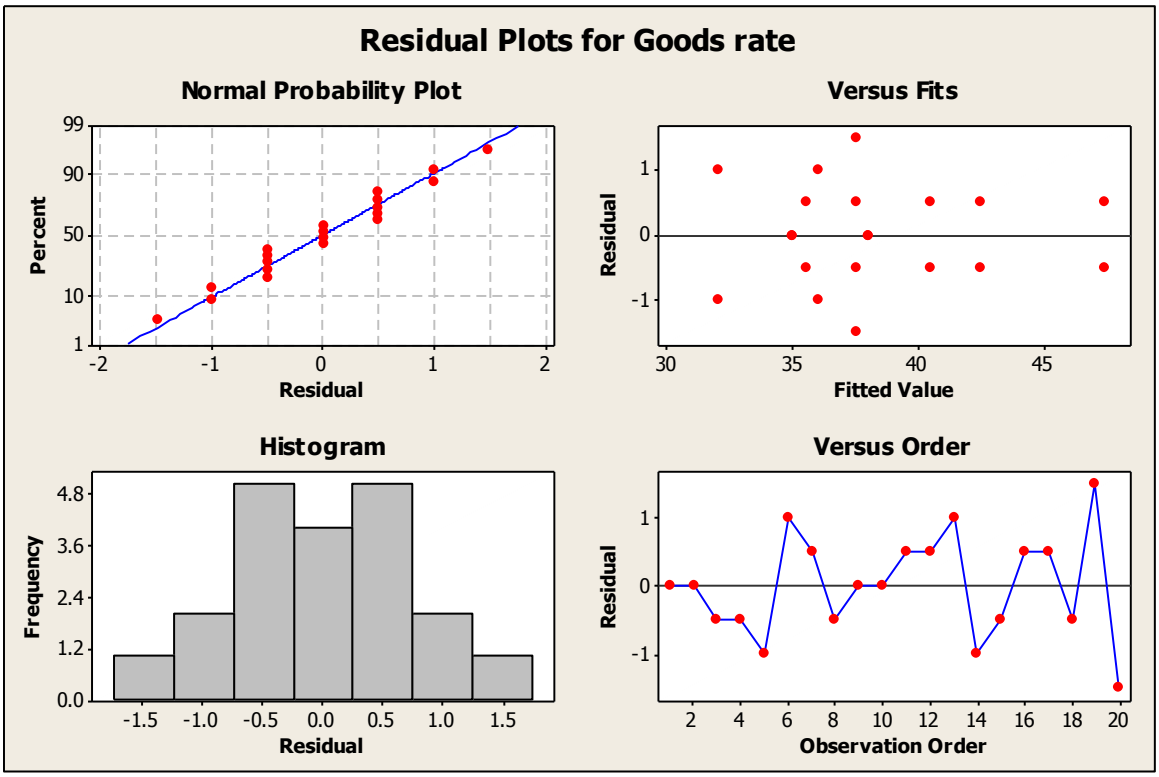
ตารางที่ 6 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบจากการทดลอง ของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	Significant
Constant		38.38	0.25	153.50	0.00	✔
Brushing Speed	-5.25	-2.63	0.25	-10.50	0.00	✔
Water Pressure	6.25	3.13	0.25	12.50	0.00	✔
Operate time	-3.75	-1.88	0.25	-7.50	0.00	✔
Brushing Speed*Water Pressure	-1.75	-0.88	0.25	-3.50	0.01	✔
Brushing Speed*Operate time	-0.25	-0.13	0.25	-0.50	0.63	
Water Pressure*Operate time	-1.25	-0.63	0.25	-2.50	0.03	✔
Brushing Speed*Water Pressure*	0.25	0.13	0.25	0.50	0.63	
Operate time						
Ct Pt		-0.88	0.56	-1.57	0.15	

ตารางที่ 7 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบแบบ ANOVA ของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	322.75	322.75	107.58	107.58	0.00
Brushing Speed	1	110.25	110.25	110.25	110.25	0.00
Water Pressure	1	156.25	156.25	156.25	156.25	0.00
Operate time	1	56.25	56.25	56.25	56.25	0.00
2-Way Interactions	3	18.75	18.75	6.25	6.25	0.01
Brushing Speed*Water Pressure	1	12.25	12.25	12.25	12.25	0.01
Brushing Speed*Operate time	1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.63
Water Pressure*Operate time	1	6.25	6.25	6.25	6.25	0.03
3-Way Interactions	1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.63
Brushing Speed*Water Pressure*Operate time	1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.63
Curvature	1	2.45	2.45	2.45	2.45	0.15
Residual Error	11	11	11	1		
Pure Error	11	11	11	1		
Total	19	355.2				

การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง ดังที่แสดงในภาพที่ 30 โดยจะวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้ ข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Probability Plot) ในส่วนของกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง ถ้าข้อมูลที่ได้แสดงแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีจุดใดออกนอกเส้นตรงอย่างชัดเจน แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ข้อมูลส่วนตกค้างมีเทียบกับค่าทำนาย (Versus Fits) ข้อมูลที่ได้จากการพล็อตกราฟในส่วนที่เหนือเส้นค่าส่วนตกค้างเท่ากับศูนย์ มีจำนวนใกล้เคียงกับข้อมูลในส่วนที่ต่ำกว่าเส้นค่าส่วนตกค้างเท่ากับศูนย์ ดังนั้น แสดงว่าข้อมูลส่วนตกค้างของมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ข้อมูลส่วนตกค้างเทียบกับลำดับของการทดลอง (Versus Order) ในส่วนของกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง พบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างไม่มีแนวโน้มแสดงว่ากระจายตัวอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลองซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนตกค้างความถูกต้องตามสมมุติฐานจึงสามารถนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้ได้



ภาพที่ 30 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลองของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

4.6.3 สรุปผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมัน โดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ผลพบว่าลักษณะของผลตอบที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) หรือไม่พบผลที่เป็นเทอมกำลังสอง ดังที่สรุปในตารางที่ 8 จึงสามารถวิเคราะห์ผลได้โดยไม่ต้องมีการทดลองแบบส่วนประสมกลางเพิ่มเติม ซึ่งผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการของการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ R-Sq = 96.90% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองมีเหมาะสม และจากการตรวจสอบ Lack of Fit ที่ระดับนัยสำคัญ พบว่าค่าที่ได้มากกว่าระดับนัยสำคัญ แสดงว่าแบบจำลองมีความพอเพียงในการฟิตข้อมูลและเป็นแบบจำลองที่ดี สามารถนำไปสร้างแบบจำลองถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความสะอาดของหัวมันเทศโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยแรงดันน้ำ ซึ่งจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถเขียนแบบจำลองได้ดังสมการที่ 9

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดของหัวมันเทศโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

รายละเอียดของผลตอบ	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ		
	ผลกระทบหลัก	ผลกระทบร่วม	ผลเทอมกำลังสอง
จำนวนมันเทศที่ล้างสะอาดโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	ความเร็วรอบลูกขัด	ความเร็วรอบลูกขัดและแรงดันน้ำ	-
	แรงดันน้ำ	แรงดันน้ำและเวลาในการทำงาน	
	เวลาในการทำงาน		

