

บทที่ 1

บทนำ

ชาหมูเป็นส่วนที่คนไทยนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย นอกเหนือไปจากอวัยวะส่วนอื่นๆ ของหมู โดยเฉพาะคนไทยเชื้อสายจีน ก่อนการนำชาหมูไปประกอบอาหาร ครวเรือนหรือผู้ประกอบการร้านอาหาร จะต้องทำการเผาชาหมูเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ขนหรือเล็ดหมู และช่วยลดไขมันส่วนเกินในชาหมูให้น้อยลง สีของชาหมูภายหลังการเผาให้ไหม้เกรียมและขูดล้างทำความสะอาดจะมีสีเหลืองน้ำตาล ช่วยให้ดูสะอาดและน่ารับประทานมากกว่าชาหมูที่ไม่ผ่านการเผา นอกจากนี้ยังเชื่อกันว่า การเผาชาหมูช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์และทำให้รสชาติของชาหมูดีขึ้น เมื่อนำไปประกอบอาหารเพื่อรับประทานหรือจำหน่าย

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การเผาชาหมูในอดีตใช้พลังงานความร้อนจากเตาถ่านไม้ ปัจจุบันนิยมใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มหรือแอลพีจี (liquid petroleum gas, LPG) เพราะถ่านไม้มีราคาต้นทุนสูงและมีความยุ่งยากต่อการเผามากกว่า แม้ว่าการเผาด้วยเตาถ่านไม้จะให้กลิ่นและรสชาติชาหมูที่ดีกว่าการเผาด้วยแก๊สหุงต้ม แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสองกรณีกระทำเป็นระบบเปิด อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกรณีการเผาชาหมูจำนวนมาก ซึ่งกระทำโดยร้านอาหาร เชียงหมูหรือโรงฆ่าสัตว์ จากการสังเกตเบื้องต้นพบว่ากระบวนการเผาชาหมุดังกล่าว มีการสูญเสียพลังงานความร้อนสูง เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากความร้อน กลิ่นไหม้จากการเผา คาร์บอนและเขม่า ฯลฯ ไขมันจากชาหมูส่วนหนึ่งมักจะถูกทิ้งไป โดยปราศจากการเก็บสะสมเพื่อการกำจัดอย่างถูกวิธี เหมาะสมหรือถูกสุขลักษณะเท่าที่ควร

กระบวนการเผาชาหมูแบบดั้งเดิมทั่วไป ดังที่กล่าวมา สามารถลดอัตราการใช้พลังงานความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการเผาได้ ตลอดจนการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าการเผาชาหมูกระทำโดยเตาเผาที่ออกแบบให้เหมาะสมเป็นกึ่งระบบปิด โดยไม่ส่งผลกระทบหรือเกิดผลเสียต่อคุณภาพของชาหมู ผลที่ตามมาคือการลดต้นทุนการเผาชาหมู เวลา และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประเภทคาร์บอนและเขม่า รวมไปถึงสามารถนำไขมันส่วนเกินที่เกิดขึ้นขณะทำการเผาชาหมู ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์หรือกำจัดได้อย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสร้างเตาเผาชาหมู เพื่อสนองตอบความต้องการ การลดการใช้พลังงานความร้อนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาชาหมูเป็นหลักสำคัญ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อสร้างเตาเผาขยะมูลฝอยต้นแบบที่สามารถลดอัตราการใช้พลังงานความร้อน ในกระบวนการเผาขยะมูลฝอย และระยะเวลาที่ใช้ในการเผา ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการเผาขยะมูลฝอย รวมไปถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษา ออกแบบและสร้างเตาเผาขยะมูลฝอยต้นแบบที่ประหยัดพลังงานความร้อน หรือเชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้ม และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รองรับการเผาขยะมูลฝอยขนาดจำนวนไม่เกิน 12 ชิ้นต่อหนึ่งรอบการเผา ซึ่งเหมาะสำหรับร้านอาหารระดับขนาดกลางหรือขนาดเล็ก

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มานพ ปิยะศิลป์ (2546) ได้คิดค้นและประดิษฐ์เตาเผาขยะ Thaifires หรือเตาเผาไร้ควัน มีสมบัติเหมาะสมต่อการเผาไหม้ขยะเปียกหรือขยะจากครัวเรือนได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะสารพิษจำพวกไดออกซินซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เตาเผาไร้ควันมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและอัตราการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงต่ำกว่าเตาเผาขยะทั่วไป โดยอาศัยเทคโนโลยีที่เรียกว่า VCI (volatile cracking incinerator) กล่าวคือเมื่อขยะถูกเผา ความร้อนจากการเผาไหม้ส่วนหนึ่งจะถูกดึงไปใช้ในการอบแห้งขยะ เพื่อระเหยน้ำให้กลายเป็นไอน้ำและระเหิดคายแก๊สติดไฟออกมา ขยะจะเปลี่ยนสภาพจากขยะเปียกชื้นกลายเป็นขยะแห้ง ไอน้ำและแก๊สติดไฟ เพื่อนำกลับมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาขยะอีกครั้ง เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ มลพิษต่ำและไร้ควัน การเริ่มต้นของการเผาขยะใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ความร้อนที่ทำให้ขยะได้รับการอบแห้ง คายแก๊สติดไฟและไอน้ำ มีอุณหภูมิการเผาไหม้ระหว่าง 850-1,050 °C สามารถเผาขยะที่มีความชื้น 60% ได้ เตาเผาไร้ควันรองรับปริมาณขยะได้ 4-20 ตัน/วัน เหมาะสำหรับขยะจากชุมชน ขยะจากสถานประกอบการประเภทโรงแรม ร้านอาหาร ขยะติดเชื้อและขยะจากอุตสาหกรรม ฯลฯ

ณรงค์ ธรรมเจริญ (2546) ได้ศึกษาและวิเคราะห์เทคโนโลยีการเผาไหม้มูลฝอย เพื่อสร้างเตาเผามูลฝอยต้นแบบพลังงานสูงควบคุมมลพิษ เป็นระบบผสมกึ่งเปิด-ปิด ขนาดความกว้าง 2.2 เมตร ความยาว 3.0 เมตร และความสูง 2.0 เมตร ภายในก่อด้วยอิฐทนไฟ และกั้นด้วยไฟเบอร์กันความร้อน ตะแกรงเผาทำด้วยเหล็กข้ออ้อย สูงจากพื้น 0.5 เมตร โครงสร้างภายนอกเตาเผา ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 0.005 เมตร อุปกรณ์ประกอบด้วย หัวพ่นไฟจำนวน 2 หัว ใช้น้ำมันดีเซลเป็น

เชื้อเพลิงในการป้อนพลังงานความร้อน ป้อนไฮโดรเจนสำหรับดักฝุ่นหนัก และห้องสเปรย์น้ำความดันสูงสำหรับจับควันพิษและอนุภาคหรือฝุ่นขนาดเล็กก่อนปล่อยออกจากปล่องไฟภายหลังการเผา มีอัตราการป้อนมูลฝอย 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ควันจากปล่องอากาศเสียที่ความสูง 9.0 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40 เมตร พบว่าค่าพารามิเตอร์ เช่น ฝุ่นละออง แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเตาเผามูลฝอยของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กุลธิดา บรรจงศิริ (2547) ได้พัฒนาเตาเผาขยะแบบครัวเรือน สำหรับการลดปริมาณขยะจากแหล่งกำเนิดหรือครัวเรือน เตาเผาขยะแบบครัวเรือนแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้ มีความจุ 10.4 ลูกบาศก์ฟุต สามารถเผาขยะมูลฝอยได้สูงสุด 18 กิโลกรัม/ครั้ง และห้องพักควัน ใช้วิธีการกำจัดเขม่าควันโดยใช้วัสดุกรองแบบแห้ง 3 ชั้น คือ ฝอยเหล็ก ถ่านกัมมันต์และใยแก้ว ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ทดลองเผาขยะจากครัวเรือนครั้งละ 15 กิโลกรัม แบ่งเป็นอัตราส่วนผสมของขยะแห้งต่อขยะเปียก 5 อัตราส่วน คือ 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 1 และ 3 : 1 ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในห้องเผาไหม้อยู่ระหว่าง 104°C ถึง 310°C เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ 1 ชั่วโมง 40 นาที ถึง 3 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยที่ใช้ 1.22 กิโลกรัม/ครั้ง มีประสิทธิภาพในการกำจัดขยะมูลฝอย ร้อยละ 94.98 ถึง 96.17

วิบูลย์ เทเพนทร์ และคณะ (2547) ได้พัฒนาเตาเผาแก๊สสำหรับเครื่องลดความชื้นลำไยทั้งเปลือก โดยเตาเผาแก๊สที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น มีส่วนล่างของเตาเป็นเตาแบบตะแกรงพื้นที่ตะแกรงขนาด 0.4 ตารางเมตร ส่วนด้านบนของเตาเผาเป็นแบบไฮโดรเจนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เมตร สูง 1.2 เมตร ท่อลมภายในทำหน้าที่เป็นท่อลมและท่อแลกเปลี่ยนความร้อน มีชุดดักฝุ่นและถ้ำอยู่ด้านบนตัวเตาเผา การใช้งานจะมีท่อลมร้อนที่ออกจากเตาเผา ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับพัดลมของเครื่องลดความชื้นแบบกระเปาะ ต่อท่อเข้าทางด้านดูดของพัดลม ผลการทดสอบพบว่า ได้ปริมาณความร้อนขนาด 50-100 กิโลวัตต์ ปริมาณที่เข้าแก๊สที่ผสมกับลมร้อนมีปริมาณน้อยมาก เตาเผาแบบที่ 2 พัฒนาขึ้นใช้สำหรับผู้ประกอบการที่มีเครื่องลดความชื้นจำนวนมาก ขนาดของเตาเผาออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับจำนวนเครื่องลดความชื้น เตาเผาที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบเตาไฮโดรเจนมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ลมร้อนที่ได้สะอาด ไม่มีกลิ่นควันไฟ เตาเผาที่พัฒนาขึ้นมีค่าภาระเตา 1,500 เมกกะจูลต่อชั่วโมงต่อปริมาตรเตา 1 ลูกบาศก์เมตร ตัวเตาเผาเป็นรูปทรงกระบอก ด้านล่างเป็นรูปกรวย ส่วนที่เป็นทรงกระบอกมีความสูงเป็น 1.5 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลาง การป้อนแก๊สจะป้อนที่ด้านบนของเตาเพื่อให้แก๊สหมุนวนในเตาเผา อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะใช้พัดลมเป่าเข้าไปภายในเตาเผา อากาศร้อนออกจากเตาเผาทางด้านบน ผ่านชุด

แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and tube ผลการทดสอบเตาต้นแบบขนาด 450 กิโลวัตต์ พบว่ามีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม 45%

ศรวิชัย สุธุข และคณะ (2548) ได้ศึกษาวิจัยการใช้ ออกซิเจน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ในเตาเผาซากสัตว์ทดลอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลการออกแบบเตาเผาและหม้อต้มไอน้ำ สำหรับการวางระบบเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเชื้อเพลิงและลดมลพิษทางอากาศ สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองเป็นแก๊สหุงต้ม โดยควบคุมปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงภายใต้อุณหภูมิเท่ากัน เทียบกับการเผาไหม้แบบดั้งเดิม ผลการทดลองพบว่า ค่าใช้จ่ายรวมในการเผาไหม้ และการเกิดมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณลดลง

คันสนธิ รัชกุล และคณะ (2549) ศึกษาและสร้างเตาเผากระดูกสัตว์ต้นแบบ พร้อมระบบควบคุมและกำจัดกลิ่น เพื่อนำถ่านกระดูกสัตว์ไปใช้ในการผลิตเครื่องกรองฟลูออไรด์ออกจากน้ำดื่ม เตาเผากระดูกสัตว์เป็นชนิด Transverse-Draft Kiln (Cross-Draft) มีปริมาตรความจุ 0.15 ลูกบาศก์เมตร มีประสิทธิภาพในการทำงานเผากระดูกสัตว์ครั้งละ 15-20 กิโลกรัม ได้ถ่านกระดูกสัตว์ 3-5 กิโลกรัม โดยใช้แก๊สหุงต้มครั้งละ 5 กิโลกรัม กระบวนการเผาเป็นแบบมีออกซิเจนในบรรยากาศ ใช้เวลาในการเผา 1.5-2 ชั่วโมง เมื่อเผาให้มีอุณหภูมิสูงประมาณ 500 °C จะปิดไฟ (เชื้อเพลิง) แล้วปล่อยให้เย็นลง ภายหลังจากเผา ได้ถ่านกระดูกสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการกรองฟลูออไรด์ เตาเผากระดูกสัตว์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเด่นที่มีระบบกำจัดกลิ่นในการเผากระดูกสัตว์เพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นรบกวนผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ระบบกำจัดกลิ่นเป็นแบบปล่อยไฟ ซึ่งทำให้ตู้เหล็กมีปล่อยไฟติดกับเตาเผากระดูกสัตว์ มีหัวพ่นไฟ 3 หัว และทำการเผาวันซ้ำ 3 ครั้ง ก่อนปล่อยออกทางปล่อยไฟ

บุญคุ้ม บุญญะโสภิต และคณะ (2550) ได้วิจัยและพัฒนาหัวเตาเผาแก๊ส (burner) ที่ใช้แก๊สหุงต้มหรือแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ขนาดหัวเตาเผาระหว่าง 100 - 500 kW เพื่อช่วยให้ประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมประเภทห้องอบแห้ง ห้องอบสี เตาหลอมและหม้อน้ำ หรืองานทางด้านเซรามิค รวมทั้งเตาเผาขยะและเตาเผาศพ ฯลฯ จุดเด่นของงานวิจัยคือสามารถออกแบบหัวเตาเผาได้ทุกขนาดตามต้องการและมีราคาถูกกว่าการสั่งซื้อหัวเตาเผาจากต่างประเทศ

พิทักษ์ สุวรรณบุญ และคณะ (2550) ได้ศึกษาและออกแบบเตาเผาขยะจากชุมชนแบบประหยัดพลังงานด้วยเทคโนโลยีการเผาไหม้อากาศอุณหภูมิสูง (high temperature air combustion technique, HITAC) โดยอาศัยหลักการทำให้ห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงและเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งอากาศร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้และมีอุณหภูมิสูง สามารถนำไปเพิ่ม

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ โดยทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิจุดระเบิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ก่อนปล่อยเข้าไปในห้องเผาไหม้ เมื่อเชื้อเพลิงถูกไล่เลียงเข้ามาก็จะเผาไหม้เกิดความร้อนตามที่ต้องการ เทคนิคดังกล่าว ช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ช่วยลดการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ การวิจัยอาศัยการจำลองสภาวะการเผาไหม้ ภายใต้ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าในบรรยากาศ และศึกษาการเผาไหม้ภายใต้อุณหภูมิสูง อัตราการประหยัดพลังงานและอัตราการปล่อยมลพิษ โดยใช้เชื้อเพลิงแทนขยะ ผลการทดลองพบว่าเตาเผาขยะจากชุมชนสามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้มากกว่า 50%

งานวิจัยดังที่กล่าวมา ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่งานวิจัยและพัฒนาเตาเผา เทคนิค และกลวิธีหรือกระบวนการในการเผาที่มีประสิทธิภาพ สำหรับงานอบแห้ง เผาขยะหรือมูลฝอย ชากสัตว์ กระดูกสัตว์หรือเศษพืช ฯลฯ เชื้อเพลิงที่ใช้คือแก๊สหุงต้ม น้ำมันดีเซลหรือแก๊ส ฯลฯ สำหรับงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษา พัฒนาและออกแบบเตาเผา ที่เหมาะสมสำหรับการเผาขยะที่มีประสิทธิภาพเฉพาะ ช่วยประหยัดพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการเผาขยะ เช่น ควันและเขม่า เป็นต้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เตาเผาขยะต้นแบบที่ประหยัดพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการเกี่ยวกับร้านอาหาร ผู้สนใจหรือเจ้าของเชียงใหม่ สามารถนำข้อมูลเชิงเทคนิคหรือรายละเอียดของเครื่องต้นแบบ ไปประยุกต์สร้างได้ในราคาที่ยอมรับได้ นอกจากนี้เตาเผาขยะต้นแบบดังกล่าว สามารถเป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนได้

ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เตาเผาขยะต้นแบบที่ประหยัดพลังงานความร้อนหรือเชื้อเพลิง ช่วยอำนวยความสะดวกในการเผาขยะ ลดระยะเวลาในการเผา ในราคาที่สถานประกอบการร้านอาหารที่เกี่ยวข้องกับขยะยอมรับได้

2. เต่าเผาชาหมูต้นแบบสามารถลดต้นทุนการเผาชาหมู โดยเฉพาะการลดอัตราการใช้พลังงานความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ประเภทแก๊สหุงต้มหรือแก๊สธรรมชาติ ตลอดจนการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการเผาชาหมู

3. เต่าเผาชาหมูต้นแบบสามารถลดหรือทดแทนการใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงประเภทถ่านไม้ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการตัดไม้ทำลายป่า แม้ว่าถ่านไม้จะเป็นเชื้อเพลิงประเภทพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียน (renewable energy)

บทที่ 2

หลักการ/ทฤษฎี

การเผาไหม้ถือเป็นขั้นตอนสำคัญของการทำความสะอาดขยะมูลฝอย เตาเผาขยะและกระบวนการเผาไหม้ที่พัฒนาให้เหมาะสมและสามารถควบคุมได้ โดยเฉพาะการเผาไหม้ในระบบกึ่งปิด (ควบคุมอากาศเข้าและกรองควันหรือเขม่า) สามารถลดอัตราการใช้พลังงานความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการเผาได้ รวมไปถึงสามารถลดต้นทุนการผลิต และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ กระบวนการเผาไหม้ประกอบด้วยกระบวนการเชิงวิทยาศาสตร์หลายขั้นตอน เช่น การเผาไหม้และการถ่ายโอนความร้อน (heat transfer) การพาความร้อนแบบบังคับ เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ประโยชน์เรื่องการพาความร้อนแบบบังคับอันเป็นส่วนหนึ่งของการถ่ายโอนความร้อน

