บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผลิตขนมจีนแป้งหมักจากการใช้ปลายข้าวหัก สายพันธุ์เหลืองประทิว เป็นวัตถุดิบ และใช้แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกล้าเชื้อในการหมักจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus fermentum* TISTR945, *L. fermentum* TISTR 950 และ *L. plantarum* TISTR951เปรียบเทียบกับขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ และขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสียกรดเบนโซอิก และศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักเป็นระยะเวลา 2 วัน จากการตรวจสอบโดยใช้ความรู้สึก การวิเคราะห์ทางเคมี การวิเคราะห์ทางกายภาพ การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ และการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส แสดงผลดังต่อไปนี้

**ผลการตรวจสอบโดยใช้ความรู้สึก**

จากการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 2 วัน โดยสังเกตพบว่า ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ มีการปนเปื้อนของเชื้อรา เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้น แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบขนมจีนแป้งหมักโดยใช้ความรู้สึก

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | | | |
| วันที่ | ตัวอย่าง | การตรวจสอบ | |
| 0 | C:\Users\Administrator\Desktop\ธรรมชาติ\24581329_1029518597187989_1045730936_n.jpg | ลักษณะทั่วไป  สี  กลิ่น  กลิ่นรส  ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเส้นขาดบ้างเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาว มันวาว คล้ำเล็กน้อย  ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจาก กลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค  เหนียวนุม ไมเละ |
| 1 | https://scontent.fbkk5-4.fna.fbcdn.net/v/t34.0-12/24740387_1029681277171721_978783366_n.jpg?oh=c8e93e6bad977063f75f6d7e2bfc3f1b&oe=5A38EF58 | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาว มันวาว คล้ำเล็กน้อย  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด เล็กน้อย  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุม ไมเละ |
| 2 | C:\Users\Administrator\Desktop\ธรรมชาติ\DSC02258.JPGC:\Users\Administrator\Desktop\ธรรมชาติ\DSC02257.JPG | ลักษณะทั่วไป    สี    กลิ่น  กลิ่นรส  ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย เริ่มมีราสีเหลืองขึ้นประปราย เยิ้มน้ำ มีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ สีขาว คล้ำเล็กน้อย  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์  เหนียวนุ่ม เละ |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | | | |
| วันที่ | ตัวอย่าง | ลักษณะ | |
| 0 | C:\Users\Administrator\Desktop\วัตถุกันเสีย\DSC02472.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค  เหนียวนุม ไมเละ |
| 1 | C:\Users\Administrator\Desktop\วัตถุกันเสีย\DSC02490.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค  เหนียวนุม ไมเละ |
| 2 | C:\Users\Administrator\Desktop\วัตถุกันเสีย\DSC02525.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส  ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย มีราสีเหลืองขึ้นเป็นจุดกระจายทุกเส้น แฉะบางจุด มีสปอร์รา  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุม ไมเละ |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 | | | |
| วันที่ | ตัวอย่าง | ลักษณะ | |
| 0 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. fermentum TISTR 945\DSC02642.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค  เหนียวนุม ไมเละ |
| 1 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. fermentum TISTR 945\DSC02648.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวขุ่น มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด เล็กน้อย  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุ่ม ไมเละ |
| 2 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. fermentum TISTR 945\DSC02659.JPG | ลักษณะทั่วไป    สี    กลิ่น  กลิ่นรส  ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย ราขึ้น 2 ถึง 3 จุด มีเส้นใยราสีขาว  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวขุ่น มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูดเล็กน้อย  มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุ่ม ไมเละ |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950 | | | |
| วันที่ | ตัวอย่าง | ลักษณะ | |
| 0 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. fermentum TISTR 950\DSC02759.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค  เหนียวนุม ไมเละ |
| 1 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. fermentum TISTR 950\DSC02759.JPG | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น เสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ เส้นจะออกสีขาวใส มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูดเล็กน้อย  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  นุมเหนียว ไมเละ |
| 2 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. fermentum TISTR 950\DSC02775.JPG | ลักษณะทั่วไป    สี    กลิ่น  กลิ่นรส  ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย ราขึ้น 2 ถึง 3 จุด  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุม ไมเละ |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 | | | |
| วันที่ | ตัวอย่าง | ลักษณะ | |
| 0 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. plantarum TISTR 951\IMG20180113122614.jpg | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวขุ่น มันวาว  ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค  เหนียวนุม ไมเละ |
| 1 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. plantarum TISTR 951\IMG20180114124929.jpg | ลักษณะทั่วไป  สี    กลิ่น  กลิ่นรส    ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูดเล็กน้อย  มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุม ไมเละ |
| 2 | C:\Users\Administrator\Desktop\L. plantarum TISTR 951\IMG20180115091639.jpg | ลักษณะทั่วไป    สี    กลิ่น  กลิ่นรส  ลักษณะเนื้อสัมผัส | การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย ราขึ้น 2 ถึง 3 จุด  มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว  มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด  มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย  เหนียวนุม ไมเละ |