สมการที่ 9

จำนวนมันเทศที่สามารถล้างได้สะอาด = 38.37 -2.62(ความเร็วรอบลูกขัด) +3.12 (แรงดันน้ำ) –1.87 (เวลาในการทำงาน) -0.87(ความเร็วรอบลูกขัดและแรงดันน้ำ) -0.62(แรงดันน้ำและเวลาในการทำงาน)

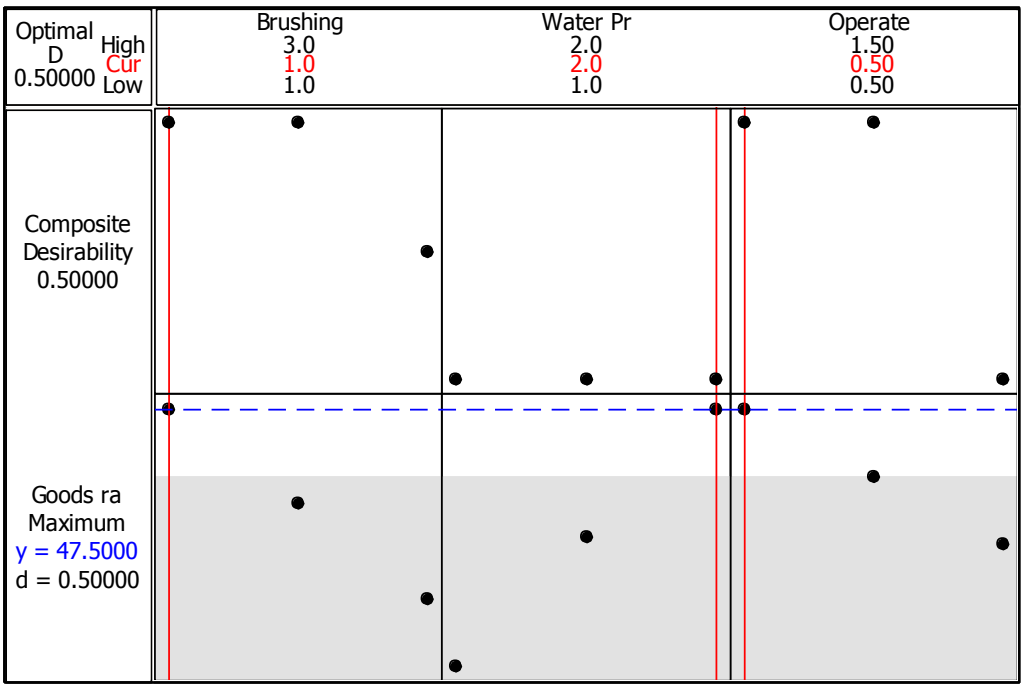
4.6.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อความสะอาดในการล้างหัวมัน โดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

จากแบบจำลอง จะนำมาเพื่อหาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ ซึ่งจะใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ของโปรแกรมมินิแทป โดยกำหนดข้อจำกัดในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมดังนี้ การกำหนดค่าเป้าหมาย โดยงานวิจัยต้องการให้ค่าเกิดจำนวนความสะอาดมากที่สุด จึงใช้การกำหนดเป็นแบบ Maximum ซึ่งจะต้องกำหนดค่าเป้าหมายของค่าจำนวนของมันเทศที่สะอาดหลังจากใช้เครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ โดยในการกำหนดค่าเป้าหมายจะกำหนดค่าเป้าหมายที่ 45 และค่าสูงสุดคือ 50 ซึ่งหมายความว่ามันเทศที่ผ่านเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ จะมีผลผลิตที่ได้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 90 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของค่าเป้าหมายจะกำหนดค่าไว้ที่ 1 เพื่อให้ความสำคัญกับผลที่ได้กับค่าเป้าหมายและค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ และการกำหนดค่าความสำคัญสำหรับแต่ละผลตอบจะกำหนดค่าที่ 1 เพื่อกำหนดว่าผลตอบมีความสำคัญเท่ากันซึ่งในการวิจัยนี้มีผลตอบเดียว ซึ่งจะแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อจำกัดในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

รายละเอียด	การตั้งค่าเป้าหมาย		การถ่วงน้ำหนัก	กำหนดความสำคัญ
	ค่าเป้าหมาย	ค่าสูงสุด	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ค่าความสำคัญ
จำนวนมันเทศที่ล้างสะอาดโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ	45	50	1	1

เมื่อใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ของโปรแกรมมินิแทป โดยกำหนดข้อจำกัดในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ ซึ่งผลนั้นแสดงได้ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 กราฟแสดงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

จากการใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ของโปรแกรมมินิแทป เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ พบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบของลูกขัดในระดับต่ำที่สุด แรงดันน้ำปรับระดับสูงที่สุด และเวลาในการทำงานน้อยที่สุด จึงสามารถสรุปสภาวะที่เหมาะสมที่สุดได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่สะอาดจากการล้างหัวมันโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	
	หน่วย	สภาวะที่เหมาะสมที่สุด
A : BRUSHING SPEED (ความเร็วรอบลูกขัด)	ระดับ	1.0
B : WATER PRESSURE (แรงดันน้ำ)	บาร์	2.0
C : OPERATE TIME (เวลาในการทำงาน)	นาที	0.5

4.7 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลองสำหรับชุดอบแห้ง

4.7.1 ผลการทดลองของชุดอบแห้ง

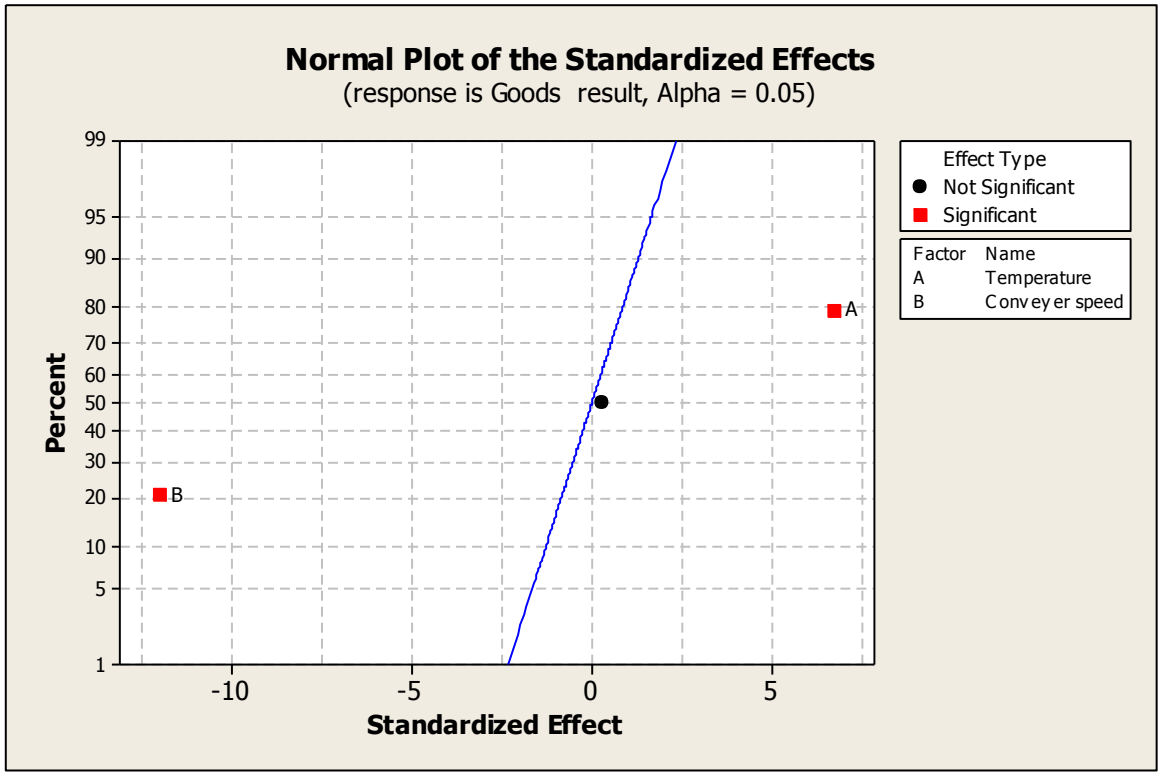
ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้มันเทศจำนวน 50 หัว แล้วนับจำนวนหัวที่ผ่านตามมาตรฐานที่กำหนดโดยเกษตรกร แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตารางแสดงผลการทดลองของชุดอบแห้ง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temperature	Conveyer speed	Goods result
1	1	1	1	100	1	41
2	2	1	1	200	1	46
3	3	1	1	100	3	31
4	4	1	1	200	3	35
5	5	1	1	100	1	41
6	6	1	1	200	1	47
7	7	1	1	100	3	30
8	8	1	1	200	3	38
9	9	0	1	150	2	39
10	10	0	1	150	2	37
11	11	0	1	150	2	40
12	12	0	1	150	2	39

