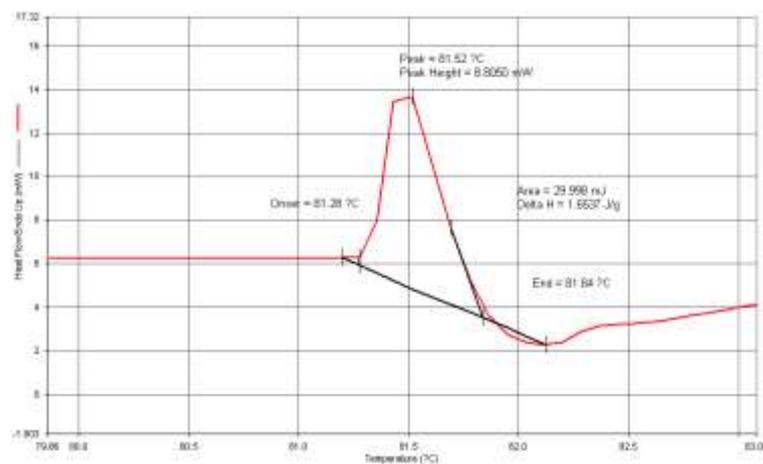


4. ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คุณภาพข้าวกล้องตัวอย่างควบคุม

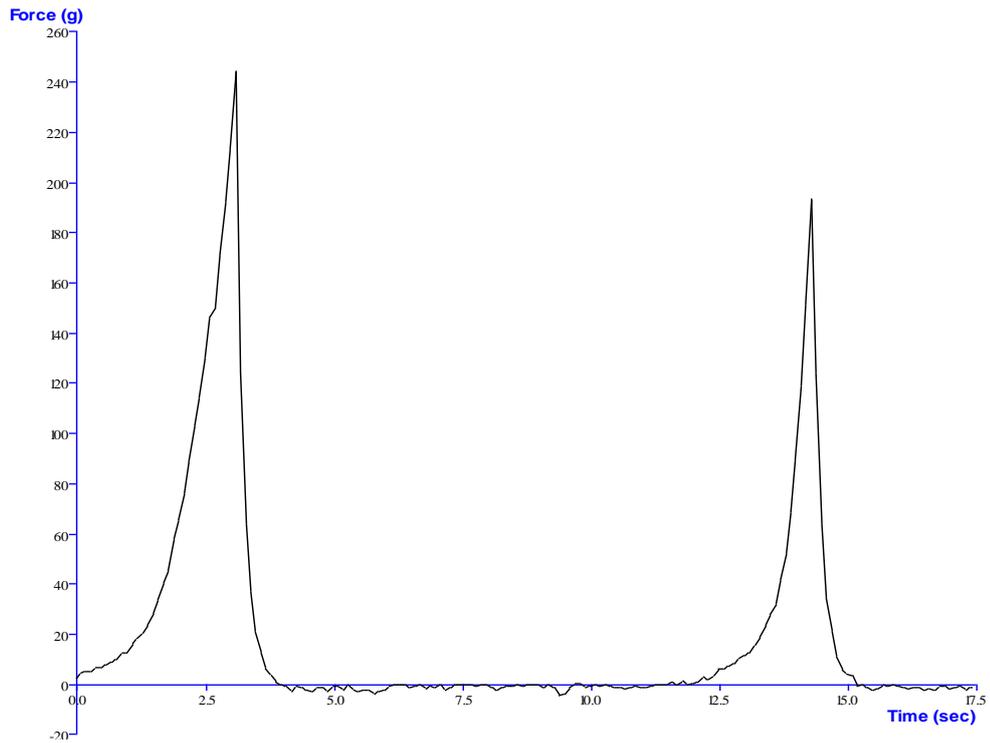
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณภาพการหุงของข้าวกล้องก่อนการตัดแปร (Control) แสดงผลดังตารางที่ 4.1 พบว่าข้าวกล้องมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 57.32 มีค่า a เท่ากับ 2.07 ซึ่ง a ที่มีค่าเป็นบวก หมายถึง โทนสีแดง และมีค่า b เท่ากับ 19.93 โดย b ที่มีค่าเป็นบวก หมายถึง โทนสีเหลือง ดังนั้นแสดงว่าข้าวกล้องมีสีออกแดงปนเหลือง ด้านคุณภาพการหุงพบว่าข้าวกล้องมีค่า optimum cooking time (OCT) เท่ากับ 18.67 ค่า water uptake ratio (WUR) เท่ากับ 1.79 ค่า length expansion ratio (LER) เท่ากับ 1.09 และ ค่า volume expansion ratio (VER) เท่ากับ 1.83 สมบัติทางเคมีพบว่าข้าวกล้องมีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 12.75 และมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส และปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 775.29 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง และร้อยละ 0.0176 ตามลำดับ

การเกิดเจลาคตินไนซ์ของข้าวกล้อง เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี differential scanning calorimetry (DSC) พบว่าค่า อุณหภูมิเริ่มต้น (onset temperature, T_o), กึ่งกลาง (peak temperature, T_p) และสุดท้าย (end temperature, T_e) ของข้าวกล้อง เท่ากับ 80.93, 81.13 และ 81.52 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมี ΔH เท่ากับ 1.53 จูล/กรัม ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ลักษณะกราฟการเกิดเจลาคตินไนซ์ของข้าวกล้อง

เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) พบว่าข้าวกล้อง มีค่า hardness เท่ากับ 9.41 นิวตัน, ค่า adhesiveness เท่ากับ -0.24 นิวตัน วินาที และค่า cohesiveness เท่ากับ 0.33 ตามลำดับ (ค่า cohesiveness คำนวณได้จากพื้นที่ซึ่งเกิดแรงกดครั้งที่สองหารด้วยพื้นที่จากแรงกดครั้งที่หนึ่ง)



ภาพที่ 4.2 ลักษณะกราฟ Texture profile analysis ของข้าวกล้องหุงสุก

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมี กายภาพ และ คุณภาพการหุงของข้าวกล้องตัวอย่างควบคุม

| การวิเคราะห์ | ปริมาณ |
|---|----------------|
| 1. ค่า L | 57.32 ± 0.07 |
| 2. ค่า a | 2.07 ± 0.01 |
| 3. ค่า b | 19.93 ± 0.03 |
| 4. ค่า optimum cooking time (นาที) | 18.67 ± 0.58 |
| 5. ค่า water uptake ratio | 1.79 ± 0.01 |
| 6. ค่า length expansion ratio | 1.09 ± 0.02 |
| 7. ค่า volume expansion ratio | 1.83 ± 0.01 |
| 8. ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) | 12.75 ± 0.14 |
| 9. กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง) | 775.29 ± 18.40 |
| 10. ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) | 0.0176 ± 0.00 |
| 11. การเกิดเจลลิตีในเซชัน | |
| onset temperature (องศาเซลเซียส) | 80.93 ± 0.50 |
| peak temperature (องศาเซลเซียส) | 81.13 ± 0.55 |
| end temperature (องศาเซลเซียส) | 81.52 ± 0.46 |
| ΔH (จูล/กรัม) | 1.53 ± 0.17 |
| 12. เนื้อสัมผัส | |
| hardness (นิวัตน์) | 9.41 ± 1.14 |
| adhesiveness (นิวัตน์ วินาที) | -0.24 ± 0.03 |
| cohesiveness (อัตราส่วน) | 0.33 ± 0.88 |

4.2 สภาพที่เหมาะสมในการย่อยเส้นใยข้าวกล้องด้วยเอนไซม์

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสและระยะเวลาในการย่อย พบว่าข้าวกล้องมีสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และคุณภาพการหุง ดังต่อไปนี้

4.2.1 สมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 4.2 ค่าสี ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

| ปัจจัย | ค่า L | ค่า a | ค่า b |
|--|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) | | | |
| 1.5 | 61.24 ^c ±1.52 | 1.78 ^a ±0.06 | 18.20 ^a ±0.50 |
| 3.5 | 63.50 ^b ±1.79 | 1.72 ^b ±0.06 | 17.58 ^b ±0.63 |
| 5.5 | 65.24 ^a ±0.94 | 1.68 ^c ±0.05 | 17.15 ^c ±0.42 |
| เวลาย่อย (นาที) | | | |
| 1 | 61.87 ^c ±2.14 | 1.78 ^a ±0.05 | 18.19 ^a ±0.51 |
| 2 | 63.06 ^b ±1.67 | 1.73 ^b ±0.05 | 17.65 ^b ±0.59 |
| 3 | 65.05 ^a ±1.51 | 1.67 ^c ±0.07 | 17.09 ^c ±0.41 |
| ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) x เวลาย่อย (นาที) | | | |
| 1.5 x 1 | 59.62 ^g ±0.04 | 1.83 ^a ±0.04 | 18.62 ^a ±0.16 |
| 1.5 x 2 | 60.98 ^f ±0.11 | 1.79 ^a ±0.03 | 18.42 ^b ±0.15 |
| 1.5 x 3 | 63.11 ^d ±0.09 | 1.72 ^b ±0.01 | 17.56 ^c ±0.03 |
| 3.5 x 1 | 61.49 ^c ±0.31 | 1.79 ^a ±0.04 | 18.42 ^b ±0.07 |
| 3.5 x 2 | 63.42 ^d ±0.07 | 1.70 ^b ±0.01 | 17.22 ^{cd} ±0.06 |
| 3.5 x 3 | 65.58 ^b ±0.34 | 1.68 ^b ±0.04 | 17.09 ^c ±0.05 |
| 5.5 x 1 | 64.50 ^c ±0.26 | 1.73 ^b ±0.01 | 17.54 ^c ±0.05 |
| 5.5 x 2 | 64.76 ^c ±0.21 | 1.70 ^b ±0.02 | 17.29 ^d ±0.13 |
| 5.5 x 3 | 66.46 ^a ±0.02 | 1.61 ^c ±0.02 | 16.62 ^f ±0.09 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์หรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.5, 3.5 และ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีค่า L เท่ากับ 61.24, 63.50 และ 65.24 ตามลำดับ และที่เวลาย่อย 1, 2 และ 3 นาที มีค่า L เท่ากับ 61.87, 63.06 และ 65.05 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยร่วมกัน พบว่าข้าวกล้องที่มีค่าความสว่างสูงสุด คือที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที ซึ่งมีค่า L เท่ากับ 66.46 รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที มีค่า L เท่ากับ 65.58

ค่า a ของข้าวกล้อง มีค่าเป็นบวก แสดงออกถึงค่าสีแดง โดยพบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสหรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ค่า a ของข้าวกล้องจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.78 ถึง 1.67 เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องที่มีค่า a หรือค่าความเข้มสีแดงน้อยที่สุด คือ ตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที มีค่า a เท่ากับ 1.61 รองลงมาคือ การย่อยด้วยความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 2 และ 1 นาที ความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3 และ 2 นาที และ ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3 นาที โดยมีค่า a ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.73 ถึง 1.68

ค่า b ของข้าวกล้อง มีค่าเป็นบวก แสดงออกถึงค่าสีเหลือง โดยพบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสหรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ค่า b ของข้าวกล้องจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 18.20 ถึง 17.09 เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องที่มีค่า b หรือค่าความเข้มสีเหลืองน้อยที่สุด คือ ตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที มีค่า b เท่ากับ 16.62 รองลงมาคือ การย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที ซึ่งมีค่า b เท่ากับ 17.09

ซึ่งการที่ข้าวกล้องมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและค่า a และ b ลดลง เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสและระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น เป็นผลจากสารสีหรือรงควัตถุที่ปนอยู่บริเวณชั้นรำข้าวของข้าวกล้องถูกปลดปล่อยออก โดยสารสีหรือรงควัตถุที่อยู่บริเวณชั้นรำข้าวนี้อาจมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลม่วง และน้ำตาลจนเกือบดำ (อรอนงค์, 2550) ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับการย่อยของเซลลูโลสในชั้นรำ

ข้าวเพิ่มขึ้น และส่งผลให้สารสีหรือรงควัตถุเหล่านี้ถูกปลดปล่อยมากขึ้น เมล็ดข้าวจึงมีสีขาวสว่างมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lamberts *et al.* (2007) พบว่าเมื่อกำจัดชั้นน้ำมันรำข้าวออก เมล็ดข้าวมีค่า a และ b ลดลง ขณะที่ค่า L เพิ่มขึ้น

4.2.2 คุณภาพการหุง

ข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสจะมีค่า OCT ลดลงเมื่อเทียบกับข้าวกล้องปกติ (control) โดยพบว่าค่า OCT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาในการย่อยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า OCT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.3 โดยมีค่า OCT อยู่ระหว่าง 17.22 – 15.56 นาที่ เมื่อพิจารณา ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยร่วมกัน พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาย่อยเพิ่มขึ้น ค่า OCT จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่า OCT ที่น้อยที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที่ ซึ่งมีค่า OCT เท่ากับ 15.33 นาที่ รองลงมาคือ การย่อยด้วยความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ระยะเวลาย่อย 2 และ 1 นาที่, ความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ระยะเวลาย่อย 3 และ 2 นาที่ ค่า OCT คือ ค่าที่แสดงระยะเวลาการสุกจนถึงแกนกลางของเมล็ดข้าว ซึ่งข้าวที่สูงทั่วทั้งเมล็ด เมื่อนำมาบดจะต้องไม่พบไตหรือเม็ดแป้งแข็งอยู่ตรงกลาง (สุรศักดิ์, 2550) โดยค่า OCT ที่ลดลง เกิดจากการที่เส้นใยเซลลูโลสบริเวณชั้นรำข้าวถูกย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส เพราะเส้นใยชนิดนี้เป็นเส้นใยประเภทที่ไม่ดูดซับน้ำ ดังนั้นเมื่อถูกย่อยจึงทำให้น้ำสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ชั้นสตาρχของเมล็ดข้าวได้ดีขึ้น เมล็ดข้าวจึงสุกเร็วขึ้น และมีค่า OCT ลดลง (Juliano and Bechtel, 1985)

นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่า water uptake ratio (WUR) หรือ ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.3) พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสจะมีค่า WUR เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวกล้องปกติ (control) โดยพบว่าค่า WUR เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาในการย่อยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า WUR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่า WUR อยู่ระหว่าง 1.93 – 1.89 เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาย่อยที่ใช้เพิ่มขึ้น ค่า WUR จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่า WUR ที่มากที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที่ ซึ่งมีค่า WUR เท่ากับ 1.94 รองลงมาคือ การย่อยด้วยความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ระยะเวลาย่อย 2 และ 1 นาที่, ความเข้มข้น 3.5

มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3, 2 และ 1 นาที โดยมีค่า WUR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ที่ใช้เวลาในการย่อย 3 นาที ค่า WUR เป็นดัชนีสำหรับบ่งชี้คุณภาพการหุงที่สำคัญ เพราะค่า WUR ที่เพิ่มขึ้น แสดงถึงข้าวที่มีความนุ่มเพิ่มขึ้น (Mohapatra and Bal, 2006)

ค่า length expansion ratio (LER) หรือ อัตราการยืดตัว ของข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.3) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นหรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น โดยค่า LER อยู่ระหว่าง 1.09 – 1.11 แต่เมื่อพิจารณาระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาย่อยร่วมกัน พบว่าค่า LER ของข้าวกล้องมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาย่อยเพิ่มขึ้น โดยค่า LER ที่มากที่สุด พบในตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการย่อย 3 นาที ซึ่งมีค่า LER เท่ากับ 1.12 รองลงมาคือ การย่อยด้วยความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 2 และ 1 นาที ความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3, 2 และ 1 วินาที และความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3 นาที โดยมีค่า LER ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ที่ใช้เวลาในการย่อย 3 นาที

ค่า volume expansion ratio (VER) หรือ อัตราการขยายปริมาตร ของข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.3) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์หรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.00 – 2.06 จากการพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับความเข้มข้นเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าข้าวกล้องมีค่า VER เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องมีค่า VER สูงที่สุด คือ ตัวอย่างข้าวกล้องที่ย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3 และ 2 นาที รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาย่อย 3 และ 2 วินาที แต่เมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้องที่มีค่า VER สูงที่สุดแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

โดยค่า LER และ VER ที่เพิ่มขึ้น เป็นผลสืบเนื่องจากการที่เส้นใยเซลลูโลสถูกกำจัด เพราะเส้นใยเซลลูโลสนอกจากจะขัดขวางการดูดซึมน้ำแล้ว ยังขัดขวางการขยายตัวอย่างอิสระของเมล็ดข้าวขณะหุงต้ม ดังนั้นเมื่อกำจัดเส้นใยเซลลูโลสในชั้นรำข้าวออก เม็ดแป้งในเมล็ดข้าวจึงสามารถขยายตัวได้มากขึ้น (Mohapatra and Bal, 2006)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพการหุง ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

| ปัจจัย | optimum cooking time (นาที) | water uptake ratio | length expansion ratio | volume expansion ratio |
|---|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) | | | | |
| 1.5 | 17.22 ^a ±0.40 | 1.89 ^b ±0.01 | 1.09±0.01 | 2.00 ^c ±0.03 |
| 3.5 | 16.00 ^b ±0.50 | 1.91 ^{ab} ±0.02 | 1.10±0.01 | 2.04 ^b ±0.04 |
| 5.5 | 15.56 ^b ±0.50 | 1.93 ^a ±0.03 | 1.11±0.01 | 2.02 ^a ±0.02 |
| เวลาย่อย (นาที)^{ns} | | | | |
| 1 | 16.44±0.88 | 1.90±0.02 | 1.10±0.01 | 2.01 ^c ±0.04 |
| 2 | 16.33±0.87 | 1.90±0.03 | 1.10±0.01 | 2.04 ^b ±0.04 |
| 3 | 16.00±0.87 | 1.92±0.03 | 1.11±0.01 | 2.06 ^a ±0.02 |
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) x เวลาย่อย (นาที) | | | | |
| 1.5 x 1 | 17.33 ^a ±0.58 | 1.88 ^b ±0.02 | 1.09 ^b ±0.01 | 1.98 ^d ±0.01 |
| 1.5 x 2 | 17.33 ^a ±0.58 | 1.89 ^b ±0.01 | 1.09 ^b ±0.02 | 1.99 ^d ±0.01 |
| 1.5 x 3 | 17.00 ^{ab} ±0.58 | 1.89 ^b ±0.02 | 1.10 ^{ab} ±0.00 | 2.03 ^c ±0.01 |
| 3.5 x 1 | 16.33 ^{bc} ±0.58 | 1.89 ^{ab} ±0.01 | 1.10 ^{ab} ±0.02 | 1.99 ^d ±0.03 |
| 3.5 x 2 | 16.00 ^{cd} ±0.00 | 1.90 ^{ab} ±0.03 | 1.10 ^{ab} ±0.01 | 2.06 ^{abc} ±0.01 |
| 3.5 x 3 | 15.67 ^{cd} ±0.58 | 1.93 ^{ab} ±0.03 | 1.11 ^{ab} ±0.01 | 2.07 ^{ab} ±0.01 |
| 5.5 x 1 | 15.67 ^{cd} ±0.58 | 1.93 ^{ab} ±0.02 | 1.10 ^{ab} ±0.01 | 2.05 ^{bc} ±0.03 |
| 5.5 x 2 | 15.67 ^{cd} ±0.58 | 1.92 ^{ab} ±0.05 | 1.11 ^{ab} ±0.02 | 2.08 ^a ±0.01 |
| 5.5 x 3 | 15.33 ^d ±0.58 | 1.94 ^a ±0.02 | 1.12 ^a ±0.01 | 2.08 ^a ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ns หมายถึง ข้อมูลในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิการเกิดเจลลาติโนเซชันของข้าวกล้อง ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

| ปัจจัย | onset temperature (C°) | peak temperature (C°) | end temperature (C°) | ΔH (J/g) |
|---|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) | | | | |
| 1.5 | 74.06 ^a ±4.33 | 74.34 ^a ±4.29 | 74.77 ^a ±4.19 | 0.88 ^a ±1.46 |
| 3.5 | 67.55 ^b ±5.09 | 67.80 ^b ±5.14 | 68.25 ^b ±5.22 | 0.42 ^a ±0.29 |
| 5.5 | 61.32 ^c ±3.57 | 61.54 ^c ±3.57 | 62.04 ^c ±3.63 | 1.63 ^a ±1.24 |
| เวลาย่อย (นาที) | | | | |
| 1 | 70.96 ^a ±7.37 | 71.18 ^a ±7.40 | 63.05 ^a ±4.91 | 0.88 ^a ±1.26 |
| 2 | 68.60 ^a ±5.61 | 68.90 ^a ±5.68 | 64.34 ^a ±1.41 | 0.71 ^a ±0.76 |
| 3 | 63.38 ^b ±5.73 | 63.61 ^b ±5.72 | 58.72 ^b ±2.25 | 1.35 ^a ±1.49 |
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) x เวลาย่อย (นาที) | | | | |
| 1.5 x 1 | 77.81 ^a ±0.38 | 77.97 ^a ±0.38 | 78.22 ^a ±0.40 | 0.34 ^a ±0.08 |
| 1.5 x 2 | 74.36 ^{ab} ±4.73 | 74.83 ^{ab} ±4.57 | 75.49 ^{ab} ±4.19 | 0.35 ^a ±0.24 |
| 1.5 x 3 | 70.02 ^{bc} ±3.18 | 70.23 ^{bc} ±3.22 | 70.60 ^{bc} ±3.27 | 1.96 ^a ±2.66 |
| 3.5 x 1 | 72.61 ^{ab} ±1.93 | 72.95 ^{ab} ±2.12 | 73.56 ^{ab} ±2.52 | 0.25 ^a ±0.19 |
| 3.5 x 2 | 67.98 ^{bcd} ±3.73 | 68.17 ^{bcd} ±3.70 | 68.42 ^{bcd} ±3.58 | 0.35 ^a ±0.27 |
| 3.5 x 3 | 62.07 ^{de} ±0.02 | 62.29 ^{de} ±0.06 | 62.76 ^{de} ±0.09 | 0.67 ^a ±0.33 |
| 5.5 x 1 | 62.46 ^{de} ±4.89 | 62.62 ^{de} ±4.90 | 63.05 ^{de} ±4.91 | 2.05 ^a ±1.94 |
| 5.5 x 2 | 63.46 ^{cde} ±1.09 | 63.70 ^{cde} ±1.19 | 63.34 ^{cde} ±1.41 | 1.43 ^a ±1.09 |
| 5.5 x 3 | 58.05 ^e ±2.35 | 58.30 ^e ±2.35 | 58.72 ^e ±2.25 | 1.42 ^a ±1.50 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิ onset (เริ่มต้น), peak (กึ่งกลาง) และ end (สุดท้าย) ของข้าวกล้อง เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Differential Scanning Calorimeter (DSC) พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้น, กึ่งกลาง และสุดท้าย ของข้าวกล้องมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์หรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และ

ระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเริ่มต้น, กึ่งกลาง และสุดท้าย ของข้าวกล้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 77.81-58.05, 77.97-58.30 และ 78.22-58.72 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่า ΔH ของข้าวกล้องเพิ่มขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าส่วนใหญ่ต่ำกว่า 1.43 จูล/กรัม ซึ่งโดยเฉลี่ยค่า ΔH ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีค่าน้อยกว่าข้าวกล้องควบคุม ซึ่งมีค่า ΔH เท่า 1.53 จูล/กรัม (ตารางที่ 4.1) และสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำลงเมื่อผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส

การเกิดเจลาคิโนเซชันเป็นการทำลายโครงสร้างผลึกภายในเม็ดสตาร์ชโดยการให้ความร้อนแก่เม็ดสตาร์ชในสภาวะที่มีน้ำอย่างเพียงพอ โมเลกุลน้ำจะแพร่เข้าไปในส่วนอสัณฐาน (amorphous) ของเม็ดสตาร์ชได้ก่อน ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโมเลกุลสตาร์ชในส่วนอสัณฐานอ่อนแอลง (คันสนีย์, 2548) จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นและเวลาการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสต่อข้าวกล้องตัวอย่างทดลองมีผลต่อ อุณหภูมิเริ่มต้น (onset temperature, $T_{o_{gel}}$) อุณหภูมิสูงสุด (peak temperature, $T_{p_{gel}}$) และอุณหภูมิสุดท้าย (end temperature, $T_{e_{gel}}$) ในการเกิดเจลาคิโนเซชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังงานเอนทาลปี (enthalpy, ΔH_{gel}) ($p > 0.05$) ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสและเวลาย่อย อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิในการเกิดเจลาคิโนเซชันมีค่าลดลง เนื่องจาก เอนไซม์เซลลูเลสได้ย่อยเซลลูโลสซึ่งเป็นเส้นใยที่ไม่ดูดน้ำออกไป ทำให้แป้งข้าวกล้องที่สามารถดูดซึมน้ำเข้าไปในโมเลกุลสตาร์ชได้มากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำแพร่เข้าไปในส่วนอสัณฐานของเม็ดสตาร์ชได้มาก จึงทำให้ความเสถียรของโครงสร้างผลึกลดลง การเกิดเจลาคิโนเซชันจึงเกิดขึ้นได้ดี (Kaletunc and Breslauer, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhou *et al.*, (2002) โดยศึกษาสมบัติของเจลาคิโนเซชันในแป้งข้าวชนิดต่าง ๆ พบว่า ข้าวที่ผ่านการขัดสีในระดับที่มากขึ้นมีอุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิในการเกิดเจลาคิโนเซชันลดลง ซึ่งนอกจากเส้นใยเซลลูโลสที่ขัดขวางการดูดน้ำเข้าไปในโมเลกุลของสตาร์ชแล้ว ส่วนประกอบอื่น ๆ ในข้าวที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำเช่น โปรตีน และไขมันบางชนิดก็ส่งผลให้การเกิดเจลาคิโนเซชันในข้าวแตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยโปรตีนที่สามารถจับโมเลกุลน้ำได้ดีจะจับกับโมเลกุลของน้ำเอาไว้ทำให้น้ำที่จะแพร่เข้าไปสู่ส่วนอสัณฐานของโมเลกุลสตาร์ชลดลง ขณะที่ไขมันขัดขวางการดูดน้ำเข้าไปในโมเลกุลของสตาร์ช จึงทำให้น้ำเข้าไปในโมเลกุลของสตาร์ชได้น้อยลง (Siswoyo and Morita, 2003) โดยการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสและการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟทำให้สารประกอบที่ขัดขวางการแพร่ของน้ำเข้าไปในโมเลกุลสตาร์ชลดลง

4.2.3 สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

| ปัจจัย | hardness (นิวตัน) | adhesiveness (นิวตัน วินาที) | cohesiveness (อัตราส่วน) |
|---|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) | | | |
| 1.5 | 8.83 ^a ±1.13 | -0.30 ^b ±0.05 | 0.35 ^b ±0.44 |
| 3.5 | 8.10 ^{ab} ±1.47 | -0.33 ^{ab} ±0.07 | 0.42 ^{ab} ±0.38 |
| 5.5 | 7.55 ^b ±1.03 | -0.34 ^a ±0.03 | 0.48 ^a ±0.50 |
| เวลาย่อย (นาที) | | | |
| 1 | 8.38 ^a ±1.40 | -0.31 ^a ±0.06 | 0.39 ^a ±0.41 |
| 2 | 8.18 ^a ±1.22 | -0.33 ^a ±0.05 | 0.41 ^a ±0.50 |
| 3 | 7.95 ^a ±1.35 | -0.33 ^a ±0.05 | 0.43 ^a ±0.41 |
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) x เวลาย่อย (นาที) | | | |
| 1.5 x 1 | 9.06 ^a ±0.94 | -0.29 ^b ±0.06 | 0.34 ^b ±0.06 |
| 1.5 x 2 | 8.78 ^{ab} ±1.15 | -0.31 ^{ab} ±0.03 | 0.36 ^b ±0.05 |
| 1.5 x 3 | 8.62 ^{ab} ±1.38 | -0.31 ^{ab} ±0.04 | 0.36 ^b ±0.02 |
| 3.5 x 1 | 8.27 ^{ab} ±1.73 | -0.32 ^{ab} ±0.07 | 0.41 ^{ab} ±0.03 |
| 3.5 x 2 | 8.11 ^{ab} ±1.42 | -0.33 ^{ab} ±0.08 | 0.42 ^{ab} ±0.05 |
| 3.5 x 3 | 7.89 ^{ab} ±1.42 | -0.33 ^{ab} ±0.06 | 0.42 ^{ab} ±0.03 |
| 5.5 x 1 | 7.72 ^{ab} ±1.26 | -0.33 ^{ab} ±0.04 | 0.46 ^{ab} ±0.04 |
| 5.5 x 2 | 7.60 ^{ab} ±0.78 | -0.35 ^{ab} ±0.02 | 0.47 ^{ab} ±0.03 |
| 5.5 x 3 | 7.34 ^b ±1.08 | -0.36 ^a ±0.03 | 0.52 ^a ±0.06 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่า hardness หรือ ความแข็ง ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณแรงที่ต้องใช้กดข้าวสุก ลงไประหว่างพื้นที่เคี้ยวครั้งแรก ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาในการย่อยที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของ

เอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้นความแข็งมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 9.06 – 7.34 นิวตัน และพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีค่าความแข็งน้อยกว่าข้าวกล้องควบคุม ซึ่งมีค่าความแข็ง เท่ากับ 9.41 นิวตัน

ค่า adhesiveness หรือ ค่าความเหนียวติดกัน ซึ่งบ่งชี้ปริมาณแรงที่ต้องการใช้แยกข้าวหุงสุกที่เหนียวติดกันขณะรับประทาน ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาในการย่อยที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า adhesiveness ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้นทำให้ค่า adhesiveness เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง (-0.29) – (-0.36) นิวตัน วินาที และพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีค่า adhesiveness มากกว่าข้าวกล้องควบคุม ซึ่งมีค่า adhesiveness เท่ากับ -0.24 นิวตัน วินาที

ค่า cohesiveness หรือ ค่าความเกาะติดกัน ซึ่งบ่งชี้ปริมาณแรงภายในที่ทำให้ข้าวหุงสุกเกาะติดกัน ก่อนที่จะถูกตัดขาดจากกันด้วยแรงกดและกัดของฟัน ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส มีเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาในการย่อยที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า cohesiveness ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้นค่า cohesiveness มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.34 – 0.52 และพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีค่า cohesiveness มากกว่าข้าวกล้องควบคุม ซึ่งมีค่า cohesiveness เท่ากับ 0.33

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องนุ่มขึ้นเมื่อผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส เนื่องจากเซลลูโลสซึ่งเป็น โอลิโกพอลิแซ็กคาไรด์สายตรงของน้ำตาลกลูโคสที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชถูกย่อยด้วยเอนไซม์ โดยเซลลูโลสจะรวมตัวอยู่กับพวกลิกนินและมีผลให้เมล็ดข้าวมีความเหนียวและความแข็งแตกต่างกัน (นิธิยา, 2549) ดังนั้นเมื่อเซลลูโลสที่อยู่บริเวณผิวชั้นนอกของเมล็ดข้าวถูกย่อย ความแข็งของข้าวกล้องจึงลดลงและส่งผลให้ข้าวมีความเหนียวนุ่มเพิ่มขึ้น Mohapatra and Bal (2006) ได้ศึกษาผลของระดับการขัดสีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว พบว่าเมื่อระดับการขัดสีเพิ่มขึ้นข้าวมีค่า hardness ลดลง และค่า adhesiveness และ cohesiveness เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการที่เส้นใยในชั้นรำข้าวถูกขัดสีออกไป ค่า hardness หรือ ค่าความแข็ง เป็นดัชนีสำคัญที่ใช้บ่งบอกคุณภาพการหุงของข้าว (Meullenet *et al.*, 1998) ซึ่ง โดยทั่วไปแล้วผู้บริโภคจะไม่นิยมรับประทานข้าวกล้องหุงสุกที่มีเนื้อสัมผัสแข็ง (Zhao *et al.*, 2007)

4.2.4 สมบัติทางเคมี

ตารางที่ 4.6 สมบัติทางเคมี ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

| ปัจจัย | ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) | ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) |
|---|--------------------------|------------------------------|
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) | | |
| 1.5 | 15.47 ^c ±0.79 | 0.0131 ^a ±0.0013 |
| 3.5 | 16.15 ^b ±0.99 | 0.0125 ^a ±0.0014 |
| 5.5 | 16.35 ^a ±0.87 | 0.0119 ^a ±0.0012 |
| เวลาย่อย (นาที) | | |
| 1 | 15.03 ^c ±0.41 | 0.0128 ^a ±0.0014 |
| 2 | 15.92 ^b ±0.33 | 0.0125 ^a ±0.0015 |
| 3 | 17.02 ^a ±0.58 | 0.0121 ^a ±0.0012 |
| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) x เวลาย่อย (นาที) | | |
| 1.5 x 1 | 14.49 ^c ±0.06 | 0.0138 ^a ±0.0000 |
| 1.5 x 2 | 15.64 ^c ±0.10 | 0.0130 ^a ±0.0017 |
| 1.5 x 3 | 16.27 ^b ±0.13 | 0.0126 ^a ±0.0017 |
| 3.5 x 1 | 15.23 ^d ±0.06 | 0.0126 ^a ±0.0017 |
| 3.5 x 2 | 15.79 ^c ±0.17 | 0.0127 ^a ±0.0016 |
| 3.5 x 3 | 17.42 ^a ±0.23 | 0.0121 ^a ±0.0016 |
| 5.5 x 1 | 15.36 ^d ±0.01 | 0.0121 ^a ±0.0016 |
| 5.5 x 2 | 16.33 ^b ±0.08 | 0.0119 ^a ±0.0016 |
| 5.5 x 3 | 17.37 ^a ±0.04 | 0.0116 ^a ±0.0000 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณความชื้นของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์หรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการพิจารณาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการย่อยร่วมกัน พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 14.49 – 17.37 ซึ่งปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นนี้ ให้ผลสอดคล้องกับค่า WUR ที่เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อข้าวมีการดูดซึมน้ำ

เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณความชื้นของข้าวกล้องจึงเพิ่มขึ้น (Mohapatra and Bal, 2006)

ปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส พบว่ามีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์หรือระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.6) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องมีค่าลดลง ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0138 - 0.0116 กรดไขมันอิสระที่พบในข้าวกล้องเกิดจากการสลายตัวของ triacylglycerol ที่อยู่ในชั้นรำข้าว ซึ่งในชั้นรำข้าวนี้จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นไขมันร้อยละ 16-20 คิดเป็น triacylglycerol ร้อยละ 80-90 โดยกรดไขมันอิสระที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ palmitic, palmitoleic, stearic, oleic และ linoleic (Aibara *et al.*, 1985) ดังนั้นเมื่อชั้นรำข้าวถูกย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส จึงทำให้ไขมันบางส่วนถูกกำจัดออกไปและส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระมีแนวโน้มลดลง

4.2.5 คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

| ความเข้มข้นเอนไซม์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) x เวล่าย่อย (นาที) | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | สี ^{ns} | กลิ่นรส | ความนุ่ม | ความเหนียว | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
| 1.5 x 1 | 6.92±1.03 | 6.65±1.31 ^a | 6.16±1.31 ^a | 6.37±1.10 ^a | 6.48±0.99 ^a | 6.71±0.89 ^a |
| 1.5 x 2 | 6.75±1.15 | 6.27±1.41 ^{abc} | 5.76±1.57 ^{abc} | 5.98±1.15 ^{bc} | 6.07±1.32 ^{bc} | 6.19±1.26 ^c |
| 1.5 x 3 | 6.66±1.14 | 6.23±1.24 ^c | 5.46±1.58 ^{cd} | 5.63±1.49 ^{cd} | 5.83±1.48 ^{cd} | 5.94±1.33 ^{cd} |
| 3.5 x 1 | 6.60±1.30 | 6.50±1.19 ^{abc} | 5.23±1.76 ^d | 5.52±1.50 ^d | 5.65±1.52 ^d | 5.78±1.52 ^d |
| 3.5 x 2 | 6.75±1.22 | 6.37±1.27 ^{abc} | 5.95±1.62 ^{ab} | 5.94±1.53 ^{bc} | 6.13±1.44 ^{bc} | 6.30±1.39 ^{bc} |
| 3.5 x 3 | 6.69±1.05 | 6.61±1.02 ^{ab} | 6.04±1.64 ^{ab} | 6.26±1.34 ^{ab} | 6.41±1.29 ^{ab} | 6.54±1.29 ^{ab} |
| 5.5 x 1 | 6.53±1.10 | 6.21±1.30 ^c | 5.70±1.64 ^{bc} | 5.88±1.45 ^{cd} | 5.98±1.39 ^{cd} | 6.09±1.31 ^c |
| 5.5 x 2 | 6.64±1.21 | 6.37±1.13 ^{abc} | 5.65±1.58 ^{bc} | 5.88±1.45 ^{cd} | 5.97±1.45 ^{cd} | 6.14±1.33 ^c |
| 5.5 x 3 | 6.85±1.19 | 6.42±1.29 ^{abc} | 5.72±1.60 ^{bc} | 5.88±1.41 ^{cd} | 6.08±1.45 ^{bc} | 6.19±1.32 ^c |
| ตัวอย่างควบคุม | 6.63±1.02 | 6.37±1.32 ^{ab} | 5.50±1.63 ^{cd} | 5.73±1.29 ^{cd} | 5.80±1.32 ^{cd} | 6.04±1.18 ^{cd} |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่แตกต่างกันบ่งบอกถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ns หมายถึง สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาย่อยต่างๆ ด้านความชอบสี ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าความชอบอยู่ในช่วง 6.5 – 7.0 (ชอบเล็กน้อย - ชอบปานกลาง) ด้านกลิ่นรส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที มีคะแนนความชอบสูงสุด เท่ากับ 6.6 (ชอบเล็กน้อย) ด้านความนุ่ม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) อยู่ในช่วง 5.0 - 6.5 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบเล็กน้อย) โดยตัวอย่างข้าวกล้องที่ได้รับคะแนนด้านความนุ่มสูงสุดคือ ข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที มีคะแนนเท่ากับ 6.5 (ชอบเล็กน้อย) รองลงมาคือ ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 1 นาที และความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที มีคะแนนเท่ากับ 6.1 (ชอบเล็กน้อย) ซึ่งเมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่มีคะแนนความชอบด้านความนุ่มสูงสุด พบว่าคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านความเหนียว ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 5.4 - 6.4 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบเล็กน้อย) ซึ่งตัวอย่างข้าวกล้องที่ได้รับคะแนนความชอบด้านความเหนียวสูงสุดคือ ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 1 นาที มีคะแนนเท่ากับ 6.4 รองลงมาคือข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 2 และ 3 นาที และความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.0 – 6.2 ซึ่งเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้องที่มีคะแนนความชอบด้านความเหนียวสูงสุด พบว่าได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.5 - 6.6 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบเล็กน้อย) โดยตัวอย่างข้าวกล้องที่ผู้บริโภคริโกลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดคือ ความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 1 และ 3 นาที รองลงมาคือ ข้าวกล้องที่ย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที ซึ่งเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้องที่ได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านความชอบรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) อยู่ในช่วง 5.7 - 6.7 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบเล็กน้อย) โดยข้าวกล้องที่ผู้บริโภคริโกลให้คะแนนความชอบรวมมากที่สุดคือ ความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5 กรัม/มิลลิลิตร เวลา 1 และ 3 นาที มีคะแนนเท่ากับ 6.7 รองลงมาคือ ข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/

