

การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องเป่าแห้งมันเทศในชุมชนกับน้ำ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการออกแบบการทดลอง

THE OPTIMAL CONDITION OF SWEET POTATO BLOW DRYER MACHINE IN THAP NAM COMMUNITY PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA BY DESIGN OF EXPERIMENT

วันที่รับ : 4 พฤศจิกายน 2565

ฉัตรพล พิมพา^{1*}, บัณฑิตา ภูทรัพย์มี โปณะทอง² และ ศิวพร แน่นหนา³

วันที่แก้ไข : 16 มกราคม 2566

Chatpon Phimpha^{1*}, Banthita Poosabmee Ponatong² and Siwaporn Nannar³

วันที่ตอบรับ : 8 กุมภาพันธ์ 2566

¹คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

¹Faculty of industrial Education, Rajamangala University of Technology

Suvarnabhumi, Suphanburi 72130

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

²Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology

Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80110

³คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000

³Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000

*corresponding author e-mail: Perpetually09@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตั้งเครื่องเป่าแห้งมันเทศและเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศ ซึ่งทำงานร่วมกับเกษตรกรในตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลและการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดเป็นวิธีการทางสถิติที่ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยของเครื่องจักรเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรจะสามารถทำงานได้ตามที่เกษตรกรต้องการ ผู้วิจัยใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิของตัวทำความร้อนและความเร็วของสายพานสำหรับผลตอบของ งานวิจัยคือ จำนวนมันเทศที่ผ่านตามาตรฐานของเกษตรกร ผลการทดลองพบว่าผลกระทบหลักของปัจจัยทั้งสองปัจจัยส่งผลกระทบต่อผลตอบของงานวิจัย สำหรับผลกระทบร่วมไม่ส่งผลกระทบต่อผลตอบของงานวิจัย จากนั้นจึงนำข้อมูลจากการทดลองไปหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดพบว่าการปรับตั้งอุณหภูมิของตัวทำความร้อนไว้ที่ 200 องศาเซลเซียสและการปรับความเร็วของสายพานไว้ที่ 1 เมตรต่อนาที จะทำให้มันเทศแห้งและสามารถบรรจุถุงจำหน่ายได้โดยไม่ต้องผึ่งมันเทศ งานวิจัยนี้ส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดเวลาในการผึ่งแห้งมันเทศเมื่อเปรียบเทียบการผลิตแบบเดิมกับการผลิตโดยเครื่องจักรนั้นจะพบว่า การผลิตมันเทศ 10 ตัน ด้วยวิธีแบบเดิมจะต้องใช้เวลาผึ่งมันเทศให้แห้ง 3 – 5 วัน ในขณะที่เครื่องจักรจะใช้เวลา 11.1 ชั่วโมง

คำสำคัญ: มันเทศ, การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด, การออกแบบการทดลอง, เครื่องเป่าแห้ง

ABSTRACT

This research aimed to analyze the effects of factors affecting the setting of sweet potato blow dryer machine, and to determine the optimal conditions for the operation of sweet potato blow dryer machine in order to be implemented in the work with agriculturists in Thap Nam district Bang Prahan District of Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. Factorial experimental design and determination of optimal conditions was the statistical method used to analyze machine factors to ensure that the machines could perform and match the requirements of agriculturists. Researchers applied factorial experimental designs to analyze the impact of two factors: heater temperature and conveyer speed. The research response revealed that the number of sweet potatoes met agriculturists' standards. The results showed that the main effects of both factors affecting the response of the research, and the interaction effects did not affect the response of the research. The data from the experiment was then taken to the optimal conditions. This research had resulted in agriculturists reducing time of desiccation of sweet potatoes. When comparing traditional production with production by machine, it was evident that producing 10 tons of sweet potatoes using traditional methods required 3 to 5 days to dry the sweet potatoes, while using a machine took 11.1 hours.

Keyword: Sweet Potato, Optimal Condition, Design of Experiment, Blow Dyer Machine

บทนำ

จากข้อมูลดัชนีผลผลิตสินค้าทางการเกษตรและดัชนีราคาสินค้าทางการเกษตรที่เกษตรกรขายได้ในช่วงปี พ.ศ. 2565 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2564 จะพบว่าระดับของผลผลิตสินค้าทางการเกษตรมีการเติบโตขึ้น ร้อยละ 6.0 และดัชนีราคาสินค้าทางการเกษตรที่เกษตรกรขายได้มีการเติบโตขึ้นร้อยละ 9.7 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) หนึ่งในผลผลิตทางการเกษตรที่มีการเติบโตขึ้นคือผลผลิตประเภทพืชไร่ ซึ่งรัฐส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกโดยเฉพาะมันเทศ เนื่องจากมันเทศเป็นพืชที่ใช้น้ำน้อย และเป็นพืชทางเลือกของเกษตรกรสำหรับการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งหรือปลูกเพื่อทดแทนการทำนา โดยการเพาะปลูกมันเทศควรพิจารณาแหล่งน้ำสำรองและพิจารณาแรงงานในกระบวนการเก็บเกี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) การเพาะปลูกมันเทศนั้นสามารถเพาะปลูกในดินได้หลายประเภท ไม่เฉพาะเจาะจงจะต้องปลูกในดินอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น รวมถึงสามารถปลูกได้ในหลายฤดูกาลจึงส่งผลให้การเพาะปลูกมันเทศสามารถที่จะเพาะปลูกได้ในหลายพื้นที่