4.7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของชุดอบแห้ง

ในการทดลองจะใช้วิธีการป้อนวัตถุดิบในแต่ละครั้งจำนวน 50 หัวและนำผลที่ได้มาการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม Minitab เพื่อคำนวณหาผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่แห้งโดยชุดอบแห้ง โดยการพิจารณาปัจจัยที่มีนัยสำคัญจากพิจารณาจากค่า P-Value ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ดังภาพที่ 32 ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่ที่แห้งโดยชุดอบแห้งดังนี้ ผลกระทบหลักที่ส่งผลคืออุณหภูมิและความเร็วรอบของสายพาน โดยผลกระทบร่วมไม่ส่งผลต่อความแห้งของมันเทศ ดังที่แสดงในตารางที่ 12 และตารางที่ 13



ภาพที่ 32 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญของชุดอบแห้งมันเทศ

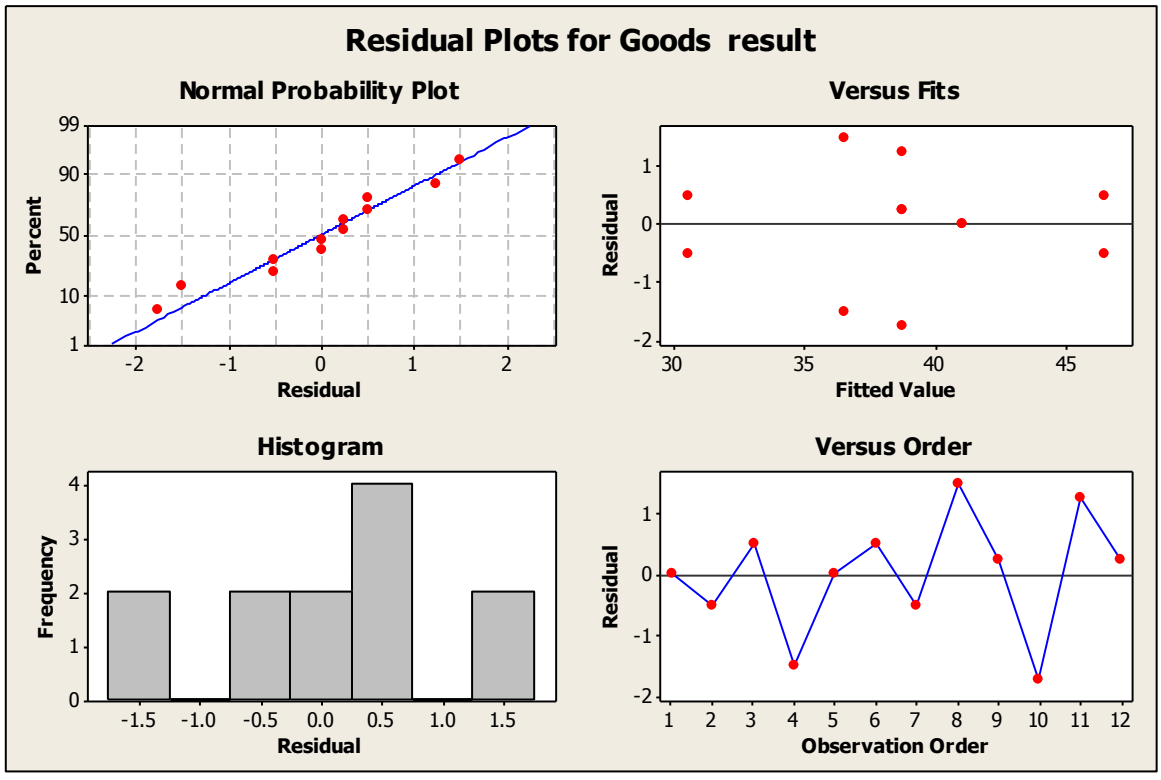
ตารางที่ 12 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบจากการทดลอง ของชุดอบแห้ง

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Vale	Significant
Constant		38.63	0.43	90.28	0.00	✔
Temperature	5.75	2.88	0.43	6.72	0.00	✔
Conveyer speed	-10.25	-5.13	0.43	-11.98	0.00	✔
Temperature*Conveyer speed	0.25	0.13	0.43	0.29	0.78	
Ct Pt		0.13	0.74	0.17	0.87	

ตารางที่ 13 ตารางแสดงการคำนวณผลกระทบแบบ ANOVA ของชุดอบแห้ง

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	276.25	276.25	138.13	94.33	0.00
Temperature	1	66.13	66.13	66.13	45.16	0.00
Conveyer speed	1	210.13	210.13	210.13	143.50	0.00
2-Way Interactions	1	0.13	0.13	0.13	0.09	0.78
Temperature*Conveyer speed	1	0.13	0.13	0.13	0.09	0.78
Curvature	1	0.04	0.04	0.04	0.03	0.87
Residual Error	7	10.25	10.25	1.46		
Pure Error	7	10.25	10.25	1.46		
Total	11	286.67				

การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง ดังที่แสดงในภาพที่ 33 โดยจะวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้ ข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Probability Plot) ในส่วนของกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง ถ้าข้อมูลที่ได้แสดงแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีจุดใดออกนอกเส้นตรงอย่างชัดเจน แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ข้อมูลส่วนตกค้างมีเทียบกับค่าทำนาย (Versus Fits) ข้อมูลที่ได้จากการพล็อตกราฟในส่วนที่เหนือเส้นค่าส่วนตกค้างเท่ากับศูนย์ มีจำนวนใกล้เคียงกับข้อมูลในส่วนที่ต่ำกว่าเส้นค่าส่วนตกค้างเท่ากับศูนย์ ดังนั้น แสดงว่าข้อมูลส่วนตกค้างของมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ข้อมูลส่วนตกค้างเทียบกับลำดับของการทดลอง (Versus Order) ในส่วนของกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง พบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างไม่มีแนวโน้มแสดงว่ากระจายตัวอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลองซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนตกค้างความถูกต้องตามสมมุติฐานจึงสามารถนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้ได้