มิลลิลิตร เวลา 3 นาที มีคะแนนเท่ากับ 6.5 ซึ่งเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้องที่ได้คะแนนด้านความชอบรวมสูงที่สุดแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.8 ค่า Pearson's correlation ของสมบัติด้านต่างๆต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุก ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์

| ลักษณะ | สมบัติ | | | | | | |
|-------------|--------|--------|-------|--------|----------|---------------|---------------|
| | L | b | FFA | WUR | hardness | adhesive ness | cohesive ness |
| สี | -0.266 | -0.127 | - | - | - | - | - |
| กลิ่นรส | - | - | 0.211 | - | - | - | - |
| ความนุ่ม | - | - | - | 0.200 | 0.329 | 0.172 | -0.537 |
| ความเหนียว | - | - | - | -0.120 | 0.388 | 0.243 | -0.546 |
| เนื้อสัมผัส | - | - | - | 0.510 | 0.348 | 0.162 | -0.548 |
| ความชอบรวม | -0.139 | -0.164 | 0.043 | -0.330 | 0.415 | 0.247 | -0.583 |

หมายเหตุ – หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์หาค่า Pearson's correlation เนื่องจากปัจจัยไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของสมบัติด้านต่างๆต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุก เมื่อระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการย่อยด้วยเอนไซม์เพิ่มขึ้น ได้ผลดังตาราง 4.8

ด้านสี ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านสีของข้าวกล้อง ได้แก่ ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ซึ่งเป็นสีที่ผู้ทดสอบสามารถสังเกตได้จากข้าวกล้องหุงสุก (Marzal *et al.*, 2005) จากงานวิจัยนี้พบว่าค่าความชอบสีของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น และค่าสีเหลืองที่ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบค่อนข้างชอบข้าวกล้องหุงสุกที่มีสีเข้มมากกว่า

ด้านกลิ่นรส ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านกลิ่นรสของข้าวกล้องหุงสุก คือ ปริมาณกรดไขมันอิสระ เนื่องจากกรดไขมันอิสระเป็นสารประกอบที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในข้าว (Malekian *et al.*, 2000) จากการวิเคราะห์พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสไปในทิศทางเดียวกับปริมาณกรดไขมันอิสระที่ลดลง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ด้านความนุ่ม เหนียว และเนื้อสัมผัส ปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะความชอบเหล่านี้ ได้แก่ ค่า WUR, hardness, adhesiveness และ cohesiveness โดยค่า WUR ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ข้าวกล้องมี

ลักษณะที่นุ่มขึ้น (Sirisoontaralak and Noomhorm, 2006) และยังส่งผลให้ค่าความเหนียวและเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องดีขึ้น (Mohapatra and Bal, 2006) โดยในงานวิจัยนี้พบว่าความชอบด้านความนุ่ม เหนียว และเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า WUR, hardness, adhesiveness และ cohesiveness ของข้าวกล้อง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชอบข้าวกล้องที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเหนียวเกาะกันมากกว่าข้าวกล้องที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งและร่วน

ด้านความชอบรวม พบว่าความชอบรวมของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์กับค่า L, b, ปริมาณกรดไขมันอิสระ, WUR, hardness, adhesiveness และ cohesiveness ของข้าวกล้อง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าความชอบรวมได้แก่ cohesiveness, hardness, WUR และ adhesiveness อย่างไรก็ตามปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้ส่งผลต่อความชอบรวมของผู้ทดสอบชิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.6 ความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาการย่อยที่เหมาะสม ในการตัดแปรเนื้อสัมผัสของข้าวกล้อง

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสและระยะเวลาในการย่อยเซลลูโลสของข้าวกล้อง สรุปได้ว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น เซลลูโลสบริเวณรำข้าวชั้นในจะถูกย่อยเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ข้าวกล้องมีคุณภาพดีขึ้น โดยข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 5.5 และ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ด้วยเวลา 3 นาที เป็นตัวอย่างข้าวกล้องที่มีคุณภาพสูงที่สุด เนื่องจากเมื่อพิจารณาสมบัติด้านเคมี กายภาพ และคุณภาพการหุง พบว่าข้าวกล้องมีค่าความสว่าง (L) สูงและมีค่าความเข้มสีน้อย จึงส่งผลให้เมล็ดข้าวมีลักษณะที่ขาวสว่างมากขึ้น นอกจากนี้ข้าวกล้องยังมีค่า LER, VER และ WUR สูงที่สุด และมีค่า OCT น้อยที่สุด ซึ่งส่งผลให้คุณภาพการหุงของข้าวกล้องดีที่สุด แม้ว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 5.5 และ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ด้วยเวลา 3 นาที ข้าวกล้องจะมีสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณภาพการหุงไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องที่ย่อยด้วยระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที ในการย่อยเส้นใยเซลลูโลสของข้าวกล้อง

4.3 สถานะการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่เหมาะสม

จากการศึกษาระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนข้าวกล้องด้วยไมโครเวฟ โดยใช้ข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใช้เวลาย่อย 3 นาที ศึกษาระดับไมโครเวฟ 3 ระดับ คือ 510, 680 และ 850 วัตต์ และระยะเวลาในการให้ความร้อน 3 ระดับ คือ 30, 60 และ 90 วินาที พบว่าข้าวกล้องมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านเคมี ภายนอก และคุณภาพการหุง ดังต่อไปนี้

4.3.1 สมบัติทางกายภาพของข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ค่าความสว่าง (L) (ตารางที่ 4.9) ของข้าวกล้องจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงาน หรือระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น โดยข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 510, 680 และ 850 วัตต์ มีค่า L เท่ากับ 61.11, 61.71 และ 63.85 ตามลำดับ และระยะเวลาการให้ความร้อนที่ 30, 60 และ 90 วินาที มีค่า L เท่ากับ 61.30 61.95 และ 63.42 ตามลำดับ พิจารณาระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนร่วมกัน พบว่าข้าวกล้องที่มีค่าความสว่างสูงสุด คือที่ระดับพลังงาน 850 วัตต์ โดยให้ความร้อน 90 วินาที ซึ่งมีค่า L เท่ากับ 65.28

ค่า a ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.95 – 1.75 เมื่อพิจารณาร่วมระหว่างระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าข้าวกล้องที่มีค่า a น้อยที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที ซึ่งมีค่า a เท่ากับ 1.66

เมื่อระดับพลังงานหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น ค่า b จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 18.75 – 17.70 เมื่อพิจารณาระหว่างระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนร่วมกัน พบว่าข้าวกล้องที่มีค่า b น้อยที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 60 และ 90 วินาที ซึ่งมีค่า b เท่ากับ 17.47 และ 17.29 ตามลำดับ การที่ข้าวกล้องมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและค่าสีลดลง เมื่อระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารสีหรือรงควัตถุที่อยู่บริเวณชั้นรำข้าว ถูกทำลายจากความร้อน โดยเฉพาะสารสีประเภทแอนโทไซยานิน ที่ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงเกือบดำ (อรอนงค์, 2550) เพราะสารสีประเภทนี้ค่อนข้างไวต่อความร้อน และเสียดสภาพได้ง่ายเมื่ออยู่ในสถานะที่มีอุณหภูมิสูง

(Sadiolova *et al.*, 2009) ดังนั้นเมื่อระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น สารสีเหล่านี้จึงเกิดการสลายเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องจึงมีสีขาวสว่างเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.9 ค่าสี ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ปัจจัย | ค่า L | ค่า a | ค่า b |
|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| ระดับพลังงานร้อน (วัตต์) | | | |
| 510 | 61.11 ^c ±1.06 | 1.95 ^a ±0.10 | 18.67 ^a ±0.52 |
| 680 | 61.71 ^b ±0.88 | 1.86 ^b ±0.05 | 18.35 ^b ±0.23 |
| 850 | 63.85 ^a ±1.09 | 1.75 ^c ±0.10 | 17.70 ^c ±0.51 |
| เวลาในการให้ความร้อน (วินาที) | | | |
| 30 | 61.30 ^c ±1.46 | 1.94 ^a ±0.09 | 18.75 ^a ±0.42 |
| 60 | 61.95 ^b ±1.00 | 1.85 ^b ±0.12 | 18.12 ^b ±0.52 |
| 90 | 63.42 ^a ±1.42 | 1.78 ^c ±0.10 | 17.85 ^c ±0.45 |
| ระดับพลังงานร้อน (วัตต์) x เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | |
| 510 x 30 | 59.80 ^c ±0.22 | 2.03 ^a ±0.08 | 18.62 ^a ±0.16 |
| 510 x 60 | 61.33 ^d ±0.21 | 1.99 ^{ab} ±0.08 | 18.42 ^b ±0.15 |
| 510 x 90 | 62.20 ^c ±0.05 | 1.85 ^{cd} ±0.02 | 17.56 ^c ±0.03 |
| 680 x 30 | 61.02 ^d ±0.31 | 1.91 ^{cd} ±0.01 | 18.42 ^b ±0.07 |
| 680 x 60 | 61.32 ^d ±0.48 | 1.84 ^{cd} ±0.02 | 17.22 ^{cd} ±0.06 |
| 680 x 90 | 62.78 ^b ±0.13 | 1.82 ^{cd} ±0.06 | 17.09 ^c ±0.05 |
| 850 x 30 | 63.09 ^b ±0.19 | 1.87 ^c ±0.06 | 17.54 ^c ±0.05 |
| 850 x 60 | 63.20 ^b ±0.42 | 1.72 ^d ±0.01 | 17.29 ^d ±0.13 |
| 850 x 90 | 65.28 ^a ±0.11 | 1.66 ^d ±0.02 | 16.62 ^f ±0.09 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.2 คุณภาพการหุง

ตารางที่ 4.10 คุณภาพการหุง ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ปัจจัย | optimum cooking time (นาที) | water uptake ratio | length expansion ratio | volume expansion ratio |
|---|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) | | | | |
| 510 | 17.44 ^a ±0.70 | 1.89 ^a ±0.02 | 1.10±0.01 | 2.01 ^b ±0.01 |
| 680 | 17.33 ^a ±0.70 | 1.89 ^a ±0.03 | 1.10±0.02 | 2.05 ^a ±0.01 |
| 850 | 16.78 ^b ±0.60 | 1.90 ^a ±0.02 | 1.11±0.02 | 2.06 ^a ±1.00 |
| เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | | |
| 30 | 17.67 ^a ±0.50 | 1.88 ^a ±0.03 | 1.09 ^b ±0.02 | 2.04 ^b ±0.03 |
| 60 | 17.44 ^a ±0.53 | 1.89 ^a ±0.02 | 1.10 ^{ab} ±0.01 | 2.05 ^a ±0.01 |
| 90 | 16.44 ^b ±0.53 | 1.91 ^a ±0.02 | 1.11 ^a ±0.01 | 2.06 ^a ±0.01 |
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) x เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | | |
| 510 x 30 | 18.00 ^a ±0.00 | 1.88 ^a ±0.01 | 1.09 ^b ±0.01 | 2.02 ^c ±0.02 |
| 510 x 60 | 17.67 ^{ab} ±0.58 | 1.89 ^a ±0.03 | 1.09 ^b ±0.02 | 2.04 ^b ±0.01 |
| 510 x 90 | 16.67 ^{cd} ±0.58 | 1.90 ^a ±0.02 | 1.11 ^{ab} ±0.01 | 2.04 ^b ±0.01 |
| 680 x 30 | 17.67 ^{ab} ±0.58 | 1.87 ^a ±0.03 | 1.09 ^b ±0.03 | 2.04 ^b ±0.01 |
| 680 x 60 | 17.67 ^{ab} ±0.58 | 1.89 ^a ±0.03 | 1.11 ^b ±0.01 | 2.05 ^{ab} ±0.01 |
| 680 x 90 | 16.67 ^{cd} ±0.58 | 1.91 ^a ±0.03 | 1.11 ^{ab} ±0.02 | 2.06 ^a ±0.01 |
| 850 x 30 | 17.33 ^{abc} ±0.58 | 1.90 ^a ±0.05 | 1.10 ^{ab} ±0.01 | 2.05 ^{ab} ±0.01 |
| 850 x 60 | 17.00 ^{bc} ±0.00 | 1.90 ^a ±0.02 | 1.11 ^{ab} ±0.01 | 2.06 ^a ±0.01 |
| 850 x 90 | 16.00 ^d ±0.00 | 1.91 ^a ±0.02 | 1.12 ^a ±0.01 | 2.07 ^a ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.10 พบว่าค่า optimum cooking time (OCT) ของข้าวกล้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 17.67 – 16.44 เมื่อพิจารณาร่วมระหว่างระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าค่า OCT ของข้าวกล้องจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยข้าวกล้องที่มีค่า OCT น้อยที่สุด คือข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนที่ระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที ซึ่งมีค่า OCT เท่ากับ 16.00 นาที ค่า OCT ลดลงเมื่อระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น เป็นผลของความร้อนจากไมโครเวฟได้ทำลายโครงสร้างของสตาร์ช ทำให้โมเลกุลของสตาร์ชเล็กลง เมื่อได้รับความร้อนจากการหุงต้มข้าวจึงเกิดการเจลาติไนซ์ได้เร็วกว่าโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตขนาดใหญ่ หรือทำให้ข้าวหุงสุกได้เร็วขึ้น (Navanugraha and Grant, 1992)

ค่า water uptake ratio (WUR) ของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระดับพลังงานหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น โดยค่า WUR อยู่ระหว่าง 1.88 – 1.91 ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการพิจารณาปัจจัยร่วมกันระหว่างระดับพลังงาน ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน โดยค่า WUR ของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระดับพลังงาน ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น และมีค่า WUR อยู่ระหว่าง 1.87 -1.91 ค่า WUR ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวได้รับความร้อน พันธะไฮโดรเจนที่เกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลในเม็ดแป้งถูกทำลายลง ทำให้โมเลกุลของน้ำเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ ส่งผลให้เมล็ดข้าวดูดซึมน้ำได้มากขึ้น (Eliasson and Tatham, 2001) นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่า LER และค่า VER ของข้าวกล้องเพิ่มขึ้น โดยเกิดจากการขยายตัวของ starch granules ดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

ค่า length expansion ratio (LER) ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระดับพลังงาน ความร้อนของไมโครเวฟเพิ่มขึ้น โดยมีค่า LER อยู่ระหว่าง 1.10 – 1.11 แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าข้าวกล้องมีค่า LER เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องจะมีค่า LER อยู่ระหว่าง 1.09 – 1.11 การพิจารณาร่วมระหว่างระดับพลังงาน ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าข้าวกล้องมีค่า LER เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงาน ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยมีค่า LER อยู่ในระหว่าง 1.09 – 1.12 ข้าวกล้องที่มีค่า LER สูงที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที ซึ่งมีค่า LER เท่ากับ 1.12

ค่า volume expansion ratio (VER) พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระดับพลังงาน ความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.01 – 2.06 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลของปัจจัยร่วมระหว่างระดับพลังงาน ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนร่วมกัน พบว่าข้าวกล้องมีค่า VER เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อระดับ

พลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยมีค่า VER อยู่ระหว่าง 2.07 – 2.02 ข้าวกล้องที่มีค่า VER สูงที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 และ 60 วินาที และระดับพลังงาน 680 วัตต์ เวลา 90 วินาที ซึ่งมีค่า VER เท่ากับ 2.07 2.06 และ 2.06 ตามลำดับ

อุณหภูมิ onset temperature (เริ่มต้น), peak temperature (กึ่งกลาง) และ end temperature (สุดท้าย) ของการเกิดเจลของข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.11) เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Differential Scanning Calorimeter (DSC) พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้น, กึ่งกลาง และสุดท้าย ของข้าวกล้องมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาผลรวมของปัจจัยระหว่างระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเริ่มต้น, กึ่งกลาง และสุดท้ายของการเกิดเจลของข้าวกล้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 77.86-56.71 78.01-56.97 และ 78.22-56.64 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่า ΔH ของข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.10) พบว่าระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนมีผลให้ค่า ΔH เพิ่มขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งการพิจารณาแบบปัจจัยเดี่ยว และแบบปัจจัยร่วม โดยค่า ΔH ของข้าวกล้อง เมื่อระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.42 – 3.81 จูล/กรัม โดยค่า ΔH ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 1.36 จูล/กรัม

ผลจากการให้พลังงานไมโครเวฟต่อข้าวกล้องพบว่า ระดับพลังงานความร้อนและเวลาให้ความร้อนต่างส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ต่ออุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิตสุดท้ายในการเกิดเจลในเซชัน ขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังงานเอนทาลปีจากการให้พลังงานความร้อนด้วยไมโครเวฟ ($P > 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อให้ระดับพลังงานความร้อนของไมโครเวฟและเวลาให้ความร้อนเพิ่มมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิตสุดท้ายในการเกิดเจลในเซชันของข้าวกล้องลดลง เนื่องจากข้าวกล้องเกิดเจลในเซชันไปบางส่วน (pregelatinization) ซึ่งโมเลกุลของสตาร์ชจะจับตัวกันใหม่หรือสร้างพันธะในโมเลกุลหรือระหว่างโมเลกุลขึ้นมาใหม่ เนื่องจากการเกิดการสูญเสียน้ำออกไปบางส่วนจากความร้อน (Lai, 2001) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaasova *et al.*, 2002 ซึ่งได้ทดลองให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟแก่ข้าว โดยพบว่าเมื่อให้ระดับพลังงานความร้อนเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างข้าวที่มีอุณหภูมิการเกิดเจลในเซชันลดลงเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 67 เป็นร้อยละ 78 นอกจากนี้ผลของพลังงานความร้อนจากไมโครเวฟยังส่งผลให้ปริมาณอะไมโลสในสตาร์ชเพิ่มขึ้น (Zhao, 2007) โดยสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีส่วน

ที่เป็นอันดับสูงมากขึ้น และส่วนที่เป็นโครงร่างผลึกน้อยลง จึงทำให้สามารถทำลายโครงร่างผลึกได้ง่าย จึงทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลลิตีในเซชันลดลง (Sasaki *et al.*, 2000)

ตารางที่ 4.11 อุณหภูมิการเกิดเจลลิตีในเซชันของข้าวกล้อง ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ปัจจัย | onset temperature (C°) | peak temperature (C°) | end temperature (C°) | ΔH (J/g) |
|---|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) | | | | |
| 510 | 73.88 ^a ±4.80 | 74.14 ^a ±4.76 | 74.50 ^a ±4.74 | 1.33 ^a ±0.97 |
| 680 | 70.45 ^a ±6.67 | 70.62 ^a ±6.63 | 70.94 ^a ±6.52 | 0.84 ^a ±0.43 |
| 850 | 65.00 ^b ±7.53 | 65.23 ^b ±7.48 | 65.75 ^b ±7.25 | 2.45 ^a ±2.59 |
| เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | | |
| 30 | 75.29 ^a ±3.47 | 75.44 ^a ±3.49 | 75.64 ^a ±3.47 | 1.02 ^a ±0.88 |
| 60 | 70.65 ^a ±6.34 | 70.94 ^a ±6.32 | 71.52 ^a ±6.13 | 1.87 ^a ±1.38 |
| 90 | 63.38 ^b ±5.78 | 63.61 ^b ±5.76 | 64.03 ^b ±5.58 | 1.73 ^a ±2.51 |
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) x เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | | |
| 510 x 30 | 77.86 ^a ±3.91 | 78.01 ^a ±3.92 | 78.22 ^a ±3.85 | 1.36 ^a ±1.71 |
| 510 x 60 | 74.73 ^{ab} ±4.31 | 75.13 ^{ab} ±4.10 | 75.77 ^{ab} ±3.89 | 1.67 ^a ±0.53 |
| 510 x 90 | 69.05 ^{abc} ±1.22 | 69.27 ^{abc} ±1.32 | 69.51 ^{abc} ±1.32 | 0.95 ^a ±1.00 |
| 680 x 30 | 74.64 ^{ab} ±4.86 | 74.77 ^{ab} ±4.90 | 74.97 ^{ab} ±4.91 | 0.90 ^a ±0.07 |
| 680 x 60 | 72.31 ^{abc} ±8.60 | 72.49 ^{abc} ±8.54 | 72.93 ^{abc} ±8.18 | 1.21 ^a ±0.47 |
| 680 x 90 | 64.40 ^{cd} ±3.08 | 64.60 ^{cd} ±3.04 | 64.94 ^{cd} ±3.01 | 0.42 ^a ±0.29 |
| 850 x 30 | 73.38 ^{abc} ±0.28 | 73.54 ^{abc} ±0.28 | 73.75 ^{abc} ±0.10 | 0.81 ^a ±0.78 |
| 850 x 60 | 64.93 ^{bcd} ±2.11 | 65.19 ^{bcd} ±1.99 | 65.88 ^{bcd} ±1.35 | 2.74 ^a ±2.55 |
| 850 x 90 | 56.71 ^d ±0.86 | 56.97 ^d ±0.89 | 56.64 ^d ±1.17 | 3.81 ^a ±4.13 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.3 สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 4.12 สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ปัจจัย | hardness (นิวตัน) | adhesiveness (นิวตัน วินาที) | cohesiveness (อัตราส่วน) |
|--|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) ^{ns} | | | |
| 510 | 8.19±1.46 | -0.27±0.04 | 0.38±0.03 |
| 680 | 8.59±1.14 | -0.27±0.05 | 0.37±0.04 |
| 850 | 8.65±1.71 | -0.29±0.05 | 0.38±0.04 |
| เวลาให้ความร้อน (วินาที) ^{ns} | | | |
| 30 | 8.33±1.65 | -0.27±0.05 | 0.37±0.03 |
| 60 | 8.42±1.35 | -0.27±0.04 | 0.38±0.02 |
| 90 | 8.64±1.44 | -0.29±0.06 | 0.38±0.03 |
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) x เวลาให้ความร้อน (วินาที) ^{ns} | | | |
| 510 x 30 | 7.92±1.14 | -0.27±0.03 | 0.38±0.04 |
| 510 x 60 | 8.13±1.43 | -0.27±0.02 | 0.38±0.02 |
| 510 x 90 | 8.55±1.91 | -0.28±0.07 | 0.37±0.02 |
| 680 x 30 | 8.58±1.09 | -0.26±0.05 | 0.36±0.02 |
| 680 x 60 | 8.52±1.57 | -0.27±0.05 | 0.38±0.02 |
| 680 x 90 | 8.67±0.72 | -0.28±0.05 | 0.37±0.11 |
| 850 x 30 | 8.58±0.48 | -0.27±0.07 | 0.37±0.18 |
| 850 x 60 | 8.64±1.14 | -0.28±0.04 | 0.39±0.04 |
| 850 x 90 | 8.71±1.58 | -0.32±0.05 | 0.40±0.02 |