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลางตอนล่างที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบลุ่มที่มีแม่น้ำไหลผ่าน 4 สาย ประกอบด้วย แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำลพบุรี แม่น้ำน้อยและแม่น้ำเจ้าพระยา ด้วยความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่จึงส่งผลให้จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก (สำนักงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2563) โดยในพื้นที่ตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกมันเทศเป็นพืชเศรษฐกิจในชุมชนโดยพื้นที่อำเภอบางปะหันมีปริมาณการผลิตมันเทศเฉลี่ย 2,714 ตันต่อปี (พาขวัญ ทองรักษ์ และคนอื่น ๆ, 2559) และมียอดขายในช่วงที่ตลาดมีความต้องการสินค้ามากกว่า 10 ตันต่อวัน ในส่วนของกระบวนการผลิตมันเทศเพื่อจำหน่ายนั้นมี 4 ขั้นตอนคือการเก็บเกี่ยว การล้าง การผึ่งแห้ง และการบรรจุถุง โดยเก็บเกี่ยวมันเทศจากแปลงปลูก จากนั้นจึงนำมาล้างทำความสะอาดดินที่ติดบนผิวของมันเทศด้วยความระมัดระวังเพราะหากเกิดรอยถลอกบริเวณผิวของมันเทศจะส่งผลให้มันเทศเน่าเสียได้ เมื่อล้างสะอาดแล้วจึงนำมันเทศมาผึ่งลมจนกว่ามันเทศจะแห้งแล้วจึงทำการบรรจุใส่ถุงเพื่อส่งขาย (ฉัตรพล พิมพา, 2560, น.83) การผึ่งลมให้มันเทศแห้งนั้น ควรผึ่งมันเทศให้แห้งในสถานที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 3 – 5 วัน หรือจนกว่าเกษตรกรจะเห็นว่าผิวของมันเทศแห้งแล้วจึงจะนำมาบรรจุจำหน่าย เนื่องจากความแห้งของผิวมันเทศจะส่งผลต่ออายุการจัดเก็บ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2559) จะเห็นได้ว่าการผึ่งมันเทศนั้น ใช้เวลานานและใช้พื้นที่ในการผึ่งเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นเกษตรกรและนักวิจัยจึงร่วมกันสร้างเครื่องเป่าแห้งมันเทศโดยใช้ลมร้อน เพื่อใช้แทนการผึ่งมันเทศหลังจากที่ผ่าน

กระบวนการล้างเพื่อเป็นการลดทั้งเวลาและสถานที่ในกระบวนการฝังมันเทศ สำหรับกลไกการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศ นั้นมีลักษณะเป็นสายพานที่ใช้ลำเลียงมันเทศผ่านส่วนที่มีการเป่าลมร้อนลงบนผิวของมันเทศ ซึ่งอุณหภูมิของตัวทำความร้อน และความเร็วของสายพาน จะเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้มันเทศแห้งตามที่เกษตรกรกำหนด ในกรณีที่นักวิจัยและเกษตรกรไม่ได้ดำเนินการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจะส่งผลให้เกิดของเสียเมื่อดำเนินการผลิต เช่น การกำหนดให้สายพานเคลื่อนที่เร็วเกินไปจะทำให้ เวลาที่มันเทศผ่านส่วนที่มีลมร้อนเป่าไม่มากพอซึ่งจะส่งผลให้มันเทศไม่แห้ง หรือการที่อุณหภูมิของส่วนที่เป่าลมร้อนสูงเกินไปจะ ส่งผลให้มันเทศสุกบริเวณผิวด้านนอก ซึ่งในชุมชนจะเรียกมันเทศชนิดนี้ว่ามันตายนิ่งและจะไม่สามารถนำไปขายได้ ดังนั้นการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจึงช่วยให้การนำเอาเครื่องจักรมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเกิดประโยชน์และผลผลิตที่ได้เป็นไปตามความต้องการของชุมชน

การวิจัยนี้ต้องการนำเสนอผลการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตั้งเครื่องเป่าแห้ง มันเทศและสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล เพื่อให้เกษตรกร ผู้เพาะปลูกมันเทศในตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สามารถใช้เครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต โดยในงานวิจัยจะศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิของ ตัวทำความร้อนและความเร็วของสายพาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตั้งเครื่องเป่าแห้งมันเทศ
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตั้งเครื่องเป่าแห้งมันเทศ จะใช้การออกแบบการทดลองแบบ แฟกทอเรียลซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย (Chang & Ting, 2011, p.2035) เนื่องจากการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลนั้น สามารถที่จะวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบของการศึกษา ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัย (Montgomery, 2009) รวมถึงยังสามารถใช้ผลของการวิเคราะห์หามาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการบวนการผลิตได้ (Emmanuel et al., 2022, p.546) สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่ทำให้สินค้าทางการเกษตรแห้งนั้น ผู้วิจัยพบว่าได้มีงานวิจัยที่นำเอาการออกแบบการทดลองไปใช้ในการบวนการผลิตอาหารสัตว์แปรรูปเพื่อศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการทำงานประกอบด้วย อุณหภูมิ อัตรา การไหล เวลาในการอบแห้ง เป็นต้น โดยผลการวิจัยสามารถกำหนดสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบการทดลองทำให้ผู้วิจัยสามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรและเทคโนโลยีได้อย่างเต็มที่ (Oduntan & Oluwayemi, 2021, p.75-77) และงานวิจัยที่มีการนำวิธีการออกแบบการทดลองไปใช้ในการบวนการผลิตมันเทศนั้น ผู้วิจัยพบว่ามีงานวิจัยที่ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องล้างมันเทศ ซึ่งผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนและวิธีการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยการออกแบบการทดลองนั้นสามารถใช้กับเครื่องจักรในการผลิตมันเทศได้ อย่างมีประสิทธิภาพ (ฉัตรพล พิมพา, 2565, น.121) ผู้วิจัยจึงสรุปขั้นตอนการออกแบบการทดลองมาเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดผลตอบของงานวิจัย

การกำหนดผลตอบของงานวิจัยผู้วิจัยจะพิจารณาผลตอบจากคุณภาพของผลผลิตที่ผ่านเครื่องจักร โดยอาศัยเกณฑ์ที่ กำหนดจากเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศในตำบลทับน้ำ ซึ่งจะถูกเชิญมาเพื่อให้ข้อมูลและกำหนดลักษณะของผลผลิตที่ดีและผลผลิตที่เสีย

2. การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย

การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย ผู้วิจัยจะเลือกกำหนดปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการทดลองจำนวน 2 ปัจจัยคือ อุณหภูมิของตัวทำความร้อนและความเร็วของสายพาน ซึ่งปัจจัยทั้งสองเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้เนื่องจากเครื่องจักร สามารถปรับตั้งระดับของปัจจัยจะพิจารณากำหนดให้มีขอบเขตกว้างที่สุดและไม่ขัดกับความสามารถของอุปกรณ์ควบคุม

เครื่องจักรที่จะสามารถปรับตั้งได้ ปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจเกี่ยวข้องกับผลตอบของงานวิจัย เช่น ผู้ทดลอง วันที่ทำการทดลอง กลุ่มของมนุษย์ที่ใช้ในการทดลอง เป็นต้น ผู้วิจัยจะใช้วิธีการควบคุม เพื่อไม่ให้ปัจจัยนั้นส่งผลต่อผลตอบของกระบวนการวิจัย (Montgomery et al., 2007)

3. การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นตอนของการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้น ผู้วิจัยจะทำการใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มจำนวน 22 ที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha=0.05$) เพื่อใช้ในการคัดกรองปัจจัยที่ส่งผลต่อผลตอบ โดยในการทดลองนั้นจะใช้หลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลอง คือ ในการทดลองจะทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดลองแต่ละชุดการทดลอง และทดลองเพิ่มที่จุดศูนย์กลางเพื่อตรวจสอบความเป็นส่วนโค้งของแบบจำลอง (Kechagias & Vidakis, 2022, p. 3163) จำนวน 4 การทดลอง เมื่อรวมการทดลองทั้งสิ้นจะต้องทดลองจำนวน 12 การทดลอง โดยในแต่ละการทดลองจะใช้มันเทศจำนวน 50 หัว (เฉลี่ย 15 กิโลกรัม) ซึ่งเป็นเป็นปริมาณของมันเทศที่บรรจุเต็มสายพานในหนึ่งครั้งของการทำงานกรณีที่ไม่ได้ทำงานแบบต่อเนื่อง สำหรับลำดับในการทดลองจะถูกสุ่มลำดับการทดลองโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ลำดับสุดท้ายคือปัจจัยที่ผู้วิจัยไม่ได้นำมาทดลองนั้นจะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับเดียวกัน เช่น ผู้ทดลองต้องเป็นคนเดียวกัน มันเทศต้องเก็บเกี่ยวในวันและสถานที่เดียวกัน มันเทศที่ผ่านกระบวนการล้างเพื่อนำมา ทดลองจะต้องทำในวันเดียวกัน การวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นผู้วิจัยจะพิจารณาจากค่า P-Value ที่ได้จากการทดลอง กรณีที่ค่า P-Value ของปัจจัยมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่าผลกระทบของปัจจัยนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อผลตอบของงานวิจัย ในทางกลับกันในกรณีที่ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าผลกระทบของปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อ ผลตอบของงานวิจัย การตรวจสอบความเป็นส่วนโค้งของแบบจำลองผู้วิจัยจะพิจารณาค่า Curvature (Ct Pt) โดยใช้หลักการวิเคราะห์ที่ในลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์ปัจจัย (Montgomery & Runger, 2011)

4. การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง

การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง ผู้วิจัยจะพิจารณาการแจกแจงข้อมูลของส่วนตกค้างในงานวิจัย ส่วนตกค้างเทียบกับค่าทำนายและส่วนตกค้างเทียบกับลำดับการทดลอง ซึ่งส่วนตกค้างของการทดลองนั้นจะต้องมีการแจกแจงปกติและต้องไม่มีลักษณะที่เป็นแนวโน้ม (Myers et al., 2016)

5. การหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด

การหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยจะใช้ฟังก์ชัน Response optimizer ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวสามารถคำนวณสถานะที่เหมาะสมที่สุดจากผลการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kamaraj et al., 2021, p.2011-2014) สำหรับการตั้งค่าเป้าหมายจะตั้งแบบมากที่สุด (Maximize) เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด โดยจะตั้งค่าเป้าหมายไว้ที่ 50 เพื่อให้มันเทศที่ได้ตามมาตรฐานมีจำนวนมากที่สุดคือ 50 หัวและกำหนดค่าต่ำที่สุดไว้ที่ 30 เพื่อให้มันเทศที่ได้ตามมาตรฐานมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 30 หัว

6. การทดลองยืนยันผล

ผู้วิจัยจะนำสถานะที่เหมาะสมที่สุดไปปรับตั้งเครื่องเครื่องเป่าแห้งมันเทศจากนั้นจะทำการทดลองยืนยันผลจำนวน 5 ครั้ง เพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาทดสอบสมมติฐานแบบ One Sample T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha=0.05$) โดยจะพิจารณาผลการทดลองยืนยันผลจากค่า P-Value โดยการแปลผลนั้นแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ในกรณีที่ ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าเฉลี่ยจากการทดลองยืนยันผลที่ค่าไม่แตกต่างกับค่าที่ได้ จากการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด ในทางกลับกันในกรณีที่ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าค่าเฉลี่ยจากการทดลองยืนยันผลที่ค่าแตกต่างกับค่าที่ได้จากการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด (สรรรุติชัย ชิวสุทธิศิลป์, 2557)

