

Journal of



Engineering Technology Access



ISSN 2774-0889 (Online)



วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 : มกราคม – มิถุนายน 2567

Journal Engineering Technology Access (JETA)

Vol. 4 No. 1 January – June 2024

วัตถุประสงค์

1. เพื่อรวบรวมและเผยแพร่ผลงานวิจัยของนักวิชาการชาวไทยและต่างชาติ โดยเฉพาะผลงานวิจัยของบุคลากรและนักศึกษาภายในคณะและมหาวิทยาลัยให้เป็นที่รู้จักในระดับชาติหรือนานาชาติ
2. เพื่อสร้างเครือข่ายนักวิชาการทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ
3. เพื่อเผยแพร่ชื่อเสียงของคณะและของมหาวิทยาลัย
4. เพื่อสนับสนุนการนำผลงานวิชาการและวิจัยไปใช้ประโยชน์

หน่วยงาน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

214 หมู่ 12 ตำบลหนองญาติ อำเภอเมืองนครพนม จังหวัดนครพนม 48000

โทร. 0 4250 3777

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ โสณะแสง

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

นายเจษฎา หงษ์ณี

ทีมบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกมณีน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.วรวุฒิ เสงี่ยมวิบูล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรมาส เลาหวนิช

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ โสณะแสง

มหาวิทยาลัยนครพนม

ฝ่ายจัดการวารสาร

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรียา ประสมทอง รองคณบดีฝ่ายวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา

3. นางสาวณอมวรรณ ศรีวงษา เจ้าหน้าที่

4. นางรุ่งรัตน์ จรคำ เจ้าหน้าที่

บทบรรณาธิการ

Journal Engineering Technology Access (JETA) วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ฉบับนี้เป็นปีที่ 4 ฉบับที่ 1 : มกราคม – มิถุนายน 2567 มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวม เผยแพร่ผลงานวิจัยของบุคลากร นักศึกษาทั้งภายในคณะ บุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยให้เป็นที่รู้จักในระดับชาติหรือนานาชาติ และเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อคิดเห็นทางวิชาการและวิจัยแก่นักวิชาการ อาจารย์ นักศึกษา ตลอดจนบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม และนวัตกรรม เพื่อสร้างเครือข่ายนักวิชาการและเสริมสร้างประสิทธิภาพด้านการพัฒนางานวิจัย วารสารฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 2 บทความ ซึ่งบทความทั้งหมดเป็นบทความที่น่าสนใจ และสามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ ทั้งนี้ผู้ที่สนใจสามารถติดตามอ่านบทความวารสารฉบับออนไลน์ได้

วารสารฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ประกอบด้วย บรรณาธิการบริหาร กองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและภายนอก ที่กรุณาพิจารณาแก้ไขปรับปรุงบทความให้มีความสมบูรณ์ และมีคุณภาพ อีกทั้งขอขอบพระคุณเจ้าของบทความทุกท่านที่ให้ความสนใจ และส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ กองบรรณาธิการขอเชิญผู้สนใจทุกท่านร่วมส่ง บทความวิจัย และบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม และนวัตกรรม เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และหากท่านมีข้อเสนอแนะหรือต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวารสารฯ สามารถติดต่อได้ที่ jeta@npu.ac.th กองบรรณาธิการยินดีรับฟังข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงวารสารฯ ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ โสณะแสง
บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

บทบรรณาธิการ

สมชาติ โสณะแสง

ก

สารบัญ

ข

บทความวิจัย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี
อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

ธารารัตน์ มหาพันธ์, นิรมล สัมมัตตะ

1

การพัฒนากระบวนการลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังหมุน
โดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

กานต์ กอมณี, จักรมาส เลาหวนิช, ศตวรรษ นคะรังสุ, สมชัย วะชุม,
ศราวุธ จันไทรรัตน์, ทรงพล วิจารณ์จักร

12

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยว

ถ้ำนาคี้ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

The factors affecting the demand of tourists for travel

Nakee Cave, Phu Langka National Park, Nakhon Phanom Province

ธรรารัตน์ มหาพันธ์¹, นิรมล สัมมัตตะ^{1*}¹อาจารย์, สาขาวิชาการโรงแรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

niramon.sum@npu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี้ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม 2) ศึกษาองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี้ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคี้ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม จำนวน 370 คน โดยใช้แบบสอบถาม

ผลการศึกษาด้านประชากรศาสตร์ พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 55 เพศหญิง ร้อยละ 45 โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 31 – 40 ปี มีสถานภาพสมรสแล้ว มีภูมิลำเนาส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดนครพนม การศึกษาระดับปริญญาตรี มีอาชีพรับราชการ ซึ่งมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000 - 20,000 บาท นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคี้โดยรถยนต์ส่วนตัว โดยลักษณะการเดินทางท่องเที่ยวแบบกลุ่มเพื่อน ในช่วงวันหยุด นักชัตฤกษ์/เทศกาล

ผลการศึกษาด้านองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี้ ทั้ง 5 ด้าน พบว่า 1) ด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว (Attraction) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51) 2) ด้านความสามารถในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (Accessibilities) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.28) 3) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยว (Amenities) อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.15) 4) ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว (Accommodation) อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.17) 5) ด้านการตระหนักรู้ (Awareness) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.42) อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ถ้ำนาคี้

Abstract

This research aims to 1) study the demographic factors affecting the demand of tourists to travel to Nakee Cave. Phu Langka National Park Nakhon Phanom Province 2) study the composition of tourist attractions That affects the needs of tourists to travel to Nakee Cave. Phu Langka National Park Nakhon Phanom Province by studying the sample of Thai tourists who traveled to Nakee Cave Phu Langka National Park Nakhon Phanom Province, 370 people used the questionnaire.

The study found that Demographic factors, most tourists were male, 55%, female, 45%, mostly in the age range of 31-40 years old, were married. Most of the domicile is in Nakhon Phanom province. bachelor's degree has a civil service career Which has an average monthly income 15,000 -20,000 baht. Most tourists travel to Nakee Cave by private car. by the nature of traveling as a group of friends During public holidays/festivals

The study found that on the composition of tourist attractions affecting the needs of tourists to travel to Nakee Cave in all 5 As found that 1) Attraction aspect of tourist attraction was at the highest level ($\bar{x} = 4.51$) 2) The ability to access tourist attractions (Accessibilities) is at a high level ($\bar{x} = 4.28$) 3) The amenities of tourist attractions (Amenities) are at a moderate level ($\bar{x} = 3.15$) 4) The accommodation in the tourist area. (Accommodation) at a moderate level ($\bar{x} = 3.17$) 5) Awareness at a high level ($\bar{x} = 4.42$) at a high level

Keywords: Tourism needs, Tourism Attraction Development, Nakee Cave

1. บทนำ

การพลิกโฉมประเทศไทยเพื่อเข้าให้เกิดความก้าวหน้าสู่สังคมเศรษฐกิจช่วยสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืน ด้วยการจัดทำแผน(ร่าง) พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (2566 – 2570) โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งมีมิติด้านความสามารถทางการแข่งขันในภาคส่วนการท่องเที่ยวที่เป็นสาขาที่ให้ผลผลิตมีความเติบโตอย่างต่อเนื่องส่งผลทำให้เศรษฐกิจประเทศไทยขยายตัว โดยมุ่งเน้นการสร้างหลากหลายของบริการท่องเที่ยวที่สอดคล้องกับทิศทางและแนวโน้มของตลาดยุคใหม่ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ในปัจจุบัน อีกทั้งการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) โดย นายศิริภรณ์ เขียวสมุทร รองผู้อำนวยการด้านสื่อสารการตลาด ได้ประชาสัมพันธ์ทางการท่องเที่ยวไทยในรูปแบบใหม่ ผ่านทาง Netflix ผ่านสื่อทางภาพยนตร์ ซีรีส์ และสารคดี เป็นต้น เป็นการตอบโจทย์ความคาดหวังของนักท่องเที่ยวทุกกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งจะช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ของไทยในด้านประสบการณ์ที่น่าประทับใจตามไลฟ์สไตล์ของนักท่องเที่ยวในมุมมองที่หลากหลายที่ปรากฏในสื่อภาพยนตร์ อาทิ สถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ซึ่งมีความสวยงามมีความโดดเด่น (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2565) มีส่วนช่วยดึงดูดความสนใจจากนักท่องเที่ยวทั้งไทยและต่างชาติ และหนึ่งในนั้น คือ ถ้ำนาคาและถ้ำนาคี ซึ่งมีอาณาเขตที่ตั้งอยู่ในจังหวัดนครพนม จากภาพยนตร์เรื่อง ฟินนาค ภาค 3 เป็นการถ่ายทอดเรื่องราววัฒนธรรม วิถีชีวิตความเป็นอยู่ ความเชื่อของชาวอีสานในภูมิภาคกลุ่มแม่น้ำโขง ที่มีความผูกพันและมีความศรัทธาต่อพญานาค