ภาพที่ 33 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลองของชุดอบแห้งมันเทศ

4.7.3 สรุปผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อความแห้งของหัวมันเทศ โดยชุดอบแห้ง

จากผลการวิเคราะห์ผลพบว่าลักษณะของผลตอบที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) หรือไม่พบผลที่เป็นเทอมกำลังสอง ดังที่สรุปในตารางที่ 14 จึงสามารถวิเคราะห์ผลได้โดยไม่ต้องมีการทดลองแบบส่วนประสมกลางเพิ่มเติม ซึ่งผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการของการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ R-Sq = 96.42% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองมีเหมาะสม และจากการตรวจสอบ Lack of Fit ที่ระดับนัยสำคัญ พบว่าค่าที่ได้มากกว่าระดับนัยสำคัญ แสดงว่าแบบจำลองมีความพอเพียงในการฟิตข้อมูลและเป็นแบบจำลองที่ดี สามารถนำไปสร้างแบบจำลองถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความสะอาดของหัวมันเทศโดยเครื่องล้างหัวมันเทศโดยแรงดันน้ำ ซึ่งจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถเขียนแบบจำลองได้ดังสมการที่ 10

ตารางที่ 14 ตารางแสดงการสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความแห้งในการอบหัวมัน โดยชุดอบแห้ง

รายละเอียดของผลตอบ	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแห้งในการอบหัวมันโดยชุดอบแห้ง		
	ผลกระทบหลัก	ผลกระทบร่วม	ผลเทอมกำลังสอง
ความแห้งในการอบหัวมันโดยชุดอบแห้ง	อุณหภูมิในการอบ	-	-
	ความเร็วรอบในการป้อน		

จำนวนมันเทศที่สามารถล้างได้สะอาด = 38.62 +2.87(อุณหภูมิในการอบ) -5.12 (ความเร็วรอบในการป้อน)

สมการที่ 10

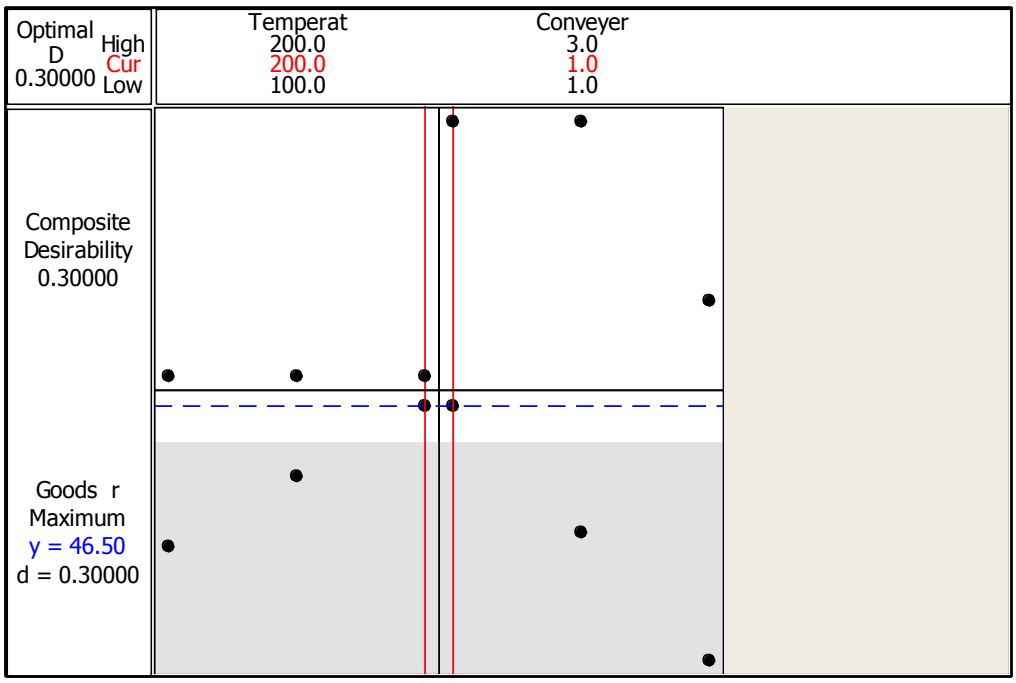
4.7.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อความแห้งในการอบหัวมัน โดยชุดอบแห้ง

จากแบบจำลอง จะนำมาเพื่อหาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ที่ส่งผลความแห้งในการอบหัวมัน โดยชุดอบแห้ง ซึ่งจะใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ของโปรแกรมมินิแทป โดยกำหนดข้อจำกัดในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมดังนี้ การกำหนดค่าเป้าหมาย โดยงานวิจัยต้องการให้ค่าเกิดหัวมันเทศที่แห้งหลังจากใช้ชุดอบแห้งมากที่สุด จึงใช้การกำหนดเป็นแบบ Maximum ซึ่งจะต้องกำหนดค่าเป้าหมายของค่าจำนวนของมันเทศที่ความแห้งในการอบหัวมัน โดยชุดอบแห้ง โดยในการกำหนดค่าเป้าหมายจะกำหนดค่าเป้าหมายที่ 45 และค่าสูงสุดคือ 50 ซึ่งหมายความว่ามันเทศที่ผ่านชุดอบแห้ง จะมีผลผลิตที่ได้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 90 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของค่าเป้าหมายจะกำหนดค่าไว้ที่ 1 เพื่อให้ความสำคัญกับผลที่ได้กับค่าเป้าหมายและค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ และการกำหนดค่าความสำคัญสำหรับแต่ละผลตอบจะกำหนดค่าที่ 1 เพื่อกำหนดว่าผลตอบมีความสำคัญเท่ากันซึ่งในการวิจัยนี้มีผลตอบเดียว ซึ่งจะแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 15

ตาราง 15 ข้อจำกัดในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

รายละเอียด	การตั้งค่าเป้าหมาย		การถ่วงน้ำหนัก	กำหนดความสำคัญ
	ค่าเป้าหมาย	ค่าสูงสุด	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ค่าความสำคัญ
ความแห้งในการอบหัวมันโดยชุดอบแห้ง	45	50	1	1

เมื่อใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ของโปรแกรมมินิแทป โดยกำหนดข้อจำกัดในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้จำนวนมันเทศที่ผ่านชุดอบแห้งได้ผลมากที่สุด ซึ่งผลนั้นแสดงได้ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 กราฟแสดงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้จำนวนมันเทศที่ผ่านชุดอบแห้งได้ผลมากที่สุด

จากการใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ของโปรแกรมมินิแทป เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้จำนวนมันเทศที่ผ่านชุดอบแห้งได้ผลมากที่สุด พบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิสูงสุด แรงดันน้ำปรับระดับสูงที่สุด และความเร็วรอบในการป้อนน้อยที่สุด จึงสามารถสรุปสภาวะที่เหมาะสมที่สุดได้ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลต่อจำนวนหัวมันเทศที่แห้งจากชุดอบแห้ง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	
	หน่วย	สภาวะที่เหมาะสมที่สุด
A : TEMPERATURE (อุณหภูมิในการอบ)	C°	200
B : CONVEYER SPEED (ความเร็วรอบในการป้อน)	ระดับ	1.0

4.8 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

รายการค่าใช้จ่ายซึ่งจะคิดเป็นต้นทุนต่อวัน โดยที่คิดจากเวลาการทำงานที่ 8 ชั่วโมง โดยเวลาในการทำงานอยู่ที่ 30 วินาทีต่อหนึ่งรอบการทำงานเมื่อรวมโดยเมื่อคิดเวลาเผื่อในการสูญเสียจากการทำงานโดยคิดที่ร้อยละ 50 จะใช้เวลาหนึ่งรอบประมาณ 45 วินาที

4.8.1 ค่าไฟฟ้าจากมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์ เมื่อนำมาคิดค่าไฟฟ้า

จำนวนหน่วยต่อวัน = 1,492 x (1/1000) x (8)

= 1492 x (0.001) x (8)

= 11.93 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 11.93x1.3576 = 16.20 บาทต่อวัน

4.8.2 ค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์ เมื่อนำมาคิดค่าไฟฟ้า

จำนวนหน่วยต่อวัน = 1,492 x (1/1000) x (8)

= 1492 x (0.001) x (8)

= 11.93 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 11.93x1.3576 = 16.20 บาทต่อวัน

4.8.3 ค่าแรงคนทำงานคิดจากราคาค่าแรงขั้นต่ำ โดยคิดจากการทำงาน 8 ชั่วโมง จำนวน 1 คน โดยมีค่าแรง 300 บาทต่อวัน

ดังนั้นเมื่อนำมาคิดค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมดจะได้เท่ากับ = 332.4 บาทต่อวัน

โดยที่สามารถทำงานได้ทั้งหมดในหนึ่งวันเท่ากับ (28,800 / 45) = 640 รอบต่อวัน

โดยที่หนึ่งรอบการทำงานจะ15 กิโลกรัม ดังนั้นจะสามารถทำงานได้ = 9,600 กิโลกรัมต่อวัน

คิดค่าเผื่อการสูญเสียในการทำงาน ร้อยละ 20 ต่อวัน = 7,680 กิโลกรัมต่อวัน

คิดเป็นต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัม = 0.05 บาทต่อกิโลกรัม

4.9 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานชุดแห้ง

รายการค่าใช้จ่ายซึ่งจะคิดเป็นต้นทุนต่อวัน โดยคิดจากเวลาการทำงานที่ 8 ชั่วโมง โดยเวลาในการชุดอบแห้งทำงานแบบต่อเนื่องจึงคิดปริมาณตามเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

4.8.1 ค่าไฟฟ้าจากฮีทเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 9 ตัว เมื่อนำมาคิดค่าไฟฟ้า

จำนวนหน่วยต่อวัน = 9,000 x (1/1000) x (8)

= 72 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 72 x 1.3576 = 97.74 บาทต่อวัน

4.8.2 ค่าไฟฟ้าจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า หรือ 746 วัตต์ เมื่อนำมาคิดค่าไฟฟ้า

จำนวนหน่วยต่อนาที = 746 x (1/1000) x (8)

= 5.96 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 5.96 x 1.3576 = 8.10 บาทต่อวัน

4.8.3 ค่าไฟฟ้าจากโบเวอร์ขนาด 1 แรงม้า 2 ตัวและ ½ แรงม้า 2 ตัว

จำนวนหน่วยต่อวัน = 1,492 x (1/1000) x (8)

= 1492 x (0.001) x (8)

= 11.93 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 11.93x1.3576 = 16.20 บาทต่อวัน

4.8.4 ค่าแรงคนทำงานสามารถใช้คนงานร่วมกับเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ

ดังนั้นเมื่อนำมาคิดค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมดจะได้เท่ากับ = 119.9 บาทต่อวัน

ชุดอบแห้งทำงานแบบต่อเนื่องจึงคิดปริมาณตามเครื่องล้างหัวมันเทศ = 7,680 กิโลกรัมต่อวัน

คิดเป็นต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัม = 0.06 บาทต่อกิโลกรัม

4.10 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานปัจจุบัน

รายการค่าใช้จ่ายซึ่งจะคิดเป็นต้นทุนต่อวัน โดยที่คิดจากเวลาการทำงานที่ 8 ชั่วโมง โดยเวลาในการทำงานอยู่ที่ 600 วินาที (10 นาที) ต่อหนึ่งรอบการทำงาน

4.8.1 ค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์ เมื่อนำมาคิดค่าไฟฟ้า

จำนวนหน่วยต่อวัน = 1,492 x (1/1000) x (8)

= 1492 x (0.001) x (8)

= 11.93 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 11.93x1.3576 = 16.20 บาทต่อวัน

4.8.3 ค่าใช้จ่ายจากพัดลมขนาด 250 วัตต์ จำนวน 2 ตัว เมื่อนำมาคิดค่าไฟฟ้า

จำนวนหน่วยต่อวัน = 500 x (1/1000) x (8)

= 500 x (0.001) x (8)

= 4 หน่วย / วัน

เมื่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.3576 บาท/หน่วย (ที่มา อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง)

ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อวัน = 4x1.3576 = 5.43 บาทต่อวัน

4.8.2 ค่าแรงคนทำงานคิดจากราคาค่าแรงขั้นต่ำ โดยคิดจากการทำงาน 8 ชั่วโมง จำนวน 2 คน

โดยมีค่าแรง 300 บาทต่อวัน = 600 บาทต่อวัน

ดังนั้นเมื่อนำมาคิดค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมดจะได้เท่ากับ = 621.63 บาทต่อวัน

โดยที่สามารถทำงานได้ทั้งหมดในหนึ่งวันเท่ากับ (28,800 / 600) = 48 รอบต่อวัน

โดยที่หนึ่งรอบการทำงานจะ50 กิโลกรัม ดังนั้นจะสามารถทำงานได้ = 2,400 กิโลกรัมต่อวัน

คิดค่าเผื่อการสูญเสียในการทำงาน ร้อยละ 20 ต่อวัน = 1,920 กิโลกรัมต่อวัน

คิดเป็นต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัม = 0.32 บาทต่อกิโลกรัม

4.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน

โดยนำข้อมูลการทำงานโดยใช้เครื่องจักรและข้อมูลการทำงานปัจจุบันจากหัวห้อ 4.8 ,4.9 และ 4.10 โดยนำมาเปรียบจำนวนขั้นตอนในการทำงานระหว่างการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปกติ ดังที่แสดงในตารางที่ 17 และเปรียบเทียบข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านปริมาณการผลิตและค่าใช้จ่ายระหว่างการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบันดังตารางที่ 18

ตารางที่ 17 ตารางเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานระหว่างการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน

ลักษณะการทำงาน	ขั้นตอนในการทำงาน		
	การแช่น้ำ	การล้างมันเทศ	การผึ่ง/อบแห้ง
การทำงานโดยเครื่องจักร		✔	✔
การทำงานปัจจุบัน	✔	✔	✔

ตารางที่ 18 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านปริมาณการผลิตและค่าใช้จ่ายระหว่างการทำงานโดยเครื่องจักรและการทำงานปัจจุบัน

ลักษณะการทำงาน	ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์			
	จำนวนคน (คน)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)	ปริมาณการทำงานต่อวัน (กิโลกรัม/วัน)	ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)
การทำงานโดยเครื่องจักร	1	452	7,680	0.05
การทำงานปัจจุบัน	2	621	1,920	0.30
ความแตกต่างที่ดีขึ้นจากการทำงานในปัจจุบัน	▼ 1	▼ 169	▲ 5,760	▼ 0.25