หมายเหตุ 1. ns หมายถึง ผลการทดลองตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.12 พบว่าค่าความแข็งของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) เมื่อระดับความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระดับความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนต่อค่าความแข็ง พบว่าเมื่อระดับความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของข้าวกล้องมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.84 – 7.90 นิวตัน

ค่า adhesiveness ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) เมื่อระดับความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจัยร่วมระหว่างระดับความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนก็ส่งผลให้ค่า adhesiveness ของข้าวกล้องมีค่าเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) โดยตัวอย่างข้าวกล้องมีค่า adhesiveness อยู่ระหว่าง (-0.27) – (-0.32) นิวตัน วินาที

ค่า cohesiveness ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) เมื่อระดับความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจัยร่วมระหว่างระดับความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน ก็ส่งผลให้ค่า cohesiveness ของข้าวกล้องมีค่าเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) โดยตัวอย่างข้าวกล้องมีค่า cohesiveness อยู่ระหว่าง 0.36 – 0.40

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องมีแนวโน้มแข็งขึ้นเมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เนื่องจากเมื่อได้รับความร้อนเมมเบรนที่หุ้มเมล็ดสตาร์ชจะแตกออก ทำให้โมเลกุลของอะไมโลสหลุดออกมา (นิธิยา, 2547) โดยโมเลกุลของอะไมโลสที่หลุดออกมาจะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบอยู่บริเวณผิวของเมล็ดข้าวและส่งผลให้เมล็ดข้าวมีค่า hardness adhesiveness และ cohesiveness เพิ่มขึ้น (Leelayuthsoontorn and Thipayarat, 2006) ซึ่งงานวิจัยนี้ก็ได้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhao (2007) and Marzal *et al.* (2005) ที่ได้ศึกษาผลของไมโครเวฟต่อคุณภาพของข้าว พบว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น ปริมาณอะไมโลสในข้าวเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ค่า hardness และ adhesiveness เพิ่มขึ้น

4.3.4 สมบัติทางเคมี

ตารางที่ 4.13 สมบัติทางเคมี ของข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ปัจจัย | ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) | ปริมาณกรดไขมัน อิสระ (ร้อยละ) | lipase activity (หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง) |
|---|----------------------------|----------------------------------|--|
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) | | | |
| 510 | 25.36 ^a ±1.89 | 0.0154 ^a ±0.0020 | 731.96 ^a ±19.68 |
| 680 | 23.21 ^b ±2.05 | 0.0129 ^b ±0.0020 | 724.10 ^a ±18.67 |
| 850 | 20.71 ^c ±2.91 | 0.0111 ^c ±0.0019 | 694.02 ^b ±56.71 |
| เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | |
| 30 | 25.59 ^a ±1.32 | 0.0144 ^a ±0.0027 | 741.37 ^a ±24.30 |
| 60 | 23.27 ^b ±2.42 | 0.0133 ^b ±0.0019 | 720.08 ^a ±27.45 |
| 90 | 20.43 ^c ±2.42 | 0.0117 ^c ±0.0022 | 688.64 ^b ±43.90 |
| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) x เวลาให้ความร้อน (วินาที) | | | |
| 510 x 30 | 27.13 ^a ±0.59 | 0.0172 ^a ±0.0017 | 746.14 ^a ±18.46 |
| 510 x 60 | 25.98 ^b ±0.22 | 0.0154 ^{ab} ±0.0000 | 729.51 ^{ab} ±18.58 |
| 510 x 90 | 22.98 ^d ±0.25 | 0.0137 ^{bc} ±0.0017 | 720.24 ^{ab} ±18.62 |
| 680 x 30 | 25.44 ^b ±0.23 | 0.0144 ^b ±0.0018 | 729.16 ^{ab} ±18.57 |
| 680 x 60 | 23.39 ^d ±0.41 | 0.0131 ^{bc} ±0.0017 | 731.85 ^{ab} ±18.64 |
| 680 x 90 | 20.79 ^c ±0.57 | 0.0113 ^{cd} ±0.0018 | 711.31 ^{ab} ±18.12 |
| 850 x 30 | 24.19 ^c ±0.19 | 0.0117 ^{cd} ±0.0000 | 748.82 ^a ±36.53 |
| 850 x 60 | 20.43 ^e ±0.33 | 0.0115 ^{cd} ±0.0000 | 698.88 ^b ±36.14 |
| 850 x 90 | 17.52 ^f ±0.58 | 0.0100 ^d ±0.0017 | 634.37 ^b ±18.63 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.13 พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 25.59 – 20.43 เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที ซึ่งมีปริมาณความชื้น เท่ากับร้อยละ 17.52 ปริมาณความชื้นที่ลดลงนี้ เกิดจากการทำงานของคลื่นไมโครเวฟ โดยคลื่นไมโครเวฟจะทำให้โมเลกุลน้ำในอาหารเกิดการสั่นและหมุนตัวกลับไปมาอย่างรวดเร็วจึงเกิดความร้อนขึ้น และเมื่อเกิดความร้อนจึงทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยออก ส่งผลให้ความชื้นของอาหารลดลง (Zhao *et al.*, 2007)

ข้าวกล้องมีปริมาณ lipase activity ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณ lipase activity อยู่ระหว่าง 741.37 - 688.64 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง (คิดจากปริมาณไมโครโมล ของ butyric acid ที่ถูกสลายจากปฏิกิริยา hydrolysis ของ tributyrin ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 1 นาที) เมื่อพิจารณาระดับพลังงานความร้อนร่วมกับระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าปริมาณ lipase activity ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยข้าวกล้องที่มีปริมาณ lipase activity น้อยที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 และ 60 วินาที ซึ่งมีปริมาณ lipase activity เท่ากับ 634.37 และ 698.88 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง ตามลำดับ กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่ลดลงเกิดจากการได้รับความร้อนโดยไมโครเวฟ ซึ่งระดับความร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เอนไซม์ไลเปสเสียสภาพเพิ่มขึ้น และเป็นผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสลดลง (สารโรจน์, 2540) ไลเปสเป็นเอนไซม์ที่พบในข้าว เนื่องจากข้าวกล้องมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง ไขมันจึงสามารถถูกไฮโดรไลซิสได้ด้วยเอนไซม์ไลเปส และเกิดเป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นเหม็นหืน (Malekian *et al.*, 2000) ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและลดการเกิดกลิ่นหืนในข้าวกล้องได้

ข้าวกล้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานความร้อนหรือระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0111 - 0.0154 จากการพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P \leq 0.05$) เมื่อระดับพลังงานในการให้ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น โดยข้าวกล้องที่มีปริมาณไขมันอิสระน้อยที่สุด คือตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที ซึ่งมีปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับร้อยละ 0.0100 กรดไขมันอิสระที่พบในข้าวกล้องเกิดจากปฏิกิริยา hydrolysis ของเอนไซม์ไลเปสและไขมัน ดังนั้นเมื่อเอนไซม์ไลเปสถูกยับยั้งด้วยความร้อนจากไมโครเวฟ จึงทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นลดลง (สุรศักดิ์, 2550) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhao *et al.* (2007) พบว่าเมื่อระดับพลังงานไมโครเวฟเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดไขมันอิสระในข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.5 สมบัติทางด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ระดับพลังความร้อน (วัตต์) x เวลาให้ความร้อน (วินาที) | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส | | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | ค่าสี | กลิ่นรส | ความนุ่ม | ความเหนียว | เนื้อสัมผัส | ความชอบรวม |
| 510 x 30 | 6.94 ^{ab} ± 1.33 | 6.66 ^{ab} ± 1.27 | 6.84 ^a ± 1.11 | 6.72 ^a ± 1.03 | 6.88 ^a ± 1.08 | 6.94 ^{ab} ± 0.91 |
| 510 x 60 | 7.14 ^a ± 1.31 | 6.74 ^{ab} ± 1.19 | 6.27 ^{bcd} ± 1.30 | 6.48 ^a ± 1.40 | 6.64 ^a ± 1.21 | 6.84 ^{ab} ± 1.17 |
| 510 x 90 | 7.26 ^a ± 1.24 | 7.00 ^a ± 1.39 | 6.66 ^{ab} ± 1.22 | 6.88 ^a ± 1.21 | 6.74 ^a ± 1.08 | 7.04 ^a ± 1.09 |
| 680 x 30 | 6.94 ^{ab} ± 1.32 | 6.54 ^b ± 1.46 | 6.14 ^{cd} ± 1.18 | 6.52 ^a ± 1.22 | 6.62 ^a ± 1.18 | 6.76 ^{ab} ± 1.15 |
| 680 x 60 | 7.18 ^a ± 1.32 | 6.92 ^{ab} ± 1.24 | 6.56 ^{abc} ± 1.31 | 6.72 ^a ± 1.09 | 6.70 ^a ± 1.13 | 6.88 ^{ab} ± 1.10 |
| 680 x 90 | 7.20 ^a ± 1.16 | 6.70 ^{ab} ± 1.23 | 5.90 ^d ± 1.53 | 6.54 ^a ± 1.33 | 6.46 ^a ± 1.16 | 6.56 ^b ± 1.05 |
| 850 x 30 | 6.66 ^b ± 1.41 | 6.54 ^b ± 1.27 | 6.58 ^{abc} ± 1.37 | 6.74 ^a ± 1.27 | 6.78 ^a ± 1.28 | 6.94 ^{ab} ± 1.17 |
| 850 x 60 | 7.10 ^a ± 1.13 | 6.68 ^{ab} ± 1.02 | 6.14 ^{cd} ± 1.23 | 6.78 ^a ± 1.24 | 6.78 ^a ± 0.93 | 6.80 ^{ab} ± 0.88 |
| 850 x 90 | 6.98 ^{ab} ± 1.06 | 6.72 ^{ab} ± 1.28 | 6.44 ^{abc} ± 1.37 | 6.78 ^a ± 1.09 | 6.74 ^a ± 1.16 | 6.76 ^{ab} ± 1.15 |
| ตัวอย่างควบคุม | 6.68 ^b ± 1.33 | 6.00 ^c ± 1.32 | 4.84 ^e ± 1.96 | 5.12 ^b ± 1.77 | 5.30 ^b ± 1.82 | 5.36 ^c ± 1.69 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.14 การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน ความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนต่างๆ ได้รับคะแนนความชอบในทุกๆด้านแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (Control) โดยด้านความชอบสีผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.66 – 7.26 (ชอบเล็กน้อย - ชอบปานกลาง), ด้านกลิ่นรส อยู่ในช่วง 6.00 – 7.00 (ชอบเล็กน้อย - ชอบปานกลาง), ด้านความนุ่ม อยู่ในช่วง 4.84 – 6.84 (ไม่ชอบเล็กน้อย - ชอบเล็กน้อย), ด้านความเหนียว อยู่ในช่วง 5.12 – 6.88 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบเล็กน้อย), ด้านเนื้อสัมผัส อยู่ในช่วง 5.30 – 6.88 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบเล็กน้อย) และด้านความชอบรวม อยู่ในช่วง 5.36 – 7.04 (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ - ชอบปานกลาง) โดยข้าวกล้องที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์และทำให้คงตัวด้วยความร้อน จากไมโครเวฟได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าข้าวกล้องปกติ (ตัวอย่างควบคุม) ซึ่ง ข้าวกล้องปกติได้คะแนนความชอบด้านต่างๆอยู่ในช่วง 4.84-6.68 แสดงว่าการย่อยเส้นใยข้าว ด้วยเอนไซม์และทำให้คงตัวด้วยความร้อนโดยไมโครเวฟ สามารถปรับปรุงคุณภาพทางประสาท สัมผัส ด้านสี รสชาติ ความนุ่ม ความเหนียว เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของข้าวกล้องให้ดีขึ้น และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากกว่าข้าวกล้องปกติ

ตารางที่ 4.15 ค่า Pearson's correlation ของสมบัติด้านต่างๆต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของข้าวกล้องหุงสุก ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

| ลักษณะ ความชอบ | สมบัติ | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------------------|---------|--------------|------------------|------------------|
| | L | b | FFA | lipase activity | WUR | hard ness | adhesive ness | cohesive ness |
| สี | 0.320 | -0.489 | - | - | - | - | - | - |
| กลิ่นรส | - | - | -0.601 | -0.468 | - | - | - | - |
| ความนุ่ม | | | | | 0.775** | -0.814* | -0.516 | 0.153 |
| ความเหนียว | | | | | 0.946** | -0.697* | -0.660* | 0.408 |
| เนื้อสัมผัส | | | | | 0.904** | -0.798** | -0.591 | 0.308 |
| ความชอบรวม | 0.599 | -0.595 | -0.617 | -0.382 | 0.889** | -0.799** | -0.525 | -0.224 |

หมายเหตุ – หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์หาค่า Pearson's correlation เนื่องจากปัจจัยไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของสมบัติด้านต่างๆต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุก เมื่อระดับพลังงานและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น มีผลดังนี้

ด้านสี พบว่าความชอบของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับค่าความสว่าง (L) ที่เพิ่มขึ้นแต่มีทิศทางตรงข้ามกับค่าสีเหลือง (b) ที่ลดลง อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจากการวิเคราะห์แสดงว่าผู้ทดสอบชอบข้าวกล้องที่มีเหลืองสว่าง

ด้านกลิ่นรส พบว่าความชอบของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับปริมาณกรดไขมันอิสระและ lipase activity ที่ลดลง อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งความสัมพันธ์ที่ตรงข้ามกันระหว่างปริมาณกรดไขมันอิสระและ lipase activity ต่อความชอบด้านกลิ่นรสของผู้ทดสอบชิมอาจจะเนื่องมาจากการสูญเสียกลิ่นรสอื่น ๆ จากสารประกอบในข้าวกล้องที่ให้กลิ่นรสนอกจากไขมันอิสระ

ด้านความนุ่ม เหนียว และเนื้อสัมผัส พบว่าความชอบของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์กับค่า WUR, hardness, adhesiveness และ cohesiveness ของข้าวกล้อง โดยความชอบด้านความนุ่มของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับค่า WUR ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) และค่า cohesiveness ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า hardness ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) และค่า adhesiveness ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ความชอบด้านความเหนียวของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับค่า WUR ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) และค่า cohesiveness ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า hardness ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) และค่า adhesiveness ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) และความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับค่า WUR ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) และค่า cohesiveness ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับค่า hardness ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) และค่า adhesiveness ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ด้านความชอบรวม พบว่าความชอบรวมของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์กับค่า L, b, ปริมาณกรดไขมันอิสระ, adhesiveness และ cohesiveness ของข้าวกล้อง อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ความสัมพันธ์กับค่า WUR และ hardness ของข้าวกล้อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$)

4.3.6 ระดับพลังงานและระยะเวลาการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการตัดแปรเนื้อสัมผัสของข้าวกล้อง

จากการศึกษาการให้ความร้อนข้าวกล้องด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนต่างๆ สรุปได้ว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องมีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อนที่ระดับพลังงานความร้อน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที เป็นตัวอย่างข้าวกล้องที่มีคุณภาพสูงที่สุด เนื่องจากเมื่อพิจารณาสมบัติ ทางด้านกายภาพ พบว่าข้าวกล้องมีค่าความสว่าง (L) สูงที่สุดและมีค่าความเข้มสีน้อยที่สุด เมล็ดข้าวจึงมีลักษณะที่ขาวสว่างมากที่สุด สมบัติทางด้านเคมีพบว่าข้าวกล้องมีปริมาณความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ และ lipase activity น้อยที่สุด และด้านคุณภาพการหุงพบว่า ข้าวกล้องมีค่า LER, VER และ WUR สูงที่สุด และมีค่า OCT น้อยที่สุด ซึ่งส่งผลให้คุณภาพการหุงของข้าวกล้องดี ที่สุด และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการให้ความร้อน ด้วยระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับตัวอย่างข้าวกล้องที่ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการตัดแปรข้าวกล้อง คือการย่อยด้วย เอนไซม์เซลลูเลสระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใช้เวลาย่อย 180 วินาที และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงานงานความร้อน 850 วัตต์ เวลาในการให้ความร้อน 90 วินาที

4.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังตัดแปร

จากการตัดแปรข้าวกล้องโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส ระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใช้เวลาย่อย 180 วินาที และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงานงานความร้อน 850 วัตต์ เวลาในการให้ความร้อน 90 วินาที ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการก่อนและหลังการตัดแปร ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.16 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังตัดแปรเนื้อสัมผัส

| องค์ประกอบ | ปริมาณ (ร้อยละ) | | อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | ก่อนตัดแปร | หลังตัดแปร | |
| ความชื้น | 12.28 ^B ±0.30 | 16.29 ^A ±0.15 | 32.72 |
| โปรตีน | 6.28 ^A ±0.12 | 5.95 ^B ±0.07 | -5.21 |
| ไขมัน | 2.37 ^A ±0.18 | 0.81 ^B ±0.05 | -66.01 |
| เถ้า | 1.14 ^A ±0.12 | 0.49 ^B ±0.02 | -56.73 |
| เส้นใย | 0.82 ^A ±0.07 | 0.45 ^B ±0.03 | -45.34 |
| คาร์โบไฮเดรต | 76.54 ^A ±0.41 | 75.45 ^B ±0.49 | -1.42 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ค่าติดลบ แสดงถึงข้อมูลมีค่าลดลง

จากตารางที่ 4.14 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องก่อนและหลังตัดแปรเนื้อสัมผัส พบว่าก่อนตัดแปรข้าวกล้องมีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เส้นใย และ คาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 12.28, 6.28, 2.37, 1.14, 0.82 และ 76.54 ตามลำดับ และเมื่อผ่านการตัดแปรพบว่าคุณค่าทางโภชนาการต่างๆของข้าวกล้องมีการเปลี่ยนแปลง โดยหลังการตัดแปรข้าวกล้องมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 16.29, 5.95, 0.81, 0.49, 0.45 และ 75.45 ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังตัดแปร ข้าวกล้องมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1.42 – 66.01 โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงทางโภชนาการที่สูงที่สุด คือ ปริมาณไขมันที่ลดลงถึงร้อยละ 66.01 ของปริมาณเริ่มต้น

ตารางที่ 4.17 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามิน ของข้าวกล้องก่อนและหลังตัดแปรเนื้อสั้มผัส

| สารอาหาร | ปริมาณ (mg/100g) | | อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | ก่อนตัดแปร | หลังตัดแปร | |
| ฟอสฟอรัส | 0.48 ^a ±0.02 | 0.30 ^b ±0.04 | -61.02 |
| โพแทสเซียม | 0.59 ^a ±0.03 | 0.32 ^b ±0.00 | -85.53 |
| แมกนีเซียม | 0.31 ^a ±0.00 | 0.19 ^b ±0.00 | -64.02 |
| โซเดียม ^{ns} | 0.03±0.00 | 0.04±0.00 | 32.10 |
| แคลเซียม ^{ns} | 0.07±0.00 | 0.07±0.00 | 0.00 |
| เหล็ก ^{ns} | 0.004±0.00 | 0.009±0.00 | 58.82 |
| สังกะสี ^{ns} | 0.01±0.00 | 0.01±0.00 | 0.00 |
| ทองแดง | 0.001 ^a ±0.00 | 0.002 ^b ±0.00 | 40.00 |
| แมงกานีส | 0.004 ^a ±0.00 | 0.003 ^b ±0.00 | -33.33 |
| วิตามิน บี 1 | 142.23 ^a ±0.06 | 120.62 ^b ±0.30 | -17.92 |
| วิตามิน บี 2 | 2.87 ^a ±0.14 | 1.85 ^b ±0.05 | -55.28 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ค่าติดลบ แสดงถึงข้อมูลมีค่าลดลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินของข้าวกล้อง พบว่าแร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม วิตามิน บี 1 และ บี 2 เป็นวิตามินที่สำคัญในข้าวกล้อง โดยมีปริมาณวิตามิน บี 1 มากกว่าวิตามิน บี 2 เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ ในข้าวกล้องปกติและข้าวกล้องตัดแปรเนื้อสั้มผัสพบว่า มีค่าลดลงเมื่อผ่านการตัดแปร เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้หลุดออกไปพร้อมส่วนของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเคลอัส ชั้นแอลิวโรน (อรอนงค์, 2550) เมื่อข้าวถูกย่อยด้วยเอนไซม์และความร้อนจากไมโครเวฟ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Park *et al.* (2001) และ Mohapatra and Bal (2006) ที่พบว่าเมื่อข้าวถูกขัดสีชั้นแอลิวโรน เยื่อหุ้มผล และเยื่อหุ้มเมล็ดออก ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยของข้าวมีปริมาณลดลง แต่อย่างไรก็ตามคุณค่าทางโภชนาการที่ลดลงของข้าวกล้องตัดแปรยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขัดขาวโดยทั่วไป (กรมอนามัย, 2535)

4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องคัดแปรเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา

จากการนำข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส โดยการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลา 3 นาที และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 850 วัตต์ เวลา 90 วินาที (Texture Modified Brown Rice : TMBR) และข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร (Control) บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนชนิดเคลือบ (Aluminium laminated polyethylene : ALPET) และไม่เคลือบอลูมิเนียม (Non-laminated polyethylene : NLPET) โดยปิดผนึกแบบธรรมดา (Normal : N), แบบสุญญากาศ (Vacuum : V) และแบบเติมไนโตรเจน (N_2) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และสุ่มตัวอย่างทุก 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน ได้ผลดังต่อไปนี้

4.5.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

พบว่าข้าวกล้องมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านสีดังนี้ ค่า L ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร (Control) (ตารางที่ 4.18) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่าง 4 เดือน ของการเก็บรักษา แต่ในเดือนที่ 5 และ 6 พบว่า สภาวะการเก็บรักษามีผลให้ค่า L ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการปิดผนึกแบบสุญญากาศ และแบบเติมไนโตรเจนทำให้ข้าวกล้องมีค่า L สูงกว่าการปิดผนึกแบบธรรมดา แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาช่วงระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บ พบว่าให้ผลสอดคล้องกันคือช่วง 1 - 5 เดือน ค่า L ของข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในเดือนที่ 6 พบว่าข้าวกล้องที่บรรจุในถุงเคลือบอลูมิเนียมแบบสุญญากาศ มีค่า L สูงที่สุด เท่ากับ 53.84 รองลงมาคือข้าวกล้องที่บรรจุในถุงไม่เคลือบอลูมิเนียมแบบสุญญากาศ และถุงเคลือบอลูมิเนียมแบบเติมไนโตรเจน ซึ่งมีค่า L เท่ากับ 53.74 และ 53.56 ตามลำดับ

และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของข้าวกล้องคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.19) แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าค่า L มีแนวโน้มลดลง โดยสภาวะการเก็บรักษาแบบสุญญากาศสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของค่า L ได้ดีกว่าตัวอย่างทดลองที่บรรจุในสภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษา พบว่าข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่า L ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และในแต่ละเดือนไม่พบความแตกต่างของค่า L ของข้าวกล้องที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน ($P > 0.05$) ในเดือนที่ 6 พบว่าข้าวกล้องมีค่า L แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องที่มีค่า L สูง คือข้าวกล้องซึ่งบรรจุในถุงไม่เคลือบอลูมิเนียมแบบสุญญากาศ เคลือบอลูมิเนียมแบบสุญญากาศ ไม่เคลือบอลูมิเนียมแบบเติมไนโตรเจน และเคลือบอลูมิเนียมแบบเติมไนโตรเจน มีค่า L เท่ากับ 62.79, 62.77, 62.75 และ 62.74 ตามลำดับ และพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a (ตารางที่ 4.20 และ ตารางที่ 4.21) ในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และสภาวะการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a ($P > 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษา พบว่าในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีค่า a ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในเดือนที่ 2 - 6 พบว่าค่า a ของข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องที่บรรจุแบบสุญญากาศและแบบเติมไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a น้อยกว่าการบรรจุแบบธรรมดา

การวิเคราะห์ค่า b พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร (ตารางที่ 4.22) และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร (ตารางที่ 4.23) ซึ่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกันมีการเปลี่ยนแปลงของค่า b อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าสภาวะการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า b ของข้าวกล้องมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่าการเก็บรักษาโดยการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบเติมไนโตรเจนสามารถรักษาค่า b ไม่ให้เกิดเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าการบรรจุแบบธรรมดา

จากการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร ทุกตัวอย่างทดลองมีค่า L ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร มีค่า L สูงกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร ส่วนค่า a พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทุกตัวอย่างทดลองมีค่า a ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร มีค่า a อยู่ระหว่าง 2.03 - 2.10 และ 1.65 - 1.67 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร มีค่า a อยู่ระหว่าง 1.92 - 1.94 และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรมีค่า a อยู่ระหว่าง 1.57 - 1.59 และค่า b พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทุกตัวอย่างทดลองมีค่า b เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร มีค่า b อยู่ระหว่าง 19.99 - 20.09 และ 17.46 - 17.58 และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร มีค่า b อยู่ระหว่าง 22.00 - 22.25 และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรมีค่า b อยู่ระหว่าง 19.14 - 19.31

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องไว้นานขึ้น ข้าวกล้องจะมีสีเหลืองคล้ำขึ้น โดยสีที่คล้ำขึ้นของข้าวกล้องระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เกิดจากปฏิกิริยา Maillard โดยมีสารประกอบ carbonyl และ amino เป็นสารตั้งต้น (Chrastil, 1990) ซึ่ง สารประกอบ carbonyl และ amino เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของพันธะ glysidic และ peptidic ในข้าว (Sirisoontaralak and Noomhorm, 2006) นอกจากนี้สีคล้ำของข้าวยังเกิดได้จากการที่โปรตีนในข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยโปรตีนจะเกิดการออกซิไดซ์โดยอากาศทำให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบที่มีพันธะ sulphhydryl (SH-) เป็นสารประกอบที่มีพันธะ di-sulfide (S-S) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดสีคล้ำ (ทักษอร, 2547)

ตารางที่ 4.18 ค่า L ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 57.65 ^{Aa} ±0.40 | 57.26 ^{Ba} ±0.35 | 56.41 ^{Ca} ±0.14 | 55.28 ^{Da} ±0.23 | 54.46 ^{Ea} ±0.16 | 53.43 ^{Fa} ±0.32 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 57.67 ^{Aa} ±0.28 | 56.95 ^{Bb} ±0.29 | 56.46 ^{Ca} ±0.24 | 55.39 ^{Da} ±0.26 | 54.50 ^{Ea} ±0.11 | 53.51 ^{Fa} ±0.34 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 57.56 ^{Aa} ±0.15 | 56.91 ^{Bb} ±0.40 | 56.35 ^{Ca} ±0.11 | 55.21 ^{Da} ±0.30 | 54.39 ^{Eb} ±0.04 | 53.11 ^{Fc} ±0.18 |
| สุญญากาศ | 57.79 ^{Aa} ±0.49 | 57.35 ^{Ba} ±0.29 | 56.50 ^{Ca} ±0.11 | 55.42 ^{Da} ±0.29 | 54.58 ^{Ea} ±0.16 | 53.79 ^{Fa} ±0.17 |
| ไนโตรเจน | 57.63 ^{Aa} ±0.29 | 57.06 ^{Bba} ±0.26 | 56.48 ^{Ca} ±0.29 | 55.37 ^{Da} ±0.09 | 54.47 ^{Eab} ±0.11 | 53.51 ^{Fb} ±0.13 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 57.53 ^{Aa} ±0.12 | 57.10 ^{Aab} ±0.51 | 56.40 ^{Ba} ±0.10 | 55.12 ^{Ca} ±0.34 | 54.37 ^{Da} ±0.05 | 53.11 ^{Ec} ±0.17 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 57.80 ^{Aa} ±0.60 | 57.54 ^{Aa} ±0.09 | 56.44 ^{Ba} ±0.10 | 55.39 ^{Ca} ±0.17 | 54.55 ^{Da} ±0.13 | 53.74 ^{Eab} ±0.22 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 57.62 ^{Aa} ±0.44 | 57.15 ^{B^{ab}} ±0.25 | 56.40 ^{Ca} ±0.24 | 55.33 ^{Da} ±0.09 | 54.45 ^{Ea} ±0.16 | 53.45 ^{Fb} ±0.14 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 57.59 ^{Aa} ±0.20 | 56.73 ^{Bb} ±0.18 | 56.29 ^{Ca} ±0.10 | 55.30 ^{Da} ±0.28 | 54.40 ^{Ea} ±0.03 | 53.12 ^{Fc} ±0.23 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 57.79 ^{Aa} ±0.47 | 57.15 ^{Bab} ±0.31 | 56.56 ^{Ca} ±0.10 | 55.44 ^{Da} ±0.42 | 54.61 ^{Ea} ±0.10 | 53.84 ^{Ea} ±0.14 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 57.63 ^{Aa} ±0.12 | 56.97 ^{Bab} ±0.29 | 56.55 ^{Ca} ±0.37 | 55.41 ^{Da} ±0.09 | 54.48 ^{Ea} ±0.07 | 53.56 ^{Fab} ±0.10 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า L เดือน 0 เท่ากับ 57.32

ตารางที่ 4.19 ค่า L ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 64.99 ^{Aa} ±0.19 | 64.78 ^{Aa} ±0.28 | 64.41 ^{Ba} ±0.13 | 64.06 ^{Ca} ±0.18 | 63.69 ^{Da} ±0.26 | 62.63 ^{Ea} ±0.22 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 65.00 ^{Aa} ±0.20 | 64.73 ^{Aa} ±0.27 | 64.43 ^{Ba} ±0.13 | 64.10 ^{Ca} ±0.15 | 63.66 ^{Da} ±0.17 | 62.61 ^{Ea} ±0.23 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 64.90 ^{Aa} ±0.23 | 64.60 ^{Ba} ±0.14 | 64.35 ^{Cb} ±0.11 | 64.02 ^{Da} ±0.02 | 63.47 ^{Ec} ±0.06 | 62.34 ^{Fb} ±0.08 |
| สุญญากาศ | 65.08 ^{Aa} ±0.13 | 64.95 ^{Aa} ±0.32 | 64.51 ^{Ba} ±0.13 | 64.17 ^{Ca} ±0.14 | 63.91 ^{Ca} ±0.16 | 62.78 ^{Da} ±0.06 |
| ไนโตรเจน | 65.01 ^{Aa} ±0.18 | 64.71 ^{Bab} ±0.23 | 64.40 ^{Cab} ±0.08 | 64.05 ^{Da} ±0.14 | 63.64 ^{Eb} ±0.07 | 62.75 ^{Fa} ±0.03 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 64.91 ^{Aa} ±0.21 | 64.61 ^{Bb} ±0.17 | 64.32 ^{Ba} ±0.08 | 64.02 ^{Ca} ±0.27 | 63.47 ^{Dc} ±0.08 | 62.36 ^{Eb} ±0.10 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 65.05 ^{Aa} ±0.19 | 65.09 ^{Aa} ±0.22 | 64.55 ^{Ba} ±0.11 | 64.09 ^{Ca} ±0.14 | 63.98 ^{Ca} ±0.23 | 62.79 ^{Da} ±0.09 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 65.01 ^{Aa} ±0.21 | 64.63 ^{Bb} ±0.11 | 64.36 ^{Ca} ±0.08 | 64.06 ^{Da} ±0.20 | 63.63 ^{Ec} ±0.05 | 62.75 ^{Fa} ±0.04 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 64.89 ^{Aa} ±0.30 | 64.60 ^{Ab} ±0.14 | 64.37 ^{Aa} ±0.16 | 64.02 ^{Ba} ±0.16 | 63.48 ^{Cc} ±0.05 | 62.31 ^{Db} ±0.05 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 65.10 ^{Aa} ±0.07 | 64.80 ^{Ab} ±0.37 | 64.47 ^{Ba} ±0.17 | 64.25 ^{Ba} ±0.08 | 63.85 ^{Cab} ±0.03 | 62.77 ^{Da} ±0.03 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 65.01 ^{Aa} ±0.19 | 64.78 ^{Ab} ±0.33 | 64.44 ^{Ba} ±0.08 | 64.04 ^{Ca} ±0.11 | 63.65 ^{Dbc} ±0.10 | 62.74 ^{Ea} ±0.03 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า L เดือน 0 เท่ากับ 65.28

ตารางที่ 4.20 ค่าสี a ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบออกซิเจน | 2.06 ^{Aa} ±0.02 | 2.02 ^{Ba} ±1.17 | 1.99 ^{Ca} ±0.03 | 1.97 ^{CDa} ±1.80 | 1.95 ^{DEa} ±0.01 | 1.93 ^{Ea} ±0.01 |
| เคลือบออกซิเจน | 2.07 ^{Aa} ±0.04 | 2.03 ^{Ba} ±1.86 | 1.99 ^{Ca} ±0.02 | 1.98 ^{CDa} ±1.01 | 1.95 ^{DEa} ±0.01 | 1.93 ^{Ea} ±0.01 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 2.05 ^{Ab} ±0.03 | 2.01 ^{Bb} ±0.02 | 1.97 ^{Cb} ±0.01 | 1.96 ^{Ca} ±0.01 | 1.94 ^{Db} ±0.01 | 1.92 ^{Dc} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 2.09 ^{Aa} ±0.04 | 2.04 ^{Ba} ±0.01 | 2.01 ^{Ca} ±0.02 | 1.98 ^{Da} ±0.01 | 1.96 ^{DEa} ±0.01 | 1.94 ^{Ea} ±0.00 |
| ไนโตรเจน | 2.06 ^{Aab} ±0.02 | 2.02 ^{Bab} ±0.01 | 2.00 ^{Ca} ±0.02 | 1.98 ^{Da} ±0.02 | 1.95 ^{Ea} ±0.01 | 1.93 ^{Fb} ±0.00 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบออกซิเจน x ธรรมดา | 2.06 ^{Aab} ±0.01 | 2.01 ^{Bb} ±0.01 | 1.96 ^{Cc} ±0.01 | 1.96 ^{Ca} ±0.01 | 1.93 ^{Dbc} ±0.01 | 1.92 ^{Dc} ±0.01 |
| ไม่เคลือบออกซิเจน x สุญญากาศ | 2.08 ^{Aab} ±0.03 | 2.03 ^{Bab} ±0.01 | 2.00 ^{Bab} ±0.02 | 1.97 ^{Ca} ±0.02 | 1.95 ^{CDab} ±0.01 | 1.94 ^{Dab} ±0.01 |
| ไม่เคลือบออกซิเจน x ไนโตรเจน | 2.05 ^{Aab} ±0.01 | 2.02 ^{Bab} ±0.01 | 2.00 ^{BCab} ±0.03 | 1.97 ^{CDa} ±0.03 | 1.95 ^{Dab} ±0.01 | 1.93 ^{Dbc} ±0.00 |
| เคลือบออกซิเจน x ธรรมดา | 2.03 ^{Ab} ±0.04 | 2.02 ^{Aab} ±0.03 | 1.97 ^{Bbc} ±0.01 | 1.97 ^{Ba} ±0.01 | 1.94 ^{Bcc} ±0.02 | 1.92 ^{Cc} ±0.01 |
| เคลือบออกซิเจน x สุญญากาศ | 2.10 ^{Aa} ±0.04 | 2.04 ^{Ba} ±0.01 | 2.01 ^{BCa} ±0.02 | 1.98 ^{CDa} ±0.01 | 1.97 ^{DEa} ±0.01 | 1.94 ^{Fa} ±0.00 |
| เคลือบออกซิเจน x ไนโตรเจน | 2.07 ^{Aab} ±0.02 | 2.02 ^{Aab} ±0.01 | 1.99 ^{Bab} ±0.01 | 1.98 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^{Cab} ±0.01 | 1.93 ^{Cab} ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า a เดือน 0 เท่ากับ 2.07

ตารางที่ 4.21 ค่าสี a ของข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 1.66 ^{Aa} ±1.69 | 1.65 ^{Aa} ±0.01 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.61 ^{Ca} ±0.01 | 1.58 ^{Da} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 1.66 ^{Aa} ±1.51 | 1.65 ^{Aa} ±0.01 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.63 ^{Ca} ±0.01 | 1.60 ^{Db} ±0.01 | 1.57 ^{Ea} ±0.01 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 1.65 ^{Aa} ±0.02 | 1.65 ^{Aa} ±0.01 | 1.63 ^{Ba} ±0.00 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.60 ^{Cb} ±0.01 | 1.57 ^{Db} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 1.67 ^{Aa} ±0.01 | 1.66 ^{Aa} ±0.01 | 1.64 ^{Ba} ±0.01 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.62 ^{Ca} ±0.01 | 1.58 ^{Da} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 1.66 ^{Aa} ±0.02 | 1.65 ^{ABa} ±0.02 | 1.63 ^{BCa} ±0.01 | 1.63 ^{Ca} ±0.01 | 1.60 ^{Db} ±0.01 | 1.58 ^{Ea} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.65 ^{Aa} ±0.02 | 1.65 ^{Aab} ±0.01 | 1.63 ^{Bbc} ±0.00 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.60 ^{Cb} ±0.01 | 1.57 ^{Db} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.67 ^{Aa} ±0.00 | 1.66 ^{Aa} ±0.01 | 1.63 ^{Bc} ±0.01 | 1.63 ^{Ba} ±0.01 | 1.62 ^{Ba} ±0.01 | 1.58 ^{Cab} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.66 ^{Aa} ±0.03 | 1.64 ^{ABb} ±0.01 | 1.64 ^{ABab} ±0.00 | 1.63 ^{BCa} ±0.01 | 1.61 ^{CDab} ±0.00 | 1.59 ^{Da} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.65 ^{Aa} ±0.03 | 1.65 ^{Aab} ±0.01 | 1.63 ^{ABc} ±0.01 | 1.62 ^{Ba} ±0.01 | 1.60 ^{Cb} ±0.01 | 1.57 ^{Db} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.66 ^{Aa} ±0.01 | 1.65 ^{ABab} ±0.01 | 1.64 ^{Ba} ±0.01 | 1.63 ^{Ca} ±0.01 | 1.61 ^{Dab} ±0.00 | 1.58 ^{Eab} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.65 ^{Aa} ±0.01 | 1.65 ^{Aab} ±0.02 | 1.63 ^{Bc} ±0.01 | 1.62 ^{Ba} ±0.01 | 1.60 ^{Cb} ±0.01 | 1.58 ^{Cab} ±0.02 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า a เคือน 0 เท่ากับ 1.66

ตารางที่ 4.22 ค่าสี b ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 20.07 ^{Ea} ±0.06 | 20.27 ^{Da} ±0.13 | 20.88 ^{Ca} ±0.10 | 20.92 ^{Ca} ±0.21 | 21.41 ^{Aa} ±0.13 | 22.16 ^{Aa} ±0.08 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 20.05 ^{Da} ±0.07 | 20.15 ^{Db} ±0.09 | 20.87 ^{Ca} ±0.11 | 20.86 ^{Ca} ±0.23 | 21.41 ^{Ba} ±8.88 | 22.12 ^{Aa} ±0.12 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 20.09 ^{Ea} ±0.06 | 20.32 ^{Da} ±0.13 | 20.93 ^{Ca} ±0.10 | 20.94 ^{Ca} ±0.22 | 21.50 ^{Ba} ±0.10 | 22.24 ^{Ac} ±0.04 |
| สุญญากาศ | 20.01 ^{Ea} ±0.07 | 20.13 ^{Db} ±0.09 | 20.81 ^{Ca} ±0.08 | 20.84 ^{Ca} ±0.27 | 21.33 ^{Bb} ±0.07 | 22.04 ^{Aa} ±0.09 |
| ไนโตรเจน | 20.08 ^{Ea} ±0.05 | 20.18 ^{Db} ±0.09 | 20.88 ^{Ca} ±0.09 | 20.88 ^{Ca} ±0.17 | 21.39 ^{Bb} ±0.07 | 22.14 ^{Ab} ±0.03 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 20.09 ^{Ea} ±0.08 | 20.40 ^{Da} ±0.13 | 20.95 ^{Ca} ±0.11 | 21.02 ^{Ca} ±0.11 | 21.51 ^{Ba} ±0.14 | 22.25 ^{Aa} ±0.06 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 20.03 ^{Da} ±0.06 | 20.18 ^{Dbc} ±0.08 | 20.82 ^{Ca} ±0.08 | 20.85 ^{Ca} ±0.29 | 21.33 ^{Bb} ±0.09 | 22.09 ^{Abc} ±0.05 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 20.09 ^{Da} ±0.04 | 20.23 ^{Dbc} ±0.11 | 20.86 ^{Ca} ±0.09 | 20.88 ^{Ca} ±0.23 | 21.38 ^{Bab} ±0.10 | 22.14 ^{Abc} ±0.03 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 20.08 ^{Da} ±0.06 | 20.24 ^{Dab} ±0.09 | 20.91 ^{Ca} ±0.11 | 20.86 ^{Ca} ±0.29 | 21.49 ^{Bab} ±0.07 | 22.23 ^{Aa} ±0.04 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 19.99 ^{Da} ±0.09 | 20.07 ^{Dc} ±0.04 | 20.79 ^{Ca} ±0.10 | 20.83 ^{Ca} ±0.31 | 21.32 ^{Bb} ±0.05 | 22.00 ^{Ac} ±0.11 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 20.06 ^{Aa} ±0.07 | 20.14 ^{Abc} ±0.07 | 20.90 ^{Aa} ±0.11 | 20.88 ^{Aa} ±0.14 | 21.40 ^{Aab} ±0.06 | 22.14 ^{Abc} ±0.04 |

- หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
3. ค่า b เดือน 0 เท่ากับ 19.93

ตารางที่ 4.23 ค่าสี b ของข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 17.53 ^{Ea} ±0.14 | 17.83 ^{Da} ±0.10 | 18.15 ^{Ca} ±0.10 | 18.27 ^{Ca} ±0.06 | 18.57 ^{Ba} ±0.16 | 19.21 ^{Aa} ±0.07 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 17.51 ^{Fa} ±0.15 | 17.81 ^{Ea} ±0.14 | 18.08 ^{Da} ±0.13 | 18.25 ^{Ca} ±0.06 | 18.54 ^{Ba} ±0.08 | 19.20 ^{Aa} ±0.01 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 17.57 ^{Fa} ±0.14 | 17.90 ^{Ea} ±0.18 | 18.20 ^{Da} ±0.07 | 18.31 ^{Ca} ±0.04 | 18.67 ^{Ba} ±0.05 | 19.31 ^{Ac} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 17.47 ^{Fa} ±0.15 | 17.76 ^{Ea} ±0.06 | 18.02 ^{Db} ±0.08 | 18.22 ^{Cb} ±0.06 | 18.41 ^{Bc} ±0.06 | 19.13 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 17.53 ^{Fa} ±0.13 | 17.80 ^{Ea} ±0.06 | 18.14 ^{Da} ±0.13 | 18.26 ^{Cab} ±0.06 | 18.57 ^{Bb} ±0.06 | 19.17 ^{Ab} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 17.58 ^{Ea} ±0.12 | 17.90 ^{Da} ±0.13 | 18.21 ^{Ca} ±0.10 | 18.31 ^{Ca} ±0.05 | 18.71 ^{Ba} ±0.04 | 19.30 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 17.49 ^{Ea} ±0.21 | 17.78 ^{Da} ±0.09 | 18.06 ^{Cab} ±0.05 | 18.25 ^{Bab} ±0.07 | 18.36 ^{Bc} ±0.02 | 19.14 ^{Abc} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 17.53 ^{Ea} ±0.11 | 17.80 ^{Da} ±0.06 | 18.19 ^{Ca} ±0.09 | 18.25 ^{Cab} ±0.09 | 18.62 ^{Bb} ±0.04 | 19.18 ^{Ab} ±0.02 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 17.55 ^{Ea} ±0.18 | 17.90 ^{Da} ±0.24 | 18.18 ^{Ca} ±0.02 | 18.30 ^{Cab} ±0.04 | 18.63 ^{Bb} ±0.01 | 19.31 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 17.46 ^{Fa} ±0.12 | 17.74 ^{Ea} ±0.01 | 17.97 ^{Db} ±0.09 | 18.19 ^{Cb} ±0.05 | 18.46 ^{Bd} ±0.05 | 19.12 ^{Ac} ±0.04 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 17.52 ^{Aa} ±0.18 | 17.80 ^{Ba} ±0.07 | 18.09 ^{Cab} ±0.16 | 18.27 ^{Cab} ±0.04 | 18.52 ^{Dc} ±0.04 | 19.15 ^{Ebc} ±0.02 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า b เดือน 0 เท่ากับ 16.62

ตารางที่ 4.24 ค่า optimum cooking time (นาที) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 19.22 ^{Da} ±0.40 | 19.44 ^{Da} ±0.50 | 19.56 ^{Da} ±0.50 | 20.56 ^{Ca} ±0.50 | 21.11 ^{Ba} ±0.60 | 21.56 ^{Aa} ±0.50 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 19.44 ^{Da} ±0.50 | 19.56 ^{Da} ±0.50 | 19.56 ^{Da} ±0.50 | 20.56 ^{Ca} ±0.50 | 21.00 ^{Ba} ±0.50 | 21.44 ^{Aa} ±0.50 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 19.33 ^{Ca} ±0.52 | 19.50 ^{Ca} ±0.55 | 19.50 ^{Ca} ±0.55 | 20.67 ^{Ba} ±0.52 | 21.17 ^{Aa} ±0.41 | 21.50 ^{Aa} ±0.55 |
| สุญญากาศ | 19.17 ^{Ca} ±0.41 | 19.33 ^{Ca} ±0.52 | 19.50 ^{Ca} ±0.55 | 20.50 ^{Ba} ±0.55 | 20.67 ^{Ba} ±0.52 | 21.33 ^{Aa} ±0.52 |
| ไนโตรเจน | 19.50 ^{Da} ±0.55 | 19.67 ^{Da} ±0.52 | 19.67 ^{Da} ±0.52 | 20.50 ^{Ca} ±0.55 | 21.33 ^{Ba} ±0.52 | 21.67 ^{Aa} ±0.52 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 19.67 ^{BCa} ±0.58 | 20.67 ^{ABa} ±0.58 | 21.33 ^{Aa} ±0.58 | 21.67 ^{Aa} ±0.58 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 19.00 ^{Ca} ±0.00 | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 20.33 ^{Ba} ±0.58 | 20.67 ^{ABa} ±0.58 | 21.33 ^{Aa} ±0.58 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 19.67 ^{BCa} ±0.58 | 19.67 ^{BCa} ±0.58 | 20.67 ^{ABa} ±0.58 | 21.33 ^{Aa} ±0.58 | 21.67 ^{Aa} ±0.58 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 19.33 ^{Ba} ±0.58 | 19.67 ^{Ba} ±0.58 | 19.33 ^{Ba} ±0.58 | 20.67 ^{Aa} ±0.58 | 21.00 ^{Aa} ±0.58 | 21.33 ^{Aa} ±0.58 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 19.33 ^{Ca} ±0.58 | 19.67 ^{BCa} ±0.58 | 20.67 ^{ABa} ±0.58 | 20.67 ^{ABa} ±0.58 | 21.33 ^{Aa} ±0.58 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 19.67 ^{Ca} ±0.58 | 19.67 ^{Ca} ±0.58 | 19.67 ^{Ca} ±0.58 | 20.33 ^{BCa} ±0.58 | 21.33 ^{ABa} ±0.58 | 21.67 ^{Aa} ±0.58 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า OTC เดือน 0 เท่ากับ 18.67

ตารางที่ 4.25 ค่า optimum cooking time (นาที) ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 16.44 ^{Da} ±0.50 | 16.56 ^{Da} ±0.50 | 17.22 ^{Ca} ±0.40 | 17.56 ^{Ca} ±0.50 | 18.56 ^{Ba} ±0.50 | 19.78 ^{Aa} ±0.60 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 16.33 ^{Ea} ±0.50 | 16.56 ^{Ea} ±0.50 | 17.22 ^{Da} ±0.40 | 17.56 ^{Ca} ±0.50 | 18.56 ^{Ba} ±0.50 | 20.11 ^{Aa} ±0.60 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 16.33 ^{Fa} ±0.52 | 16.67 ^{Ea} ±0.52 | 17.33 ^{Da} ±0.52 | 17.67 ^{Ca} ±0.52 | 18.67 ^{Ba} ±0.52 | 20.17 ^{Aa} ±0.75 |
| สุญญากาศ | 16.33 ^{Ea} ±0.52 | 16.33 ^{Ea} ±0.52 | 17.00 ^{Da} ±0.00 | 17.33 ^{Ca} ±0.52 | 18.33 ^{Ba} ±0.52 | 19.83 ^{Aa} ±0.75 |
| ไนโตรเจน | 16.50 ^{Ea} ±0.55 | 16.67 ^{Ea} ±0.52 | 17.33 ^{Da} ±0.52 | 17.67 ^{Ca} ±0.52 | 18.67 ^{Ba} ±0.52 | 19.83 ^{Aa} ±0.41 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 16.33 ^{Da} ±0.58 | 16.67 ^{CDa} ±0.58 | 17.33 ^{CDa} ±0.58 | 17.67 ^{BCa} ±0.58 | 18.67 ^{Ba} ±0.58 | 20.00 ^{Aa} ±1.00 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 16.33 ^{Ca} ±0.58 | 16.33 ^{Ca} ±0.58 | 17.00 ^{Ca} ±0.00 | 17.33 ^{Ca} ±0.58 | 18.33 ^{Ba} ±0.58 | 19.67 ^{Aa} ±0.58 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 16.67 ^{Ca} ±0.58 | 16.67 ^{Ca} ±0.58 | 17.33 ^{Ca} ±0.58 | 17.67 ^{BCa} ±0.58 | 18.67 ^{ABa} ±0.58 | 19.67 ^{Aa} ±0.58 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 16.33 ^{Da} ±0.58 | 16.67 ^{CDa} ±0.58 | 17.33 ^{CDa} ±0.58 | 17.67 ^{BCa} ±0.58 | 18.67 ^{Ba} ±0.58 | 20.33 ^{Aa} ±0.58 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 16.33 ^{Ca} ±0.58 | 16.33 ^{Ca} ±0.58 | 17.00 ^{Ca} ±0.58 | 17.33 ^{BCa} ±0.58 | 18.33 ^{Ba} ±0.58 | 20.00 ^{Aa} ±1.00 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 16.33 ^{Ea} ±0.58 | 16.67 ^{DEa} ±0.58 | 17.33 ^{CDa} ±0.58 | 17.67 ^{Ca} ±0.58 | 18.67 ^{Ba} ±0.58 | 20.00 ^{Aa} ±0.00 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า OTC เดือน 0 เท่ากับ 16.00

ตารางที่ 4.26 ค่า water uptake ratio ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 1.78 ^{Da} ±0.02 | 1.78 ^{Da} ±0.03 | 1.80 ^{Ca} ±0.05 | 1.81 ^{BCa} ±0.01 | 1.82 ^{ABa} ±0.02 | 1.83 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 1.79 ^{Ca} ±0.04 | 1.78 ^{Ca} ±0.04 | 1.81 ^{Ba} ±0.03 | 1.81 ^{BCa} ±0.02 | 1.82 ^{ABa} ±0.02 | 1.83 ^{Aa} ±0.02 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 1.79 ^{CDa} ±0.04 | 1.78 ^{Da} ±0.05 | 1.80 ^{BCDa} ±0.02 | 1.81 ^{ABCa} ±0.02 | 1.82 ^{ABa} ±0.01 | 1.83 ^{Aa} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 1.79 ^{Ca} ±0.03 | 1.79 ^{Ca} ±0.02 | 1.82 ^{ABa} ±0.07 | 1.82 ^{ABa} ±0.01 | 1.83 ^{ABa} ±0.02 | 1.84 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 1.78 ^{Ca} ±0.02 | 1.78 ^{Ca} ±0.02 | 1.80 ^{Ba} ±0.03 | 1.81 ^{Ba} ±0.01 | 1.82 ^{Aa} ±0.02 | 1.83 ^{Aa} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.78 ^{Aa} ±0.03 | 1.79 ^{Aa} ±0.05 | 1.80 ^{Aa} ±0.03 | 1.80 ^{Aa} ±0.02 | 1.83 ^{Aa} ±0.02 | 1.83 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.78 ^{Aa} ±0.02 | 1.79 ^{Aa} ±0.03 | 1.81 ^{Aa} ±0.10 | 1.82 ^{Aa} ±0.01 | 1.82 ^{Aa} ±0.03 | 1.83 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.78 ^{ABa} ±0.02 | 1.78 ^{Ba} ±0.02 | 1.80 ^{ABCa} ±0.02 | 1.81 ^{ABa} ±0.00 | 1.81 ^{ABa} ±0.03 | 1.83 ^{Aa} ±0.02 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.80 ^{Aa} ±0.05 | 1.78 ^{Aa} ±0.06 | 1.81 ^{Aa} ±0.02 | 1.82 ^{Aa} ±0.02 | 1.82 ^{Aa} ±0.01 | 1.83 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.79 ^{ABa} ±0.04 | 1.78 ^{Ba} ±0.03 | 1.82 ^{ABa} ±0.05 | 1.82 ^{ABa} ±0.02 | 1.83 ^{ABa} ±0.02 | 1.85 ^{Aa} ±0.02 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.78 ^{Aa} ±0.04 | 1.79 ^{Aa} ±0.03 | 1.81 ^{Aa} ±0.04 | 1.81 ^{Aa} ±0.02 | 1.82 ^{Aa} ±0.02 | 1.82 ^{Aa} ±0.02 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า WUR เดือน 0 เท่ากับ 1.79

ตารางที่ 4.27 ค่า water uptake ratio ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 1.90 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{Ca} ±0.01 | 1.93 ^{Ba} ±0.01 | 1.94 ^{Aa} ±0.03 | 1.94 ^{Aa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 1.90 ^{Ea} ±0.02 | 1.92 ^{Da} ±0.01 | 1.92 ^{Da} ±0.02 | 1.93 ^{Ca} ±0.01 | 1.94 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 1.91 ^{Ea} ±0.02 | 1.92 ^{Da} ±0.01 | 1.93 ^{CDa} ±0.01 | 1.93 ^{ABa} ±0.02 | 1.94 ^{ABa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 |
| สุญญากาศ | 1.90 ^{Da} ±0.02 | 1.92 ^{CDa} ±0.01 | 1.93 ^{BCa} ±0.02 | 1.94 ^{ABCa} ±0.02 | 1.94 ^{ABa} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 1.90 ^{Da} ±0.02 | 1.91 ^{CDa} ±0.02 | 1.91 ^{CDa} ±0.01 | 1.92 ^{CDa} ±0.03 | 1.94 ^{ABa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.92 ^{Ba} ±0.02 | 1.93 ^{ABa} ±0.00 | 1.94 ^{ABa} ±0.02 | 1.94 ^{ABa} ±0.02 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.90 ^{Ba} ±0.02 | 1.91 ^{Ba} ±0.02 | 1.94 ^{Aa} ±0.02 | 1.94 ^{Aa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.90 ^{Ca} ±0.01 | 1.90 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{BCa} ±0.00 | 1.93 ^{ABCa} ±0.05 | 1.94 ^{ABa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.90 ^{Ca} ±0.03 | 1.92 ^{BCa} ±0.02 | 1.92 ^{ABCa} ±0.01 | 1.93 ^{ABCa} ±0.01 | 1.94 ^{ABa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.90 ^{Ca} ±0.02 | 1.92 ^{BCa} ±0.00 | 1.92 ^{BCa} ±0.02 | 1.93 ^{BCa} ±0.02 | 1.94 ^{ABa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.90 ^{Ca} ±0.03 | 1.92 ^{ABCa} ±0.02 | 1.91 ^{BCa} ±0.02 | 1.92 ^{ABCa} ±0.02 | 1.94 ^{ABa} ±0.02 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า WUR เดือน 0 เท่ากับ 1.91

จากตารางที่ 4.24 และ 4.25 จากการวิเคราะห์ค่า optimum cooking time (OCT) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และที่ผ่านการตัดแปรระหว่างการเก็บรักษา พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า OCT อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า OCT โดยข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทุกตัวอย่างทดลองมีค่า OCT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ซึ่งในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร มีค่า OCT อยู่ระหว่าง 19.00 – 19.67 และ 16.33 – 16.67 และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร มีค่า OCT อยู่ระหว่าง 21.33-21.67 และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรมีค่า OCT อยู่ระหว่าง 19.67 – 20.33 ซึ่งค่า OCT ที่เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องไว้เป็นเวลานานอะไมโลส ไขมันและโปรตีนจะเกิดการจับกัน เป็นโมเลกุลเชิงซ้อนขนาดใหญ่ จึงต้องใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นในการเกิดเจลาติไนซ์ (Juliano, 1985) โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sodhi *et al.*, (1963) ซึ่งรายงานว่าข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาระยะเวลาหนึ่งจะมีอัตราการหุงสุกที่ช้าลงและมีค่า OCT เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.26 และ 4.27 การศึกษาค่า water uptake ratio (WUR) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรระหว่างการเก็บรักษา พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า WUR อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า WUR โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีค่า WUR เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ซึ่งในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร มีค่า WUR อยู่ระหว่าง 1.78 – 1.80 และ 1.90 – 1.91 และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร มีค่า WUR อยู่ระหว่าง 1.82 – 1.85 และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรมีค่า WUR อยู่ระหว่าง 1.90 – 1.95 ค่า WUR ที่เพิ่มขึ้น เกิดจากในระหว่างการเก็บรักษาโปรตีนในข้าวจำพวก oryzenin (Cass Mutter, 2003) เกิดรวมตัวกับสตาร์ช (protein-starch interaction) ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ข้าวมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากขึ้น (อรอนงค์, 2547) และในระหว่างการเก็บรักษาอะไมโลสในข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสตาร์ช (Starch degradation) (Chrastil, 1990) ซึ่งสามารถทำให้ข้าวกล้องสามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.28 ค่า length expansion ratio ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 1.10 ^{Da} ±0.01 | 1.10 ^{Da} ±0.01 | 1.11 ^{CDa} ±0.01 | 1.11 ^{BCa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 1.10 ^{Da} ±0.01 | 1.11 ^{CDa} ±0.01 | 1.11 ^{BCa} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 1.10 ^{Da} ±0.01 | 1.11 ^{Da} ±0.01 | 1.10 ^{Cab} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 1.10 ^{Da} ±0.00 | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 1.10 ^{Da} ±0.01 | 1.10 ^{Da} ±0.01 | 1.10 ^{CDb} ±0.01 | 1.11 ^{CDb} ±0.01 | 1.12 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.10 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{BCa} ±0.01 | 1.11 ^{BCa} ±0.01 | 1.12 ^{ABab} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.02 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.10 ^{Da} ±0.00 | 1.11 ^{CDa} ±0.01 | 1.11 ^{BCDa} ±0.01 | 1.12 ^{BCab} ±0.01 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.09 ^{Ca} ±0.02 | 1.09 ^{Ca} ±0.01 | 1.10 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{BCb} ±0.01 | 1.12 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.10 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.10 ^{BCa} ±0.01 | 1.12 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.10 ^{Ba} ±0.01 | 1.11 ^{Ba} ±0.00 | 1.11 ^{Ba} ±0.01 | 1.12 ^{Bab} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.10 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{BCb} ±0.01 | 1.12 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า LER เดือน 0 เท่ากับ 1.09

ตารางที่ 4.29 ค่า length expansion ratio ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 1.10 ^{Ca} ±0.01 | 1.11 ^{BCa} ±0.01 | 1.12 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.12 ^{Bab} ±0.01 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 1.11 ^{Ca} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 1.11 ^{Ba} ±0.01 | 1.11 ^{BCb} ±0.01 | 1.12 ^{Ab} ±0.01 | 1.13 ^{Ab} ±0.01 | 1.13 ^{Ab} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.00 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.11 ^{Ba} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.12 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.11 ^{Bab} ±0.00 | 1.11 ^{Bab} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.10 ^{Cab} ±0.02 | 1.11 ^{BCab} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.00 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.10 ^{Cb} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.00 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.10 ^{Cab} ±0.01 | 1.12 ^{BCa} ±0.00 | 1.13 ^{ABa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 | 1.14 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.11 ^{Cab} ±0.01 | 1.10 ^{Cb} ±0.01 | 1.12 ^{Ba} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.00 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 | 1.13 ^{Aa} ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า LER เดือน 0 เท่ากับ 1.12

ตารางที่ 4.30 ค่า volume expansion ratio ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 1.84 ^{Da} ±0.02 | 1.88 ^{Ca} ±0.02 | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 1.84 ^{Ea} ±0.01 | 1.88 ^{Da} ±0.02 | 1.91 ^{Ca} ±0.01 | 1.95 ^{Ba} ±0.02 | 1.95 ^{Ba} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 1.85 ^{Ea} ±0.02 | 1.88 ^{Da} ±0.01 | 1.91 ^{Ca} ±0.01 | 1.94 ^{Ba} ±0.02 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 1.84 ^{Da} ±0.01 | 1.88 ^{Ca} ±0.02 | 1.92 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 1.83 ^{Da} ±0.01 | 1.87 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.85 ^{Da} ±0.02 | 1.89 ^{Ca} ±0.01 | 1.92 ^{Ba} ±0.01 | 1.94 ^{ABa} ±0.02 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.02 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.84 ^{Da} ±0.02 | 1.89 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 | 1.95 ^{Aa} ±0.00 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.83 ^{Da} ±0.01 | 1.86 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.94 ^{Aa} ±0.01 | 1.94 ^{Aa} ±0.02 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 1.84 ^{Da} ±0.02 | 1.88 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.94 ^{Aa} ±0.02 | 1.95 ^{Aa} ±0.02 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 1.84 ^{Da} ±0.00 | 1.88 ^{Ca} ±0.00 | 1.92 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^{ABa} ±0.03 | 1.95 ^{Aa} ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 1.83 ^{Da} ±0.02 | 1.87 ^{Ca} ±0.01 | 1.91 ^{Ba} ±0.01 | 1.95 ^a ±0.02 | 1.95 ^a ±0.01 | 1.96 ^{Aa} ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า VER เดือน 0 เท่ากับ 1.83

ตารางที่ 4.31 ค่า volume expansion ratio ของข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 2.08 ^{Fa} ±0.01 | 2.10 ^{Ea} ±0.01 | 2.11 ^{Da} ±0.01 | 2.13 ^{Ca} ±0.02 | 2.15 ^{Ba} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 2.08 ^{Ea} ±0.01 | 2.10 ^{Da} ±0.01 | 2.12 ^{Ca} ±0.01 | 2.14 ^{Ba} ±0.01 | 2.14 ^{Ba} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 2.07 ^{Ea} ±0.02 | 2.10 ^{Da} ±0.01 | 2.12 ^{Ca} ±0.01 | 2.14 ^{Ba} ±0.01 | 2.15 ^{Ba} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| สุญญากาศ | 2.08 ^{Da} ±0.01 | 2.10 ^{Da} ±0.01 | 2.12 ^{Ca} ±0.01 | 2.14 ^{Ba} ±0.01 | 2.15 ^{ABa} ±0.01 | 2.17 ^{Aa} ±0.01 |
| ไนโตรเจน | 2.08 ^{Ea} ±0.01 | 2.09 ^{Da} ±0.01 | 2.11 ^{Ca} ±0.01 | 2.13 ^{Ba} ±0.02 | 2.14 ^{Ba} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 2.07 ^{Da} ±0.01 | 2.09 ^{Ca} ±0.01 | 2.12 ^{Ba} ±0.01 | 2.13 ^{Ba} ±0.02 | 2.15 ^{Aa} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 2.08 ^{Da} ±0.01 | 2.10 ^{CDa} ±0.02 | 2.11 ^{Ca} ±0.01 | 2.14 ^{Ba} ±0.02 | 2.15 ^{ABa} ±0.01 | 2.17 ^{Aa} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 2.07 ^{Da} ±0.02 | 2.10 ^{CDa} ±0.01 | 2.11 ^{Ca} ±0.01 | 2.13 ^{Ba} ±0.02 | 2.14 ^{ABa} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 2.07 ^{Da} ±0.01 | 2.10 ^{Ca} ±0.01 | 2.12 ^{BCa} ±0.01 | 2.14 ^{ABa} ±0.02 | 2.14 ^{ABa} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 2.09 ^{Da} ±0.01 | 2.10 ^{Da} ±0.00 | 2.13 ^{Ca} ±0.02 | 2.15 ^{Ba} ±0.01 | 2.15 ^{ABa} ±0.01 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 2.08 ^{Da} ±0.01 | 2.09 ^{Da} ±0.01 | 2.11 ^{Ca} ±0.01 | 2.13 ^{Ba} ±0.02 | 2.14 ^{ABa} ±0.00 | 2.16 ^{Aa} ±0.01 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า VER เดือน 0 เท่ากับ 2.07

จากตารางที่ 4.28 และ 4.29 การศึกษาค่า length expansion ratio (LER) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรระหว่างการเก็บรักษา พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า LER อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า LER ($P\leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีค่า LER เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ซึ่งในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีค่า LER อยู่ระหว่าง 1.09 – 1.10 และ 1.10 - 1.11 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร มีค่า LER อยู่ระหว่าง 1.33 – 1.34 และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีค่า LER อยู่ระหว่าง 1.33 – 1.34

จากตารางที่ 4.30 และ 4.31 การศึกษาค่า volume expansion ratio (VER) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรระหว่างการเก็บรักษา พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า VER อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า VER ($P\leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีค่า VER เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ซึ่งในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีค่า VER อยู่ระหว่าง 1.83 – 1.85 และ 2.07 - 2.09 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร มีค่า VER อยู่ระหว่าง 1.95 – 1.96 และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีค่า VER อยู่ระหว่าง 2.16 – 2.17

ซึ่งค่า LER และ VER ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เป็นผลสืบเนื่องจากค่า WUR หรือ ค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวสามารถขยายตัวได้เพิ่มขึ้น โดยให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhou *et al.* (2007) พบว่าเมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลา 16 เดือน ค่า WUR ของข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 2 เท่า และเมล็ดข้าวมีการขยายตัวได้ดีขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องเป็นเวลา 6 เดือน ทั้งข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส และข้าวกล้องตัวอย่างควบคุมมีค่า WUR เพิ่มขึ้น 1 เท่า

ตารางที่ 4.32 ค่า hardness (นิวตัน) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 9.49 ^{Fa} ±0.20 | 11.32 ^{Ea} ±0.38 | 11.93 ^{Da} ±0.25 | 12.75 ^{Ca} ±0.25 | 14.01 ^{Ba} ±0.17 | 14.35 ^{Ab} ±0.14 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 9.60 ^{Fa} ±0.14 | 10.99 ^{Ea} ±0.24 | 12.04 ^{Da} ±0.10 | 12.66 ^{Ca} ±0.17 | 13.89 ^{Ba} ±0.11 | 14.65 ^{Aa} ±0.32 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 9.51 ^{Eb} ±0.18 | 11.13 ^{Da} ±0.15 | 12.07 ^{Ca} ±0.17 | 12.72 ^{Ba} ±0.23 | 14.07 ^{Aa} ±0.14 | 14.60 ^{Aa} ±0.48 |
| สุญญากาศ | 9.70 ^{Fa} ±0.13 | 11.18 ^{Ea} ±0.35 | 11.93 ^{Da} ±0.23 | 12.74 ^{Ca} ±0.25 | 13.92 ^{Bb} ±0.05 | 14.45 ^{Aa} ±0.15 |
| ไนโตรเจน | 9.43 ^{Fb} ±0.09 | 11.17 ^{Ea} ±0.52 | 11.96 ^{Da} ±0.19 | 12.65 ^{Ca} ±0.18 | 13.85 ^{Bb} ±0.17 | 14.45 ^{Aa} ±0.05 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 9.39 ^{Eb} ±0.07 | 11.13 ^{Da} ±0.12 | 11.99 ^{Ca} ±0.22 | 12.77 ^{Ba} ±0.26 | 14.16 ^{Aa} ±0.13 | 14.26 ^{Ab} ±0.18 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 9.72 ^{Fa} ±0.18 | 11.41 ^{Ea} ±0.24 | 11.91 ^{Da} ±0.35 | 12.81 ^{Ca} ±0.32 | 13.95 ^{Bab} ±0.05 | 14.38 ^{Ab} ±0.16 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 9.38 ^{Db} ±0.07 | 11.43 ^{Ca} ±0.65 | 11.89 ^{Ca} ±0.27 | 12.66 ^{Ba} ±0.24 | 13.91 ^{Ab} ±0.23 | 14.43 ^{Ab} ±0.02 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 9.64 ^{Fa} ±0.18 | 11.14 ^{Ea} ±0.21 | 12.14 ^{Da} ±0.10 | 12.67 ^{Ca} ±0.24 | 13.99 ^{Bab} ±0.11 | 14.95 ^{Aa} ±0.44 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 9.67 ^{Fa} ±0.09 | 10.94 ^{Ea} ±0.30 | 11.96 ^{Da} ±0.04 | 12.67 ^{Ca} ±0.19 | 13.88 ^{Bb} ±0.03 | 14.53 ^{Ab} ±0.12 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 9.49 ^{Fab} ±0.09 | 10.90 ^{Ea} ±0.24 | 12.04 ^{Da} ±0.03 | 12.63 ^{Ca} ±0.13 | 13.79 ^{Bb} ±0.08 | 14.47 ^{Ab} ±0.07 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า hardness เดือน 0 เท่ากับ 9.41

ตารางที่ 4.33 ค่า hardness (นิวตัน) ของข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 8.21 ^{Fa} ±0.10 | 8.81 ^{Ea} ±0.10 | 11.09 ^{Da} ±0.22 | 11.35 ^{Ca} ±0.13 | 12.09 ^{Ba} ±0.13 | 12.64 ^{Aa} ±0.17 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 8.13 ^{Fa} ±0.18 | 8.73 ^{Ea} ±0.22 | 11.16 ^{Da} ±0.18 | 11.40 ^{Ca} ±0.15 | 12.08 ^{Ba} ±0.11 | 12.69 ^{Aa} ±0.13 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 8.20 ^{Ea} ±0.12 | 8.79 ^{Da} ±0.07 | 11.18 ^{Ca} ±0.23 | 11.34 ^{Ca} ±0.19 | 12.05 ^{Ba} ±0.15 | 12.75 ^{Aa} ±0.15 |
| สุญญากาศ | 8.20 ^{Ea} ±0.15 | 8.69 ^{Da} ±0.22 | 11.15 ^{Ca} ±0.19 | 11.37 ^{Ca} ±0.11 | 12.10 ^{Ba} ±0.11 | 12.66 ^{Aa} ±0.16 |
| ไนโตรเจน | 8.11 ^{Fa} ±0.17 | 8.82 ^{Ea} ±0.18 | 11.05 ^{Da} ±0.19 | 11.42 ^{Ca} ±0.13 | 12.10 ^{Ba} ±0.10 | 12.59 ^{Aa} ±0.11 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 8.17 ^{Ea} ±0.05 | 8.76 ^{Da} ±0.07 | 11.11 ^{Ca} ±0.30 | 11.25 ^{Ca} ±0.14 | 12.00 ^{Ba} ±0.16 | 12.81 ^{Aa} ±0.17 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 8.24 ^{Fa} ±0.08 | 8.83 ^{Ea} ±0.16 | 11.11 ^{Da} ±0.22 | 11.39 ^{Ca} ±0.04 | 12.20 ^{Ba} ±0.03 | 12.59 ^{Aa} ±0.11 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 8.23 ^{Fa} ±0.12 | 8.82 ^{Ea} ±0.08 | 11.05 ^{Da} ±0.25 | 11.42 ^{Ca} ±0.16 | 12.07 ^{Ba} ±0.13 | 12.54 ^{Aa} ±0.12 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 8.23 ^{Ea} ±0.17 | 8.82 ^{Da} ±0.06 | 11.24 ^{Ca} ±0.17 | 11.43 ^{Ca} ±0.21 | 12.11 ^{Ba} ±0.16 | 12.70 ^{Aa} ±0.15 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 8.16 ^{Ea} ±0.21 | 8.54 ^{Da} ±0.18 | 11.19 ^{Ca} ±0.19 | 11.34 ^{Ca} ±0.16 | 12.01 ^{Ba} ±0.07 | 12.72 ^{Aa} ±0.19 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 7.99 ^{Fa} ±0.13 | 8.81 ^{Ea} ±0.28 | 11.05 ^{Da} ±0.17 | 11.42 ^{Ca} ±0.12 | 12.13 ^{Ba} ±0.07 | 12.65 ^{Aa} ±0.08 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า hardness เดือน 0 เท่ากับ 8.71

ตารางที่ 4.34 ค่า adhesiveness (นิวตัน วินาที) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการดัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม | -0.22 ^{Aa} ±0.01 | -0.21 ^{Aa} ±0.01 | -0.21 ^{Aa} ±0.02 | -0.19 ^{Ba} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.01 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 |
| เคลือบอนุมิเนียม | -0.23 ^{Aa} ±0.02 | -0.20 ^{Ba} ±0.01 | -0.20 ^{Ca} ±0.01 | -0.18 ^{Db} ±0.00 | -0.17 ^{Da} ±0.01 | -0.17 ^{Ea} ±0.00 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | -0.22 ^{Aa} ±0.01 | -0.21 ^{ABa} ±0.01 | -0.20 ^{Ba} ±0.01 | -0.19 ^{Ca} ±0.00 | -0.17 ^{Da} ±0.01 | -0.17 ^{Da} ±0.00 |
| สุญญากาศ | -0.22 ^{Aa} ±0.01 | -0.21 ^{ABa} ±0.01 | -0.21 ^{ABa} ±0.03 | -0.18 ^{BCb} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 |
| ไนโตรเจน | -0.23 ^{Aa} ±0.02 | -0.21 ^{ABa} ±0.00 | -0.20 ^{Ba} ±0.01 | -0.18 ^{Cb} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.01 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x ธรรมดา | -0.21 ^{Aa} ±0.01 | -0.21 ^{Aab} ±0.00 | -0.20 ^{ABa} ±0.00 | -0.19 ^{Ba} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.01 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x สุญญากาศ | -0.22 ^{Aa} ±0.00 | -0.21 ^{ABab} ±0.00 | -0.22 ^{Aa} ±0.04 | -0.19 ^{Ba} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.01 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x ไนโตรเจน | -0.22 ^{Aa} ±0.01 | -0.22 ^{Aa} ±0.00 | -0.21 ^{Ba} ±0.00 | -0.18 ^{Cb} ±0.00 | -0.17 ^{Da} ±0.00 | -0.17 ^{Da} ±0.00 |
| เคลือบอนุมิเนียม x ธรรมดา | -0.22 ^{Aa} ±0.00 | -0.21 ^{ABab} ±0.02 | -0.20 ^{ABa} ±0.02 | -0.18 ^{BCb} ±0.00 | -0.17 ^{Ca} ±0.00 | -0.16 ^{Ca} ±0.00 |
| เคลือบอนุมิเนียม x สุญญากาศ | -0.23 ^{Aa} ±0.01 | -0.20 ^{Bb} ±0.02 | -0.19 ^{BCa} ±0.01 | -0.18 ^{CDb} ±0.00 | -0.17 ^{Da} ±0.00 | -0.17 ^{Da} ±0.00 |
| เคลือบอนุมิเนียม x ไนโตรเจน | -0.23 ^{Aa} ±0.04 | -0.21 ^{ABab} ±0.02 | -0.20 ^{BCa} ±0.00 | -0.18 ^{CDb} ±0.00 | -0.18 ^{CDa} ±0.01 | -0.16 ^{Da} ±0.00 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า adhesiveness เดิม 0 เท่ากับ -0.24

ตารางที่ 4.35 ค่า adhesiveness (นิวตัน วินาที) ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | -0.30 ^{Aa} ±0.03 | -0.28 ^{Aa} ±0.01 | -0.23 ^{Ba} ±0.01 | -0.21 ^{BCa} ±0.01 | -0.20 ^{Ca} ±0.00 | -0.19 ^{Ca} ±0.00 |
| เคลือบอลูมิเนียม | -0.29 ^{Aa} ±0.03 | -0.26 ^{Ba} ±0.01 | -0.21 ^{Cb} ±0.01 | -0.20 ^{CDb} ±0.01 | -0.20 ^{CDa} ±0.00 | -0.19 ^{Da} ±0.00 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | -0.30 ^{Ab} ±0.02 | -0.27 ^{Ba} ±0.01 | -0.22 ^{Ca} ±0.01 | -0.21 ^{CDa} ±0.00 | -0.20 ^{Da} ±0.00 | -0.19 ^{Da} ±0.00 |
| สุญญากาศ | -0.32 ^{Aa} ±0.01 | -0.28 ^{Ba} ±0.01 | -0.22 ^{Ca} ±0.01 | -0.20 ^{CDa} ±0.01 | -0.20 ^{CDa} ±0.00 | -0.19 ^{Da} ±0.00 |
| ไนโตรเจน | -0.27 ^{Ab} ±0.04 | -0.27 ^{Ba} ±0.02 | -0.22 ^{Ba} ±0.01 | -0.20 ^{BCa} ±0.01 | -0.20 ^{BCa} ±0.00 | -0.19 ^{Ca} ±0.00 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | -0.31 ^{Aa} ±0.00 | -0.27 ^{Bab} ±0.00 | -0.23 ^{Ca} ±0.00 | -0.21 ^{Da} ±0.01 | -0.20 ^{DEa} ±0.01 | -0.19 ^{Ea} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | -0.32 ^{Aa} ±0.01 | -0.29 ^{Ba} ±0.00 | -0.22 ^{Cab} ±0.00 | -0.21 ^{Da} ±0.00 | -0.20 ^{Da} ±0.01 | -0.19 ^{Ea} ±0.01 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | -0.27 ^{Aa} ±0.04 | -0.28 ^{Ab} ±0.00 | -0.23 ^{Ba} ±0.01 | -0.20 ^{BCa} ±0.01 | -0.20 ^{BCa} ±0.00 | -0.19 ^{Ca} ±0.00 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | -0.29 ^{Aa} ±0.03 | -0.27 ^{Bbc} ±0.02 | -0.21 ^{Cbc} ±0.01 | -0.21 ^{Ca} ±0.00 | -0.19 ^{DEa} ±0.00 | -0.19 ^{Ea} ±0.00 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | -0.31 ^{Aa} ±0.01 | -0.27 ^{Bab} ±0.02 | -0.21 ^{Cbc} ±0.00 | -0.20 ^{Da} ±0.01 | -0.20 ^{DEa} ±0.00 | -0.19 ^{Ea} ±0.00 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | -0.27 ^{Aa} ±0.05 | -0.25 ^{Ac} ±0.02 | -0.21 ^{Bc} ±0.00 | -0.20 ^{Ba} ±0.01 | -0.20 ^{Ba} ±0.01 | -0.19 ^{Ba} ±0.00 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 3. ค่า adhesiveness เดือน 0 เท่ากับ -0.32