นครพนม เป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งมีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ วัฒนธรรมของแต่ละชนเผ่า วิถีชีวิตความเป็นอยู่ผูกพันเกี่ยวกับแม่น้ำโขง และความเชื่อเรื่องพญานาค เช่น ตำนานพญานาคที่เฝ้าพระธาตุพนม และพระธาตุประจำวันเกิด 7 วัน พญาศรีสัตตนาคราช บริเวณริมแม่น้ำโขง และถ้ำนาคีที่มีอาณาเขตอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูลิงกา เป็นต้น สำหรับอุทยานแห่งชาติภูลิงกา เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยมีพื้นที่ ครอบคลุม 2 อำเภอ 2 จังหวัด ประกอบด้วยอำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม และอำเภอบึงโขลง จังหวัดบึงกาฬ ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่กำลังเป็นนิยมของนักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติภูหินลิงกา ได้แก่ น้ำตกตาดโพธิ์ น้ำตกตาดขาม น้ำตกกินรี เจดีย์กองข้าวศรีบุญเนา ข้างนาคา และถ้ำนาคี ซึ่งถ้ำนาคีเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่อยู่ในเขตอำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม (ผู้จัดการออนไลน์ ,2564)

ถ้ำนาคีนี้นั้นมีลักษณะเป็นเพิงหินขนาดใหญ่ มีลวดลายคล้ายเกล็ดของพญานาคขนาดใหญ่ กำลังนอนขดตัวอยู่ ปัจจุบันถ้ำนาคีกลายเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมของกลุ่มนักท่องเที่ยวที่มีความศรัทธาต่อองค์พญานาค เส้นทางถ้ำนาคีนี้อยู่ตรงบริเวณภูลิงกาเหนือซึ่งผ่านสถานที่ท่องเที่ยวธรรมชาติทั้งหมด 9 จุด คือ วังนาคี ผานาคี หินสาเลี๊ยะ ลานธรรม (หัวภู) หินพญาศรีสัตตนาคราช ไขพญานาค หินโลมา (วาท) เจดีย์กองข้าวศรีบุญเนา และเศียรพญานาคองค์ที่ 9 (สำนักงานจังหวัดนครพนม, 2565) แต่อย่างไรก็ตามถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูลิงกา จังหวัดนครพนม กำลังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจและดึงดูดนักท่องเที่ยวอยู่ในขณะนี้ มีจำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น ๆ ตลอดจนถ้ำนาคีก็ยังคงเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่เกิดขึ้นใหม่ ทำให้การรองรับเพื่อตอบสนองความต้องการนักท่องเที่ยวนั้นยังขาดการพัฒนา และไม่ตอบโจทย์ต่อนักท่องเที่ยวได้ดีเท่าที่ควร

ดังนั้น จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูลิงกา จังหวัดนครพนม เพื่อเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวถ้ำนาคีและการท่องเที่ยวภายในจังหวัดนครพนม ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาด้านองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวเพื่อเป็นการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวมากยิ่งขึ้น ควบคู่ไปกับการบอกเล่าเรื่องราว (Story Telling) ประวัติความเป็นมา ตำนานความเชื่อ และความศรัทธาต่อองค์พญานาค อันจะส่งผลทำให้การท่องเที่ยวถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูลิงกา มีความอย่างยั่งยืน และส่งผลดีต่อเศรษฐกิจของจังหวัดนครพนมในอนาคต

2. นิยามศัพท์เฉพาะ

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ หมายถึง ปัจจัยส่วนบุคคลของนักท่องเที่ยวที่ต้องการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูลิงกา จังหวัดนครพนม ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ภูมิฐานะ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พาหนะในการเดินทาง ลักษณะการท่องเที่ยว และช่วงเวลาในการเดินทางท่องเที่ยว

องค์ประกอบของการท่องเที่ยว หมายถึง องค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว 5 ด้าน หรือ 5As (Tourism Western Australia 2009) ได้แก่ 1) ด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว 2) ด้านความสามารถในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว 3) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยว 4) ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว 5) ด้านการตระหนักรู้

ถ้ำนาคี หมายถึง ถ้ำที่มีลักษณะเป็นเพิงหินขนาดใหญ่ซึ่งมีลวดลายคล้ายเกล็ดของพญานาคที่กำลังนอนขด

ตัวอยู่ และมีหินที่มีลักษณะเหมือนหัวงูขนาดใหญ่ ตั้งอยู่บนพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติภูแล้งคา อำเภอบ้านแพ่ง จังหวัดนครพนม

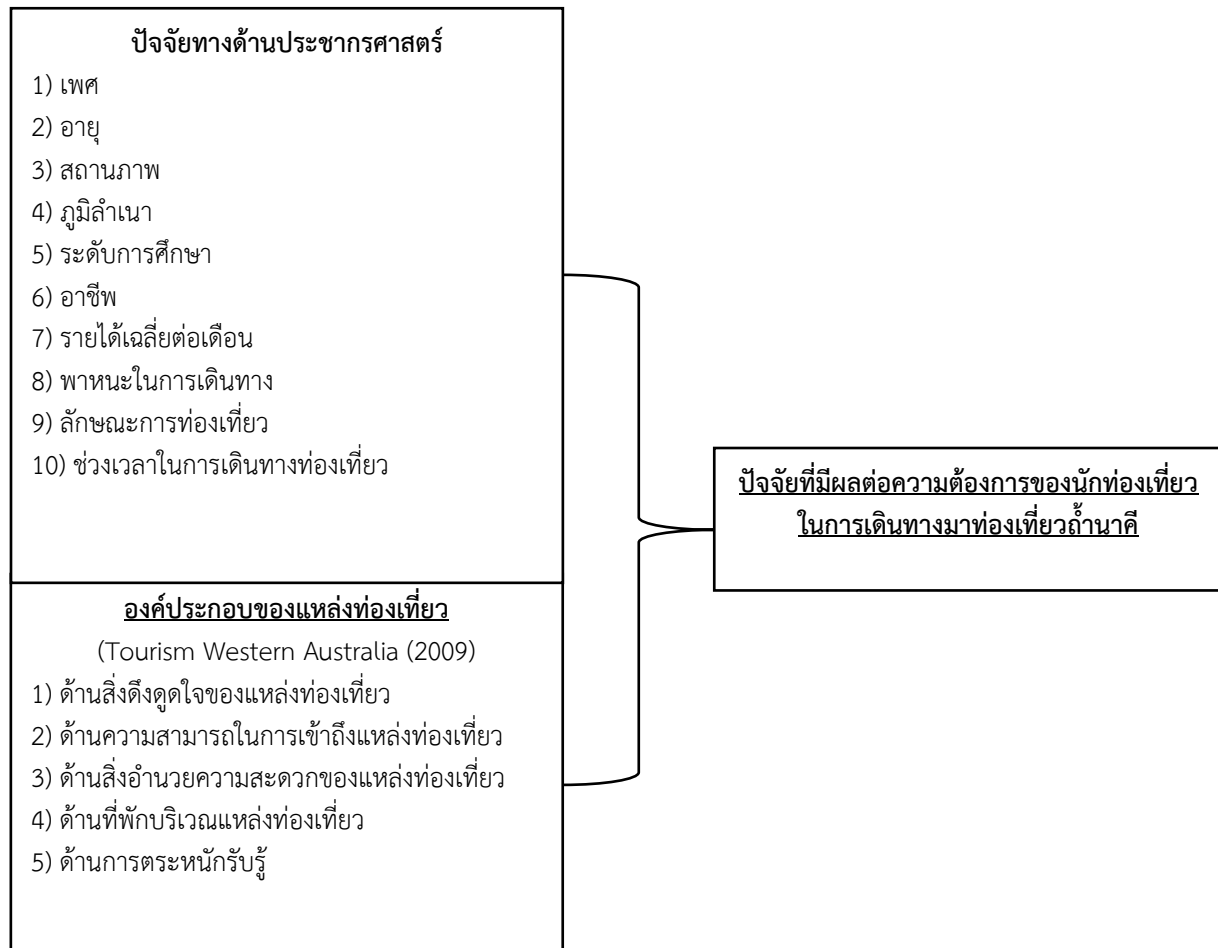
3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว ที่มีผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

4. ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้
 - 1.1 ตัวแปรต้น คือ ปัจจัยทางด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่
 - (1) ปัจจัยทางด้านเพศ อายุ สถานภาพ ภูมิฐานะ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พาหนะในการเดินทาง ลักษณะการท่องเที่ยว และช่วงเวลาในการเดินทางท่องเที่ยว
 - (2) องค์ประกอบของการท่องเที่ยว 5As (Tourism Western Australia (2009) ได้แก่ 1) ด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว (Attractions) 2) ด้านความสามารถในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (Accessibilities) 3) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยว (Amenities) 4) ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว (Accommodation) 5) ด้านการตระหนักรู้ (Awareness)
 - 1.2 ตัวแปรตาม คือ ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม
2. ขอบเขตทางด้านประชากรศาสตร์
ในการศึกษาครั้งนี้ ประชากรศาสตร์ คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

5. กรอบแนวคิด



6. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลงานวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร (Population) ที่ใช้ในการวิจัย คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาเที่ยวจังหวัดนครพนม (อุทยานแห่งชาติภูหลวง, 2565)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาดี อุทยานแห่งชาติภูหลวง จังหวัดนครพนม จำนวน 400 คน โดยเปิดตาราง Krejcie และ Morgan (1970) และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (Convenience Sampling Random)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แบบสังเกตอย่างมีส่วนร่วม (Participative observation) และแบบสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วม

(Non-Participative observation) เพื่อสำรวจความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

2.2 แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้สร้างตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดในการวิจัย ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลด้านทางด้านประชากรศาสตร์เป็นแบบ (Check List) ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ภูมิลำเนา ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พาหนะในการเดินทาง ลักษณะการท่องเที่ยว และช่วงเวลาในการเดินทางท่องเที่ยว

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลด้านองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่มีผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคี มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เป็นคำถามปลายเปิด

3. การรวบรวมข้อมูล

3.1 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่พื้นที่วิจัย ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม – 31 สิงหาคม 2565 คือ บริเวณถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม

3.2 นำแบบสอบถามที่ได้มาตรวจสอบความสมบูรณ์ นำข้อมูลเชิงปริมาณไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ส่วนข้อมูลที่เป็นคำถามปลายเปิด นำมาสรุปเป็นความเรียง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) (Denzin,1970) ในการตรวจสอบด้านข้อมูล (Data Triangulation)

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS) หาค่าความถี่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) โดยมี เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ค่าเฉลี่ย 1.00– 1.49 หมายถึง น้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง น้อย

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มาก

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด

4.3 รวบรวมข้อเสนอแนะ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

7. วิธีดำเนินการวิจัย

1.ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ที่ส่งผลกระทบต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

นักท่องเที่ยวเป็นเพศชาย (ร้อยละ 55) เพศหญิง (ร้อยละ 45) โดยนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 31– 40 (ร้อยละ 38) มีสถานภาพสมรสแล้ว (ร้อยละ 56) ส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดนครพนม (ร้อยละ 58) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (ร้อยละ 60) นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีอาชีพรับราชการ (ร้อยละ 20) มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000 -20,000 บาท (ร้อยละ 22) ส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดนครพนม (ร้อยละ 68) เดินทางมา

ท่องเที่ยวถ้ำน้ำคิโดยรถยนต์ส่วนตัว (ร้อยละ 63) ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวแบบกลุ่มเพื่อน (ร้อยละ 68) และมาเที่ยวในช่วงวันหยุดนักขัตฤกษ์/เทศกาล (ร้อยละ 57)

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่มีผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำน้ำคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยว ที่มีผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางมาท่องเที่ยวถ้ำน้ำคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม

องค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่มีผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	$\bar{X}$	SD	ระดับ ความ คิดเห็น
1. ด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว (Attraction)			
1.1 นักท่องเที่ยวมีความศรัทธาต่อองค์พญานาค	4.60	0.59	มากที่สุด
1.2 เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่เชื่อมโยงความเชื่อเรื่องพญานาคกับถ้ำน้ำคิ	4.56	0.54	มากที่สุด
1.3 สถานที่ท่องเที่ยวที่มีทัศนียภาพทางธรรมชาติที่สวยงาม	4.54	0.54	มากที่สุด
รวม	4.51	0.50	มากที่สุด
2. ด้านความสามารถในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (Accessibilities)			
2.1 มีเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์ข้อมูลให้นักท่องเที่ยวทราบอย่างต่อเนื่อง	4.40	0.53	มาก
2.2 มีแผนที่ ป้ายบอกทางประจำจุดเป็นระยะ รวมถึงป้ายบอกกฎ ระเบียบ และข้อห้ามที่เข้าใจง่ายและมองเห็นได้อย่างชัดเจน	4.38	0.42	มาก
2.3 บริเวณทางเดินขึ้นถ้ำน้ำคิมีความปลอดภัย	4.34	0.52	มาก
รวม	4.28	0.51	มาก
3. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยว (Amenities)			
3.1 เจ้าหน้าที่ในแหล่งท่องเที่ยวมีความรู้เกี่ยวกับตำนานความเป็นมาของถ้ำน้ำคิและมีความสุภาพ	4.24	0.55	มาก
3.2 ห้องน้ำบริการนักท่องเที่ยวสะอาดและเพียงพอ	2.51	0.72	ปานกลาง
3.3 ที่จอดรถปลอดภัยและเพียงพอ	2.72	0.80	ปานกลาง
รวม	3.15	0.69	ปานกลาง
4. ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว (Accommodation)			
4.1 ห้องพักรหรือโรงแรมมีราคาเหมาะสมกับสถานที่	3.25	0.65	ปาน

			กลาง
4.2 ห้องพักหรือโรงแรมเพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	3.16	0.63	ปานกลาง
4.3 ห้องพักหรือโรงแรมสะอาดมีความปลอดภัยและมาตรฐาน	3.12	0.69	ปานกลาง
รวม	3.17	0.64	ปานกลาง

5. การตระหนักรู้ (Awareness)

5.1 ถ้านาคีเป็นสถานที่ที่มีความศักดิ์สิทธิ์ และมีความเป็นเอกลักษณ์	4.48	0.51	มาก
5.2 ควรให้ความเคารพต่อสถานที่ระหว่างการเดินทางท่องเที่ยว	4.42	0.52	มาก
5.3 ไม่ส่งเสียงดังหรือทำพฤติกรรมที่เป็นการรบกวนระหว่างการเดินทางในบริเวณถ้ำนาคี	4.36	0.59	มาก
รวม	4.42	0.60	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี อุทยานแห่งชาติภูลิงกา จังหวัดนครพนม โดยรวมทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว (Attraction) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$) 2) ด้านความสามารถในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (Accessibilities) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$) 3) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยว (Amenities) อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.15$) 4) ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว (Accommodation) อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.14$) 5) ด้านการตระหนักรู้ (Awareness) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.42$) อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า

1) ด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวมีความศรัทธาต่อองค์พระยาค ส่องผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$) รองลงมาได้แก่ เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่เชื่อมโยงความเชื่อในเรื่องพระยาคกับถ้ำนาคี ($\bar{X} = 4.56$) และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวมีทัศนียภาพทางธรรมชาติที่สวยงาม ($\bar{X} = 4.54$) ตามลำดับ

2) ด้านความสามารถในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว พบว่า มีเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์ข้อมูลให้นักท่องเที่ยวทราบอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$) รองลงมาได้แก่ มีแผนที่ ป้ายบอกทางประจำจุดเป็นระยะ รวมถึงป้ายบอกกฎ ระเบียบ และข้อห้ามที่เข้าใจง่ายและมองเห็นได้อย่างชัดเจน ($\bar{X} = 4.38$) และบริเวณทางเดินขึ้นถ้ำนาคีมีความปลอดภัย ($\bar{X} = 4.34$) ตามลำดับ

3) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยว พบว่า เจ้าหน้าที่ในแหล่งท่องเที่ยวมีความรู้เกี่ยวกับตำนานความเป็นมาของถ้ำนาคีและมีความสุข ส่องผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.24$) รองลงมาได้แก่ ห้องน้ำบริการนักท่องเที่ยวสะอาดและเพียงพอ ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.51$) และที่จอดรถปลอดภัยและเพียงพอ ($\bar{X} = 2.72$)

4) ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว พบว่า ห้องพักหรือโรงแรมมีราคาที่เหมาะสมกับสถานที่ ส่องผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้ำนาคี ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.25$) รองลงมาได้แก่

ห้องพักหรือโรงแรมเพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ($\bar{x} = 3.16$) และห้องพักหรือโรงแรมสะอาดมีความปลอดภัยและมาตรฐาน ($\bar{x} = 3.12$) ตามลำดับ

