**บทที่ 4**

**ผลการวิจัยและอภิปรายผล**

**4.1 การศึกษาอัตราการอบแห้งของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำ**

ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณความชื้น

อัตราการอบแห้งของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำ ได้แก่ ปลาร้าหลน และแกงปลาร้า โดยนำมาอบแห้งแบบลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความชื้นของตะไคร้มีความชื้นน้อยที่สุด ตามด้วยปลาร้าโซเดียมต่ำผง ใบมะกรูด และหอมแดง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1 ) เนื่องจากอาหารที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ผิวหน้าของอาหารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดการระเหยของน้ำแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ในตู้อบ น้ำในอาหาร จะเคลื่อนที่จากด้านในสู่ด้านนอกด้วยแรง capillary มาทดแทนที่ผิวหน้าในอัตราเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้า ดังนั้นผิวหน้าอาหารจึงยังเปียกอยู่ (Rangsatthong, 2003) และอัตราเร็วของการทำแห้งอาหารขี้นอยู่กับลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุน (porosity) มาก จะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากอัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากนั่นเอง (Food Network Solution, 2561)

**4.2 การศึกษาการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำ**

4.2.1 การศึกษาความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำ

**ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ผลิตภัณฑ์ | ระยะเวลา (นาที) | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| หอมแดง | 2.78±0.89b | 2.70±0.20bc | 2.80±0.05ab | 2.89±0.06a | 2.85±0.05ab |
| ตะไคร้ | 2.89±0.35b | 2.97±0.14b | 3.28±0.12ab | 3.33±0.33ab | 3.40±0.11a |
| ใบมะกรูด | 4.08±0.16b | 4.72±0.78ab | 4.70±0.21ab | 4.96±1.45a | 4.76±0.10ab |
| ปลาร้าโซเดียมต่ำผงอบแห้ง | 2.37±0.13c | 2.81±0.12ab | 2.56±0.05b | 2.53±0.08b | 2.99±0.05a |

หมายเหตุ : อักษร abc ที่แตกต่างกันหมายถึงระยะเวลาในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำอบแห้ง (p<0.05)

จากการศึกษาความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าโซเดียมต่ำของหอมแดง ตะไคร้ ใบมะกรูด และปลาร้าโซเดียมต่ำผงอบแห้ง ที่ระยะเวลา 1 2 3 4 และ 5 นาที พบว่า หอมแดงและใบมะกรูดสามารถคืนตัวได้ดีที่สุดที่ระยะเวลา 4 นาที ตะไคร้หอมแดงสามารถคืนตัวได้ดีที่สุดที่ระยะเวลา 5 นาที และปลาร้าโซเดียวต่ำผงอบแห้งได้ดีที่สุดที่ระยะเวลา 5 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นที่มีอยู่ตัวอย่างและอุณหภูมิของน้ำในการคืนตัวส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าโซเดียมต่ำใช้ระยะเวลาในการคืนตัวนาน โดยเฉพาะธรรมชาติของอาหารส่งผลให้อัตราเร็วของการทำแห้งอาหารขึ้นอยู่กับลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุน (porosity) มาก จะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากอัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากนั่นเอง และขนาด รูปร่างปริมาตร และพื้นที่ผิวของอาหาร เป็นสมบัติทางกายภาพของอาหาร ที่มีผลต่อการทำแห้ง อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก จะมีพื้นที่ระเหยน้ำมาก จะมีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้น ดังนั้นหากอาหารที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่มีความหนาน้อยกว่าเนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร (thaismartdryer, 2018)

4.2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำต่อความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำอบแห้ง

**ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิน้ำต่อความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำอบแห้ง**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ผลิตภัณฑ์อาหาร | อุณหภูมิที่ใช้ละลาย  (องศาเซลเซียส) | ระยะเวลา (นาที) | | | | |
| 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| หอมแดง | 40 | 3.20±0.06 | 3.14±0.05 | 3.74±0.05 | 3.79±0.50c | 3.44±0.05 |
| 60 | 3.80±0.15 | 3.80±0.12 | 3.91±0.09 | 4.18±0.22 | 4.41±0.13b |
| 80 | 3.92±0.07 | 3.19±0.44 | 4.20±0.20 | 4.07±0.05 | 4.56±0.96a |
| ตะไคร้ | 40 | 3.41±0.37 | 3.35±0.52 | 3.56±1.01 | 3.89±1.33c | 3.69±1.23 |
| 60 | 3.68±0.80 | 3.85±0.30 | 4.12±0.05 | 4.45±0.05 | 4.50±0.21b |
| 80 | 4.62±0.02 | 4.92±0.14 | 4.95±0.06 | 4.99±1.10 | 5.01±1.22a |
| ใบมะกรูด | 40 | 3.51±0.04 | 3.46±0.04 | 3.60±0.30 | 3.40±0.17 | 3.73±0.45c |
| 60 | 3.66±0.05 | 3.78±0.62 | 3.98±0.55 | 4.16±0.22 | 4.63±2.01b |
| 80 | 3.79±0.15 | 3.86±0.77 | 4.94±0.01a | 4.97±0.05 | 4.48±3.45 |
| ปลาร้าโซเดียมต่ำผงอบแห้ง | 40 | 3.51±0.04 | 3.46±0.04 | 3.60±0.30 | 3.40±0.17 | 3.73±0.45c |
| 60 | 3.66±0.05 | 3.78±0.62 | 3.98±0.55 | 4.16±0.22 | 4.63±2.01b |
| 80 | 3.79±0.15 | 3.86±0.77 | 4.94±0.01a | 4.97±0.05 | 4.48±3.45 |