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลการตรวจสอบขนมจีนแป้งหมักโดยใช้ความรู้สึก ในวันที่ 0 ขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ มีการจับเรียงเส้นที่มีรูปรางและขนาดใกลเคียงกัน มีเสนขาดเล็กนอย มีสีที่ดีตามธรรมชาติ มีสีขาว มันวาว คล้ำเล็กน้อย โดยขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ มีสีคล้ำเล็กน้อยแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ ทุกทรีทเมนต์ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด มีรสชาติที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค เหนียวนุม ไมเละ โดยขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก มีลักษณะเส้นที่ยืดหยุ่นกว่าสูตรอื่น ๆ รวมทั้งมีกลิ่นหมักที่แตกต่างจากสูตรอื่น ๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ขนมจีนทุกทรีทเมนต์มีการเปลี่ยนแปลง ขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีลักษณะของเส้นแข็งขึ้น ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกเส้นยืดหยุ่น ขาวใส มันวาว ในขณะที่ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ เส้นเริ่มแฉะ และทุกทรีทเมนต์มีกลิ่นของการหมักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีการเปลี่ยนแปลง ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ เส้นนิ่มเละมากขึ้น มีกลิ่นบูด มีเชื้อราสีดำ สีเหลือง สีส้ม ขึ้นเป็นจุด ๆ ส่วนขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก เส้นมีลักษณะใสขึ้น มีกลิ่นอับเกิดขึ้นเล็กน้อย พบเชื้อราปนเปื้อนเพียงเล็กน้อย และขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 สูตร ลักษณะเส้นแข็งขึ้น มีกลิ่นหมักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบเชื้อรา สีดำปนเปื้อนเพียงเล็กน้อย

**ผลการวิเคราะห์ทางเคมี**

จากการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (aw) ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดจากการไตเตรท ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน แสดงดังตารางที่ 4.2–4.5

ปริมาณความชื้นของขนมจีนแป้งหมักทุกสูตรเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 74.34 ถึง 81.45 (ตารางที่ 4.2) โดยการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักเป็นเวลา 1 และ 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) และพบว่าขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1 และ 2 วัน มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก (p>0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักได้บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ห่อด้วยยืดห่อหุ้มอาหารอย่างมิดชิด ช่วยลดการถ่ายเทความชื้นระหว่างสภาพแวดล้อม รวมทั้งขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ในการทดลองนี้ มีปริมาณความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 จึงจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นสูงและเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่าย

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0ns | 1ns | 2ns |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ ns | 78.73±1.46 | 75.17±0.13 | 75.73±1.21 |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกns | 79.58±1.45 | 76.37±2.31 | 76.54±2.51 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945ns | 78.87±3.37 | 76.53±3.35 | 77.84±2.67 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950ns | 76.79±2.97 | 74.34±0.94 | 81.46±10.73 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951ns | 76.43±1.65 | 74.69±5.62 | 75.12±0.98 |

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (aw) หรือค่าปริมาณน้ำอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งพบว่าขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่า aw อยู่ระหว่าง 0.94 ถึง 1.00 (ตารางที่ 4.3) ซึ่งเป็นค่า aw ที่สูง ค่า aw ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 อาหารนั้นจัดเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย แสดงให้เห็นว่าขนมจีนแป้งหมักในการทดลองนี้เป็นอาหารที่ เน่าเสียง่าย สอดคล้องกับการมีปริมาณความชื้นที่สูง (ตารางที่ 4.2) โดยการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีค่า aw ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักใส่ กรดเบนโซอิก (p≤0.05) ซึ่งขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกนี้ ยังมีค่า aw ต่ำกว่าขนมจีนแป้งหมักจาก ทรีทเมนต์อื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นกรดของกรดเบนโซอิกช่วยลดปริมาณของน้ำอิสระในขนมจีนแป้งหมัก

ตารางที่ 4.3 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (aw) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0 | 1 | 2 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 0.99±0.00abc | 0.98±0.01c | 0.99±0.00abc |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 0.94±0.01e | 0.96±0.02d | 0.98±0.02bc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 0.99±0.00abc | 0.99±0.00abc | 1.00±0.00a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 1.00±0.00a | 1.00±0.00a | 1.00±0.00a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 1.00±0.00a | 1.00±0.00a | 1.00±0.00a |

a, b, c, d, e ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ค่าความเป็นกรด–ด่างของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ที่ทำการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 3.00 ถึง 5.45 (ตารางที่ 4.4) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด–ด่าง ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความเป็นกรด–ด่างเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 (p≤0.05) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด–ด่างที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นในปริมาณที่มากกว่าการปนเปื้อนจากแบคทีเรียกรดแลคติก โดยในวันที่ 0, 1 และ 2 ขนมจีนเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทุกทรีทเมนต์มีค่าความเป็นกรด–ด่างต่ำกว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ และขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก โดยขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมลงไปในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักมีการใช้คาร์โบไฮเดรตและเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และนำน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวไปสร้างเป็นกรดแลคติก จึงทำให้ขนมจีนแป้งหมักที่มีการใส่กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าขนมจีนสูตรอื่น ๆ ในขณะที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมจีน มผช. 500/2557 ได้กำหนดไว้ว่าขนมจีนแปงหมัก ตองมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยูระหวาง 3.0 ถึง 4.5 เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ซึ่งขนมจีนแป้งหมักที่ได้ทำการทดลอง คือ ขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ และขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เกินค่าที่กำหนด

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรด–ด่าง ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0 | 1 | 2 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 4.88±0.19bc | 5.16±0.14ab | 5.45±0.03a |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 3.70±0.31de | 3.77±0.33d | 4.39±0.86c |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 3.18±0.01ef | 3.25±0.09def | 3.25±0.19def |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 3.26±0.23def | 3.33±0.28def | 3.48±0.42def |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 3.04±0.08f | 3.00±0.04f | 3.25±0.08def |

a, b, c, d, e, f ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ปริมาณกรดจากการไตเตรทหรือปริมาณกรดทั้งหมดคิดในรูปกรดแลคติกของขนมจีนแป้งหมักทุกทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน มีปริมาณกรดแลคติกอยู่ระหว่างร้อยละ 0.03 ถึง 0.12 (ตารางที่ 4.5) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (ตารางที่ 4.4) โดยขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 วัน มีปริมาณกรดแลคติกไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก ในวันที่ 2 นั้น มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 และวันที่ 1 (p≤0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า หลังการผลิต (วันที่ 0) และระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักทรีทเมนต์อื่น ๆ

ตารางที่ 4.5 ปริมาณกรดจากการไตเตรท (ร้อยละ) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน

(Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0 | 1 | 2 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 0.05±0.02ef | 0.05±0.02ef | 0.04±0.01ef |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 0.03 ±0.00f | 0.03±0.00f | 0.06±0.00de |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 0.06±0.00de | 0.06±0.00de | 0.06±0.00de |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 0.08±0.02d | 0.08±0.02cd | 0.08±0.01cd |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 0.11±0.02ab | 0.12±0.00a | 0.10±0.02bc |

a, b, c, d, e, f ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ**

จากการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน แสดงดังตารางที่ 4.6–4.7

จากการวัดค่าสีของขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ (ตารางที่ 4.6) พบว่า ค่า L\* มีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่าที่เข้าใกล้ 0 จะแสดงถึงสีของผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างมืด ส่วนค่าที่เข้าใกล้ 100 แสดงถึงสีของผลิตภัณฑ์ที่มีความสว่าง ซึ่งค่า L\* ของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ มีค่าค่อนข้างสว่าง อยู่ในช่วง 72.50 ถึง 77.69 การเก็บรักษาขนมจีนเป็นเวลา 1 และ 2 วัน ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง และพบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติที่ผลิตเสร็จใหม่มีสีคล้ำกว่าขนมจีนแป้งหมักทรีทเมนต์อื่น ๆ ซึ่งมีค่าความสว่างต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการหมักข้าวในขั้นตอนการผลิตมีระยะเวลานานถึง 3 วัน จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก และส่งผลต่อค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้เวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก มีค่าความสว่างสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ

ส่วนค่า a\* จะแสดงถึงค่าสีแดง และสีเขียว ค่าที่ติดลบจะแสดงค่าสีเขียว ส่วนค่าที่ไม่ติดลบจะแสดงค่าสีแดง ซึ่งขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีความเป็นสีเขียว มีค่าอยู่ระหว่าง -1.82 ถึง -2.79 แสดงความเป็นสีเขียวเล็กน้อย โดยพบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อค่าความเป็นสีเขียว ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความเป็นสีเขียวลดลงเมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นสีเขียวของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ พบว่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติที่มีค่าความเป็นสีเขียวต่ำกว่า (p≤0.05)

ส่วนค่า b\* จะแสดงค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน ซึ่งค่าที่ติดลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน ส่วนค่าที่ไม่ติดลบจะแสดงค่าสีเหลือง ซึ่งขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ จะแสดงค่าสีเหลือง มีค่าอยู่ระหว่าง 4.99 ถึง 10.22 แสดงความเป็นสีเหลืองเล็กน้อย และเมื่อเก็บรักษาขนมจีนเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมัก ทุกทรีทเมนต์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ (p≤0.05) โดยมีค่าความเป็นสีเหลืองที่สูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ระหว่างการเก็บรักษาเกิดการหมักและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของขนมจีนแป้งหมัก

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | ค่าสี | | | | | | | | |
| L\* | | | a\* | | | b\* | | |
| เก็บรักษา 0 วัน | เก็บรักษา 1 วัน | เก็บรักษา 2 วัน | เก็บรักษา 0 วัน | เก็บรักษา 1 วัน | เก็บรักษา 2 วัน | เก็บรักษา 0 วัน | เก็บรักษา 1 วัน | เก็บรักษา 2 วัน |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 72.50±1.20c | 73.01±1.51bc | 72.97±1.15bc | -2.14±0.07d | -1.83±0.28e | -1.82±0.39e | 7.87±1.71bc | 8.73±1.78ab | 10.22±1.26a |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสีย | 75.90±1.82abc | 76.08±2.69abc | 77.69±1.40a | -2.57±0.03abc | -2.43±0.03c | -2.58±0.05abc | 5.15±0.19d | 5.49±1.14d | 6.63±0.88cd |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 | 76.66±0.81ab | 77.12±0.46a | 74.84±2.21abc | -2.79±0.09a | -2.69±0.11abc | -2.65±0.08abc | 4.99±0.78d | 5.72±0.62d | 5.23±0.88d |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950 | 74.98±1.30abc | 75.86±1.82abc | 75.89±0.60abc | -2.77±0.07a | -2.74±0.10ab | -2.70±0.05abc | 5.29±0.46d | 5.78±0.25d | 6.12±0.46d |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 | 76.46±2.30ab | 76.86±1.05ab | 76.32±5.04abc | -2.52±0.08abc | -2.58±0.02abc | -2.47±0.11bc | 6.59±0.27cd | 6.44±0.50cd | 6.77±0.16cd |

a, b, c, d, e ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีน ได้แก่ ค่าการยึดติด (adhesiveness) ความแข็ง (hardness) และความเหนียว (toughness) หลังการผลิต (วันที่ 0) และเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 4.7) โดยขนมจีนทุกทรีทเมนต์มีค่าการยึดติด อยู่ระหว่าง -0.95 ถึง -10.89 g.sec ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีค่าการยึดติดของวันที่ 1 และวันที่ 2 ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) ขณะที่การเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 มีค่าการยึดติดสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 และขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก (p≤0.05)

ค่าความแข็งของขนมจีนแป้งหมักหลังการผลิต (วันที่ 0) และเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง โดยขนมจีนทุกทรีทเมนต์มีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 77.26 ถึง 273.72 g และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ค่าความแข็งของขนมจีนทุกทรีทเมนต์ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) แต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีค่าความแข็ง เพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 (p≤0.05) โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีค่าความแข็งสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดแลคติกที่ผลิตจากกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมลงไปในการผลิตขนมจีนแป้งหมักช่วยจับยึดโมเลกุลของแป้งที่เจลลาติไนซ์ในขนมจีนแป้งหมักให้เกิดการเกาะเกี่ยวกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างของขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 ที่มีค่าต่ำสุด (ตารางที่ 4.4) และมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด (ตารางที่ 4.5) แต่ในขณะเดียวกัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความแข็ง ต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบโดยใช้ความรู้สึกที่พบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เละ

ค่าความเหนียวของขนมจีนแป้งหมักหลังการผลิต (วันที่ 0) และเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง โดยขนมจีนทุกทรีทเมนต์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าความเหนียว อยู่ระหว่าง 130.16 ถึง 247.47 g.sec และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ค่าความเหนียวของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 มีค่าความเหนียวเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 (p≤0.05) และการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีค่าความเหนียวไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความเหนียวต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าความแข็ง

ตารางที่ 4.7 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | Adhesiveness (g.sec) | | | hardness (g) | | | Toughness (g.sec) | | |
| เก็บรักษา 0 วัน | เก็บรักษา 1 วัน | เก็บรักษา 2 วัน | เก็บรักษา 0 วัน | เก็บรักษา 1 วัน | เก็บรักษา 2 วัน | เก็บรักษา 0 วัน | เก็บรักษา 1 วัน | เก็บรักษา 2 วัน |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | -4.32±3.71ab | -5.90±8.97ab | -2.75±1.60ab | 98.85±13.35efg | 85.89±19.86fg | 77.26±31.49g | 130.16±23.61c | 135.44±10.40c | 132.74±52.80c |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสีย | -1.06±1.50b | -4.20±3.73ab | -1.29±1.89b | 107.56±5.88defg | 123.80±17.00bcdef | 137.11±21.17bcde | 160.17±10.95bc | 185.52±36.67abc | 183.52±23.39abc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 | -7.48±7.88ab | -3.81±5.03ab | -10.89±8.96a | 96.22±19.13efg | 120.08±10.58cdefg | 148.80±27.13bcd | 162.38±29.81bc | 180.25±27.62abc | 238.22±58.59a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950 | -10.00±6.69ab | -8.67±2.96ab | -5.95±0.39ab | 107.90±7.75defg | 139.94±31.36bcde | 165.68±44.08b | 180.76±30.67abc | 227.41±63.27ab | 247.47±65.52a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 | -2.61±1.44ab | -3.00±1.90ab | -0.95±0.76b | 130.12±14.79bcdef | 158.79±17.88bc | 273.72±34.55a | 191.20±25.59abc | 220.18±30.12ab | 243.84±11.89a |

a, b, c, d, e, f, g ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์**

จากการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติก ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน แสดงดังตารางที่ 4.8–4.10

การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน อยู่ระหว่าง 3.40x103 ถึง 1.87x109 โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 4.8) โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ปริมาณยีสต์และราของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีปริมาณเพิ่มขึ้นแตกต่างจากวันที่ 0 และวันที่ 1 (p≤0.05) และนอกจากนี้ขนมจีนแป้งหมักในแต่ละทรีทเมนต์ มีปริมาณยีสต์และราในวันที่ 0 และในวันที่ 1 ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ยกเว้นในวันที่ 2 ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีปริมาณยีสต์และราสูงที่สุด และสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักทรีทเมนต์อื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีขั้นตอนการหมักนานกว่าขนมจีนแป้งหมักจากกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของยีสต์และราในระหว่างขั้นตอนการหมัก ในขณะที่ขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีปริมาณยีสต์และราที่ต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากสารแบคทีโรซิน และกรดแลคติกที่แบคทีเรียกรดแลคติกสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งยีสต์และรา โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 มีปริมาณยีสต์และราหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน อยู่ที่ 5.2x104 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่าขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสียกรดเบนโซอิก ที่มีปริมาณยีสต์และราอยู่ที่ 4.5x106 โคโลนีต่อกรัม ในการเก็บรักษา 1 วัน เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sangmanee และ Hongpattarakee (2014) ได้รายงานว่าแบคทีเรียกรดแลคติก *L. plantarum* K35 ที่แยกได้จากขนมจีนแป้งหมักมีประสิทธิภาพในลดการเจริญเติบโตและลดการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* TISTR304 และ *Aspergillus parasiticus* TISTR3276 จากการทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งองค์ประกอบของเหลวที่ยับยั้งเชื้อราหลักๆ พบว่าเป็นกรดแลคติก, 2-butyl-4-hexyloctahydro-1H-indene, กรดโอเลอิก และกรดปาลมิติก

ตารางที่ 4.8 ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน

(Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0 | 1 | 2 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 4.47x104±2.34x104c | 1.23x107±3.43x106c | 1.87x109±4.61x108a |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 2.21x104±2.91x105c | 4.50x106±2.15x106c | 2.23x108±1.15x108bc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 3.92x104±1.31x104c | 5.20x104±3.72x105c | 2.05x108±1.52 x108bc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 3.40x103±1.47x104c | 3.12x106±4.81x106c | 1.60x108±1.59x106bc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 1.82x104±8.97x103c | 1.80x106±3.07x106c | 6.12x108±8.49x106b |

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียทั้งหมดของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน อยู่ระหว่าง 7.33x102 ถึง 1.68x108 โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 4.9) โดยพบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างจากวันที่ 0 (p>0.05) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 มีปริมาณเพิ่มขึ้นแตกต่างจากวันที่ 0 (p≤0.05) และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 0 และวันที่ 1 ของขนมจีนทุกทรีทเมนต์ มีปริมาณไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่จุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 2 ของขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีปริมาณสูงสุดและสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณยีสต์และรา (ตารางที่ 4.8) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่า กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมในขนมจีนแป้งหมักนั้นได้สร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น แบคเทอริโอซิน และกรดอินทรีย์ ส่วนกรดเบนโซอิกที่ใส่ในขนมจีนแป้งหมักจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า ในขณะที่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมจีน มผช. 500/2557 ได้กำหนดไว้ว่าขนมจีนแปงหมัก ตองมีจํานวนจุลินทรีย

