บทที่ 5

สรุป

1. การศึกษาปริมาณน้ำมันที่ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาดูดซึมไว้หลังการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเปรียบเทียบกับหลังการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ

1. การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิน้ำมัน (100, 120 และ140 องศาเซลเซียส) และความดัน (50, 60 และ70 เซนติเมตรปรอทสุญญากาศ) ต่ออัตราการระเหยของน้ำ และการดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา พบว่าความชื้นที่สูญเสียไป และปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมสังเกตได้ยาก เนื่องจากความไม่แน่นอนของค่าความชื้นเริ่มต้นและปริมาณไขมันเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ อัตราการระเหยน้ำของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงเริ่มต้นของการให้ความร้อนซึ่งมีช่วงสั้นมาก น้ำมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องสู่อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำอย่างรวดเร็วในแต่ละความดันสุญญากาศ หากแต่ยังไม่เข้าสู่สภาวะคงที่สมดุล อัตราการระเหยน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ (100 องศาเซลเซียส) ความดันสุญญากาศต่ำ (50 เซนติเมตรปรอทสุญญากาศ) จะมีอัตราการระเหยน้ำของผลิตภัณฑ์ช้าที่สุด ภายใต้สภาวะความดันสุญญากาศสูง (70 เซนติเมตรปรอทสุญญากาศ) การลดลงของความชื้นในผลิตภัณฑ์จะปรากฏอย่างชัดเจน และมีอัตราการระเหยน้ำรวดเร็วที่สุดที่อุณหภูมิสูง (140 องศาเซลเซียส) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส การดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะสุญญากาศสูงจะมีอัตราสูงที่สุด นอกจากนี้ผลกระทบของอุณหภูมิของน้ำมันที่ความดันสุญญากาศสูงต่อการดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ไม่มีความต่างกันมากนัก เนื่องจากผลกระทบจากการเกิดผิวหนังและความดันภายในของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีอัตราการดูดซึมน้ำมันสูงในช่วงแรกซึ่งมีอัตราการระเหยของน้ำในอัตราสูง

2. ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (120 องศาเซลเซียส และ 60 เซนติเมตรปรอทสุญญากาศ) และจากการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ (165 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ) พบว่าอัตราการระเหยน้ำของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศรวดเร็วกว่าและมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ โดยผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศหลังสิ้นสุดการทอด 150 วินาที ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศหลังสิ้นสุดการทอด 150 วินาที โดยผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมี

ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 30 วินาที แรกของการทอดและจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งสิ้นสุดการทอด

3. ไม่สามารถใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำมันต่ำสุดของผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเกณฑ์ที่ดีที่สุดในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ จำเป็นต้องพิจารณาสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา การขยายตัวของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาประกอบด้วย

4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จาการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีสีสันอ่อนกว่า มีการขยายตัวมากกว่า มีเนื้อสัมผัสและโครงสร้างแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ และมีอุณหภูมิที่ผิวและภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ระหว่างการทอดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ ผลการทดสอบชิมพบว่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จาการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าน้อยกว่าการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ

2. การศึกษาคุณภาพน้ำมันที่ใช้หลังทอดและการประหยัดพลังงานในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเปรียบเทียบกับการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ

1. คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการใช้งานในการทอดทั้งภายใต้สภาวะสุญญากาศและภายใต้สภาวะบรรยากาศ โดยการวัดปริมาณของกรดไขมันอิสระ, ค่าเปอร์ออกไซด์, ค่ากรดไทโอบาบิทอริก และสี พบว่าน้ำมันที่ใช้ในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและภายใต้สภาวะบรรยากาศ หลังจากการทอดผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาจำนวน 30 ครั้ง ครั้งละ 8 ชิ้น มีปริมาณของกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างกันและค่าที่ได้จากการทอดทั้งสองสภาวะแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเริ่มต้นหรือค่าในน้ำมันก่อนทอด ค่ากรดไทโอบาบิทอริกและเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันที่ใช้ในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าต่ำกว่าในน้ำมันที่ใช้ในการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ และน้ำมันที่ผ่านการใช้งานในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีสีใสกว่าน้ำมันที่ใช้ในการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศที่จำนวนครั้งในการใช้งานและเวลาในการทอดเท่ากัน ดังนั้นการทอดในสภาวะสุญญากาศสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมัน โดยสามารถยืดอายุการใช้งานของน้ำมันที่ใช้ในการทอดได้ที่จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทอดเท่ากัน

2. การคำนวณพลังงานที่ใช้ในการทอด พบว่าการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศใช้พลังงานในระหว่างการทอดน้อยกว่า และสามารถลดพลังงานของระบบที่ใช้ในการทอดได้มากกว่าการทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศแบบกระทะ 25.65 เปอร์เซ็นต์ และ 32.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทอดด้วยเครื่องทอดแบบต่อเนื่อง

3. การประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลของความชื้นและน้ำมันของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิที่บริเวณใต้ผิวหนังลึกลงไปจากผิวของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา 1 มิลลิเมตรของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศแปรผันตามเวลาในการทอดที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิที่บริเวณใต้ผิวหนังลึกลงไปจากผิวของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลา 1 มิลลิเมตร ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงการกระจายของอุณหภูมิภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้น และให้ผลใกล้เคียงผลที่ได้จากการทดลอง

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การถ่ายโอนมวลทั้งแบบจำลองการถ่ายโอนความชื้น และแบบจำลองการถ่ายโอนน้ำมันสามารถแสดงการถ่ายโอนมวลภายในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาที่เวลาในการทอดต่างกันได้ โดยการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ลดลงและการเปลี่ยนแปลงน้ำมันที่เพิ่มขึ้นแปรผันตามเวลาที่ใช้ในการทอด

4. การถ่ายโอนมวลภายในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปลาจะมีอัตราสูงที่บริเวณผิวหนัง โดยที่ภายในเนื้อ ผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยทั้งชิ้นจะมีอัตราต่ำกว่า

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การถ่ายโอนความชื้นสามารถใช้อธิบายการถ่ายโอนความชื้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอดและมีผลไม่ต่างจากผลจากการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ

6. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การถ่ายโอนน้ำมัน ที่ Boundary Condition เท่ากับ 800 kg/m^3 สามารถอธิบายการเกิดผิวแข็ง และการถ่ายโอนน้ำมันโดยไม่คำนึงถึงผิวแข็งที่เกิดขึ้นได้

7. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การถ่ายโอนน้ำมัน ที่ Boundary Condition เท่ากับ 270 kg/m^3 สามารถอธิบายการถ่ายโอนน้ำมันโดยไม่คำนึงถึงน้ำมันที่ผิวที่ถูกดูดซึมในภายหลังการเปลี่ยนแปลงความดัน และอธิบายปริมาณน้ำมันที่ผิวที่ถูกดูดซึมจากการเปลี่ยนแปลงความดันได้