5) ด้านการตระหนักรู้ พบว่า ถ้านาคีเป็นสถานที่ที่มีความศักดิ์สิทธิ์และมีความเป็นเอกลักษณ์ ส่งผลต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวถ้านาคี อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.48$) รองลงมาได้แก่ ควรให้ความเคารพต่อสถานที่ระหว่างการเดินทางท่องเที่ยว ($\bar{x} = 4.42$) และไม่ควรส่งเสียงดังหรือทำพฤติกรรมที่เป็นการลบหลู่ระหว่างการเดินทางในบริเวณถ้านาคี ($\bar{x} = 4.36$) ตามลำดับ

8. สรุปและอภิปรายผล

1. แนวทางในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวถ้านาคี อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม พบว่า สิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยวในการที่นักท่องเที่ยวมาเที่ยวถ้านาคี คือ การมีความศรัทธาต่อองค์พญานาค ตามตำนานความเชื่อที่ว่า พญานาคเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่แสดงถึงสัญลักษณ์แห่งความยิ่งใหญ่ ความอุดมสมบูรณ์ คนส่วนใหญ่มักมีความเชื่อในเรื่องของโชคลาภ เงินทอง และความสำเร็จ และถ้านาคียังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีทัศนียภาพทางธรรมชาติที่สวยงาม แต่นักท่องเที่ยวยังมีความต้องการพัฒนาในด้านสิ่งดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้หน่วยงานภาครัฐมีการประชาสัมพันธ์ที่ไม่มากนัก ทำให้นักท่องเที่ยวไม่ทราบข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวและถ้านาคีไม่เป็นที่นิยมมากเมื่อเทียบกับแหล่งท่องเที่ยวถ้านาคา จังหวัดบึงกาฬ ควรมีการจัดการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวถ้านาคีในสื่อที่มีความหลากหลายช่องทาง และมีการปิดถ้านาคี เพื่อเป็นการฟื้นฟูธรรมชาติไม่ให้เสื่อมโทรม อีกทั้งช่วยดึงดูดใจนักท่องเที่ยวให้มาเที่ยวเพิ่มขึ้น ดังที่อิสสระพงษ์ พลธานี (2562) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาองค์ประกอบของศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า สิ่งดึงดูดใจและการเข้าถึงของแหล่งท่องเที่ยว เป็นสิ่งที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญมากที่สุด คือ เป็นสถานที่ที่มีความศักดิ์สิทธิ์และเป็นที่เคารพศรัทธาของนักท่องเที่ยว และนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในด้านความคุ้มค่าต่อค่าใช้จ่ายในการจัดกิจกรรมของแหล่งท่องเที่ยว รวมถึงได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ โดยเฉพาะสนับสนุนด้านการประชาสัมพันธ์และการตลาด

2. นักท่องเที่ยวมีความต้องการพัฒนาในด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านที่พักบริเวณแหล่งท่องเที่ยว และด้านกิจกรรมการท่องเที่ยว ในระดับมาก โดยองค์ประกอบการท่องเที่ยวทั้ง 5 ด้านนั้น ควรมีการปรับปรุงเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวให้เพียงพอ ทั้งในส่วนของโรงแรมที่พัก การมีที่จอดรถที่เพียงพอและเหมาะสม รวมถึงร้านขายของที่ระลึกที่มีความหลากหลาย สิ่งเหล่านี้เป็นการปรับปรุงเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวในอนาคตที่จะเดินทางมา นอกจากนี้แล้วควรต้องมีการลงทุนด้านที่พัก ห้องพักร หรือโรงแรมให้มีความหลากหลาย มีความปลอดภัยต่อและได้มาตรฐาน เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว โดยเฉพาะวันหยุดยาวที่ทางราชการได้กำหนดไว้ ส่งผลให้นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ทำให้ห้องพักไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ดังที่ จิรัชย์ นิพิทธิโยธิน และศิริกัญญา วิรุณราช (2563) ได้ศึกษาเรื่องความต้องการของนักท่องเที่ยวในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวของกองทัพเรือในเขตอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ที่พบว่า นักท่องเที่ยวมีความต้องการพัฒนาการจัดการแหล่งท่องเที่ยว เช่น ต้องการให้มีการปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวก ความต้องการที่พักในแหล่งท่องเที่ยวสำหรับนักท่องเที่ยว และมีการปรับปรุงสาธารณูปโภคพื้นฐานให้มีคุณภาพดีและเพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว เช่นเดียวกันดังที่ นุชนารถ กฤษณมัย และปรีดา นัคนเร (2564) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่สอดคล้องกับพฤติกรรมและความต้องการของนักท่องเที่ยว กรณีอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมความต้องการของนักท่องเที่ยวและศึกษาแนวทางการ

พัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่สอดคล้องกับพฤติกรรมและความต้องการของนักท่องเที่ยว ผลการวิจัยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความต้องการสูงสุด 3 ด้าน คือ ด้านบุคลากรให้บริการ ด้านสาธารณูปโภค และด้านอาหารและเครื่องดื่ม นอกจากนี้ยังพบว่า ต้องให้ความสำคัญต่อการพัฒนาบุคลากรที่พร้อมสำหรับการบริการไม่ว่าจะเป็นด้านการให้ความรู้ การสร้างความประทับใจในการให้บริการ การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกในแหล่งท่องเที่ยวให้เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว เช่น ไฟฟ้า น้ำประปา ห้องน้ำ และด้านอาหารและเครื่องดื่ม

3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวควรนำข้อมูลไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวถ้ำน้ำคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา เพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ซึ่งจะช่วยให้ดึงดูดใจนักท่องเที่ยวให้เดินทางเข้ามาท่องเที่ยว ถ้ำน้ำคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม มากขึ้นอันจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจการท่องเที่ยวของจังหวัดนครพนม ส่งผลทำให้รายรับทางการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐควรเข้ามาช่วยดูแลและสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง

9. ข้อเสนอแนะ

1. หน่วยงานภาครัฐและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีการจัดสรรงบประมาณในการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกในพื้นที่ โดยเฉพาะร้านอาหาร ร้านขายของที่ระลึก ห้องพัก และที่จอดรถ ให้เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว มีมาตรฐานในเรื่องการดูแลรักษาความสะอาด ความปลอดภัยตามมาตรฐานแหล่งท่องเที่ยว

2. ควรมีการประสานความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวมาให้ความรู้ประชาชนในพื้นที่ ในการพัฒนาสร้างสรรค์กิจกรรมการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ รวมไปถึงการเตรียมพร้อมในการเป็นเจ้าบ้านที่ดีเพื่อต้อนรับนักท่องเที่ยว

3. หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ชุมชนและประชาชนในพื้นที่ ควรนำผลการวิเคราะห์ความต้องการของนักท่องเที่ยวในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวถ้ำน้ำคิ อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา จังหวัดนครพนม ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่ภายในจังหวัดนครพนม

อ้างอิง

[1] กรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2558). มาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2564). แผน(ร่าง) พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 “พลิกโฉมประเทศไทยสู่สังคมก้าวหน้า เศรษฐกิจสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืน”. สืบค้นจาก <https://www.nesdc.go.th/download/document/Yearend/2021/plan13.pdf>, เข้าถึงเมื่อ 26 มกราคม 2565.

[3] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2565). Netflix จับมือการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย โปรโมทการท่องเที่ยวและวัฒนธรรมไทยผ่านภาพยนตร์. สืบค้นจาก https://tatnewsthai.org/news_detail.php?newsID=5132, เข้าถึงเมื่อ 26 มกราคม 2565.

[4] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2562). เช็คอิน 10 ที่เที่ยวนครพนมซิลล์เมืองริมโขงสนุกครบทุกรสชาติ. สืบค้นจาก <http://i-san.tourismthailand.org/3629/>, เข้าถึงเมื่อ 26 มกราคม 2565.