หมายเหตุ : อักษร abc ที่แตกต่างกันหมายถึงอุณหภูมิและระยะเวลาในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำอบแห้ง (p<0.05)

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำต่อความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าโซเดียมต่ำอบแห้งโดยอุณหภูมิที่ใช้ละลายได้แก่ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที พบว่า หอมแดงสามารถคืนตัวได้ดีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที ตะไคร้ ใบมะกรูดและปลาร้าโซเดียมต่ำผงอบแห้งคืนตัวได้ทีที่อุณหภูมิ คืนตัวได้ดีที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10, 6 และ 8นาที ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้น้ำที่ใช้ในการคืนตัวอาหารมีความหนืดลดลง จึงสามารถสัมผัสกับโครงสร้างของอาหารได้เร็วขึ้น (Marabi et al, 2004) ดังนั้นการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิยิ่งสูง ยิ่งทำให้อาหารคืนตัวได้เร็ว เช่นเดียวกับที่พบได้ในการคืนตัวของอาหารแห้งหลายชนิด เช่น ดอกบล็อกโคลี (broccoli florets)

**4.3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำอบแห้ง**

4.3.1 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

**ตารางที่ 4.3 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ตัวอย่าง | | ลักษณะปรากฏns | | สีns | | กลิ่นns | รสชาติns | | ความชอบโดยรวมns | | |
| ปลาร้าหลน | | 6.95±0.99 | | 6.90±1.12 | | 6.10±1.74 | | | 6.80±1.83 | | 6.80±1.36 |
| แกงปลาร้า | | 6.75±1.16 | | 6.50±1.19 | | 7.00±1.37 | | | 6.95±1.53 | | 7.25±1.02 |

หมายเหตุ : อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ปลาร้าหลนและแกงปลาร้า พบว่า มีการยอมรับมากที่สุดทั้งด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4.3.2 วิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี และจุลินทรีย์ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.3.2.1 คุณลักษณะทางเคมี

**ตารางที่ 4.4 ปริมาณโปรตีน และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของปลาร้าหลน และแกงปลาร้าผงอบแห้ง**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)** | | | **ปริมาณ**[**โซเดียมคลอไรด์**](https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi26vPjzsjRAhWJtY8KHUY0B-wQFgghMAE&url=http%3A%2F%2Fnutrition.anamai.moph.go.th%2Ftemp%2Ffiles%2Ffact_sheet%2Fsodium.doc&usg=AFQjCNHJHV4xljXtjRLmBQgkjqCMeKyIRQ&sig2=YMnVHSkAiaVGsFVWIWNYEA) **(ร้อยละ)** | |
| ปลาร้าหลน |  |  | 12.40±0.01 | | 2.26±0.13 |
| แกงปลาร้า |  |  | 10.78±0.02 | | 2.40±0.10 |

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของปลาร้าหลน และแกงปลาร้าผงอบแห้ง พบว่าปลาร้าหลนปริมาณโปรตีนของปลาร้าหลนมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.40 และแกงปลาร้ามีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 10.78 สอดคล้องกับ รายงานวิจัยของอำนาจ (2544) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของการหมักปลาร้าข้าวคั่วพบว่ามีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 10.82-13.41 และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของปลาร้าหลนมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.26 และแกงปลาร้ามีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.40 เมื่อเปรียบเทียบในการทดลองการทำปลาร้าก้อนสมุนไพร จากรายงานวิจัยของ สริต และคณะ (2549) พบว่าปริมาณเกลือ มีค่าอยู่ในช่วง 7.5-13.3 ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช.

4.3.2.2 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

จากการการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปลาร้าหลนและแกงปลาร้า ทำการศึกษา จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน (เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง) พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาร้าหลนมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.28 x 103 ± 0.03 โคโลนีต่อกรัม และผลิตภัณฑ์แกงปลาร้า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.82 x 103 ± 0.01 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ มผช. 134/2546 โดยสอดคล้องกับรายงานของสุมาลี (2543) ที่กล่าวว่าในผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่เป็นอันตรายของผู้บริโภคต้องมีเชื้อน้อยกว่า 1 ล้านโคโลนีต่อกรัม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ปลาร้าหลนและแกงปลาร้าที่พัฒนามาจากปลาร้าผงโซเดียมต่ำอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค