บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผลิตขนมจีนแป้งหมักจากการใช้ปลายข้าวหัก สายพันธุ์เหลืองประทิว เป็นวัตถุดิบ และใช้แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกล้าเชื้อในการหมักจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus fermentum* TISTR 945, *L. fermentum* TISTR 950 และ *L. plantarum* TISTR 951 เปรียบเทียบกับขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ และขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสียกรดเบนโซอิก และศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักเป็นระยะเวลา 2 วัน จากการตรวจสอบโดยใช้ความรู้สึก การวิเคราะห์ทางเคมี การวิเคราะห์ทางกายภาพ การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ และการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส แสดงผลดังต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบโดยใช้ความรู้สึก

จากการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 2 วัน โดยสังเกตพบว่า ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ มีการปนเปื้อนของเชื้อราเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้น แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบขนมจีนแป้งหมักโดยใช้ความรู้สึก

ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ			
วันที่	ตัวอย่าง	การตรวจสอบ	
0		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาว มันวาว คล้ำเล็กน้อย
		กลิ่น	ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจาก กลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
1		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาว มันวาว คล้ำเล็กน้อย
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด เล็กน้อย
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไม

			พึงประสงคเล็กน้อย
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
2		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย เริ่มมีราสีเหลืองขึ้นประปราย เยิ้มน้ำ
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ สีขาว คล้ำเล็กน้อย
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุ่ม เละ

ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก

วันที่	ตัวอย่าง	ลักษณะ	
0		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
1		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
2		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย มีราสีเหลืองขึ้นเป็นจุดกระจายทุกเส้น แฉะบางจุด มีสปอร์รา
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย

		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945			
วันที่	ตัวอย่าง	ลักษณะ	
0		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค เหนียวนุม ไมเละ
1		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวขุ่น มันวาว มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด เล็กน้อย มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย เหนียวนุ่ม ไมเละ
2		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย ราขึ้น 2 ถึง 3 จุด มีเส้นใยราสีขาว มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวขุ่น มันวาว มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูดเล็กน้อย มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย เหนียวนุ่ม ไมเละ
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950			
วันที่	ตัวอย่าง	ลักษณะ	
0		ลักษณะทั่วไป สี กลิ่น กลิ่นรส	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรส

			อื่นที่ไมพึงประสงค
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
1		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น เสนขาดบางเล็กนอย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ เส้นจะออกสีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูดเล็กน้อย
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	นุมเหนียว ไมเละ
2		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย ราขึ้น 2 ถึง 3 จุด
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ

ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951

วันที่	ตัวอย่าง	ลักษณะ	
0		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวขุ่น มันวาว
		กลิ่น	ไมมีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงค
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ
1		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเสนขาดบางเล็กนอย
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใชและสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูดเล็กน้อย
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน มีกลิ่นรสอื่นที่ไมพึงประสงคเล็กน้อย
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุม ไมเละ

2		ลักษณะทั่วไป	การจับเรียงเส้น มีเส้นขาดบ้างเล็กน้อย ราขึ้น 2 ถึง 3 จุด
		สี	มีสีที่ดีตามธรรมชาติของสวนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ สีขาวใส มันวาว
		กลิ่น	มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด
		กลิ่นรส	มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์เล็กน้อย
		ลักษณะเนื้อสัมผัส	เหนียวนุ่ม ไม่เละ

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลการตรวจสอบขนมจีนแป้งหมักโดยใช้ความรู้สึก ในวันที่ 0 ขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ มีการจับเรียงเส้นที่มีรูปรางและขนาดใกล้เคียงกัน มีเส้นขาดเล็กน้อย มีสีที่ดีตามธรรมชาติ มีสีขาว มันวาว คล้ำเล็กน้อย โดยขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ มีสีคล้ำเล็กน้อยแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ ทุกทรีทเมนต์ไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นเหม็นบูด มีรสชาติที่ดีตามธรรมชาติของขนมจีน ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เหนียวนุ่ม ไม่เละ 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 ส่วนขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกเส้นมีลักษณะใสขึ้น มีกลิ่นอับเกิดขึ้นเล็กน้อย พบเชื้อราปนเปื้อนเพียงเล็กน้อย และขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 สูตร ลักษณะเส้นแข็งขึ้น มีกลิ่นหมักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบเชื้อราสีดำปนเปื้อนเพียงเล็กน้อย

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

จากการเก็บรักษาขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) 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)		
	0[ns]	1[ns]	2[ns]
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ[ns]	78.73±1.46	75.17±0.13	75.73±1.21
ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก[ns]	79.58±1.45	76.37±2.31	76.54±2.51
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945[ns]	78.87±3.37	76.53±3.35	77.84±2.67
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950[ns]	76.79±2.97	74.34±0.94	81.46±10.73
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951[ns]	76.43±1.65	74.69±5.62	75.12±0.98

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) หรือค่าปริมาณน้ำอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งพบว่าขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.94 ถึง 1.00 (ตารางที่ 4.3) ซึ่งเป็นค่า a_w ที่สูง ค่า a_w ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 อาหารนั้นจัดเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย แสดงให้เห็นว่าขนมจีนแป้งหมักในการทดลองนี้เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย สอดคล้องกับการมีปริมาณความชื้นที่สูง (ตารางที่ 4.2) โดยการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีค่า a_w ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 ($p>0.05$) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก ($p\leq0.05$) ซึ่งขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกนี้ ยังมีค่า a_w ต่ำกว่าขนมจีนแป้งหมักจากทรีทเมนต์อื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นกรดของกรดเบนโซอิกช่วยลดปริมาณของน้ำอิสระในขนมจีนแป้งหมัก

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

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

$^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าความเป็นกรด–ด่างของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ที่ทำการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 3.00 ถึง 5.45 (ตารางที่ 4.4) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด–ด่าง ไม่แตกต่างจากวันที่ 0 ($p>0.05$) ยกเว้นขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความเป็นกรด–ด่างเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ($p \leq 0.05$) 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 ได้กำหนดไว้ว่าขนมจีนแปงหมัก ต่องมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยูระหวาง 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±0.19^{bc}	5.16±0.14^{ab}	5.45±0.03^{a}
ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก	3.70±0.31^{de}	3.77±0.33^{d}	4.39±0.86^{c}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	3.18±0.01^{ef}	3.25±0.09^{def}	3.25±0.19^{def}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	3.26±0.23^{def}	3.33±0.28^{def}	3.48±0.42^{def}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	3.04±0.08^{f}	3.00±0.04^{f}	3.25±0.08^{def}

$^{a, b, c, d, e, f}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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 ($p \leq 0.05$) 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±0.02^{ef}	0.05±0.02^{ef}	0.04±0.01^{ef}
ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก	0.03 ±0.00^{f}	0.03±0.00^{f}	0.06±0.00^{de}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	0.06±0.00^{de}	0.06±0.00^{de}	0.06±0.00^{de}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	0.08±0.02^{d}	0.08±0.02^{cd}	0.08±0.01^{cd}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	0.11±0.02^{ab}	0.12±0.00^{a}	0.10±0.02^{bc}

$^{a, b, c, d, e, f}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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 ($p\leq0.05$)

ส่วนค่า b* จะแสดงค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน ซึ่งค่าที่ติดลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน ส่วนค่าที่ไม่ติดลบจะแสดงค่าสีเหลือง ซึ่งขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ จะแสดงค่าสีเหลือง มีค่าอยู่ระหว่าง 4.99 ถึง 10.22 แสดงความเป็นสีเหลืองเล็กน้อย และเมื่อเก็บรักษาขนมจีนเป็นเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง ($p>0.05$) ยกเว้นขนมจีนขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ ($p\leq0.05$) 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±1.20^{c}	73.01±1.51^{bc}	72.97±1.15^{bc}	-2.14±0.07^{d}	-1.83±0.28^{e}	-1.82±0.39^{e}	7.87±1.71^{bc}	8.73±1.78^{ab}	10.22±1.26^{a}
ขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสีย	75.90±1.82^{abc}	76.08±2.69^{abc}	77.69±1.40^{a}	-2.57±0.03^{abc}	-2.43±0.03^{c}	-2.58±0.05^{abc}	5.15±0.19^{d}	5.49±1.14^{d}	6.63±0.88^{cd}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	76.66±0.81^{ab}	77.12±0.46^{a}	74.84±2.21^{abc}	-2.79±0.09^{a}	-2.69±0.11^{abc}	-2.65±0.08^{abc}	4.99±0.78^{d}	5.72±0.62^{d}	5.23±0.88^{d}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	74.98±1.30^{abc}	75.86±1.82^{abc}	75.89±0.60^{abc}	-2.77±0.07^{a}	-2.74±0.10^{ab}	-2.70±0.05^{abc}	5.29±0.46^{d}	5.78±0.25^{d}	6.12±0.46^{d}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	76.46±2.30^{ab}	76.86±1.05^{ab}	76.32±5.04^{abc}	-2.52±0.08^{abc}	-2.58±0.02^{abc}	-2.47±0.11^{bc}	6.59±0.27^{cd}	6.44±0.50^{cd}	6.77±0.16^{cd}

$^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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 ($p\leq0.05$)

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 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ($p\leq0.05$) โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีค่าความแข็งสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดแลคติกที่ผลิตจากกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมลงไปในการผลิตขนมจีนแป้งหมักช่วยจับยึดโมเลกุลของแป้งที่เจลลาติไนซ์ในขนมจีนแป้งหมักให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-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 มีค่าความเหนียวอยู่ระหว่าง 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 ($p\leq0.05$) 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±3.71^{ab}	-5.90±8.97^{ab}	-2.75±1.60^{ab}	98.85±13.35^{efg}	85.89±19.86^{fg}	77.26±31.49^{g}	130.16±23.61^{c}	135.44±10.40^{c}	132.74±52.80^{c}
ขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสีย	-1.06±1.50^{b}	-4.20±3.73^{ab}	-1.29±1.89^{b}	107.56±5.88d^{efg}	123.80±17.00^{bcdef}	137.11±21.17^{bcde}	160.17±10.95^{bc}	185.52±36.67^{abc}	183.52±23.39^{abc}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	-7.48±7.88^{ab}	-3.81±5.03^{ab}	-10.89±8.96^{a}	96.22±19.13^{efg}	120.08±10.58^{cdefg}	148.80±27.13^{bcd}	162.38±29.81^{bc}	180.25±27.62^{abc}	238.22±58.59^{a}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	-10.00±6.69^{ab}	-8.67±2.96^{ab}	-5.95±0.39^{ab}	107.90±7.75^{defg}	139.94±31.36^{bcde}	165.68±44.08^{b}	180.76±30.67^{abc}	227.41±63.27^{ab}	247.47±65.52^{a}
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	-2.61±1.44^{ab}	-3.00±1.90^{ab}	-0.95±0.76^{b}	130.12±14.79^{bcdef}	158.79±17.88^{bc}	273.72±34.55^{a}	191.20±25.59^{abc}	220.18±30.12^{ab}	243.84±11.89^{a}

$^{a, b, c, d, e, f, g}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

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

การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน อยู่ระหว่าง 3.40×10^{3} ถึง 1.87×10^{9} 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 ($p\leq0.05$) และนอกจากนี้ขนมจีนแป้งหมักในแต่ละทรีทเมนต์ มีปริมาณยีสต์และราในวันที่ 0 และในวันที่ 1 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ยกเว้นในวันที่ 2 ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีปริมาณยีสต์และราสูงที่สุด และสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักทรีทเมนต์อื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีขั้นตอนการหมักนานกว่าขนมจีนแป้งหมักจากกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของยีสต์และราในระหว่างขั้นตอนการหมัก ในขณะที่ขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีปริมาณยีสต์และราที่ต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากสารแบคทีโรซินและกรดแลคติกที่แบคทีเรียกรดแลคติกสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งยีสต์และรา โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 มีปริมาณยีสต์และราหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน อยู่ที่ 5.2×10^{4} โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่าขนมจีนแป้งหมักใส่วัตถุกันเสียกรดเบนโซอิก ที่มีปริมาณยีสต์และราอยู่ที่ 4.5×10^{6} 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	$4.47x10^{4}\pm2.34x10^{4}$[4c]	$1.23x10^{7}\pm3.43x10^{6}$[6c]	$1.87x10^{9}\pm4.61x10^{8}$[8a]
ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก	$2.21x10^{4}\pm2.91x10^{5}$[5c]	$4.50x10^{6}\pm2.15x10^{6}$[6c]	$2.23x10^{8}\pm1.15x10^{8}$[8bc]
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	$3.92x10^{4}\pm1.31x10^{4}$[4c]	$5.20x10^{4}\pm3.72x10^{5}$[5c]	$2.05x10^{8}\pm1.52\ x10^{8}$[8bc]
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	$3.40x10^{3}\pm1.47x10^{4}$[4c]	$3.12x10^{6}\pm4.81x10^{6}$[6c]	$1.60x10^{8}\pm1.59x10^{6}$[6bc]
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	$1.82x10^{4}\pm8.97x10^{3}$[3c]	$1.80x10^{6}\pm3.07x10^{6}$[6c]	$6.12x10^{8}\pm8.49x10^{6}$[6b]

[a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียทั้งหมดของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน อยู่ระหว่าง $7.33x10^{2}$ ถึง $1.68x10^{8}$ โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 4.9) โดยพบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างจากวันที่ 0 ($p>0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 มีปริมาณเพิ่มขึ้นแตกต่างจากวันที่ 0 ($p\leq0.05$) และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 0 และวันที่ 1 ของขนมจีนทุกทรีทเมนต์ มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่จุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 2 ของขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีปริมาณสูงสุดและสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณยีสต์และรา (ตารางที่ 4.8) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่า กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมในขนมจีนแป้งหมักนั้นได้สร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น แบคเทอริโอซิน และกรดอินทรีย์ ส่วนกรดเบนโซอิกที่ใส่ในขนมจีนแป้งหมักจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า ในขณะที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมจีน มผช. 500/2557 ได้กำหนดไว้ว่าขนมจีนแปงหมัก ตองมีจำนวนจุลินทรียทั้งหมดไม่เกิน $1x10^{6}$ โคโลนีตอตัวอยาง 1 กรัม ซึ่งขนมจีนแป้งหมักที่ได้ทำการทดลอง คือ ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติในวันที่ 0 ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกและขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน มีจำนวนจุลินทรียทั้งหมดอยู่ในขอบข่ายที่กำหนด โดยเฉพาะขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน อยู่ที่ $5.02x10^{4}$ โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่าขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก ที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ $8.90\ x10^{6}$ โคโลนีต่อกรัม ในการเก็บรักษา 1 วัน เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

ทรีทเมนต์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)		
	0	1	2
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ	$1.00\times10^{4}\pm6.25\times10^{3c}$	$1.50\times10^{7}\pm5.38\times10^{6bc}$	$1.68\times10^{8}\pm5.40\times10^{7a}$
ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก	$4.33\times10^{3}\pm1.90\times10^{3c}$	$8.90\times10^{5}\pm5.25\times10^{5c}$	$2.85\times10^{7}\pm5.77\times10^{4bc}$
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	$5.30\times10^{3}\pm3.97\times10^{3c}$	$1.44\times10^{6}\pm1.27\times10^{6c}$	$6.74\times10^{7}\pm6.25\times10^{7b}$
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	$7.33\times10^{2}\pm5.03\times10^{2c}$	$1.39\times10^{6}\pm2.16\times10^{6c}$	$5.52\times10^{7}\pm9.07\times10^{7bc}$
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	$3.40\times10^{3}\pm3.37\times10^{3c}$	$5.02\times10^{4}\pm8.47\times10^{4c}$	$2.21\times10^{7}\pm3.46\times10^{7bc}$

[a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติกของขนมจีนแป้งหมักทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน มีปริมาณอยู่ระหว่าง 0-3.28×10^{5} 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 ($p\leq0.05$) 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 ($p\leq0.05$) 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 อาจได้รับบาดเจ็บและฟื้นตัวและเพิ่มจำนวนระหว่างการเก็บรักษาขนมจีน

ตารางที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (โคโลนีต่อกรัม) ของขนมจีนแป้งหมักที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน (Means±SD)

ทรีทเมนต์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)		
	0	1	2
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติ	$5.33x10^{2}$ ±3.51 $x10^{2a}$	$1.01x10^{5}$ ±1.29 $x10^{5a}$	3.92 $x10^{4}$ ±2.5^{8} $x10^{4a}$
ขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก	0±0^{a}	5.23 $x10^{4}$ ±8.98 $x10^{4a}$	4.80 $x10^{3}$ ±2.95 $x10^{3a}$
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945	0±0^{a}	8.00 $x10^{2}$ ±1.00 $x10^{2a}$	3.45 $x10^{4}$ ±4.48 $x10^{4a}$
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. fermentum* TISTR 950	3.30 $x10^{1}$ ±5.8 $x10^{1a}$	1.46 $x10^{4}$ ±1.11 $x10^{4a}$	3.28$x10^{5}$ ±1.41 $x10^{5\ b}$
ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อ *L. plantarum* TISTR 951	0±0^{a}	6.00 $x10^{2}$ ±2.00 $x10^{2a}$	2.67$x10^{4}$ ±8.59 $x10^{3a}$

$^{a, b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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/นักศึกษา ร้อยละ 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 ซึ่งขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีคะแนนการยอมรับมากกว่าขนมจีนใส่กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ($p \leq 0.05$) แต่มีคะแนนการยอมรับไม่แตกกับขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก ($p > 0.05$)

คะแนนการยอมรับในด้านสีของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์อยู่ระหว่าง 7.00 ถึง 7.58 คะแนน โดยพบว่า ขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติมีคะแนนการยอมรับมากกว่าขนมจีนใส่กล้าเชื้อ *L. fermentum* TISTR 945 ($p \leq 0.05$) 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 ($p \leq 0.05$) ขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมของขนมจีนแป้งหมักทุกทรีทเมนต์อยู่ระหว่าง 6.65 ถึง 7.60 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยพบว่าขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิกมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนมจีนแป้งหมักจากเชื้อธรรมชาติและขนมจีนแป้งหมักใส่กรดเบนโซอิก มีระยะการหมักที่นานทำให้เนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ได้มีความยืดหยุ่น รวมทั้งมีการสร้างกลิ่นเฉพาะที่เกิดจากการหมัก แต่อย่างไรก็ตามขนมจีนแป้งหมักเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.65 ถึง 6.82 คะแนน)

ตารางที่ 4.11 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมจีนแป้งหมัก (Means±SD)

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

$^{a, b, c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)