การพาความร้อน

การพาความร้อน (convection) คือการถ่ายโอนความร้อนโดยตัวกลางเคลื่อนที่พาความร้อนไป เช่น การพาความร้อนของอากาศหรือของไหล การพาความร้อนของเลือดในร่างกาย เป็นต้น การพาความร้อนเกิดขึ้นได้เฉพาะในของไหล (ของเหลวและแก๊ส) เท่านั้น เพราะโมเลกุลของของไหลเคลื่อนที่ได้ กล่าวคือ เมื่อโมเลกุลของตัวกลาง (ของไหล) ได้รับความร้อน โมเลกุลของตัวกลางจะเคลื่อนที่พาความร้อนไป แม้ว่าจะมีการนำความร้อนด้วยก็ตาม แต่ถือว่าน้อยเมื่อเทียบกับการพาความร้อน เช่น น้ำในกระทะที่ตั้งบนเตาไฟเมื่อได้รับความร้อนส่วนล่างขยายตัวมีความหนาแน่นลดลง แรงลอยตัวของน้ำร้อนจะทำให้น้ำขึ้นมาที่ผิวซึ่งเย็นกว่าพร้อมกับพาความร้อนขึ้นสู่ผิวน้ำเย็นความหนาแน่นมากกว่าจะไหลเข้าแทนที่ เป็นต้น

จากการทดลองพบว่าอัตราการพาความร้อน H ขึ้นกับพื้นที่หน้าตัด A ความแตกต่างของอุณหภูมิ ΔT มีค่าโดยประมาณดังนี้

$$H = hA\Delta T \quad (2-1)$$

เมื่อ h เป็นสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (convection coefficient)

ตัวอย่างการนำความรู้เรื่องการพาความร้อนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การทำช่องลมระบายอากาศเสีย การทำปล่องไฟไว้เหนือเตาหุงต้มเพื่อระบายควันหรืออากาศร้อน เรียกว่าการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) นอกจากนี้ยังมีการพาความร้อน ที่เกิดจากการบังคับให้โมเลกุลของตัวกลางให้เคลื่อนที่พาความร้อน โดยอาศัยแรงภายนอกกระทำ

เรียกว่าการพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) เช่น พัดลมระบายความร้อน ระบบทำความเย็น เป็นต้น

การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) ปรากฏเมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อการไหลของของไหล และการเคลื่อนที่เป็นผลเฉพาะมาจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นภายในของไหล กล่าวคือบริเวณพื้นผิวร้อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในของไหล เมื่อเทียบกับพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียง เกิดการขยายตัวและมีความหนาแน่นลดลง การลดลงของความหนาแน่นเป็นสาเหตุให้เกิดการยกตัวขึ้นของของไหล ภายใต้หลักการการลอยตัว (buoyancy) ของอาร์คิมิดีส

ปรากฏการณ์เรื่องการลอยตัว เป็นสิ่งที่สังเกตพบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น วัตถุจมอยู่ใต้น้ำจะมีน้ำหนักน้อยกว่าในอากาศ วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของไหลจะลอยในของไหล เป็นต้น หลักการการลอยตัวดังกล่าวบางครั้งเรียกว่าหลักอาร์คิมิดีส (Archimedes' principle) หลักอาร์คิมิดีสกล่าวว่า “เมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดของวัตถุหรือวัตถุทั้งก้อนจมในของไหล จะมีแรงลอยตัวกระทำต่อวัตถุนั้น ด้วยขนาดเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่ถูกแทนที่ ” หลักอาร์คิมิดีสเรียกเพื่อเป็นเกียรติแก่นักปรัชญาชาวกรีกชื่อ อาร์คิมิดีส (Archimedes, 278-212 B.C.) ผู้มีชีวิตช่วงระหว่าง 278-212 ปี ก่อนคริสต์ศักราช

พิจารณาวัตถุหรืออนุภาคความหนาแน่น ρ ซึ่งน้อยกว่าของไหลแวดล้อมความหนาแน่น ρ_f จะมีแรงลอยตัวหรือแรงพยุง (buoyant force, F_b) ที่ทิศทางขึ้น ด้วยขนาดของแรงลอยตัวเป็น

$$F_b = \rho_f Vg \quad (2-2)$$

ขนาดน้ำหนักของอนุภาคคือ

$$mg = \rho Vg$$

ดังนั้น แรงลัพธ์กระทำต่ออนุภาค

$$F = (\rho_f - \rho)Vg \quad (2-3)$$

ขนาดของแรงลัพธ์ต่อหน่วยปริมาตรคือ

$$\frac{F}{V} = (\rho_f - \rho)g \quad (2-4)$$

กรณีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเป็นผลมาจากผลต่างอุณหภูมิภายในของไหล ($T - T_f$) ถ้า β แทนสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร (coefficient of volume expansion) และเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นได้เป็น

$$\rho = \rho_f \beta (T - T_f) \quad (2-5)$$

กรณีของอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร $\beta = 0.0033 - 0.0035 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

จากสมการ (2-4) และสมการ (2-5) ถ้าแทนเทอมผลต่างอุณหภูมิภายในของไหลหรืออากาศ $T - T_f$ ด้วย ΔT จะเขียนสมการแสดงแรงต่อหน่วยปริมาตร ได้ว่า

$$\frac{F}{V} = \rho_f (1 - \beta \Delta T) g \quad (2-6)$$

สมการ (2-5) และสมการ (2-6) เป็นสมการหลักสำหรับการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อการออกแบบและสร้างเตาเผาชาหนู ก่อนการติดตั้งพัดลมดูดอากาศซึ่งเป็นกรณีการพาความร้อนแบบบังคับ

การพิจารณาการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ทั้งกรณีการไหลแบบราบเรียบ (laminar) และการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent) จะอาศัยการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี กำหนดโดยสมการ

$$\bar{Nu} = 0.55(Gr Pr)^{0.25} \quad (2-7)$$

เมื่อ $\bar{Nu}$ แทนเลขนัสเซิลต์เฉลี่ย (average Nusselt number) Gr แทนเลขกราชฮอฟฟ์ (Grashof number) และ Pr แทนเลขพรานด์ทล์ (Prandtl number) โดยที่เลขพรานด์ทล์

$$Gr = \frac{\beta g \Delta T \rho^2 l^3}{\mu^2} \quad (2-8)$$

สมการ (2-7) ใช้ได้ดีเมื่อการวัดสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยของผลคูณ $Gr Pr$ มีค่าไม่เกิน 10^9 ถ้าผลคูณมีค่าสูงกว่า 10^9 การไหลของของไหลจะไม่คงตัว (steady) แต่จะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งบริเวณที่มีการไหลแบบปั่นป่วนจะอาศัยสหสัมพันธ์โดยประสบการณ์ เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้เป็น

$$\bar{Nu} = 0.13(Gr Pr)^{1/3} \quad (2-9)$$

การพาความร้อนแบบบังคับ

การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) สำหรับกรณีของการแพร่กระจายโมเมนตัมมีขนาดเท่ากับการแพร่กระจายความร้อน ภายในท่อของการไหลจะมีโปรไฟล์ความเร็วเทียบเคียงกับโปรไฟล์อุณหภูมิ สมมติฐานดังกล่าวทำให้การวัดความเร็วเฉลี่ย $\bar{v}$ และอุณหภูมิเฉลี่ย $\bar{T}$ กระทำได้ตำแหน่งเดียวกันบนผนังท่อ ซึ่งมีการไหลของอนุภาคมวล m เคลื่อนที่ผ่าน

แนวตัดขวางของผนังไปยังตำแหน่งการวัดของค่าเฉลี่ยดังกล่าว ผลต่างโมเมนตัมเมื่อความเร็วที่ผนังเป็นศูนย์ คือ

$$\Delta P = m(\bar{v} - 0)$$

การสูญเสียเอนทัลปีเนื่องมาจากการลดลงของอุณหภูมิ

$$\text{การสูญเสียเอนทัลปี} = -mc_p(\bar{T} - T_w)$$

ผลต่างโมเมนตัมลัพธ์ภายใต้ความเค้นเฉือนภายในท่อ เนื่องจากการสูญเสียเอนทัลปี
ลัพธ์ จากการถ่ายโอนความร้อนภายใต้การไหลในท่อ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลง
โมเมนตัมและเอนทัลปีภายใต้การไหลในท่อ กับความเค้นเฉือนและการถ่ายโอนความร้อนที่ผนัง
เขียนแสดงเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{h_c(T_w - \bar{T})}{\tau_w} = \frac{-mc_p(\bar{T} - T_w)}{m\bar{v}} \quad (2-10)$$