จากข้อมูลตารางที่ 16 และตารางที่ 17 จะเห็นได้การทำงานโดยเครื่องจักรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานโดยสามารถลดกระบวนการได้หนึ่งขั้นตอน และสามารถเพิ่มปริมาณการทำงานต่อวันได้ 5,760 กิโลกรัมต่อวัน ลดจำนวนคนในการทำงานได้ 1 คน รวมถึงต้นทุนในการทำงานลดลง 169 บาท โดยต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมลดลงร้อยละ 83.33

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

5.1 บทสรุปงานวิจัย

จากข้อมูลในชุมชนทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีการประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก โดยพืชเศรษฐกิจที่ชุมชนปลูกคือ มันเทศ ซึ่งในการสามารถแบ่งเกษตรกรเป็น 3 กลุ่ม หลักคือเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ เกษตรกรผู้รับจ้างล้างมันเทศ และเกษตรกรที่เป็นทั้งผู้ปลูกและผู้ล้างมันเทศโดย หลังจากที่เกษตรกรรับมันเทศหรือหลังจากที่เกษตรกรเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะนำมันเทศที่ได้มาผ่านกระบวนการล้างเพื่อส่งมันเทศนั้นขายต่อไป ซึ่งกระบวนการล้างนั้นจะใช้ต้องมีการนำมันเทศไปแช่น้ำและจึงนำมาใส่ถุงเพื่อฉีดน้ำทำความสะอาดและนำไปผึ่งให้แห้งเพื่อนำไปใส่ถุงรอการจำหน่าย ซึ่งมีความลำบากในกระบวนการ จึงมีการออกแบบเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งเพื่อช่วยลดเวลาในการทำงานและทำให้การทำงานของเกษตรกรมีประสิทธิภาพขึ้น โดยในการออกแบบเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำนั้น จะใช้แรงดันน้ำ (Water jet) ร่วมกับแปรงขัด (brushing) ใช้สำหรับปัดเศษดินออก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างให้มากขึ้น และในการสร้างชุดอบแห้งมันเทศจะใช้การเป่าลมเย็นที่มีความแรงและขนแปรงเพื่อไล่น้ำในส่วนแรก และจะเป่าลมผ่านฮีทเตอร์เพื่อให้เกิดลมร้อนทำให้น้ำที่ติดบริเวณหัวมันเทศหมาดเพื่อรอบรรจุถุง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำคือ แรงดันน้ำ ความเร็วรอบ เวลาในการทำงาน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของชุดอบแห้งคือ อุณหภูมิ และความเร็วของสายพาน โดยในการทดลองใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเพื่อใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานโดยผลจากการทดลองจะพบว่าเครื่องล้างหัวมันเทศและชุดอบแห้งสามารถลดจำนวนคนทำงานลงได้ 1 คน คิดเป็นรอยละ 50 โดยที่ค่าใช้จ่ายในการทำงานลดลง 169 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 27 และสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้มากขึ้น 5,760 กิโลกรัมต่อวันคิดเป็นร้อยละ 400 หรือเพิ่มขึ้น 4 เท่า และต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมลดลงร้อยละ 83.33

5.2 ผลที่ได้จากงานวิจัย

5.2.1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ

ในการสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง เป็นเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในกระบวนการล้างหัวมันเทศและกระบวนการอบแห้งมันเทศเพื่อรอการบรรจุถุงเพื่อจำหน่าย ซึ่งเมื่อใช้จะส่งผลให้สามารถลดขั้นตอนในกระบวนการทำงานได้ ซึ่งกระบวนการที่ลดลงคือกระบวนการแช่หัวมันเทศในน้ำเพื่อให้ดินที่ติดอยู่ที่หัวมันเทศอ่อนตัวลงเพื่อง่ายต่อการล้างโดยการฉีดน้ำ ซึ่งการใช้เครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำจะมีการเพิ่มแปรงในการขัดเพื่อช่วยลดขั้นตอนในกระบวนการดังกล่าว

5.2.2 การขยายขนาดการผลิต

ในการนำเครื่องมือและเครื่องจักรเข้ามาใช้ในกระบวนการทำงานนั้น จะทำให้เกิดการขยายขนาดการผลิตของเกษตรกร ซึ่งการใช้งานเครื่องจักรสามารถทำให้ความสามารถของเกษตรกรในการเพิ่มขึ้นและสามารถเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในการเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนในการผลิตเพื่อให้เกิดความสะดวกในกระบวนการทำงาน ซึ่งจากการสรุปผลจะแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องจักรในการเกษตรสามารถที่จะลดต้นทุนในการผลิตลงได้

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการสร้างเครื่องที่ใช้ในการล้างหัวมัน เพื่อใช้สำหรับเกษตรกรที่อยู่ในชุมชนทับน้ำ เพื่อลดเวลาในการทำงานของเกษตรกรผู้ปลูกหัวมันเทศ ทั้งจากการเพาะปลูกของเกษตรกรเองและที่เกษตรกรรับเหมาช่วงจากเกษตรกรรายอื่น รวมถึงหากมีการสนับสนุนโดยกาใช้เครื่องต้นแบบนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีในชุมชนจะสามารถเพิ่มทางเลือกในสร้างอาชีพในการผลิตเครื่องจักรในการเกษตรสำหรับชุมชน ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาในชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไปต่อไป

5.4 ผลประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินด้านเครื่องจักรกลทางการเกษตร (Agricultural Machinery) จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรสามารถใช้เพื่อการทุ่นแรงเกษตรกร เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงการเพิ่มคุณภาพของผลิตผลของเกษตรกรในชุมชน ซึ่งเครื่องจักรกลทางการเกษตรเป็นปัจจัยในการสนับสนุนอุตสาหกรรมทางการเกษตร โดยในปัจจุบันการผลิตเครื่องจักรกลทางการเกษตรสามารถแบ่งระดับเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตเครื่องจักรกลทางการเกษตรออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ High-End Technology ระดับ Middle-End และ Low-End Technology ซึ่งในการผลิตเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง สามารถใช้เทคโนโลยีในการผลิตต่ำหรือ Low-End Technology ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถผลิตเครื่องดังกล่าวในครัวเรือนได้ จึงทำให้เกษตรกรสามารถประยุกต์และต่อยอดเทคโนโลยีเพื่อใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะของสภาพดินและสภาพของหัวมันเทศต่างๆกันไป

ระบบการทำงานของเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง สามารถประยุกต์ใช้วัสดุในการสร้างเครื่องจักรที่มีราคาถูกลงเพื่อลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งเครื่องจักรต้นแบบใช้วัสดุที่มีราคาสูง เช่นตัวเครื่องทั้งหมดใช้วัสดุเป็นสแตนเลส และแปรงที่ใช้ในการขัดเป็นขนแปรงระดับเดียวกับที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงมีการติดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเพื่อตรวจจับค่าในการทำงานของเครื่อง จึงทำให้เครื่องจักรต้นแบบนั้นมีราคาสูง แต่หากมีการนำเทคโนโลยีไปถ่ายทอดลงสู่ชุชมจะทำให้ชุมชนสามารถเลิกและเปลี่ยนแปลงวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักรให้มีความเหมาะสมตามสภาพพื้นที่ของแต่ละชุมชุน ซึ่งเมื่อพิจารณาการตลาดของเครื่องจักรกลทางการเกษตรของไทยจาก ข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กรทรวงอุตสาหกรรม ปี 2554 พบว่า ประเทศไทยมีแนวโน้มการนำเข้าเครื่องจักรทางการเกษตรจากประเทศที่พัฒนาแล้ว เพิ่มขึ้นซึ่งในแต่ละปีมีมูลค่าประมาณ 11,000 ล้านบาท และมีการส่งออกเครื่องจักรทางการเกษตรให้กับกลุ่มประเทศในอาเซียน ร้อยละ 57.11 ซึ่งเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้งสามารถที่จะใช้เทคโนโลยีในชุมชนผลิต ซึ่งจะนำไปสู่การลดการนำเครื่องจักรจากต่างประเทศเข้ามาในอุตสาหกรรมการเกษตรไทย รวมถึงอาจมีการพัฒนาจากชุมชุนเพื่อให้เกิดการส่งออกเครื่องจักรไปในประเทศอีกด้วย

บรรณานุกรม

เจษฎา อุดมกิจมงคล,2554 “รายงานการศึกษา อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร” ,สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 1 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

จรัญ และคณะ,2557 ”โครงการบูรณาการวิชาการแก่สังคมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน การวิจัยตู้อบสับประรดอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของชุมชนนางแลจังหวัดเชียงราย”,งานวิจัยฉบับสมบูรณ์

จิราวัลย์ จิตรถเวช, “หลักการสำคัญพื้นฐานในการออกแบบการทดลอง” ,การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลอง , 2-9

จินตนาพร และคณะ ,2555,”ผลกระทบของอุณหภูมิและความหนาของชั้นวัสดุต่อคุณภาพของกากมะพร้าว”,วรสาร วิทยาศาสตร์เกษตร,ปีที่ 43 ฉบับที่ 3

ปารเมศ ชุติมา , “การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล, การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล การออกแบบเศษส่วนแบบแฟกทอเรียลแบบสองระดับ” , การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม (2545),217-293,315-354

รัชกุล กุลดิลก, “การปรับปรุงประสิทธิภาพการอบชิ้นงานในขบวนการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ควอด แฟล็ท โนลีด โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง” ,รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2550

สรรฐติชัย ชีวสุทธิศิลป์, 2555, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบการทดลอง

สราวุฒิ ทองเจิมม, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง”,รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2551

A.M. Deana, S.M. Lewisb P.M.v.d. Vena, J.T.M.Wijnena, (2002) “Comparison of group screening strategies for factorial experiments”, Computational Statistics & Data Analysis, 39,287–297

Anirban Guha et.al, (2011),” An experimental and numerical study of water jet cleaning process”, Journal of Materials Processing Technology, 610–618

D.C. Mongomery, (2009) “Two-Level factorial designs, Two-Level fractional factorial designs, Response surface methodology” , Design and analysis of experiment 7th Edition ,207-204,289-349,417-480

D.C..Montgomory, G.C. Runger ,(2003), ”Design of Experiments with Several Factors”, Applied Sratistics and Probability for Engineers,549-555

D.C..Montgomory, G.C. Runger, N.F..Hubrlr ,(2007),"The Strategy of Experiment", Engineering Statistics,341-393

D.I. Wilson et.al, (2015), "Cleaning of a model foods oil from horizontal plates by a moving Vertical water jet", Chemical EngineeringScience, 450–459

R Ryther, (2013)" Cleaning and Disinfection Technologies (Clean-In-Place, Clean-Out-of-Place)", Food Technologies

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพการลงพื้นที่ชุมชนทับน้ำ

ภาพพื้นที่การปลูกและการเก็บเกี่ยวมันเทศของชุมชนทับน้ำ

ภาพพื้นที่การปลูกและการเก็บเกี่ยวมันเทศของชุมชนทับน้ำ

ภาพการเก็บเกี่ยวมันเทศของชุมชนทับน้ำ

ภาพการนำผลผลิตของชุมชนไปใช้ในงานวิจัย

เจ้าหน้าที่ อบต. ทับน้ำเข้าช่วยลงพื้นที่ในชุมชนทับน้ำ

เจ้าหน้าที่ อบต. ทับน้ำเข้าช่วยลงพื้นที่ในชุมชนทับน้ำ

เกษตรกรตำบลทับน้ำ (ป้ามุ้ย) ผู้ให้ความอนุเคราะห์ขายมันเทศให้จำนวนมากเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพของเกษตรกรที่ผู้วิจัยนำผลิตไปใช้ในงานวิจัย

เกษตรกรและมันเทศที่นำไปใช้งานวิจัย

ผู้วิจัยและเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพเครื่องจักรขณะที่อยู่ในช่วงการสร้าง

ภาพการทดลองก่อนมีการเปลี่ยนขนแปรง

ลักษณะของมันเทศชุดแรกที่ทำการทดลองจะเห็นได้ว่าผิวของมันเทศเกิดการเสียหาย

ลักษณะของมันเทศชุดแรกที่ทำการทดลองจะเห็นได้ว่าผิวของมันเทศเกิดการเสียหาย

ลักษณะของมันเทศชุดแรกที่ทำการทดลองจะเห็นได้ว่าผิวของมันเทศเกิดการเสียหาย

การเตรียมการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อให้ไม่ส่งผลต่อผิวของมันเทศขณะทำงาน

ภาพการขนส่งเครื่องจักรเพื่อนำกลับมาทดลอง

ภาพการขนส่งเครื่องจักรเพื่อนำกลับมาทดลอง

ภาพการขนส่งเครื่องจักรเพื่อนำกลับมาทดลอง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

ภาพขณะจัดโครงการเพื่อให้เกษตรกรได้ดูการทำงานและร่วมกำหนดรายละเอียดผลการทำงานของเครื่อง

มันเทศที่ใช้ในกระบวนการระหว่างจัดโครงการ

นักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเข้าร่วมศึกษาการทำงานเพื่อนำไปใช้ในวิชาโครงการ

นักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเข้าร่วมศึกษาการทำงานเพื่อนำไปใช้ในวิชาโครงการ

นักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเข้าร่วมศึกษาการทำงานเพื่อนำไปใช้ในวิชาโครงการ

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** นายฉัตรพล พิมพา

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **:** Mr.Chatpon Phimpha

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) : อาจารย์

สังกัด/หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ที่อยู่ : 450 หมู่ที่ 6ซอย – ถนน สุพรรณ-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 72130

โทรศัพท์ 035-4343016 **โทรสาร** 035-434016

โทรศัพท์มือถือ 086-1337879 **E-mail** : Perpetually09@gmail.com

สถานที่ติดต่อ (ที่บ้าน): 33/74 หมู่ 6 ต.หัวรอ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

โทรศัพท์ 035-231349 **โทรสาร -**

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี-เอก ; สาขา และสถาบัน)

ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี	พ.ศ. 2547
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	พ.ศ. 2556

ภาระงานในปัจจุบัน (งานประจำที่รับผิดชอบ)

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานวิจัยที่รับผิดชอบ *(กำลังดำเนินงาน) (ชื่อโครงการ แหล่งทุน และระยะเวลาดำเนินการ)*

- การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยในกระบวนการหมุนขึ้นรูปที่ส่งผลต่อความหนาของถ้วยอลูมิเนียมโดยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน งบประมาณเงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัย พ.ศ. 2558

ผลงานที่ผ่านมา

ก. ผลงานวิจัยตีพิมพ์ (ระดับชาติ และระดับนานาชาติ) (ชื่อผลงาน ชื่อวารสาร แหล่งทุน ปีที่พิมพ์)

[1] ฉัตรพล พิมพา และ สรรฐติชัย ชีวสุทธิศิลป์. “การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไอโซเลเตอร์โดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบ” วรสารวิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 21 เล่มที่ 1 มกราคม – เมษายน 2557

ประวัตินักวิจัย

นักวิจัยร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** นายสุประวิทย์ เมืองเจริญ

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **:** Mr.Supavit Muangjaroen

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) : อาจารย์

สังกัด/หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ที่อยู่ : 450 หมู่ที่ 6ซอย – ถนน สุพรรณ-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 72130

โทรศัพท์ 035-4343016 **โทรสาร** 035-434016

โทรศัพท์มือถือ 089-0762836 **E-mail** : Supavitjack@gmail.com

สถานที่ติดต่อ (ที่บ้าน): 92/1 หมู่ที่ 3 ต.สี่ร้อย อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง 14110

โทรศัพท์ - **โทรสาร -**

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี-เอก ; สาขา และสถาบัน)

ระดับปริญญาตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาลัยเขตเทเวศร์ พ.ศ. 2547
ระดับปริญญาโท	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2555

ภาระงานในปัจจุบัน (งานประจำที่รับผิดชอบ)

ผู้ช่วยฝ่ายพัฒนานักศึกษาและกิจการพิเศษสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม หัวหน้าโครงการบริการวิชาการสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม หัวหน้าโครงการแนะแนวของสาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

งานวิจัยที่รับผิดชอบ *(กำลังดำเนินงาน) (ชื่อโครงการ แหล่งทุน และระยะเวลาดำเนินการ)*

- การออกแบบและทดสอบวงจรกรองความถี่แบบดิจิตอลที่มีผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดด้วยการทดลองสัญญาณเสียง (TEST)งบประมาณเงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัย พ.ศ. 2558

ผลงานที่ผ่านมา

- การออกแบบและทดสอบวงจรกรองความถี่แบบดิจิตอล (LPF) ที่มีผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด งบประมาณจากเงินผลประโยชน์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2556
- การออกแบบและทดสอบวงจรกรองความถี่แบบดิจิตอลที่มีผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด งบประมาณเงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัย พ.ศ. 2557

ก. ผลงานวิจัยตีพิมพ์ (ระดับชาติ และระดับนานาชาติ) (ชื่อผลงาน ชื่อวารสาร แหล่งทุน ปีที่พิมพ์)

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 บทความวิจัยเรื่อง ระบบควบคุมอุหภมิและความชื้นภายในโรงเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้า งบประมาณจากเงินผลประโยชน์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พ.ศ.2557

ประวัตินักวิจัย

นักวิจัยร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** นายจีรัฐติกุล กล้าหาญ

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **:** Mr.Jeerattikul Kanhar

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) : อาจารย์

สังกัด/หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ที่อยู่ : 450 หมู่ที่ 6ซอย – ถนน สุพรรณ-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 72130

โทรศัพท์ 035-4343016 **โทรสาร** 035-434016

โทรศัพท์มือถือ 084-4466145 **E-mail** : Nat_tapon_golf@hotmail.com

สถานที่ติดต่อ (ที่บ้าน) : 148 ม.7 ต.วังน้ำซับ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี 72140

โทรศัพท์ - **โทรสาร -**

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี-เอก ; สาขา และสถาบัน)

ระดับปริญญาตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	พ.ศ. 2548
ระดับปริญญาโท	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	พ.ศ. 2552

ภาระงานในปัจจุบัน (งานประจำที่รับผิดชอบ)

อาจารย์ประจำหลักสูตร อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล

งานวิจัยที่รับผิดชอบ *(กำลังดำเนินงาน) (ชื่อโครงการ แหล่งทุน และระยะเวลาดำเนินการ)*

ผลงานที่ผ่านมา

- การออกแบบและสร้างเครื่องสไลค์แบบเส้นและแผ่น ร่วมกับกลุ่มแม่บ้านยางขาคีม จ.สุพรรณบุรี
- การพัฒนาเครื่องผ่าจาวตาล ร่วมกับกลุ่มแม่บ้านสัมประซิว จ.สุพรรณบุรี.
- การผลิตแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับโดยการเกิดแก๊สซิฟิเคชั่น
- การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์การเกษตรที่ใช้แก๊สชีวมวล
- การศึกษาอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากเตาเผ่าเศษวัสดุเหลือใช้ในการเพราะเห็ด
- การออกแบบเครื่องตัดเตรียมทอดมันสำปะรัง สำหรับการเพาะปลูก
- การออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

ประวัตินักวิจัย

นักวิจัยร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** นายปิติชน เปี่ยมบริบูรณ์

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **:** Mr.Pitichon Piamboriboon

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) : อาจารย์

สังกัด/หน่วยงาน สาขาวิชาเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ที่อยู่ : 450 หมู่ที่ 6ซอย – ถนน สุพรรณ-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 72130

โทรศัพท์ 035-4343016 **โทรสาร** 035-434016

โทรศัพท์มือถือ 088-4564080 **E-mail** : goldcup45@hotmail.com

สถานที่ติดต่อ (ที่บ้าน): 249/37 หมู่ 5 ต.ท่าระหัด อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี

โทรศัพท์ - **โทรสาร -**

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี-เอก ; สาขา และสถาบัน)

ระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

ระดับปริญญาโท ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาระงานในปัจจุบัน (งานประจำที่รับผิดชอบ)

ผู้อำนวยการกองบริหารทรัพยากร สุพรรณบุรี

ประวัตินักวิจัย

นักวิจัยร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** ดร.ธงชัย อรัญชัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **:** Thongchai Arunchai, Ph.D

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) : อาจารย์

สังกัด/หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ที่อยู่ : 450 หมู่ที่ 6ซอย – ถนน สุพรรณ-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 72130

โทรศัพท์ 035-4343016 **โทรสาร** 035-434016

โทรศัพท์มือถือ 086-6426662 **E-mail** : T_CH@hotmail.com

สถานที่ติดต่อ (ที่บ้าน) : 69 หมู่ 9 ต.สถาน อ.เชียงของ จ.เชียงราย

โทรศัพท์ - **โทรสาร -**

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี-เอก ; สาขา และสถาบัน)

ระดับปริญญาตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ	พ.ศ. 2545
ระดับปริญญาโท	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	พ.ศ. 2548
ระดับปริญญาเอก	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยนเรศวร	พ.ศ. 2557

ภาระงานในปัจจุบัน (งานประจำที่รับผิดชอบ)

ผู้ช่วยคณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานวิจัยที่รับผิดชอบ *(กำลังดำเนินงาน) (ชื่อโครงการ แหล่งทุน และระยะเวลาดำเนินการ)*

ผลงานที่ผ่านมา

- Resistance spot welding optimization based on artificial neural network.
- Optimal cost drivers, in activity base on artificial neural network.
- ทัศนคติของสถานประกอบการต่อแรงงานหญิงที่จบด้านช่างอุตสาหกรรม กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์