- [5] ผู้จัดการออนไลน์. (2564). ถ้านาคีของดีคู่ถ้านาคา อุทยานแห่งชาติภูแล้งคาชวนเที่ยว หลังดารา-คนดัง นิยมไหว้พระขอพร. สืบค้นจาก <https://mgronline.com/travel/detail/9640000114778>, เข้าถึงเมื่อ 26 มกราคม 2565.
- [6] สำนักงานจังหวัดนครพนม. (2565). ถ้านาคี อุทยานแห่งชาติภูแล้งคา บ้านแพง. สืบค้นจาก <http://www2.nakhonphanom.go.th/charm/detail/78>, เข้าถึงข้อมูลวันที่ 26 มกราคม 2565.
- [7] Poltanee, I. (2019). การศึกษาองค์ประกอบของศักยภาพแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลเกาะเต่า จังหวัด สุราษฎร์ธานี. *Journal of Thai Hospitality and Tourism*, 14(2), 17-24.
- [8] Supachayo, P. S., Dhanabhaddo, P. T., Noonklum, D., & Chimhad, P. (2021). การพัฒนา ศักยภาพแหล่งท่องเที่ยวชุมชนเมืองโบราณเวียงสระ ตำบลเวียงสระ อำเภอยะรัง จังหวัด สุราษฎร์ธานี. *Journal of MCU Nakhondhat*, 8(5), 393-406.
- [9] Bahee, B., Jehno, N., Samahae, A., Samoh, N., Kenanga, A., Waranantakul, W., ... & Waranantakul, O. (2021). การศึกษาศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ กรณีศึกษา : น้ำตก ชาร์โต อำเภอยะรัง จังหวัดยะลา. *RMUTK Journal of Liberal Arts*, 3(1), 1-13.
- [10] Nipityotin, J., Wirunrat S. (2020). ความต้องการของนักท่องเที่ยวในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวของกองทัพเรือในเขตอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 28 สิงหาคม 2565.
- [11] Kritsanarom, N., Nakre, P. (2021). การพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่สอดคล้องกับพฤติกรรม และความต้องการของนักท่องเที่ยวกรณี อำเภอนบพิตำ จังหวัด นครศรีธรรมราช. *Narkbhutparitat Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 13(1), 128-140.
- [12] Tourism Western Australia. (2009). Five A's of tourism. Australia: Tourism Western Australia. Retrieved <http://www.ex-mba.buu.ac.th/ACADEMIC/Poster2015/poster063.pdf>.

การพัฒนากระบวนการลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบกังหันโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

Development of Drying Process Germinated Brown Rice with Rotary Dryer using Infrared Ray combine Hot air

กานต์ กอมณี¹, จักรมาส เลหาวิช², ศตวรรษ นคะรังสุ³, สมชัย วัชรชุม³, ศราวุธ จันไตรรัตน์³, ทรงพล วิจารย์จักร^{1*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

214 หมู่ 12 ตำบลหนองญาติ อำเภอเมืองนครพนม จังหวัดนครพนม 48000

² หน่วยวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

41/20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

³ สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยนาหว้า มหาวิทยาลัยนครพนม

330 ตำบลนาหว้า อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม 48180

Corresponding : Songpol.w@npu.ac.th

Abstract

The objective of this research is to development of drying process germinated brown rice with rotary dryer using infrared ray combine hot air. The rotary drum has a length of 4.8 meters and a diameter of 0.8 meters. The moisture reduction process is divided into two steps: the first step involves using infrared radiation, fueled by LPG, and the second step involves using hot air generated from the combustion of the infrared burner. The experiment uses paddy rice of the Khao Dawk Mali 105 variety, Feed rate was about 350 kg/hr. The infrared radiation wavelengths used in the experiment are 2.58, 2.83, and 3.14 micrometers, and the drying process is conducted over 1, 2, and 3 cycles. The results show that the moisture content can be reduced from 34.47, 35.69, and 33.48 % wb. To 22.17, 27.05, and 27.42% wb. After three drying cycles. Additionally, it was found that at an infrared wavelength of 2.58 micrometers, the germinated brown rice had a lower breakage rate compared to other wavelengths, with a breakage percentage of only 1.81 %, and maintained good quality. The analysis of specific heat energy consumption indicated that the infrared wavelength of 2.58 micrometers required higher heat energy compared to other wavelengths.

Keywords: Germinated brown rice, Rotary dryer, Infrared ray

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังหมุน โดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ถังหมุนมีความยาวของถังหมุน 4.8 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานระหว่างการลดความชื้นได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะเป็นการลดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรด ที่ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง และช่วงที่สองจะเป็นการลดความชื้นด้วยลมร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของหัวอินฟราเรด การทดลองจะใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ป้อนด้วยอัตราป้อน 350 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การทดลองใช้ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58, 2.83, และ 3.14 ไมโครเมตร และจำนวนรอบการอบแห้ง 1, 2, และ 3 รอบ ผลการทดลองพบว่า สามารถลดความชื้นจาก 34.47 35.69 และ 33.48 % wb. ให้เหลือ 22.17 27.05 และ 27.42 % wb. ได้ด้วยการอบแห้ง 3 รอบ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร ข้าวกล้องงอกมีอัตราการแตกหักน้อยกว่าความยาวคลื่นอื่น ๆ โดยมีเปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหักเพียง 1.81% และสามารถรักษาคุณภาพของข้าวกล้องงอกได้ดี การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะพบว่าที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร มีการใช้พลังงานความร้อนสูงกว่าความยาวคลื่นอื่นๆ

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอก, เครื่องอบแห้งแบบถังหมุน, รังสีอินฟราเรด

บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์มาก ปัจจุบันคนไทยประมาณ 3,000 ล้านคนบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยได้มีการส่งออกข้าวเป็นจำนวน 8.76 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 178,136 ล้านบาท [1] ปัจจุบันได้มีเกษตรกรนำข้าวมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำมันรำข้าว ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องสำเร็จรูป เป็นต้น [2,3] และได้มีการข้าวเปลือกมาแปรรูปเป็นข้าวกล้องงอก ซึ่งเป็นถือเป็นอาหารทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เพราะข้าวกล้องงอกนี้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอยู่หลายชนิด เช่น วิตามินอี บี1 บี2 บี6 แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และสาร GABA (Gamma amino butyric acid) [4] ซึ่งสาร GABA เป็นสารสื่อประสาทที่สำคัญในระบบประสาทส่วนกลางช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์ประสาท ซึ่งช่วยในการป้องกันและลดความเสี่ยงของโรคประสาทเสื่อมหรือโรคอัลไซเมอร์ ช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยส่งเสริมการหลั่งอินซูลิน ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ที่เป็เบาหวานและความดันโลหิตสูง และช่วยต้านการอักเสบ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้และความจำ และช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพการทำงานของสมองอีกด้วย [5] และจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณสาร GABA มากกว่าข้าวกล้องธรรมดาประมาณ 11 เท่า [6]

ข้าวกล้องงอกสามารถผลิตได้จากข้าว 2 แบบ คือ แบบที่ใช้เมล็ดข้าวเปลือกเพาะงอกและแบบที่ใช้เมล็ดข้าวกล้องเพาะงอก โดยส่วนมากนิยมใช้เมล็ดข้าวเปลือกในการเพาะงอก เนื่องจากจากข้าวเปลือกยังมีเปลือกหุ้มอยู่ จึงมีการป้องกันสารอาหารในเมล็ดข้าวจากการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิต และสามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น การผลิตข้าวกล้องงอกโดยทั่วไปจะเริ่มจากการนำข้าวเปลือกมาล้างทำความสะอาด จากนั้นแช่ข้าวในน้ำสะอาด 1-2 ชั่วโมง ทำการบ่มเป็นเวลา 1-2 วัน เพื่อให้เกิดการงอก จากนั้นนำมานึ่งเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที เพื่อหยุดการ

(Research article)**Journal of Engineering Technology Access**

งอก ขั้นตอนสุดท้ายคือการลดความชื้นโดยการตากแดดเป็นเวลา 2-3 วัน เพื่อให้ความชื้นที่ต่ำกว่า 14 % wb. เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาและการกะเทาะ ซึ่งข้าวที่ผ่านการนี้จะมีความชื้นประมาณ 35% wb. รวมเวลาในการผลิตใช้เวลาประมาณ 5-7 วันต่อรอบ [7] อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการลดความชื้นโดยการตากแดด หากสภาพภูมิอากาศไม่เหมาะสมในการตาก เช่น ฝนตก พายุครึ้ม หรือแสงแดดน้อย จะส่งผลให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการตากมากขึ้นหรืออาจไม่สามารถตากได้เลย ส่งผลให้ข้าวมีกลิ่นเหม็นและอาจเกิดเชื้อราได้ นอกจากนี้ยังทำให้สารอาหารสำคัญในเมล็ดข้าวเสื่อมสภาพอีกด้วย [8]

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วย Gas-fired Infrared Dryer (GID) โดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง พบว่าความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 นาทีแรกของกระบวนการอบแห้ง [9] และได้มีการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน (HA/IR) สามารถลดเวลาการอบแห้งลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C สามารถลดเวลาอบแห้งลงได้ถึง 54.44 % และลดการใช้พลังงานลง 23.17 % เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว และช่วยลดการแตกหักและความเสียหาย ทำให้ข้าวมีคุณภาพในการสีและหุงต้มดีขึ้น [10] และยังมีการใช้เครื่องอบแห้งแบบถึงหมุนเข้ามาช่วยในการอบแห้งวัสดุทางการเกษตรหลายชนิด เช่น มันสำปะหลัง เมล็ดข้าวโพด และเมล็ดข้าว เป็นต้น [11,12]

จากงานวิจัยที่กล่าวมาเห็นได้ว่าการอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดสามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว และเครื่องอบแห้งแบบถึงหมุนด้วย ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงหมุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาในขั้นตอนการลดความชื้นของข้าวหลังการนี้จะให้มีระยะเวลาในการลดความชื้นที่เร็วขึ้น และยังสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของข้าวกล้องงอกได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมข้าวเปลือกสำหรับการทดลอง

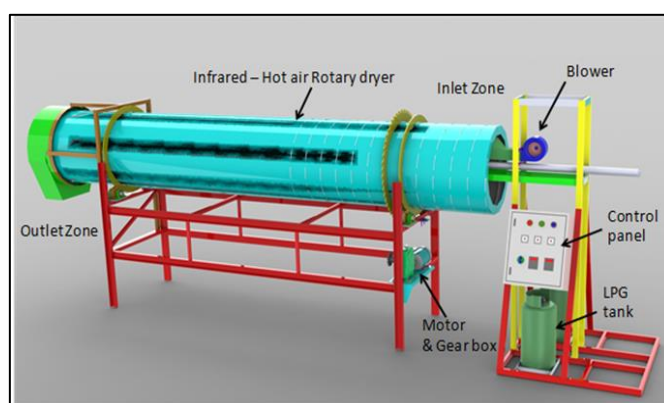
ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวอย่างในการทดลอง โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำเป็นเวลา 2 วัน โดยเมื่อแช่น้ำครบ 1 วัน แล้วจะทำการเปลี่ยนน้ำเพื่อลดกลิ่นเหม็น แล้วจึงแช่ข้าวต่อจนครบ 2 วัน นำข้าวมาบ่มในกระสอบเป็นเวลาประมาณ 1-2 วันเพื่อให้ข้าวเกิดการงอก จากนั้นนำข้าวเปลือกไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที เมื่อสุกแล้วมาผึ่งในร่มประมาณ 30 นาที เพื่อให้ไอน้ำระเหยออก จากนั้นจึงนำไปอบแห้ง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมข้าวเปลือกสำหรับการทดลอง

เครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

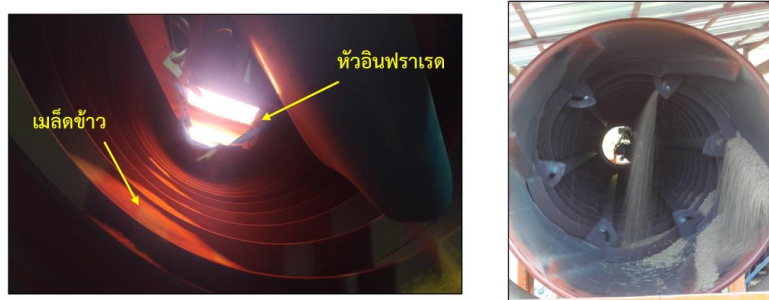
เครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมลมร้อนมีความยาวของถ้งหมุน 4.8 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานระหว่างการลดความชื้นได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วง 2 เมตร แรกของถ้งหมุนจะเป็นการลดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรด ซึ่งแผ่มาจากหัวอินฟราเรดแบบเซรามิกที่ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยถูกติดตั้งในช่วงต้นทางของถ้งหมุน จำนวน 2 หัว และช่วงสุดท้ายจะเป็นการลดความชื้นด้วยลมร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของหัวอินฟราเรดดังกล่าวข้างต้น โดยมีพัดลมขนาด 1/3 แรงม้าเป่าลมร้อนให้กระจายภายในถ้งหมุนระหว่างที่ข้าวเคลื่อนที่ผ่านถ้งหมุนด้วยเกลียวลำเลียง ระหว่างนี้จะมีครีบบนล้อสำหรับโปรยเมล็ดข้าวเพื่อให้ลมร้อนสามารถสัมผัสเมล็ดข้าวอย่างรอบด้าน ความเร็วรอบของถ้งหมุน 6.5 รอบ/นาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านเกียร์บล็อกและเฟืองโซ่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

วิธีการทดลอง

การทดลองอบแห้งข้าวกล้องงอกมีปัจจัยในการทดสอบคือ ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 2.83 และ 3.14 ไมโครเมตร (850 750 และ 650 °C) และจำนวนรอบของการอบแห้ง 1 2 และ 3 รอบ โดยทำการสุ่มสุ่มเก็บข้าวใส่ภาชนะ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อไปหาความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC [13] ใช้กระป๋องลำเลียงเป็นอุปกรณ์สำหรับป้อนข้าวเปลือกลงสู่ถ้งหมุน มีอัตราการป้อน 350 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขั้นตอนแรกใช้หลักการลดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรดข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่ไปตามเกลียวลำเลียง และใบโปรยจะโปรยข้าวเพื่อให้ข้าวเปลือกสัมผัสกับลมร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของหัวอินฟราเรด เมื่อข้าวออกจากถ้งทำการสุ่มเก็บข้าวใส่ภาชนะ จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งนี้ในการเริ่มสุมนั้นต้องรอให้เครื่องมีการทำงานแล้วประมาณ 5-10 นาที หรือจนกว่าข้าวมีการเคลื่อนที่เต็มเกลียวลำเลียงแล้วจึงทำการสุ่มเก็บค่าได้ ทำการวัดอุณหภูมิของเมล็ดข้าวด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล (Testo 106) และสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวไปหาความชื้นหลังจากผ่านการอบแห้ง ในการอบแห้ง 1 2 และ 3 รอบ จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการอบแห้งมาพักไว้ในที่อบอุ่นอากาศ (Tempering) เป็นเวลา 30 นาที เพื่อที่จะรอบอบแห้งในรอบต่อไป หลังจากผ่านการอบแห้งในแต่ละรอบ จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าวกล้องงอกหลังจากผ่านการอบแห้ง โดยจะนำไปลดความชื้นด้วยลมเย็นจนมีความชื้นต่ำกว่า 14 % wb. ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทดลองอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังหมุน โดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

การวิเคราะห์หาค่าความชื้นก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งจะหาได้จากสมการ (1)

$$\text{ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (MC}_{wb.}) = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ $MC_{wb.}$ = ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (% wb.)
 m_w = มวลเปียก (กรัม)
 m_d = มวลแห้ง (กรัม)

การวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนความชื้น (MR) สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$\text{อัตราส่วนความชื้น (MR)} = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{M_t}{M_0} \quad (2)$$

เมื่อ MR = อัตราส่วนความชื้น
 M_t = ความชื้นตัวอย่างที่เวลาใดๆ (% wb.)
 M_0 = ความชื้นเริ่มของตัวอย่าง (% wb.)
 M_e = ความชื้นสมดุลของตัวอย่าง (% wb.)

การวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าวกล้องงอกหลังจากผ่านการอบแห้ง

การวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าวกล้องงอกหลังจากผ่านการอบแห้งโดยจะหาเปอร์เซ็นต์การแตกหักหลังจากกะเทาะ ค่าสีของเมล็ดข้าวกล้องงอก และปริมาณสารกาบ้า (GABA) โดยการหาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและข้าวแตกหักหลังจากกะเทาะ จะเริ่มจากเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งจำนวน 250 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง ไปทำการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวขนาดเล็ก เมื่อได้เมล็ดข้าวที่ทำการกะเทาะแล้วนำมาคัดแยกเมล็ดแตกหักด้วยเครื่องคัดแยก จากนั้นคำนวณหาปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและปริมาณข้าวหักดังสมการ (3) และ (4)

$$\text{ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{ปริมาณข้าวแตกหัก} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวแตกหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น}} \times 100 \quad (4)$$

การวัดค่าสีของเมล็ดข้าวกล้องงอก นำข้าวกล้องงอกที่ผ่านการกะเทาะแล้วมาวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยใช้เครื่อง ColorFlex EZ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับระหว่างข้าวที่ผ่านการอบแห้งและข้าวอ้าอิง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การวัดค่าสีของเมล็ดข้าวกล้องงอก

การหาปริมาณสารกาบ้า (GABA) นำตัวอย่างข้าวมาบดให้ละเอียดและชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมน้ำสกัดเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน ข้าว : เมทานอล (1 : 10) นำไปแช่ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำส่วนที่เป็นกากสกัดซ้ำ 1 รอบ จากนั้นนำรวมกัน เพิ่มความเข้มข้นด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 1 ml นำมาละลายกลับด้วยเมทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ และปรับปริมาตรเท่ากับ 5 ml กรองด้วยกระดาษกรอง 0.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกาบด้วยเครื่อง LCMS/MS (Liquid Chromatography – Mass Spectrometry)

การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ในการวัดปริมาณการใช้แก๊ส LPG ของระบบอบแห้งจะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ชั่งน้ำหนักถังแก๊สก่อนและหลังการอบแห้งแล้วบันทึกค่า จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณแก๊สแอลพีจีที่ใช้ในหน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะในหน่วยเมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ดังสมการที่ 4

$$SEC_{Heat} = \frac{m_g HHV}{(M_i - M_f)m_D} \quad (4)$$

เมื่อ SEC_{Heat} = พลังงานความร้อนจำเพาะ (MJ/kg_{evap.})

HHV = ค่าความร้อนสูงของแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 50.152 MJ/kg

m_g = ปริมาณแก๊สแอลพีจีที่ใช้ (kg/hr)

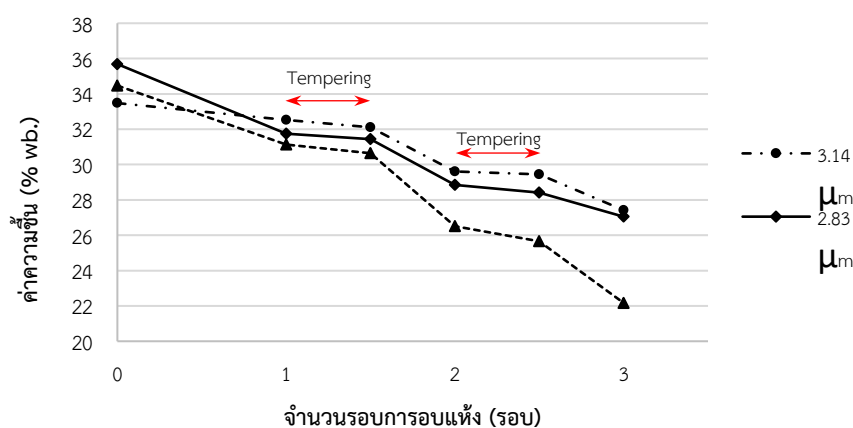
M_i = ความชื้นเริ่มต้น (% db.)

M_f = ความชื้นสุดท้าย (% db.)

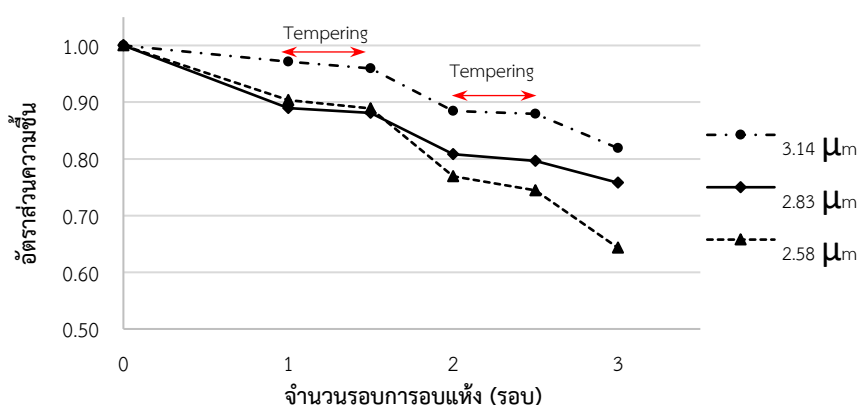
m_D = มวลแห้งของข้าวเปลือก (kg)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองอบแห้งข้าวกล้องงอกโดยมีปัจจัยในการทดลองคือ ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 2.83 และ 3.14 ไมโครเมตร และจำนวนรอบของการอบแห้ง 1 2 และ 3 รอบ โดยมีความชื้นเริ่มต้นที่แตกต่างกันในแต่ละความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 34.47 35.69 และ 33.48 % wb. พบว่าเมื่อผ่านการอบแห้ง 3 รอบมีความชื้นเหลือ 22.17 27.05 และ 27.42 % wb. และนำข้าวที่ผ่านการอบแห้งในแต่ละรอบมาพักไว้ในที่อับอากาศ (Tempering) พบว่าในช่วงพักข้าวยังคงมีการระเหยของน้ำในเมล็ดข้าวอยู่ และช่วยกระจายความชื้นอย่างสม่ำเสมอทั้งเมล็ด ทำให้การอบแห้งครั้งต่อไปมีอัตราการการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น [14] และผลของยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด พบว่าที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดแตกต่างกันมีผลต่อการลดความชื้นของข้าวกล้องงอก โดยความยาวคลื่นสั้นจะมีประสิทธิภาพในการเจาะผ่านพื้นผิววัสดุและเพิ่มอัตราการระเหยนํ้ามากกว่า [15] และหลังจากผ่านการอบแห้งพบว่า มีอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.64 0.76 และ 0.82 ตามลำดับ ดังภาพที่ 5 และ 6

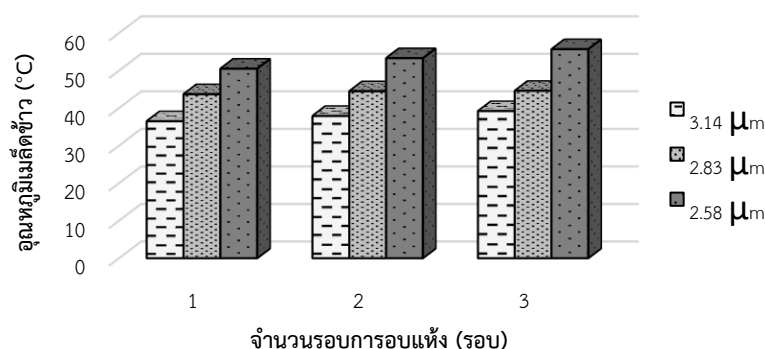


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความค่าความชื้นกับจำนวนรอบการอบแห้งในแต่ละรอบ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความอัตราส่วนความชื้นกับจำนวนรอบการอบแห้งในแต่ละรอบ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวกล้องงอก พบว่าอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับความยาวคลื่นอินฟราเรดลดลง และอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อนำข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบในรอบที่ 1 มาอบต่อในรอบที่ 2 และ 3 ซึ่งเกิดจากความร้อนที่สะสมอยู่ในตัวเมล็ดข้าว และที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร ข้าวกล้องงอกมีอุณหภูมิสูงกว่าระดับความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรดต่างๆ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเมล็ดข้าวกับจำนวนรอบการอบแห้งในแต่ละรอบ

ผลการหาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและข้าวแตกหัก พบว่าการลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน สามารถช่วยลดการแตกหักของเมล็ดข้าวระหว่างการกะเทาะ เนื่องจากรังสีอินฟราเรดสามารถถ่ายเทความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้เมล็ดข้าวไม่เกิดความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เมล็ดข้าวแตกหักในกระบวนการอบแห้งแบบดั้งเดิมที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ [16] และที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร มีเปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก 1.81 % ซึ่งน้อยกว่าข้าวอ้างอิง (ตากแดด) 3.35 % จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ส่งต่อการลดการแตกหักของเมล็ดข้าวคือความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด สำหรับผลทดสอบการวัดค่าสีของข้าวกล้องงอก โดยพบว่าข้าวอ้างอิง (ตากแดด) มีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 58.91 6.64 และ 28.52 ตามลำดับ หลังจากอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุนโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 2.83 และ 3.14 ไมโครเมตร และจำนวนรอบของการอบแห้ง 1 2 และ 3 รอบ พบว่ามีค่าสี L^* a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันจากข้าวอ้างอิง การวิเคราะห์คุณภาพข้าวกล้องงอกด้านที่สำคัญอีกด้านคือ ปริมาณสาร GABA การอบแห้งด้วยความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นระดับความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรดที่สามารถลดความชื้นได้มากที่สุด และมีปริมาณข้าวแตกหักน้อยกว่าระดับความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรดต่างๆ ดังนั้นจึงเลือกเงื่อนไขที่เป็นประโยชน์ต่อความสามารถในการอบแห้ง คือที่ระดับความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร นำไปตรวจวัดหาค่าปริมาณสาร GABA พบว่า ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุนด้วยระบบอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง เนื่องจากการอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยรังสีอินฟราเรดมีผลต่อปริมาณสาร GABA โดยการใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจะช่วยรักษาปริมาณ GABA ให้คงอยู่ในระดับสูง จากการศึกษาพบว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดสามารถลดเวลาการอบแห้งและช่วยลดการสูญเสียสาร GABA เมื่อเทียบกับวิธีการอบแห้งแบบอื่น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในกระบวนการอบแห้งจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อรักษาคุณภาพและปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกได้ดีที่สุด [17] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าวกล้องงอกหลังจากผ่านการอบแห้ง

ความยาว คลื่นรังสี อินฟราเรด (μm)	จำนวน รอบการ อบแห้ง (รอบ)	คุณภาพหลังกะเทาะ		ค่าสีของเมล็ดข้าว			ปริมาณสาร GABA (ng./g _{rice})
		ข้าวเต็มเมล็ด (%)	ข้าวแตกหัก (%)	L*	a*	b*	
3.14 (650 °C)	1	72.23 $\pm$ 0.10	3.05 $\pm$ 0.03	58.40 $\pm$ 0.43	6.33 $\pm$ 0.11	28.14 $\pm$ 0.21	N/A
	2	74.08 $\pm$ 0.13	1.83 $\pm$ 0.16	58.72 $\pm$ 0.18	6.56 $\pm$ 0.14	28.19 $\pm$ 0.36	N/A
	3	73.50 $\pm$ 0.26	2.35 $\pm$ 0.29	58.51 $\pm$ 0.46	6.55 $\pm$ 0.15	27.91 $\pm$ 0.16	N/A
2.83 (750 °C)	1	71.91 $\pm$ 0.49	2.86 $\pm$ 0.17	58.42 $\pm$ 0.14	6.54 $\pm$ 0.11	27.47 $\pm$ 0.13	N/A
	2	73.54 $\pm$ 0.37	1.99 $\pm$ 0.16	58.68 $\pm$ 0.49	6.58 $\pm$ 0.13	27.52 $\pm$ 0.43	N/A
	3	72.98 $\pm$ 0.27	2.47 $\pm$ 0.12	58.34 $\pm$ 0.16	6.58 $\pm$ 0.22	27.36 $\pm$ 0.56	N/A
2.58 (850 °C)	1	72.74 $\pm$ 0.46	1.90 $\pm$ 0.06	58.04 $\pm$ 0.17	6.70 $\pm$ 0.07	28.15 $\pm$ 0.27	12.27
	2	71.77 $\pm$ 0.52	1.95 $\pm$ 0.14	58.66 $\pm$ 0.61	6.59 $\pm$ 0.17	27.88 $\pm$ 0.15	11.94
	3	72.14 $\pm$ 0.18	1.81 $\pm$ 0.05	58.31 $\pm$ 0.13	6.62 $\pm$ 0.16	28.00 $\pm$ 0.27	12.04
ข้าวอ้างอิง (ตากแดด)		72.34 $\pm$ 0.27	3.35 $\pm$ 0.08	58.91 $\pm$ 0.66	6.64 $\pm$ 0.16	28.52 $\pm$ 0.22	12.08

ผลการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งข้าวกล้องงอก ที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร ใช้ปริมาณพลังงานความร้อนสูงกว่าการอบแห้งที่ ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.83 และ 3.14 ไมโครเมตร ตามลำดับ และผลของจำนวนรอบในการอบพบว่าที่ 3 รอบ ใช้พลังงานความร้อนสูงกว่าการอบที่จำนวนรอบ 2 และ 1 รอบ ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความยาวคลื่น อินฟราเรด	รอบการ อบแห้ง	อัตราน้ำระเหย (kg-water evap./h)	พลังงานความร้อน (MJ/h)	พลังงานความร้อนจำเพาะ (MJ/kg-water evap.)
3.14 (650 °C)	1	11.40	36.11	3.17
	2	20.22	76.22	3.77
	3	32.09	108.33	3.38
2.83 (750 °C)	1	19.86	50.15	2.53
	2	37.53	100.3	2.67
	3	46.23	150.46	3.25
2.58 (850 °C)	1	17.80	72.22	4.06
	2	38.52	145.44	3.78
	3	58.25	218.16	3.75

สรุป

จากการพัฒนากระบวนการลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุ่นโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เป็นตัวอย่างในการทดลอง พบว่าสามารถลดความชื้นข้าวกล้องงอกที่มีความชื้นเริ่ม 34.47 35.69 และ 33.48 % wb. ให้เหลือ 22.17 27.05 และ 27.42 % wb. ได้ในจำนวนรอบการอบแห้ง 3 รอบ และยังสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวระหว่างการกะเทาะได้เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง นอกจากนี้ยังช่วยรักษาปริมาณ GABA ให้คงอยู่ในระดับสูง ดังนั้นการลดความชื้นข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถ้งหมุ่นโดยใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนสามารถช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการลดความชื้นได้ และยังสามารถรักษาคุณภาพของข้าวกล้องงอกได้ดี สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งคือ ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.58 ไมโครเมตร และอบแห้งจำนวน 3 รอบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม – พวอ. ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจศูนย์ส่งเสริมและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนตำบลสาวะถี บ้านโนนรัง ตำบลสาวะถี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ในการทำวิจัย

อ้างอิง

- [1] กรมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2567. สรุปยอดส่งออกข้าวในปี 2566. เว็บไซต์ <https://www.dft.go.th/th-th/NewsList/News-DFT/Description-News-DFT/ArticleId/27608/-27608>
- [2] Chulaluck Charunuch & Pracha Boonyasirikool. (2000). Development of corngrit-broken rice based snack food by extrusion cooking. Kasetsart Journal: Natural Sciences (Thailand), 34(2), 279-288.
- [3] Van Man Phan , Hai Chi Tran , and Sakaya Sombatpraiwan. 2021. Rice bran oil extraction with mixtures of ethanol and hexane. Songklanakarin J. Sci. Technol. 43(3), pp. 630-637.
- [4] Jenjjra Chanya, Cherdpong Chiawchanwattana, Juckamas Laohavanich, Phirayot Khaengkhan ,Suphan Yangyuen. 2020. Design and Development of Machine for Soaking and Germination of Paddy in One Step. Thai Society of Agricultural Engineering Journal, 26(1), pp.44-51.
- [5] Su-Jin Oh, Hyun Soo Kim, Seung-Taik Lim, Chagam Koteswara Reddy. 2019. Enhanced accumulation of gamma-aminobutyric acid in rice bran using anaerobic incubation with various additives. Food Chemistry, 271, pp. 187-192.
- [6] Patil, S. B., Khan, M. K. 2011. Germinated brown rice as a value-added rice product: A review. Journal of Food Science and Technology, 48(6), pp. 661-667.
- [7] Songpol Wijanjak, Suphan Yangyuen, Cherdpong Chiawchanwattana, Juckamas Laohavanich. 2016. Development and testing of rotary dryer for germinated brown rice. Agricultural Sci. J. 47(3) (Suppl.), 429-432.

- [8] Leal, A. F., Coradi, P. C., dos Santos Moraes, R., Müller, E., Teodoro, P. E., Teodoro, L. P. R., & Rodrigues, D. M. (2023). Tempering time and air temperature relationships for real-scale paddy drying and their effects on the physical, physicochemical, and morphological qualities of polished rice. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22673415.v1>
- [9] Laohavanich J., Wongpichet S. 2007. Thin layer drying model for gas-fired infrared drying of paddy. Songklanakarin J. Sci. Technol 2008: 343-348.
- [10] P.L., Chen., J., Xu., Y., Tang., M.H., Liu. (2019). Experiments on paddy drying mechanism of far-infrared convection combination in combine harvester.. INMATEH-Agricultural Engineering, 59(3), 133-140. DOI : 10.35633/INMATEH-59-15
- [11] Onyeagba Obinna B, Eje Brendan E. 2022. Optimization of drying process parameters of cassava chips in rotary dryer. Discovery, 2022, 58(321), 983-996
- [12] Decha Prakhethanang, Cherdpong Chiawchanwattana, Juckamas Laohavanich, Phirayot Khaengkhan. (2020). The Influence of Infrared Radiation, Hot Air and the Tempering on Khao Dawk Mali 105 Rice Seedling Germination and Seedling Growth. Thai Society of Agricultural Engineering Journal, 26(1), 152-61
- [13] AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- [14] Aboud, S.A.; Altemimi, A.B.; R. S. Al-Hilphy, A.; Yi-Chen, L.; Cacciola, F. 2019. A comprehensive review on infrared heating applications in food processing. Molecules, 24, 4125. <https://doi.org/10.3390/molecules24224125>
- [15] Jie, Wang., Danyang, Wang., Tingyao, Zhan., Shuo, Qiu., Dongbing, Tao., Dongping, Ji., Ensi, Cheng. (2022). Effect of tempering drying on the physicochemical properties of paddy rice. Journal of Food Processing and Preservation, 46(3) DOI: 10.1111/jfpp.16374
- [16] Jiranan, Ratseewo., Frederick, J., Warren., Naret, Meeso., Sirithon, Siriamornpun. (2022). Effects of Far-Infrared Radiation Drying on Starch Digestibility and the Content of Bioactive Compounds in Differently Pigmented Rice Varieties. Foods, 11(24), 4079-4079. doi: 10.3390/foods11244079
- [17] Zhang Q, Liu N, Wang S S, Pan L Q. (2021). Nondestructive determination of GABA in germinated brown rice with near infrared spectroscopy based on wavelet transform denoising. Int J Agric & Biol Eng, 14(3): 200–206. DOI: 10.25165/j.ijabe.20211403.6178