ผลการวิจัย

1. ผลการกำหนดผลตอบของงานวิจัย

ผลการกำหนดผลตอบของงานวิจัยนั้น ได้ข้อมูลจากเกษตรกรและผู้วิจัยร่วมกันกำหนด ซึ่งผลตอบของงานวิจัยที่กำหนดคือ จำนวนของมันเทศที่ได้มาตรฐานตามที่เกษตรกรกำหนด โดยผู้วิจัยและเกษตรกรได้ร่วมกันประชุมเพื่อพิจารณากระบวนการ

ผลิตโดยเครื่องเป่าแห้งมันเทศและกำหนดลักษณะของมันเทศที่ผ่านตามาตรฐานและไม่ผ่านตามาตรฐานของเกษตรกรผู้เพาะปลูกมันเทศ โดยมันเทศที่ผ่านตามาตรฐานของเกษตรกรนั้นจะมีลักษณะคือ ผิวของมันเทศจะต้องแห้งสนิท โดยในการตรวจสอบนั้นผู้ตรวจสอบจะใช้มือสัมผัสผิวของมันเทศที่ผ่านเครื่องเป่าแห้งมันเทศ ซึ่งผิวของมันเทศจะต้องไม่มีน้ำติดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งของผิวมันเทศและผิวมันเทศจะต้องไม่สุกหรือมีรอยไหม้จากความร้อนที่ได้รับจากการเป่าลมร้อน จึงจะถือว่าผ่านตามาตรฐาน

2. การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย

ผลการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยนั้น มาจากการศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศที่สร้างขึ้นดังภาพ 1 ซึ่งเครื่องเป่าแห้งนั้นมีกลไกในการทำงานคือ เกษตรกรจะป้อนมันเทศที่ล้างเสร็จแล้วลงบนสายพาน ซึ่งสายพานนั้นจะพามันเทศผ่านช่องให้ความร้อนตามสายพาน สำหรับกลไกการให้ความร้อนนั้น เป็นการให้ความร้อนโดยใช้ลมและตัวทำความร้อน ซึ่งกลไกการทำงานทั้งสองอย่างนั้นเป็นกลไกหลักของเครื่องจักรและเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมและปรับระดับของปัจจัยเพื่อใช้ในการทดลองได้ จากข้อมูลดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงเลือกปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิจัยโดยพิจารณาเลือกจากปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และเกี่ยวข้องกับกระบวนการของเครื่องเป่าแห้งมันเทศจำนวน 2 ปัจจัยคือ อุณหภูมิของตัวทำความร้อนและความเร็วของสายพาน สำหรับการกำหนดระดับของปัจจัยผู้วิจัยได้กำหนดให้มีช่วงของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถปรับตั้งระดับของปัจจัยได้ดังตาราง 1



ภาพ 1 เครื่องเป่าแห้งมันเทศ

ตาราง 1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	หน่วย	ระดับของปัจจัย		
		ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง(+1)
Temperature (อุณหภูมิของตัวทำความร้อน)	องศาเซลเซียส	100	150	200
Conveyer speed (ความเร็วของสายพาน)	เมตรต่อนาที	1	2	3

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้วิจัยจะทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 22 ที่มีการทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง (8 การทดลอง) รวมถึงมีการทดลองเพิ่มที่จุดศูนย์กลาง (4 การทดลอง) เพื่อตรวจสอบความเป็นส่วนโค้งของแบบจำลอง เมื่อรวมการทดลองทั้งหมดแล้วผู้วิจัยจะต้องทดลองจำนวน 12 การทดลอง สำหรับการออกแบบการทดลองนั้นผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมทางสถิติในการสร้างตารางการออกแบบการทดลองและลำดับการทดลองจะถูกสุ่มลำดับการทดลองโดยการโปรแกรมทางสถิติ โดยในแต่ละการทดลองจะใช้มันเทศจำนวน 50 หัวหรือเฉลี่ย 15 กิโลกรัม จากนั้นจึงนับจำนวนมันเทศที่ผ่านตามาตรฐานที่เกษตรกรกำหนดจากในแต่ละการทดลองเพื่อบันทึกข้อมูลดังตาราง 2

ตาราง 2 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

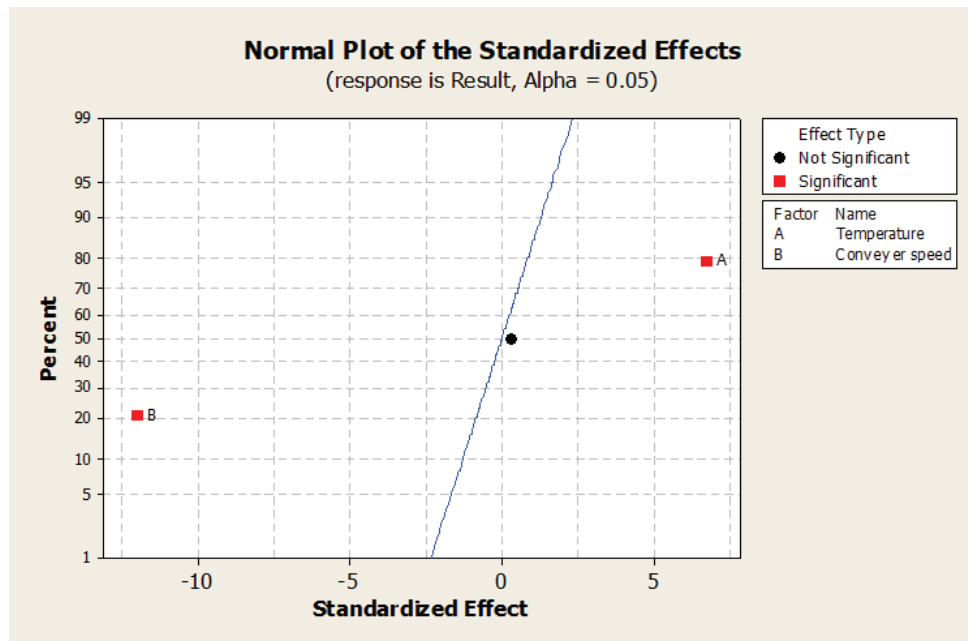
Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	Temperature	Conveyer speed	Result
12	1	0	1	150	2	39
10	2	0	1	150	2	37
8	3	1	1	200	3	38
6	4	1	1	200	1	47
9	5	0	1	150	2	39
2	6	1	1	200	1	46
4	7	1	1	200	3	35
3	8	1	1	100	3	31
1	9	1	1	100	1	41
7	10	1	1	100	3	30
11	11	0	1	150	2	40
5	12	1	1	100	1	41