ทั้งหมดไม่เกิน 1x106 โคโลนีตอตัวอยาง 1 กรัม ซึ่งขนมจีนแป้งหมักที่ได้ทำการทดลอง คือ ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติในวันที่ 0 ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกและขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน มีจำนวนจุลินทรียทั้งหมดอยู่ในขอบข่ายที่กำหนด โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน อยู่ที่ 5.02x104 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่าขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก ที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ 8.90 x106 โคโลนีต่อกรัม ในการเก็บรักษา 1 วัน เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน

(Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0 | 1 | 2 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 1.00x104±6.25 x103c | 1.50x107±5.38x106bc | 1.68x108±5.40 x107a |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 4.33 x 103±1.90 x103c | 8.90 x105±5.25 x105c | 2.85 x107±5.77 x104bc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 5.30x103±3.97 x103c | 1.44 x106±1.27 x106c | 6.74 x107±6.25 x107b |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 7.33x102±5.03 x102c | 1.39 x106±2.16 x106c | 5.52 x107±9.07 x107bc |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 3.40x103±3.37 x103c | 5.02 x104±8.47 x104c | 2.21 x107±3.46 x107bc |

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติกของขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0-3.28x105 โคโลนีต่อกรัม แสดงดังตารางที่ 4.10 โดยพบว่า ขนมจีนทุกทรีทเมนต์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกไม่แตกกันทางสถิติกับวันที่ 0 (p>0.05) ยกเว้นขนมจีนเติมกล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950 ที่การเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเก็บรักษา วันที่ 0 และวันที่ 1 (p≤0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า การเก็บรักษาวันที่ 0 และวันที่ 1 นั้น ปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติก ระหว่างทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) แต่เมื่อการเก็บรักษานานขึ้น เป็นเวลา 2 วัน เฉพาะขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950 มีปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติกแตกต่างกับทรีทเมนต์อื่น ๆ โดยมีปริมาณที่สูงกว่า (p≤0.05) ทั้งนี้ปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ตรวจวิเคราะห์อาจเป็นแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ *L. fermentum* TISTR 950 ที่เติมลงไป สำหรับเป็นกล้าเชื้อในการหมัก ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีในการหมักและเจริญเติบโตระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่การตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในขนมจีนที่ได้มาหลังจากการโรยเส้นในน้ำเดือด ผ่านน้ำเย็นและปล่อยให้สะเด็ดน้ำ (วันที่ 0) ของขนมจีนเติมกล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950 และขนมจีนเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีจำนวนน้อยมากจนตรวจไม่พบ จนรายงานเป็น 0 โคโลนีต่อกรัมนั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกล้าเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ดังกล่าวไม่ทนต่ออุณหภูมิน้ำเดือดในขั้นตอนโรยเส้น จึงทำให้ประชากรลดลงเป็นจำนวนมาก ส่วนขนมจีนใส่กรดเบนโซอิก รายงานเป็น 0 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 0 นั้น เนื่องจากกรดเบนโซอิกมีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียกรดแลคติกจากธรรมชาติและขั้นตอนโรยเส้นในน้ำเดือดยังลดจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกจากธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้ประชากรลดลงเป็นจำนวนมากจนตรวจไม่พบเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามขนมจีนทั้ง 3 ทรีทเมนต์ที่รายงานว่าตรวจไม่พบ อาจได้รับบาดเจ็บและฟื้นตัว และเพิ่มจำนวนระหว่างการเก็บรักษาขนมจีน

ตารางที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (โคโลนีต่อกรัม) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็น

ระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | เวลาในการเก็บรักษา (วัน) | | |
| 0 | 1 | 2 |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 5.33x102±3.51 x102a | 1.01x105±1.29 x105a | 3.92 x104±2.58x104a |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 0±0a | 5.23 x104±8.98 x104a | 4.80 x103±2.95 x103a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 0±0a | 8.00 x102±1.00 x102a | 3.45 x104±4.48 x104a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 3.30 x101±5.8 x101a | 1.46 x104±1.11 x104a | 3.28x105±1.41 x105 b |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 0±0a | 6.00 x102±2.00 x102a | 2.67x104 ±8.59 x103a |

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส**

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส จากการทดสอบการยอมรับขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ปฏิเสธการบริโภคขนมจีนแป้งหมักที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 40 คน จากนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มีเพศชายร้อยละ 12.50 เพศหญิงร้อยละ 87.50 อายุต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 22.50 อายุ 21-30 ปี ร้อยละ 77.50 วุฒิการศึกษา มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่าร้อยละ 10.00 ปริญญาตรีร้อยละ 90.00 อาชีพ นิสิต/นักศึกษาร้อยละ 97.50 รับจ้างร้อยละ 2.50 รายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 1,000 บาท ร้อยละ 32.50 รายได้ช่วง 1,000-5,000 บาท ร้อยละ 52.50 และรายได้ช่วง 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 15 ใช้แบบประเมินที่มีวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale test) (1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด 5 = เฉย ๆ 9 = ยอมรับมากที่สุด) โดยเสิร์ฟขนมจีนแป้งหมักที่ทำเสร็จใหม่พร้อมกับน้ำแกงพะแนงหมู และประเมินการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ผลแสดงดังตารางที่ 4.11 โดยพบว่าคะแนนการยอบรับลักษณะปรากฏของขนมจีนแป้งหมักมีคะแนนอยู่ระหว่าง 6.85 ถึง 7.65 คะแนน ซึ่งขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีคะแนนการยอมรับมากกว่าขนมจีน ใส่กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ (p≤0.05) แต่มีคะแนนการยอมรับไม่แตกกับขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก (p>0.05)

คะแนนการยอมรับในด้านสีของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์อยู่ระหว่าง 7.00 ถึง 7.58 คะแนน โดยพบว่า ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีคะแนนการยอมรับมากกว่าขนมจีนใส่กล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 (p≤0.05) แต่มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ (p>0.05) คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์อยู่ระหว่าง 5.30 ถึง 5.88 คะแนน โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) นอกจากนี้คะแนนการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัส ของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์อยู่ระหว่าง 6.08 ถึง 7.15 คะแนน โดยพบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก มีคะแนนการยอมรับลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ (p≤0.05) ขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์อยู่ระหว่าง 6.65 ถึง 7.60 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยพบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่ กรดเบนโซอิกมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ (p≤0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก มีระยะการหมักที่นานทำให้เนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ได้มีความยืดหยุ่น รวมทั้งมีการสร้างกลิ่นเฉพาะที่เกิดจากการหมัก แต่อย่างไรก็ตามขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.65 ถึง 6.82 คะแนน)

ตารางที่ 4.11 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนแป้งหมัก (Means±SD)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ทรีทเมนต์ | ลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | | | |
| ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่นns | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ | 7.65±1.14a | 7.58±1.03a | 5.58±1.74 | 7.05±1.06ab | 7.08±1.25a | 7.60±1.03a |
| ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก | 7.42±1.24ab | 7.55±1.13ab | 5.40±1.89 | 7.30±1.26a | 7.15±1.41a | 7.60±1.06a |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 945 | 6.85±1.27b | 7.00±1.28b | 5.30±1.49 | 6.52±1.09bc | 6.48±1.24b | 6.82±1.17b |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. fermentum* TISTR 950 | 6.90±1.19b | 7.10±1.06ab | 5.88±1.62 | 6.40±1.22c | 6.08±1.53b | 6.65±1.25b |
| ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ  *L. plantarum* TISTR 951 | 6.85±1.39b | 7.02±1.23ab | 5.72±1.63 | 6.52±1.04bc | 6.10±1.30b | 6.72±0.96b |

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)