แต่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ผิวกำหนดโดยความเค้นเฉือนที่ผนังสำหรับการไหลผ่านท่อ

$$\tau_w = C_f \frac{1}{2} \rho \bar{v}^2 \quad (2-11)$$

สมการ (2-10) จะเขียนได้เป็น

$$\frac{h_c}{\rho \bar{v} c_p} = \frac{1}{2} C_f \quad (2-12)$$

ปริมาณ C_f ไร้มิติเช่นเดียวกับ $\frac{h_c}{\rho \bar{v} c_p}$ ซึ่งเทอมนี้เรียกว่า เลขสแตนต์ตัน (Stanton number) เขียน

แทนด้วยสัญลักษณ์ St กล่าวคือ

$$St = \frac{1}{2} C_f \quad (2-13)$$

หรือ

$$St = \frac{h_c}{\rho \bar{v} c_p} \quad (2-14)$$

สมการ (2-14) คูณด้วย k, μ และเส้นผ่านศูนย์กลาง d จะเขียนได้ว่า

$$St = \frac{h_c d}{k} \frac{k}{\mu c_p} \frac{\mu}{\rho \bar{v} d} = \frac{Nu}{Re Pr} \quad (2-15)$$

สมการ (2-15) แสดงถึงการถ่ายโอนความร้อนภายในการไหลบริเวณใกล้เคียงกับแผ่นเรียบ ยกเว้น
กรณี ผ่านศูนย์กลาง d ถูกแทนด้วยความยาวของแผ่นเรียบ x เทียบสมการ (2-13) และสมการ
(2-15) จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\frac{Nu}{Re Pr} = \frac{1}{2} C_f \quad (2-16)$$

สำหรับการวิเคราะห์อัตราการถ่ายโอนพลังงานความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก
เนื่องจากการไหลของอากาศ จะอาศัยอาศัยสมการ

$$\dot{q} = \dot{m} c_p \Delta T \quad (2-16)$$

เมื่อ

$\dot{q}$ คือ พลังงานที่ถูกถ่ายโอนออกสู่บรรยากาศภายนอก

$\dot{m}$ คือ มวลอากาศที่ถูกขับออกจากเตาเผาต่อเวลาหนึ่งวินาที

c_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศ

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศขาออกและบรรยากาศภายนอก

จากสมการ (2-16) การคำนวณอัตราการไหลของอากาศที่ถูกปล่อยออกมา ด้วยความเร็วเฉลี่ย $\tilde{v}$
ในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัด A และความหนาแน่นอากาศ ρ เขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\dot{q} = A \tilde{v} \rho c_p \Delta T \quad (2-17)$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและทดลอง

ก่อนการนำชาหมูไปประกอบอาหาร คนไทยส่วนใหญ่นิยมเผาชาหมูโดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ เพื่อความสะดวกต่อการทำความสะอาดชาหมูและกำจัดสิ่งสกปรกประเภทขนหรือเล็บที่ติดมากับชาหมู นอกเหนือไปจากการกำจัดกลิ่นและการเปลี่ยนแปลงสีของชาหมูให้ดูน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น เชื่อกันว่าทักษะและความชำนาญในการเผาชาหมู สามารถช่วยเพิ่มรสชาติของชาหมูภายหลังการประกอบอาหารได้ดียิ่งขึ้น สำหรับเตาเผาชาหมูในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสร้างเตาเผาชาหมูที่ประหยัดพลังงาน ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการเผาและสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี

วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ประชุมคณะกรรมการวิจัยเพื่อพิจารณาและวางแผนการดำเนินงานวิจัย
2. คณะกรรมการวิจัยร่วมกันศึกษาเทคนิคและวิธีการเผาชาหมูแบบดั้งเดิม ทั้งการเผาด้วยถ่านไม้ และการเผาด้วยแก๊สหุงต้ม โดยเฉพาะลักษณะทางกายภาพของชาหมูที่เหมาะสมหรือมีสมบัติตามที่ผู้บริโภคต้องการ ตลอดจนอัตราการใช้พลังงานความร้อน ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาชาหมู เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง ระยะเวลา การรบกวนสภาพแวดล้อมหรือชุมชน เป็นต้น
3. คณะกรรมการวิจัยประชุมและร่วมกันศึกษา ออกแบบเตาเผาชาหมูต้นแบบที่เหมาะสมแก่การใช้งาน เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาชาหมูภายใต้เงื่อนไขการประหยัดพลังงานความร้อนหรือเชื้อเพลิงความร้อน และไม่เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือชุมชน
4. สร้างเตาเผาชาหมูต้นแบบ ตามที่คณะกรรมการวิจัยได้ออกแบบไว้ และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาชาหมู
5. คณะกรรมการวิจัยร่วมกันปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเตาเผาชาหมูต้นแบบ และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานอีกครั้ง
6. คณะกรรมการวิจัยร่วมกันปรับปรุงแก้ไขเตาเผาต้นแบบ และเผยแพร่เตาเผาชาหมูต้นแบบ ให้แก่สถานประกอบการหรือร้านอาหารที่สนใจและเข้าร่วมโครงการวิจัย
7. สรุปและเขียนรายงานผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเตาเผาหมูตันแบบ

คณะกรรมการวิจัย ได้ร่วมกันศึกษาวิธีการ และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเผาหมู ซึ่งในอดีตการเผาหมูจะอาศัยความร้อนจากเตาถ่านไม้ เพื่อกำจัดขนและเล็บ ตลอดจนสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากหมู แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงราคาของถ่านไม้ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการเกี่ยวกับหมูหรือเขียงหมู ใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มหรือแอลพีจี ซึ่งมีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า แม้ว่าลักษณะทางกายภาพและกลิ่นหรือรสชาติของหมูที่ได้จากการเผาด้วยถ่านไม้ จะมีลักษณะที่ดีกว่า และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า การเผาหมูด้วยแก๊สหุงต้มดังกล่าว จะอาศัยหัวจ่ายแก๊สขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร จ่ายแก๊สหรือเปลวไฟเหนือหมูประมาณ 8-10 เซนติเมตร ไปตามความยาวของหมูที่วางราบบนพื้น เมื่อเผาได้ที่แล้วจะกลับหมูแล้วเผาอีกด้าน ก่อนนำไปล้างเพื่อทำความสะอาดหรือกำจัดขนและเล็บออกจากหมู ซึ่งการเผาทั้งสองแบบ ไม่สามารถเก็บรวบรวมไขมันที่เกิดจากขั้นตอนการเผา เพื่อนำไปกำจัดได้อย่างถูกสุขลักษณะ ไขมันจากหมูจะถูกไหม้ เกิดกลิ่นและเขม่าควัน รบกวนชุมชนหรือสภาพแวดล้อมได้ ในกรณีการเผาหมูจำนวนมาก ขั้นตอนการเผาหมูแบบดั้งเดิมดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 3.1 – 3.5



ภาพที่ 3.1 การเผาหมูแบบดั้งเดิมด้วยเตาถ่านไม้



ภาพที่ 3.2 การเผาขาหมูด้วยแก๊สหุงต้มแบบหัวจ่ายแก๊ส



(ก) ขาหมูก่อนการเผา



(ข) ขาหมูหลังการเผา

ภาพที่ 3.3 ลักษณะทางกายภาพของขาหมูก่อนและหลังการเผา

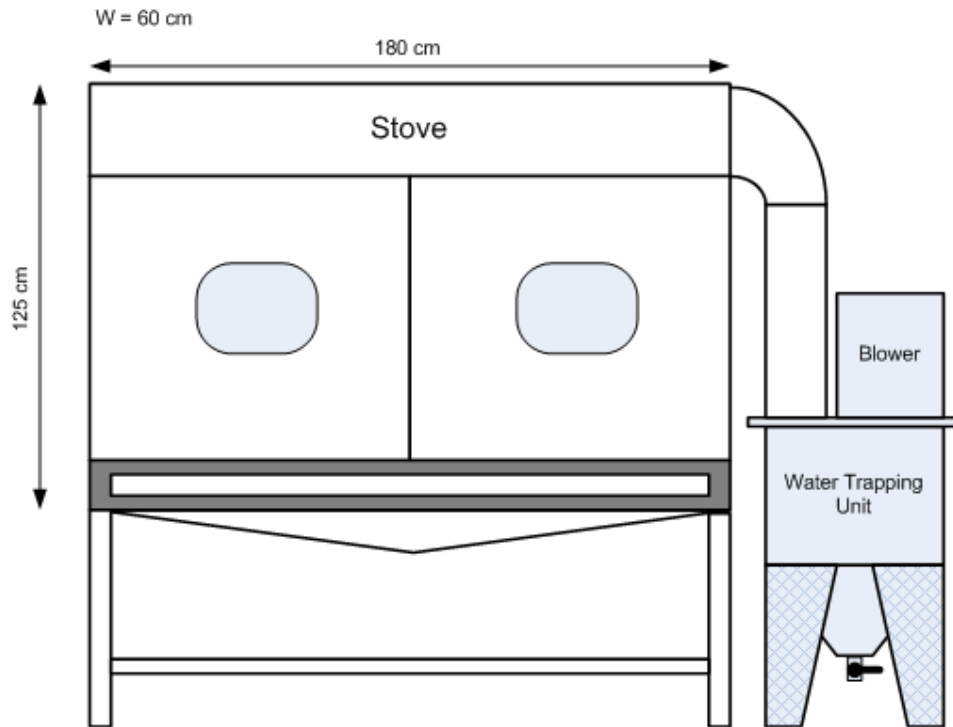


ภาพที่ 3.4 การล้างเพื่อทำความสะอาดขาหมูภายหลังการเผา



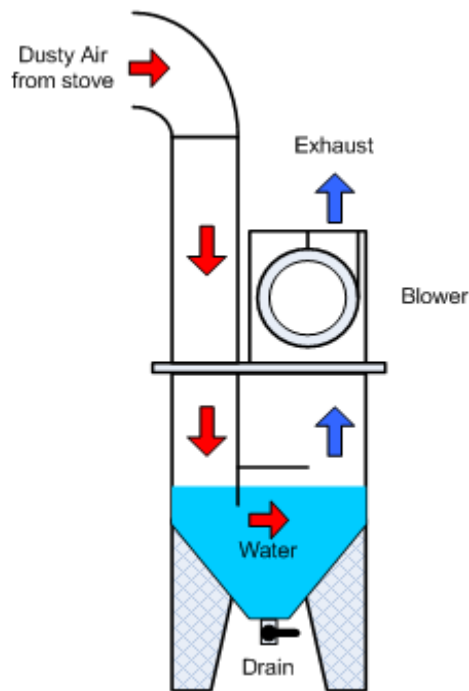
ภาพที่ 3.5 ลักษณะของขาหมูภายหลังการล้างทำความสะอาด

คณะกรรมการวิจัยร่วมกันศึกษาเทคนิคและวิธีการเผาขาหมูแบบดั้งเดิม ตลอดจน อัตราการใช้พลังงานความร้อน ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในกระบวนการเผาขาหมู เพื่อนำมาใช้ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ เพื่อสร้างเตาเผาขาหมูต้นแบบที่เหมาะสมแก่การใช้งาน ภายใต้ เงื่อนไขการประหยัดพลังงานความร้อน และไม่เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือชุมชน สามารถเก็บรวบรวมไขมันที่เกิดจากขั้นตอนหรือกระบวนการเผาขาหมู เพื่อนำไปกำจัดได้ อย่างถูก สุขลักษณะ หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้ ผลการออกแบบเตาเผาขาหมูต้นแบบ แสดงดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ลักษณะและโครงสร้างของเตาเผาชาหุ่ต้นแบบ

สำหรับการลดปริมาณไขมัน ควันหรือเขม่าที่เกิดจากการเผาชาหุ่ ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศแวดล้อม รวมไปถึงการลดอุณหภูมิของควัน จะอาศัยระบบการกำจัดด้วยน้ำ (water scrubber) แสดงดังภาพที่ 3.7 การทำงานของระบบกำจัดด้วยน้ำ เริ่มต้นจากควัน เขม่าและไอระเหยของไขมันจะถูกดูดจากเตาผ่านตะแกรงดักไขมันด้านบนของเตาเผา เพื่อดักจับละอองไขมันที่มีขนาดใหญ่ โดยตะแกรงนี้สามารถถอดล้างได้ เขม่า หรือควันที่ผ่านจากตะแกรงจะถูกดูดด้วยแรงจากพัดลมดูดอากาศ ไปตามท่อเข้าสู่ระบบกำจัดควันและเขม่าด้วยน้ำ โดยอากาศที่มีควันและเขม่าจะสัมผัสกับน้ำ ทำให้ควัน เขม่าและละอองไขมันบางส่วนผสมกับน้ำและถูกกักเก็บไว้ ในช่วงที่ควันและเขม่าผ่านลงในน้ำนั้น ได้ทำการออกแบบให้ระยะเวลาที่อากาศและเขม่าควันสัมผัสกับน้ำได้ระยะเวลานานมากขึ้น โดยการสร้างแผ่นเหล็กปิดทางด้านบนของช่องทางออกของอากาศ เพื่อเพิ่มการปั่นป่วนหรือการหมุนวนของกระแสอากาศและละอองน้ำ เป็นการเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกันให้มากยิ่งขึ้น น้ำที่ใช้ในการดักจับเขม่าควันและละอองไขมันสามารถระบายทิ้ง หรือการเปลี่ยนถ่ายทางวาล์วด้านล่างของถังเก็บน้ำ แสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ระบบกำจัดควันและเขม่าด้วยน้ำ

จากภาพที่ 3.6 และภาพที่ 3.7 คณะกรรมการวิจัยได้จัดจ้างวิศวกรและบริษัทรับจ้างทำการก่อสร้างเตาเผาชาหมุดั้งเดิม ตามที่คณะกรรมการวิจัยได้ออกแบบไว้ เพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผา เพื่อจะนำไปสู่การแก้ไขและพัฒนาเตาเผาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยที่เตาเผาชาหมุดั้งเดิมจะมีลักษณะการทำงานแบบกึ่งระบบปิด มีการระบายควันและเขม่าที่เกิดจากการเผาชาหมู่น้ำด้วยพัดลมดูดอากาศหรือโบลเวอร์ (blower) สำหรับการดักจับไขมันและเขม่าจากการเผาชาหมู ต่อดจนการลดอุณหภูมิของควันก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ ซึ่งระบบดักจับไขมันและเขม่าด้วยน้ำดังกล่าว ถูกออกแบบให้สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเน่าเสียของน้ำ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นหรือรบกวนกลิ่นของชาหมูขณะทำการเผา ตะแกรงหรือชั้นวางชาหมูสามารถรองรับชาหมูได้ไม่น้อยกว่า 10 ชั้น สามารถถอดล้างเพื่อทำความสะอาดได้ ด้านล่างของตะแกรงหรือชั้นวางชาหมู ออกแบบให้มีลักษณะเป็นถาดเอียงเพื่อการเก็บรวบรวมไขมันส่วนเกินจากชาหมู ฝาปิดเตาเผาเป็นแบบบานพับมีลักษณะคล้ายตู้กับข้าว ติดตั้งช่องกระจกใสสองช่องเพื่อการสังเกตหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน ช่องระบายอากาศเหนือเตาเผามีลักษณะเป็นช่องสามารถปรับเปลี่ยนขนาด และถอดล้างทำความสะอาดได้ ลักษณะและโครงสร้างทั่วไปของเตาเผาชาหมุดั้งเดิม แสดงดังภาพที่ 3.8 – 3.11



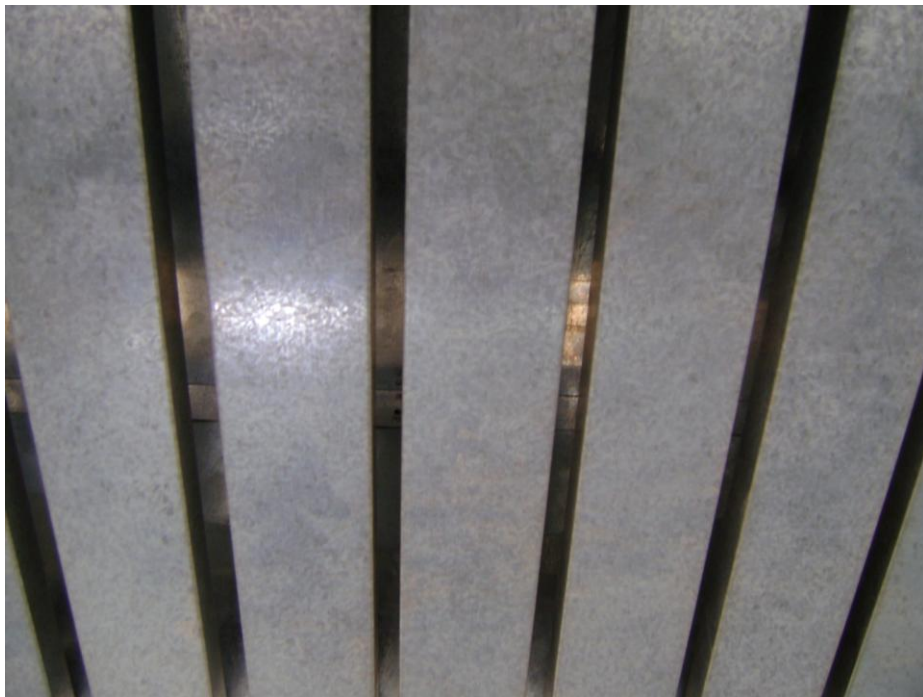
ภาพที่ 3.8 ลักษณะภายนอกของเตาเผาฆ่าหมูต้นแบบ



ภาพที่ 3.9 ลักษณะภายนอกด้านข้างของเตาเผาฆ่าหมูต้นแบบ



ภาพที่ 3.10 ลักษณะภายในของเตาเผาชาห่มูต้นแบบ



ภาพที่ 3.11 ลักษณะภายในด้านบน (ช่องระบายอากาศ) ของเตาเผาชาห่มูต้นแบบ

ตารางที่ 3.1 ขนาดและมิติของเตาเผาชาห่มุต้นแบบ

ขนาดและมิติ	หน่วย
จำนวนชาห่มุที่รองรับการเผาต่อครั้ง	12-15 ชื้น
จำนวนหัวจ่ายแก๊สหุงต้ม	6 หัว
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวจ่ายแก๊สหุงต้ม	12 เซนติเมตร
ความสูง (ภายนอก)	210 เซนติเมตร
ความกว้าง (ภายนอก)	60 เซนติเมตร
ความยาว (ภายนอก)	240 เซนติเมตร
ความสูง (ภายในเตาเผา)	100 เซนติเมตร
ความกว้าง (ภายในเตาเผา)	60 เซนติเมตร
ความยาว (ภายในเตาเผา)	180 เซนติเมตร
ปริมาตรห้องเผาไหม้ (ภายในเตาเผา)	1.08 ลูกบาศก์เมตร
พื้นที่ตะแกรงเหล็กสำหรับวางชาห่มุ	1.08 ตารางเมตร
ปริมาตรน้ำในถังดับจับ	36 ลิตร

คณะกรรมการวิจัยได้ทำการทดลอง โดยการเผาชาห่มุจริงจำนวน 5 ชื้น เพื่อทดสอบ สำหรับเป็นข้อมูล ตลอดจนวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของเตาเผาชาห่มุต้นแบบ รวมไปถึงการ ทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน เช่น อุณหภูมิ เณลี่ยภายในเตา อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณเชื้อเพลิงหรือแก๊สหุงต้ม และความสามารถในการดับจับเขม่าและไขมันจากการเผาชาห่มุ เป็นต้น การวัดอุณหภูมิของเตาเผาขณะทำการทดลอง จะอาศัยเทอร์มอมิเตอร์แบบเส้นลวดร้อน (hot-wire thermometer) ยี่ห้อ APPA55 การทดลองดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 3.11 – 3.15



ภาพที่ 3.12 การทดลองประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาหมูต้นแบบ (ก่อนเผา)



ภาพที่ 3.13 การทดลองประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาหมูต้นแบบ (ขณะเผา)



ภาพที่ 3.14 ลักษณะของขาหมูหลังการล้างทำความสะอาด



ภาพที่ 3.15 เทอร์มอมิเตอร์แบบเส้นลวดร้อน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและทดลอง

เตาเผาชาหมีที่ดี นอกจากจะประหยัดพลังงาน ช่วยอำนวยความสะดวกหรือลดต้นทุนการเผาชาหมี ตลอดจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยแล้ว เตาเผาชาหมีที่ดีควรให้ชาหมีภายหลังการเผาที่มีคุณภาพ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือรบกวนชุมชนน้อย เตาเผาสามารถทำการกำจัดไขมันส่วนเกินที่เกิดจากการเผาชาหมีได้สะดวกและไม่เกิดความยุ่งยาก โครงสร้างเตาเผามีความแข็งแรง และไม่เปราะแตก รวมถึงไปถึงการทำความสะอาดภายหลังการใช้งานเตาเผาได้ง่าย ราคาต้นทุนการสร้างไม่สูงมากและไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก

ผลการวิจัยและทดลอง

คณะกรรมการวิจัย ได้ทำการทดสอบสภาพการใช้งานจริงของเตาเผาชาหมีที่สร้างขึ้น โดยทำการทดสอบด้วยการเผาชาหมีจริงจำนวน 5 ขา ใช้หัวจ่ายแก๊สหุงต้มจำนวน 3 หัว แล้วทำการตรวจวัดปริมาณต่างๆ เพื่อการประเมินสมรรถนะของเตาเผา ดังต่อไปนี้

ผลการทดลองเผาชาหมีจำนวน 5 ขา ระยะเวลาในการเผา 18 นาที วัดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาชาหมีระยะทางเหนือตะแกรงเผา 35 เซนติเมตร ได้ระหว่าง 58-70 °C พลังงานความร้อนส่วนใหญ่ที่เกิดจากหัวจ่ายแก๊สหุงต้มถ่ายโอนเข้าสู่ชาหมี โดยที่พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งสะสมทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาสูงขึ้น และมีส่วนช่วยให้ไขมันจากชาหมีละลาย ขนและเล็บเกิดการเผาไหม้ ตกลงสู่ถาดรองรับทางด้านล่างของเตาเผา

การเผาชาหมีดังกล่าว ก่อให้เกิดฝุ่นและเขม่าควันจากการเผาไหม้ของขน หนัง เล็บ และส่วนประกอบอื่นๆ ฝุ่นและเขม่าควันที่เกิดขึ้นภายในเตาจากการเผาชาหมี จะถูกดูดผ่านช่องทางออกด้านบนของเตา และไหลไปยังส่วนของการดักจับด้วยน้ำ ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอกด้วยพัดลมดูดอากาศ การพิจารณาสมรรถนะของระบบดักจับเขม่าและควันด้วยน้ำนี้ จะพิจารณาใน 2 ด้าน คือ ด้านพลังงานและด้านประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นและเขม่าควัน

ด้านพลังงาน

อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบกำจัดฝุ่น เขม่าและควันประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้า ขับพัดลมโบลเวอร์เพื่อดูดเขม่าและควันออกจากเตาเผาผ่านน้ำ เมื่อระบบทำงานมอเตอร์ใช้

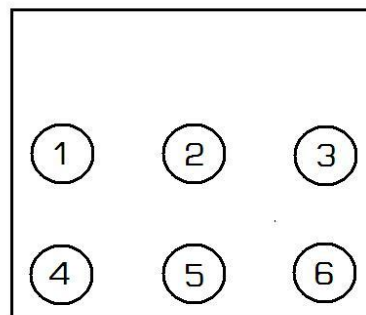
กำลังไฟฟ้าขนาด 346 วัตต์ โดยความเร็วลมเฉลี่ยและอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากช่องขาเข้า (ตำแหน่งของการวัด แสดงดังภาพที่ 4.1) เท่ากับ 1.06 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิ 54°C และขาออก (ตำแหน่งของการวัดดูจากภาพที่ 4.2) ของระบบกำจัดฝุ่นและควัน ผลการวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมและอุณหภูมิด้านขาเข้า



ตำแหน่งของการวัดมองจาก
ด้านบนของช่องทางออก



ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมและอุณหภูมิด้านขาออกของเตา

ตารางที่ 4.1 ความเร็วลมและอุณหภูมิของอากาศขาออกจากเตา

ตำแหน่งของ การวัด	ก่อนเผา		ขณะเผา	
	ความเร็วลม ($m.s^{-1}$)	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	ความเร็วลม ($m.s^{-1}$)	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)
1	7.27	31.4	7.12	45.1
2	0.97	31.1	3.8	46.0
3	3.71	31.4	3.68	45.2
4	4.33	31.6	6.97	45.2
5	3.08	31.6	3.12	45.3
6	4.98	31.4	4.15	45.3
เฉลี่ย	4.06	31.4	4.81	45.4

การวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากพลังงานความร้อน คณะกรรมการวิจัยพิจารณาปริมาณพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก การถ่ายโอนพลังงานความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก โดยอาศัยสมการ

$$\dot{q} = \dot{m}c_p\Delta T \quad (4-1)$$

เมื่อ

$\dot{q}$ คือ พลังงานที่ถูกถ่ายโอนออกสู่บรรยากาศภายนอก

$\dot{m}$ คือ มวลอากาศที่ถูกขับออกจากเตาเผาต่อเวลาหนึ่งวินาที

c_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศ

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศขาออกและบรรยากาศภายนอก

จากสมการ (4-1) การคำนวณอัตราการไหลของอากาศที่ถูกปล่อยออกมาโดยความเร็วเฉลี่ย $\tilde{v}$ ในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัด A และความหนาแน่นอากาศ ρ เขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\dot{q} = A\tilde{v}\rho c_p\Delta T \quad (4-2)$$

ที่จุดปล่อยอากาศออกนี้ วัดอัตราการไหลของอากาศได้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิ 45.4 °C ค่าความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.1108 kg.m⁻³ โดยที่ปล่องทางออกของอากาศมีพื้นที่ขนาด 15x20 ตารางเซนติเมตร สามารถคำนวณหาอัตราการถ่ายโอนพลังงานความร้อนออกสู่อากาศได้เป็น

$$\begin{aligned}\dot{q} &= (0.15 \times 0.20)(4.81)(1.1108)(45.4 - 31.5) \\ &= 2.3242 \quad \text{kJ/s}\end{aligned}$$

ด้านประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นและเขม่าควัน

คณะกรรมการวิจัย ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบการกำจัดฝุ่นและเขม่าควัน โดยอาศัยวิธีการตรวจจับฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในเตาเผา ขณะทำการเผาชาหุมและปริมาณฝุ่นละอองที่ด้านขาออกของระบบดักจับฝุ่นและเขม่าควัน เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบฟิลเตอร์ชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride, PVC) ขนาด 37 มิลลิเมตร ความละเอียด 5.0 ไมโครเมตร แสดงดังภาพที่ 4.3 ทำการเก็บตัวอย่างด้วยการกรองและนำมาชั่งน้ำหนักฝุ่นและเขม่าควัน ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของฝุ่นละอองที่วัดได้

แผ่นกรองที่	จุดที่ทำการวัด	น้ำหนักก่อนวัด (mg)	น้ำหนักหลังวัด (mg)	น้ำหนักฝุ่นละออง (mg)	น้ำหนักฝุ่นละอองหลังการชดเชย (mg)
1	ภายในเตาเผา (ครั้งที่ 1)	12.12	12.30	0.18	0.16
2	ช่องขาออกของโบลเวอร์ (ครั้งที่ 1)	11.60	11.73	0.13	0.11
3	ภายในเตาเผา (ครั้งที่ 2)	12.17	12.26	0.09	0.07
4	ช่องขาออกของโบลเวอร์ (ครั้งที่ 2)	12.00	12.04	0.04	0.02
5	แผ่นกรองตัวอย่างเพื่อการ	11.87	11.89	0.02	-

	ชุดเซนส์น้ำหนักตาม สภาพแวดล้อม				
--	-----------------------------------	--	--	--	--

การประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับฝุ่นละอองของระบบดังกล่าว คำนวณจากปริมาณ ฝุ่นละอองที่ตรวจจับได้ที่จุดทางออกของโบลเวอร์เทียบกับภายในเตาเผา โดยค่าน้ำหนักของฝุ่น ละอองที่ใช้ในการคำนวณต้องทำการชดเชยน้ำหนักที่ลดลงของแผ่นกรองตามสภาพแวดล้อม และ นำค่าความแตกต่างของน้ำหนักของแผ่นกรองตัวอย่าง ลบออกจากน้ำหนักของแผ่นกรองที่ใช้เก็บ ข้อมูล สำหรับค่าประสิทธิภาพของระบบกำจัดฝุ่น คำนวณได้จากสมการ

$$\eta = \frac{(inside\ dust\ weight) - (exhaust\ dust\ weight)}{(inside\ dust\ weight)} \times 100\% \quad (4-3)$$

เมื่อ

inside dust weight คือ น้ำหนักฝุ่นละอองที่วัดภายในเตา

exhaust dust weight คือ น้ำหนักฝุ่นละอองที่วัดที่ทางออกของโบลเวอร์

นั่นคือ ประสิทธิภาพของการกำจัดฝุ่นละอองจากการวัด

ครั้งที่ 1

$$\eta = \frac{(inside\ dust\ weight) - (exhaust\ dust\ weight)}{(inside\ dust\ weight)} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{0.16 - 0.11}{0.16} \times 100\% \\ &= 31.25\% \end{aligned}$$

ครั้งที่ 2

$$\eta = \frac{(inside\ dust\ weight) - (exhaust\ dust\ weight)}{(inside\ dust\ weight)} \times 100\%$$

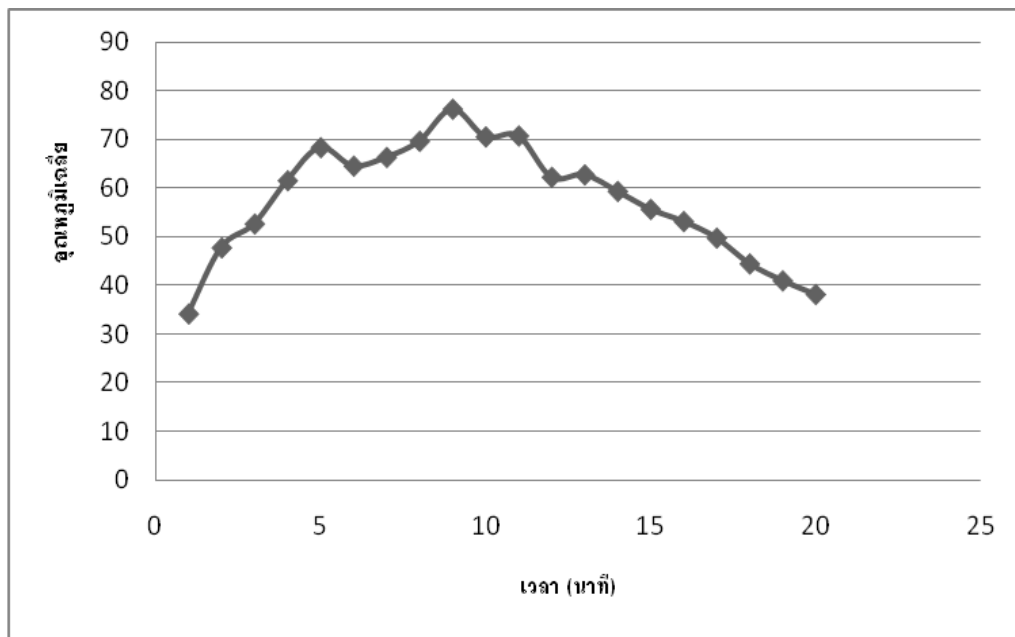
$$\begin{aligned} \eta &= \frac{0.07 - 0.02}{0.07} \times 100\% \\ &= 71.42\% \end{aligned}$$



ภาพที่ 4.3 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างอุณหภูมิและระยะเวลาการเผาไหม้

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิเฉลี่ยเหนือ เตาเผา ($^{\circ}C$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิเฉลี่ยเหนือ เตาเผา ($^{\circ}C$)
1	34.2	11	70.8
2	47.8	12	62.3
3	52.7	13	62.8
4	61.6	14	59.4
5	68.4	15	55.7
6	64.6	16	53.2
7	66.0	17	49.8
8	69.7	18	44.5
9	76.3	19	41.0
10	70.6	20	38.2



ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการเผาชาหมู



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างภาพการเผยแพร่ผลงานวิจัยและเตาเผาชาหมูต้นแบบ

ปัญหาและอุปสรรค

ผลการทดลอง ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง คณะกรรมการวิจัยได้สรุป ปัญหาและอุปสรรค เป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1. การเผาชาหนูเพื่อให้ได้ชาหนูที่มีคุณภาพ ตามความต้องการของผู้บริโภคหรือสถานประกอบการเกี่ยวกับอาหาร นอกจากจะขึ้นกับคุณภาพของเตาเผา ระยะเวลาและการควบคุม ปริมาณความร้อนแล้ว ยังขึ้นกับประสิทธิภาพหรือความสามารถเฉพาะตัวของผู้เผา ซึ่งเป็นเรื่อง ยุ่งยากในการควบคุม สามารถบวกรวมผลการทดลองและสรุปข้อมูลเชิงตัวเลข

2. การลดขนาดหรือการย่อยส่วนของเตาเผาชาหนูให้มีขนาดเล็กลง เกิดความยุ่งยาก และส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเตาเผา ขณะที่เตาเผาต้นแบบมีขนาดใหญ่และ สูญเสียพื้นที่มากและไม่สะดวกต่อการขนย้าย ตลอดจนทำให้เกิดความยุ่งยากในการทำ ความสะอาด

3. การประกอบชิ้นส่วนของเตาเผา ควรอาศัยการขึ้นรูปหรือพับโลหะ ควรหลีกเลี่ยงการ บัดกรีด้วยตะกั่ว เพราะอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่การขึ้นรูปหรือพับโลหะอาจเกิดรอยร้าวทำ ให้สิ้นเปลืองพลังงานหรือส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม ถ้าผู้สร้างกระทำการ โดยขาดความประณีต

4. การออกแบบให้แต่ละชิ้นส่วนสามารถถอดแยกเพื่อล้างทำความสะอาดได้ ส่งผล กระทบโดยตรงต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเตาเผาต้นแบบได้

5. นำทิ้งจากระบบดักจับควันและเขม่า ถือเป็นของเสียอย่างหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้อง กำจัดอย่างเหมาะสม เช่น ฝังกลบหรือนำไปรดต้นไม้มีนรูปของปุ๋ยหมัก เป็นต้น รวมไปถึงไขมันที่ เก็บรวบรวมขณะทำการเผาที่จะต้องนำไปกำจัดหรือใช้ประโยชน์ให้เกิดความคุ้มค่า

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและทดลอง

มีอาหารไทยหลากหลายชนิดที่ใช้ชาหู่ ได้แก่ ชาหู่ต้มผักกาดดอง ชาหู่ต้มพะโล้ ชาหู่เยอรมัน ชาหู่ทอดและต้มยำชาหู่ ฯลฯ อาหารที่ประกอบจากชาหู่แทบทุกชนิด ก่อนการนำชาหู่ไปประกอบอาหาร จำเป็นจะต้องเผาชาหู่และล้างทำความสะอาดเสมอ กระบวนการเผาชาหู่มีขั้นตอนสำคัญคือ การควบคุมปริมาณความร้อนหรือเชื้อเพลิง ระยะเวลาและการควบคุมอากาศขณะทำการเผาชาหู่ ตลอดจนการควบคุมหรือกำจัดควันและเขม่า เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง เตาเผาชาหู่ที่ดีต้องไม่เกิดเสียงดังขณะทำการเผา และประหยัดพลังงาน โดยไม่ทำให้สมบัติตามธรรมชาติของชาหู่เกิดการเปลี่ยนแปลง ตลอดจนเกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อย

สรุปผลการวิจัยและทดลอง

ผลการทดลองเผาชาหู่ด้วยเตาเผาที่คณะกรรมการวิจัยได้ออกแบบ พัฒนา สร้างและปรับปรุงแก้ไข พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเผาชาหู่หลายปัจจัย ได้แก่ จำนวนและขนาดของชาหู่ ระยะเวลาในการเผา สภาพกายภาพทั่วไปของชาหู่ วัตถุประสงค์ของผู้เผาชาหู่ โดยเฉพาะชนิดของอาหารที่ประสงค์จะประกอบจากชาหู่ ประสิทธิภาพในการเผาชาหู่ การควบคุมปริมาณความร้อนหรือการปรับอัตราการไหลของแก๊สหุงต้ม ฯลฯ โดยทั่วไปแล้ว ระยะเวลาเฉลี่ยที่เหมาะสมในการเผาชาหู่แต่ละรอบการเผาประมาณ 18 นาที ปริมาณแก๊สหุงต้มไม่เกิน 0.5 กิโลกรัม (ขึ้นกับจำนวน ขนาดและคุณลักษณะเฉพาะของชาหู่ เช่น ขน เล็บ และความชื้น หรือวัตถุประสงค์ในการใช้ชาหู่ เป็นต้น) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาเผาที่ระดับความสูงเหนือตะแกรง 35 เซนติเมตร ประมาณ 60-70 °C (อุณหภูมิสภาพแวดล้อม 30.2 °C) กระบวนการเผาทำให้น้ำหนักของชาหู่ลดลง 6.67% ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในถังดับจับเท่ากับ 36 ลิตร กำลังไฟฟ้าที่ใช้ป้อนให้แก่ระบบพัดลมดูดอากาศแบบโบลเวอร์ สำหรับการกำจัดการกรองหรือดักเก็บเขม่าและควัน (กรณีเปิดประตูเตาเผา) มีขนาดไม่เกิน 616 W (ไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาดของกระแสไฟฟ้า 2.8 A และแรงดันไฟฟ้า 220 V) สำหรับกรณีปิดประตูเตาเผา กำลังไฟฟ้าที่ใช้ป้อนให้แก่ระบบพัดลมดูดอากาศแบบโบลเวอร์มีขนาด 620.4 W (กระแสไฟฟ้า 2.82 A แรงดันไฟฟ้า 220 V) โครงสร้างหลักของเตาเผาเป็นโลหะแข็งแรง อายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 5 ปี ต้นทุนในการ

สร้างเตาเผาไม่เกิน 50,000 บาท ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับชาหมู สามารถนำไปเป็นต้นแบบ สำหรับการนำไปประยุกต์สร้างใหม่ได้

เมื่อให้ผู้ประกอบการ (เชียงใหม่) ทำการทดลองเผาเพื่อเปรียบเทียบกับการเผาด้วยแก๊ส หุงต้มแบบห้วยจ๋ายกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร พบว่าเตาเผาชาหมูที่ คณะกรรมการวิจัยและพัฒนาขึ้น ใช้ปริมาณแก๊สหุงต้มน้อยกว่า แม้ว่าจะใช้ระยะเวลาในการเผา ชาหมูมากกว่า เตาเผาให้ความปลอดภัยสูงกว่า นอกเหนือไปจากถูกสุขลักษณะอนามัยมากกว่า ในระดับที่น่าพึงพอใจ เกิดกลิ่นและเขม่าควันน้อยกว่า เพราะไม่มีไขมันส่วนเกินที่เกิดจากการเผา ชาหมูลูกไหม้ นอกจากนี้เตาเผายังออกแบบให้สามารถเก็บรวบรวมไขมันที่เกิดจากการเผาชาหมู ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดได้อย่างเหมาะสม จึงรบกวนหรือส่งผลกระทบต่อ สภาพแวดล้อมหรือชุมชนน้อยกว่า โดยไม่มีผลแตกต่างระหว่างคุณภาพของชาหมูเมื่อเปรียบเทียบกับ การเผาแบบระบบเปิดของผู้ประกอบการทั่วไป

เตาเผาชาหมูต้นแบบที่คณะกรรมการวิจัยได้พัฒนาและสร้างขึ้น สามารถนำไปเป็น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อน ทั้ง การถ่ายโอนความร้อนแบบธรรมชาติและการถ่ายโอนความร้อนแบบบังคับได้ดี ตลอดจนเป็น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้

ข้อเสนอแนะ

คณะกรรมการวิจัยได้ร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยมีข้อเสนอแนะสำหรับงานที่ อาจจะนำไปพัฒนาหรือศึกษาวิเคราะห์ต่อไป ตลอดจนข้อควรระวังเป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อช่วยให้ประหยัดพลังงานความร้อนหรือเชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้มมากยิ่งขึ้น ควร หลีกเลี่ยงการเปิดประตูเตาเผาต้นแบบขณะทำการเผาชาหมู การสังเกตและการควบคุมการเผาชา หมู ควรมองผ่านกระจกใส นอกจากนี้ก่อนการเผาชาหมูควรผึ่งอากาศให้ความชื้นจากชาหมูลดลง
2. การเรียงชาหมูเข้าเตาเผา ควรเรียงให้เป็นระเบียบเพื่อลดความประหยัดพื้นที่และลด ปริมาณการการใช้เชื้อเพลิงหรือพลังงานความร้อน ตลอดจนทำให้เกิดความสม่ำเสมอของการไหม้ เกรียมของชาหมู
3. ไม่ควรให้เด็กเข้าใกล้ขณะทำการเผาชาหมู หรือเล่นบริเวณเตาเผา เพราะอาจเกิด อันตรายจากความร้อนแก่เด็กได้
4. เพื่อความปลอดภัยและถูกหลักอนามัย ควรตรวจสอบสภาพเตาเผาและทำความสะอาด ก่อนและหลังการใช้งานเตาเผาชาหมูเสมอ

5. หมั่นตรวจสอบระดับน้ำของระบบดักจับเขม่าและควัน เพราะประสิทธิภาพการทำงานของระบบขึ้นกับพัดลมดูดอากาศและระดับน้ำที่เหมาะสม ควรเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้งเมื่อไม่ได้ใช้งาน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดสนิม และการบูดเน่าของน้ำเนื่องจากอาจจะมีเศษชิ้นส่วนของขามูปะปนในน้ำของระบบดักจับเขม่าและควัน

6. เพื่อความปลอดภัย ควรปิดการไหลของแก๊สหุงต้มที่วาล์ว หรือนำถังแก๊สหุงต้มออกไปจากเตาเผาเมื่อไม่ได้ใช้งาน

7. ควรมีการทำความสะอาดเตาเผาภายหลังการใช้งานทุกครั้ง

8. ควรมีการศึกษาวិเคราะห์เพื่อการลอกเลียนแบบ (simulation) การไหลของอากาศร้อนภายในเตาเผาอย่างเป็นระบบเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาขามู ให้มีประสิทธิภาพสูงและลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงหรือแก๊สหุงต้มให้มากยิ่งขึ้น

9. ควรมีการศึกษาวิเคราะห์เพิ่มเติมกรณีการเผาชาสัตว์ชนิดอื่น เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและประโยชน์ใช้สอยที่กว้างขวาง เพราะโครงสร้างของเตาเผาต้นแบบได้รับการออกแบบให้รองรับน้ำหนักได้มากกว่า 80 กิโลกรัม

10. ควรมีการศึกษาวิเคราะห์หรือดัดแปลงหัวจ่ายแก๊สหุงต้มให้มีลักษณะเข้ากับรูปร่างของขามู ซึ่งคาดว่าจะช่วยลดอัตราการใช้แก๊สหุงต้มและมีประสิทธิภาพการเผาขามูได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้หลักการของหัวฉีดหรือโนซเซิล (nozzle)

11. ควรมีการศึกษาเพื่อแสวงหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากไขมันเหลือทิ้งที่เกิดจากการเผาขามู เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง ผสมอาหารสัตว์หรือการผลิตปุ๋ยบำรุงดิน เป็นต้น

12. เพื่อให้ได้ขามูมีคุณภาพตามความต้องการของท้องตลาด สำหรับผู้เริ่มทำการเผาขามูด้วยเตาเผาต้นแบบ อาจต้องใช้เวลาฝึกฝนเพื่อให้เกิดประสบการณ์มากขึ้น โดยเฉพาะการควบคุมความร้อนหรือเปลวไฟจากหัวจ่ายแก๊สหุงต้ม

13. เนื่องจากการเผาขามูเกี่ยวข้องกับความร้อนและความชื้น ดังนั้นวัสดุที่ใช้สร้างเตาเผาขามูต้องเป็นโลหะที่ทนทานต่อความร้อนและความชื้น หรือเป็นเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (stainless steel)

14. ควรมีการศึกษาวิเคราะห์การใช้ฉนวนหุ้มห้องเผาไหม้ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนให้แก่สภาพแวดล้อม และนำไปสู่การประหยัดพลังงานหรือเชื้อเพลิงความร้อน