การวิเคราะห์ผลการทดลองนั้น ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลของการทดลองซึ่งแสดงในตาราง 2 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อผลตอบของงานวิจัย คือจำนวนมันเทศที่ผ่านมาตรฐานของเกษตรกร โดยในการวิเคราะห์ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล สำหรับผลการวิเคราะห์แสดงไว้ดังตาราง 3

ตาราง 3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P-Value
Constant		38.62	0.42	90.28	0.00
Temperature	5.75	2.87	0.42	6.72	0.00
Conveyer speed	-10.25	-5.12	0.42	-11.98	0.00
Temperature * Conveyer speed	0.25	0.12	0.42	0.29	0.77
Ct Pt		0.12	0.74	0.17	0.87

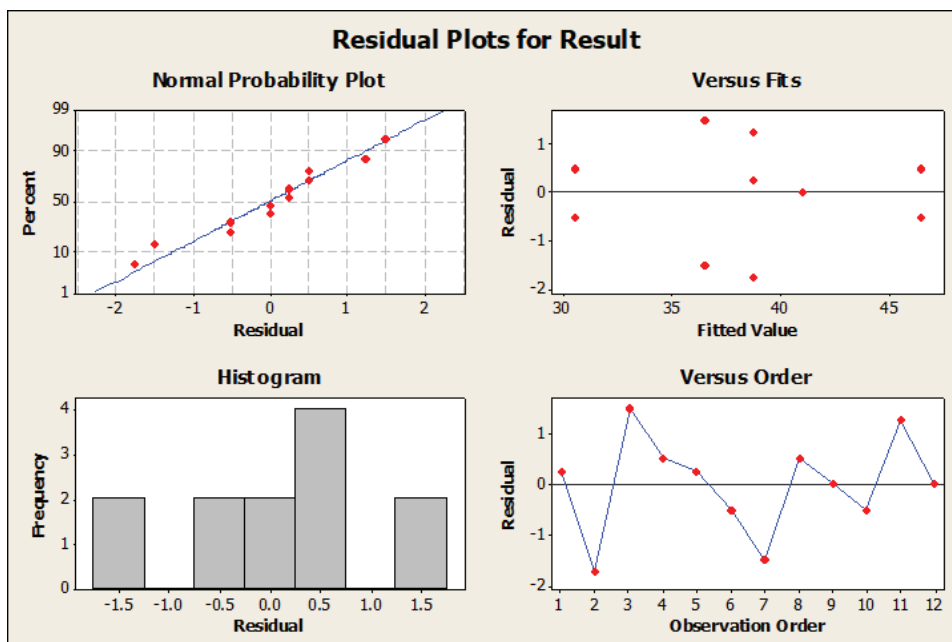
จากตาราง 3 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ได้โดยการพิจารณาค่า P-Value ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P-Value ของผลกระทบหลักทั้งสองปัจจัยคือ ผลกระทบหลักของปัจจัย Temperature (อุณหภูมิของตัวทำความร้อน) และ Conveyer Speed (ความเร็วของสายพาน) พบว่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าผลกระทบหลักของปัจจัยนั้นส่งผลกระทบท่อผลตอบของงานวิจัย และในส่วนของผล กระบรวมระหว่างปัจจัย Temperature (อุณหภูมิของตัวทำความร้อน) และ Conveyer Speed (ความเร็วของสายพาน) พบว่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่าผลกระทบร่วมของปัจจัยนั้นไม่ส่งผลกระทบท่อผลตอบของงานวิจัย ส่วนสุดท้ายเมื่อพิจารณาความโค้งงอของแบบจำลอง พบว่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 แบบจำลองเป็นเส้นตรงผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาทำการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุดต่อไป และหากนำผลของการวิเคราะห์มาพล็อตลง Normal Plot ซึ่งจะแสดงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบจะสามารถแสดงได้ดังภาพ 2



ภาพ 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบของงานวิจัย

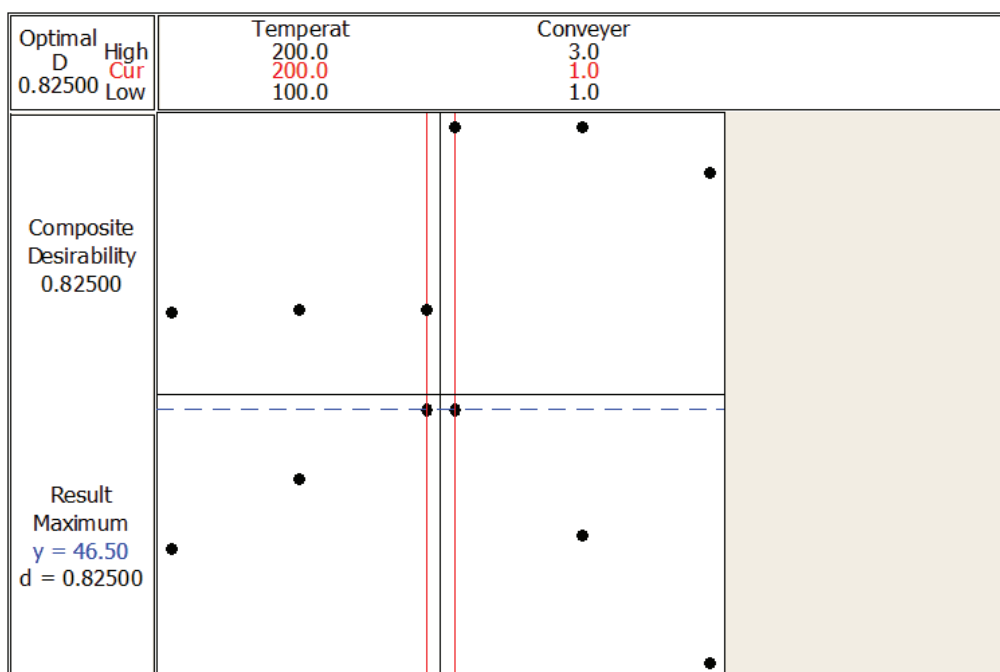
4. ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง

การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลโดยในส่วนแรกจะพิจารณา Normal Probability Plot และ Histogram ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีข้อมูลของการทดลองมีลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นปกติ ลำดับถัดไปผู้วิจัยจะพิจารณาส่วนตกค้างเทียบกับค่าทำนาย Versus Fits และส่วนตกค้างเทียบกับลำดับการทดลอง Versus Order ซึ่งจากข้อมูลพบว่าลักษณะของส่วนตกค้างเทียบกับค่าทำนายและส่วนตกค้างเทียบกับลำดับการทดลองมีลักษณะการแจกแจงของข้อมูลกระจายตัวแบบไม่มีแนวโน้ม ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าส่วนตกค้างจากการทดลองถูกต้องตามสมมุติฐาน ดังภาพ 3



ภาพ 3 ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของการทดลอง

ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการปรับตั้งระดับของปัจจัยในกระบวนการเป่าแห้งมันเทศนั้นจะใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งการกำหนดค่าเป้าหมายในฟังก์ชันนั้นกำหนดค่าเป้าหมายแบบ Maximize ซึ่งการกำหนดค่าเป้าหมายแบบ Maximize นั้น จำเป็นต้องระบุค่าเป้าหมาย (Target) โดยความหมายของค่าเป้าหมายในงานวิจัยนี้คือ จำนวนมันเทศที่ ผู้วิจัยต้องการให้ผ่านตามาตรฐาน ผู้วิจัยจึงกำหนดค่าเป้าหมายที่ 50 หรือต้องการให้มันเทศทั้งหมดในการทดลองแต่ละครั้งผ่านตามาตรฐาน อย่างไรก็ตามโปรแกรมจำเป็นต้องระบุค่าน้อยที่สุด (Lower) ซึ่งความหมายของค่าน้อยที่สุดคือ หากจำนวนมันเทศไม่ได้มาตรฐานตามค่าตามค่าเป้าหมายแล้วจำนวนมันเทศที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่าค่าน้อยที่สุด ผู้วิจัยจึงกำหนดค่าน้อยที่สุดที่ 30 การปรับค่าเป้าหมายและค่าน้อยที่สุดดังกล่าวนี้เพื่อให้ได้สภาวะการผลิตที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้มันเทศที่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดเป้าหมาย 50 หัว และกรณีที่น้อยที่สุดที่จะเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด 30 หัว จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ดังแสดงในภาพ 4 จากผลการวิเคราะห์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับตั้งระดับของปัจจัยในกระบวนการเป่าแห้งมันเทศพบว่า การปรับอุณหภูมิของตัวทำความร้อนไว้ที่ค่าสูงที่สุดคือ 200 องศาเซลเซียส และการปรับความเร็วของสายพานไว้ที่ค่าต่ำสุดคือ 1 เมตรต่อนาที จะทำให้ได้มันเทศที่แห้งและเป็นไปตามที่เกษตรกรกำหนดจำนวน 46.5 หัว จากจำนวน 50 หัว



ภาพ 4 ผลการคำนวณสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

5. ผลการทดลองยืนยันผล

จากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดผู้วิจัยได้นำสภาวะที่เหมาะสมที่สุดดังกล่าวไปทำการผลิตเพื่อทดลองยืนยันผลจำนวน 5 ครั้ง จากนั้น จึงนำผลไปทดสอบสมมุติฐานแบบ One Sample T-Test ดังผลการวิเคราะห์ในตาราง 4 โดยผลการทดลองยืนยันผลนั้นพบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าเฉลี่ยจากการทดลองยืนยันผลที่ค่าไม่แตกต่างกับค่าที่ได้จากการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ผู้วิจัยเชื่อได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดนั้นสามารถนำไปใช้งานได้ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่ามันเทศบางส่วนไม่เป็นไปตามที่เกษตรกรกำหนด กล่าวคือมันเทศบางส่วนยังมีความชื้นอยู่เล็กน้อยที่บริเวณผิวของมันเทศเมื่อเกษตรกรใช้มือสัมผัส ผู้วิจัยและเกษตรกรจึงได้ร่วมกันตัดสินใจและพิจารณาถึงลักษณะของมันเทศดังกล่าวและให้ความเห็นร่วมกันว่า มันเทศดังกล่าวนี้สามารถบรรจุเพื่อทำการจำหน่ายได้โดยไม่กระทบกับคุณภาพของสินค้า

ตาราง 4 ผลการทดลองยืนยันผล

Variable	N	Mean	St Dev	SE Mean	95% CI	T	P-Value
Confirm	5	46.400	0.894	0.400	(45.289, 47.511)	-0.25	0.815

จากผลการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศนั้น ทำให้การใช้เครื่องเป่าแห้งมันเทศสามารถเป่าความร้อนเพื่อให้มันเทศแห้งตามที่เกษตรกรกำหนด ซึ่งการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดนั้นยังช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและทำให้กระบวนการผลิตสะดวกขึ้น โดยเครื่องจักรจะไม่ส่งผลเสียต่อผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกร รวมถึงส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดการเตรียมสถานที่ในการผึ่งมันเทศให้แห้งและลดเวลาในการผึ่งลมให้มันเทศอีกด้วย ในกรณีที่มีการผลิตมันเทศ 10 ตันต่อวัน (10,000 กิโลกรัม) การผลิตแบบเดิมจะต้องใช้เวลาผึ่งมันเทศ 3 – 5 วัน แต่หากเกษตรกรใช้เครื่องจักรจะใช้เวลาทั้งสิ้น 666.6 นาที หรือ 11.1 ชั่วโมงเพื่อผลิตมันเทศ 10 ตัน กรณีที่บ่อนมันเทศเข้าเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง (1 นาที ต่อ 15 กิโลกรัม)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตั้งเครื่องเป่าแห้งมันเทศโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลนั้นพบว่าผลกระทบหลักของปัจจัยคือ อุณหภูมิของตัวทำความร้อนและความเร็วของสายพานนั้น ส่งผลกระทบต่อผลตอบของงานวิจัยและในส่วนของการกระทบระหว่างปัจจัยไม่ส่งผลกระทบต่อผลตอบของงานวิจัย สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการนำการออกแบบการทดลองไปใช้เพื่อคัดกรองปัจจัยที่ส่งผลต่อผลตอบของงานวิจัย (Chang & Ting, 2011, p.2035) โดยการทดลองนั้นผู้วิจัยใช้หลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลองคือ การทดลองซ้ำ การสุ่มและการควบคุมเพื่อป้องกันไม่ให้ปัจจัยที่ไม่ได้ทดลองส่งผลต่อผลตอบของกระบวนการวิจัย ซึ่งการตรวจสอบนั้นจะทำการตรวจสอบส่วนตกค้างของการทดลองและผลจากการตรวจสอบค่าส่วนตกค้างของการทดลองนั้นพบว่า ส่วนตกค้างของการทดลองมีการแจกแจงเป็นปกติและไม่มีแนวโน้มเกิดขึ้น เป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวเกี่ยวกับการใช้หลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้ปัจจัยที่ไม่ได้ทดลองส่งผลต่อผลตอบของงานวิจัย (Montgomery et al., 2007) ซึ่งผลของงานวิจัยนี้ สามารถแสดงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องจักรประเภทที่ใช้สายพานร่วมกับความร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการใช้การออกแบบการทดลองและการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้สายพานร่วมกับความร้อนในการผลิตอาหารสัตว์แปรรูป (Oduntan & Oluwayemi, 2021, p.75-77) รวมถึงยังแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของขั้นตอน ในกระบวนการวิจัยซึ่งสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตสินค้าทางการเกษตรโดยเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ (ฉัตรพล พิมพา, 2565, น.121)

ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของเครื่องเป่าแห้งมันเทศโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติร่วมกับข้อมูลจากการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือการปรับอุณหภูมิของตัวทำความร้อนไว้ที่ค่าสูงที่สุดคือ 200 องศาเซลเซียส และการปรับความเร็วของสายพานไว้ที่ค่าต่ำสุด คือ 1 เมตรต่อนาทีจะทำให้ได้มันเทศที่แห้งและเป็นไปตามที่เกษตรกรกำหนดจำนวน 46.5 ชั่วโมง จากจำนวน 50 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวถึงการนำผลของการออกแบบการทดลองมาใช้วิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิต (Emmanuel et al., 2022, p.546) รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวถึงการใช้งานฟังก์ชัน Response Optimizer ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่สามารถใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสม (Kamaraj et al., 2021, p.2011-2014)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การนำเทคโนโลยีรวมถึงเครื่องจักรมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตนั้นเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น ไม่ใช่เพียงจะเป็นประโยชน์กับงานอุตสาหกรรมเท่านั้นแต่ยังเป็นประโยชน์ต่องานเกษตรกรรมด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องเป่าแห้งมันเทศมาใช้ในกระบวนการผลิตมันเทศของเกษตรกรในตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยกระบวนการเก็บเกี่ยวมันเทศเพื่อนำมาจำหน่ายนั้น เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวมันเทศ จากแปลงเพาะปลูกมาล้างดินให้สะอาดและ

น้ำมันเทศที่ล้างแล้วมาผึ่งลมให้แห้งในสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเทก่อนที่จะบรรจุลงจำหน่าย ซึ่งการผึ่งแห้งมันเทศจะต้องใช้พื้นที่และเวลาในการทำงานนาน ดังนั้นเกษตรกรและผู้วิจัยจึงได้สร้างเครื่องเป่าแห้งมันเทศเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยก่อนที่เครื่องเป่าแห้งมันเทศจะนำไปใช้นั้น เครื่องจักรจะถูกนำมาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดโดยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยและหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำงาน ผลจากการทดลองโดยการออกแบบการทดลองพบว่า การปรับอุณหภูมิของตัวทำความร้อนไว้ที่ค่าสูงที่สุดคือ 200 องศาเซลเซียส และการปรับความเร็วของสายพานไว้ที่ค่าต่ำสุด คือ 1 เมตรต่อนาที จะทำให้ได้มันเทศที่แห้งและเป็นไปตามที่กำหนดจึงได้ทำการตรวจสอบพบว่า มันเทศเหล่านั้นมีความชื้นเพียงเล็กน้อยซึ่งไม่ส่งผลต่อการบรรจุลงจึงยอมรับให้มันเทศเหล่านั้นเป็นของที่ผ่านตามาตรฐาน ซึ่งจากสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยได้นำสภาวะที่เหมาะสมที่สุดดังกล่าวไปทำการผลิตเพื่อทดลองยืนยันผลจำนวน 5 ครั้ง โดยนำผลการทดลองยืนยันผลนั้นไปทดสอบสมมุติฐานแบบ One Sample T-Test พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนมันเทศที่ผ่านตามาตรฐานของเกษตรกรมีค่าไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการคำนวณสภาวะที่เหมาะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลจากการวิจัยนั้นทำให้เกษตรกรสามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดพื้นที่ในการผึ่งมันเทศและลดเวลาในการผึ่งลมให้มันเทศ

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากการวิจัยร่วมกับชุมชนยังทำให้ผู้วิจัยพบว่าการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่นั้น สิ่งที่มีความสำคัญคือ การมีส่วนร่วมของชุมชนเนื่องจาก ชุมชนและนักวิจัยจะเข้าใจถึงปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาาร่วมกันตั้งแต่ต้นส่งผลให้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้งานในชุมชนได้อย่างยั่งยืนเพราะได้รับการยอมรับจากชุมชน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับข้อเสนอแนะของผู้ที่สนใจจะทำเครื่องจักรเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทางการเกษตรในชุมชนคือ ผู้วิจัยควรพิจารณาเกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องจักรซึ่งควรเลือกเป็นวัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่าย รวมถึงสามารถซ่อมแซมได้โดยช่างในชุมชนก็จะเป็นประโยชน์ต่อพื้นที่มากยิ่งขึ้น ส่วนของขั้นตอนในการทดลองนั้น ผู้ที่สนใจจะทำการวิจัยสามารถใช้สัดส่วนของผลตอบงานวิจัยแทนการนับจำนวนผลตอบงานวิจัย รวมถึงผู้วิจัยสามารถพิจารณาเพิ่มปัจจัยในการทดลอง เช่น ขนาดของหัวมันเทศความหนาแน่นในการวางมันเทศ หรือ การผึ่งแห้ง (ผึ่งหรือไม่ผึ่ง) ก่อนเป่าแห้งด้วยเครื่องเป่าแห้ง หรือระยะเวลา (ชั่วโมง/วัน) การผึ่งแห้งหลังการล้าง เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลน้ำ รวมถึงสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2559). *การปลูกพืชใช้น้ำน้อย*. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ฉัตรพล พิมพา. (2560). การมีส่วนร่วมในการพัฒนาเครื่องล้างหัวมันเทศของชุมชนตำบลน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 9(2), 81-89.
- ฉัตรพล พิมพา. (2565). การหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมันเทศโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลน้ำ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*, 15(1), 113-122.
- พาขวัญ ทองรักษ์, ทศพร นามโธง, นัยวิท เณรินนท์, เสน่ห์ บัวสนธิ, วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, สุภาวดี รอดศิริ, วรรณภา วงศ์แสงธรรม, วรรณภา ชันธชัย, นิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล, สุภาพร พาเจริญ และจันทร์เพ็ญ บุตรใส. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากมันเทศที่ปลูกในชุมชนตำบลน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์)*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. (2559). *เทคโนโลยีการผลิตมันเทศ*. สถาบันวิจัยพืชสวน.

- สรรรุติชัย ชิวสุทธิศิลป์. (2557). *กลยุทธ์การออกแบบการทดลองสำหรับวิศวกรรม*. นันทพันธ์พรินต์.
- สำนักงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (2563). *บรรยายสรุปจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประจำปี พ.ศ. 2563*. สำนักงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *รายงานภาวะเศรษฐกิจการเกษตรไตรมาส 2 ปี 2565 และแนวโน้มปี 2565*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Chang, F. K., & Ting, C. P. (2011). Optimal two-level fractional factorial designs for location main effects with dispersion factors. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 40(11), 2035-2043.
- Emmanuel, E., Yong, L. L., Asadi, A., & Anggraini, V. (2022). Full-factorial two-level design in optimizing the contents of olivine and coir fiber for improving the strength property of a soft marine clay. *Journal of Natural Fibers*, 19(2), 546-561.
- Kamaraj, L., Hariharasakthisudhan, P., & Arul Marcel Moshi, A. (2021). Optimizing the ultrasonication effect in stir-casting process of aluminum hybrid composite using desirability function approach and artificial neural network. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 235(9), 2007-2021.
- Kechagias, J. D., & Vidakis, N. (2022). Parametric optimization of material extrusion 3D printing process: an assessment of Box-Behnken vs. full-factorial experimental approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(5), 3163-3172.
- Montgomery, D. C. (2009). *Design and analysis of experiment*. (7th Ed.). John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. Runger, G. C. & Hubele, N. F. (2007). *Engineering Statistics*. (5th Ed.). John Wiley & Son.
- Montgomery, D. C. & Runger, G. C. (2011). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. (5th Ed.). John Wiley & Son.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. (4th Ed.). John Wiley & Sons.
- Oduntan, O. B., & Oluwayemi, B. J. (2021). Optimization of a clay-slate fluidized bed dryer for production of fish feed. *Malays Journal of Sustainable Agriculture (MJSA)*, 5(2), 72-78.