ตารางที่ 4.36 ค่า cohesiveness (อัตราส่วน) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการดัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 0.35 ^{Ca} ±0.01 | 0.32 ^{Eb} ±0.01 | 0.33 ^{Da} ±0.04 | 0.36 ^{Ba} ±0.05 | 0.35 ^{Ca} ±0.06 | 0.40 ^{Aa} ±0.06 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 0.34 ^{Ca} ±0.01 | 0.33 ^{Da} ±0.01 | 0.33 ^{Da} ±0.09 | 0.36 ^{Ba} ±0.06 | 0.36 ^{Ba} ±0.11 | 0.39 ^{Aa} ±0.02 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 0.35 ^{Ca} ±0.06 | 0.32 ^{Ea} ±0.06 | 0.33 ^{Da} ±0.04 | 0.37 ^{Ba} ±0.04 | 0.35 ^{Ca} ±0.08 | 0.39 ^{Aa} ±0.02 |
| สุญญากาศ | 0.34 ^{Ca} ±0.08 | 0.33 ^{Da} ±0.01 | 0.33 ^{Da} ±0.05 | 0.36 ^{Ba} ±0.03 | 0.36 ^{Ba} ±0.02 | 0.40 ^{Aa} ±0.04 |
| ไนโตรเจน | 0.35 ^{Da} ±0.13 | 0.33 ^{Fa} ±0.01 | 0.34 ^{Ea} ±0.04 | 0.37 ^{Ba} ±0.07 | 0.36 ^{Ca} ±0.06 | 0.40 ^{Aa} ±0.14 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 0.35 ^{Ca} ±0.24 | 0.32 ^{Eb} ±0.06 | 0.33 ^{Da} ±0.04 | 0.37 ^{Ba} ±0.04 | 0.35 ^{Ca} ±0.06 | 0.40 ^{Aa} ±0.06 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 0.34 ^{Da} ±0.06 | 0.32 ^{Fab} ±0.02 | 0.33 ^{Ea} ±0.03 | 0.35 ^{Ca} ±0.03 | 0.36 ^{Ba} ±0.02 | 0.40 ^{Aa} ±0.06 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 0.34 ^{Da} ±0.14 | 0.32 ^{Eab} ±0.02 | 0.34 ^{Da} ±0.04 | 0.37 ^{Ba} ±0.05 | 0.36 ^{Ba} ±0.04 | 0.40 ^{Aa} ±0.04 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 0.34 ^{Da} ±0.04 | 0.32 ^{Fab} ±0.05 | 0.33 ^{Ea} ±0.03 | 0.37 ^{Ba} ±0.03 | 0.36 ^{Ca} ±0.11 | 0.38 ^{Aa} ±0.02 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 0.33 ^{Ea} ±0.06 | 0.34 ^{Dab} ±0.01 | 0.34 ^{Da} ±0.04 | 0.36 ^{Ca} ±0.04 | 0.37 ^{Ba} ±0.03 | 0.40 ^{Aa} ±0.04 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 0.36 ^{Ca} ±0.13 | 0.34 ^{Da} ±0.03 | 0.34 ^{Da} ±0.02 | 0.37 ^{Ba} ±0.13 | 0.36 ^{Ca} ±0.17 | 0.40 ^{Aa} ±0.11 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า cohesiveness เดือน 0 เท่ากับ 0.33

ตารางที่ 4.37 ค่า cohesiveness (อัตราส่วน) ของข้าวกล้องที่ผ่านการดัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 0.41 ^{Da} ±0.17 | 0.43 ^{Ca} ±0.08 | 0.39 ^{Ea} ±0.15 | 0.43 ^{Ca} ±0.11 | 0.46 ^{Ba} ±0.09 | 0.50 ^{Ab} ±0.12 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 0.42 ^{Da} ±0.15 | 0.43 ^{Ca} ±0.06 | 0.40 ^{Ea} ±0.06 | 0.43 ^{Ca} ±0.07 | 0.47 ^{Ba} ±0.14 | 0.51 ^{Aa} ±0.06 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 0.42 ^{Da} ±0.22 | 0.43 ^{Ca} ±0.03 | 0.40 ^{Ea} ±0.16 | 0.43 ^{Ca} ±0.10 | 0.46 ^{Bb} ±0.10 | 0.49 ^{Ab} ±0.13 |
| สุญญากาศ | 0.41 ^{Da} ±0.09 | 0.43 ^{Ca} ±0.04 | 0.39 ^{Ea} ±0.07 | 0.43 ^{Ca} ±0.03 | 0.46 ^{Bb} ±0.06 | 0.51 ^{Aa} ±0.09 |
| ไนโตรเจน | 0.41 ^{Da} ±0.14 | 0.43 ^{Ca} ±0.06 | 0.40 ^{Ea} ±0.16 | 0.43 ^{Ca} ±0.08 | 0.48 ^{Ba} ±0.08 | 0.51 ^{Aab} ±0.11 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 0.42 ^{Da} ±0.06 | 0.43 ^{Ca} ±0.07 | 0.41 ^{Ea} ±0.19 | 0.43 ^{Ca} ±0.16 | 0.46 ^{Bb} ±0.19 | 0.48 ^{Ab} ±0.14 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 0.41 ^{Da} ±0.08 | 0.43 ^{Ca} ±0.06 | 0.39 ^{Ea} ±0.08 | 0.43 ^{Ca} ±0.10 | 0.46 ^{Bab} ±0.23 | 0.51 ^{Aa} ±0.20 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 0.40 ^{Da} ±0.04 | 0.43 ^{Ca} ±0.14 | 0.39 ^{Ea} ±0.07 | 0.43 ^{Ca} ±0.10 | 0.48 ^{Bab} ±0.09 | 0.50 ^{Aab} ±0.06 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 0.42 ^{Ea} ±0.18 | 0.44 ^{Ca} ±0.04 | 0.39 ^{Fa} ±0.04 | 0.43 ^{Da} ±0.10 | 0.46 ^{Bab} ±0.14 | 0.50 ^{Ab} ±0.01 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 0.41 ^{Ea} ±0.11 | 0.44 ^{Ca} ±0.03 | 0.40 ^{Fa} ±0.03 | 0.43 ^{Da} ±0.01 | 0.47 ^{Bab} ±0.11 | 0.51 ^{Aa} ±0.04 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 0.42 ^{Da} ±0.03 | 0.43 ^{Ca} ±0.05 | 0.42 ^{Da} ±0.03 | 0.43 ^{Ca} ±0.04 | 0.48 ^{Ba} ±0.09 | 0.51 ^{Aa} ±0.13 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า cohesiveness เดิม 0 เท่ากับ 0.40

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็ง ของข้าวกล้องหุงสุกที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.32 และ 4.33) พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์หรือสถานะการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสถานะการเก็บรักษา ทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรทุกตัวอย่างทดลองมีค่าความแข็งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละช่วงเวลาการเก็บรักษา และเริ่มมีค่าความแข็งที่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 3 เดือน เป็นต้นไป เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลอง มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรมีค่าความแข็ง อยู่ระหว่าง 9.38 – 9.49 และ 7.99 – 8.24 นิวตันตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปร มีค่าความแข็ง อยู่ระหว่าง 14.26 – 14.95 นิวตัน และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปร มีค่าความแข็ง อยู่ระหว่าง 12.54 – 12.81 นิวตัน

จากการวิเคราะห์ค่า adhesiveness ของข้าวกล้องหุงสุกที่ไม่ผ่านการตัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.34 และ 4.35) พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์หรือสถานะการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า adhesiveness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสถานะการเก็บรักษา พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน ทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรทุกตัวอย่างทดลองที่ค่า adhesiveness ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษา แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่าง มีค่า adhesiveness ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปร มีค่า adhesiveness อยู่ระหว่าง (- 0.21) – (-0.23) นิวตัน วินาที และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปร มีค่า adhesiveness อยู่ระหว่าง (-0.16) – (-0.17) นิวตัน วินาที นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสมีค่า adhesiveness ใกล้เคียงกัน

และจากการวิเคราะห์ ค่า cohesiveness ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.36 และ 4.37) พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์หรือสถานะการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า cohesiveness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสถานะการเก็บรักษา พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสทุกตัวอย่างทดลองที่ค่า cohesiveness ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละช่วงเวลาการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ข้าวกล้องมีค่า cohesiveness เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรและข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีค่า cohesiveness อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.36 และ 0.40 – 0.42 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร มีค่า cohesiveness อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.40 และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีค่า cohesiveness อยู่ระหว่าง 0.40 – 0.51 นิวตัน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องแข็งขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนในข้าวเกิดการรวมตัวกับสตาร์ชเกิดเป็น protein-starch complexes (สุรศักดิ์, 2550) และเกิด sol-gel transformation ซึ่งเป็นสารเชิงซ้อนที่มีความคงตัวมากขึ้น (Sirisoontarak and Noomhorm, 2006) จึงส่งผลให้ starch granules มีความต้านทานต่อการทำลายด้วยความร้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมล็ดข้าวจึงมีค่า hardness และ cohesiveness เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัสโดยใช้เอนไซม์และทำให้คงตัวด้วยไมโครเวฟ มีค่า cohesiveness ที่สูงกว่าข้าวปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัสมีลักษณะที่เหนียวเกาะติดกันมากกว่าข้าวปกติ

ปริมาณ lipase activity ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร ระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.38 และ 4.39) พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ lipase activity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สภาวะการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ lipase activity ($P \leq 0.05$) หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษา พบว่า lipase activity ของตัวอย่างเริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 3 เดือน และพบว่าข้าวกล้องที่บรรจุแบบสุญญากาศและแบบเติมในโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ lipase activity น้อยกว่า การบรรจุแบบธรรมดา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีปริมาณ lipase activity เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีปริมาณ lipase activity อยู่ระหว่าง 802.77 - 816.90 และ 642.49 - 668.91 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง ตามลำดับ ซึ่งการคัดแปรเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องทำให้ lipase activity น้อยลง และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร มีปริมาณ lipase activity อยู่ระหว่าง 1073.85 - 1123.49 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีปริมาณ lipase activity อยู่ระหว่าง 1019.28 - 1075.49 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง โดยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 เท่า ของเดือนแรก ซึ่ง lipase activity ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากในงานวิจัยนี้การเก็บรักษาข้าวกล้อง ได้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณ 20-35 องศาเซลเซียส

(เดือนพฤศจิกายน-เมษายน) โดยช่วงอุณหภูมิที่เอนไซม์ไลเปสสามารถเกิดกิจกรรมได้สูงสุด คือที่ 35 องศาเซลเซียส และคงตัวอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 20 – 45 องศาเซลเซียส (ศิริมา, 2547) ในงานวิจัยของ สุภาวดี (2542) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไขมันในข้าวกล้องหอมมะลิ เนื่องจาก lipase activity ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยเก็บรักษาในถุงไนลอน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าข้าวมี lipase activity เพิ่มสูงขึ้น จากเดิม 6.20 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง เพิ่มเป็น 15.70 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง คือเพิ่มขึ้น 2.5 เท่า ภายในระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งมากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของ lipase activity ในงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามผลการวิจัยนี้พบ lipase activity ในปริมาณที่สูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากข้าวกล้องผ่านการย่อยเส้นใยจึงทำให้เกิดการปลดปล่อยของเอนไซม์ไลเปสออกจากชั้นรำข้าวมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.40 และ 4.41) พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันอิสระ โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องทุกตัวอย่างทดลองมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งในเดือนที่ 1 ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีปริมาณกรดไขมันอิสระ อยู่ระหว่างร้อยละ 0.0183 - 0.0202 และ 0.0113 - 0.0118 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาครบ 6 เดือน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปร มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.0471 - 0.049 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 2.5 เท่า และข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร มีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.0346 - 0.0374 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 3.1 เท่า ของเดือนแรก กรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เกิดจากการสลายตัวของไขมันในข้าว จากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปสและปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรพบปริมาณของกรดไขมันอิสระน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการคัดแปร เนื่องจากความร้อนจากไมโครเวฟสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสได้ ดังนั้นข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรจึงมีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระน้อยกว่า (Zhoa *et al.*, 2007) ในงานวิจัยของ Aibara *et al.*, (1985) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไขมันในชั้นรำข้าวของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 เดือน พบว่ากรดไขมันอิสระมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในเดือนที่ 6 พบกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.2 เป็น 0.5 (เพิ่มขึ้น 2.5 เท่า) และในเดือนที่ 15 พบปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงเหลือ ร้อยละ 0.3 และในงานวิจัยของ Jaisut *et al.*, (2009) ได้ศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระในข้าวกล้องหอมมะลิ ที่ผ่านการให้ความร้อนสูงด้วยวิธีฟลูอิดไดเซชัน เมื่อเก็บรักษาระยะเวลา 7 เดือน พบว่าปริมาณกรดไขมัน

อิสระมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.4 เป็น 0.6 (เพิ่มขึ้น 1.5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ramezanzadeh *et al.*, (1999) ได้ศึกษาการยับยั้งกลิ่นหืนในรำข้าวโดยใช้ไมโครเวฟพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.5 เป็นร้อยละ 54.3 (เพิ่มขึ้น 21.72 เท่า) ส่วนตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.5 เป็นร้อยละ 9.3 (เพิ่มขึ้น 3.75 เท่า) เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าการใช้เอนไซม์ในการย่อยเส้นใยข้าวกล้องเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและทำให้คงตัวด้วยไมโครเวฟ ทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่างานวิจัยอื่นๆ และมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระที่ต่ำกว่าภายในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

ตารางที่ 4.38 ปริมาณ lipase activity (หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 811.69 ^{Fa} ±16.124 | 852.34 ^{Ea} ±11.59 | 887.56 ^{Da} ±12.41 | 933.12 ^{Ca} ±14.07 | 1036.18 ^{Ba} ±15.39 | 1094.46 ^{Aa} ±24.53 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 808.83 ^{Fa} ±10.57 | 853.19 ^{Ea} ±10.87 | 884.91 ^{Da} ±11.09 | 932.15 ^{Ca} ±9.37 | 1031.26 ^{Ba} ±10.61 | 1090.07 ^{Aa} ±19.81 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 813.69 ^{Fa} ±16.99 | 857.59 ^{Ea} ±11.94 | 890.90 ^{Da} ±7.52 | 935.40 ^{Cb} ±7.48 | 1043.25 ^{Bb} ±12.06 | 1118.98 ^{Aa} ±8.76 |
| สุญญากาศ | 803.15 ^{Fa} ±10.42 | 845.90 ^{Ea} ±4.45 | 874.75 ^{Db} ±6.06 | 922.20 ^{Ca} ±9.30 | 1021.35 ^{Ba} ±5.91 | 1075.20 ^{Ab} ±4.07 |
| ไนโตรเจน | 813.95 ^{Fa} ±10.66 | 854.81 ^{Ea} ±12.35 | 893.06 ^{Da} ±10.77 | 940.31 ^{Cb} ±10.23 | 1036.56 ^{Bb} ±9.91 | 1082.62 ^{Ab} ±14.06 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 814.65 ^{Fa} ±22.04 | 856.82 ^{Ea} ±9.28 | 893.23 ^{Dab} ±9.28 | 935.97 ^{Ca} ±11.17 | 1046.14 ^{Ba} ±17.20 | 1123.49 ^{Aa} ±9.61 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 803.52 ^{Fa} ±12.45 | 847.04 ^{Ea} ±9.08 | 875.79 ^{Dbc} ±9.08 | 921.99 ^{Ca} ±11.41 | 1022.09 ^{Bb} ±8.97 | 1076.56 ^{Ab} ±5.61 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 816.90 ^{Fa} ±15.66 | 853.15 ^{Ea} ±11.65 | 893.67 ^{Da} ±11.65 | 941.39 ^{Ca} ±15.36 | 1040.30 ^{Bab} ±9.91 | 1083.33 ^{Ab} ±18.78 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 812.73 ^{Fa} ±15.26 | 858.35 ^{Ea} ±6.26 | 888.58 ^{Dabc} ±6.26 | 934.83 ^{Ca} ±3.78 | 1040.35 ^{Bab} ±6.54 | 1114.47 ^{Aa} ±6.22 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 802.77 ^{Fa} ±10.78 | 844.76 ^{Ea} ±2.45 | 873.71 ^{Dc} ±2.45 | 922.40 ^{Ca} ±9.27 | 1020.62 ^{Bb} ±2.28 | 1073.85 ^{Ab} ±2.10 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 811.01 ^{Fa} ±3.61 | 856.47 ^{Ea} ±12.37 | 892.45 ^{Dab} ±12.37 | 939.23 ^{Ca} ±4.70 | 1032.82 ^{Bab} ±10.25 | 1081.91 ^{Ab} ±11.82 |

- หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
3. ค่า lipase activity เดือน 0 เท่ากับ 775.29 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง

ตารางที่ 4.39 ปริมาณ lipase activity (หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง) ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 652.89 ^{Ea} ±15.14 | 704.46 ^{Da} ±12.96 | 719.88 ^{Da} ±17.32 | 836.22 ^{Ca} ±11.48 | 917.10 ^{Ba} ±6.86 | 1041.74 ^{Aa} ±26.77 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 651.57 ^{Ea} ±15.22 | 702.08 ^{Da} ±13.37 | 720.02 ^{Da} ±17.28 | 835.65 ^{Ca} ±13.41 | 918.54 ^{Ba} ±10.07 | 1040.29 ^{Aa} ±23.71 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 667.08 ^{Fa} ±13.39 | 710.33 ^{Ea} ±7.98 | 736.86 ^{Da} ±14.09 | 836.62 ^{Ca} ±11.79 | 921.15 ^{Ba} ±8.69 | 1072.83 ^{Aa} ±5.41 |
| สุญญากาศ | 643.08 ^{Fb} ±8.26 | 694.89 ^{Ea} ±13.64 | 707.76 ^{Db} ±8.92 | 833.05 ^{Ca} ±7.46 | 914.53 ^{Ba} ±8.07 | 1020.90 ^{Ab} ±10.36 |
| ไนโตรเจน | 646.53 ^{Fb} ±9.34 | 704.59 ^{Ea} ±12.81 | 715.24 ^{Db} ±11.46 | 838.15 ^{Ca} ±16.98 | 917.79 ^{Ba} ±8.52 | 1029.33 ^{Ab} ±6.88 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 668.91 ^{Fa} ±11.77 | 709.64 ^{Ea} ±8.07 | 738.60 ^{Da} ±11.94 | 836.95 ^{Ca} ±18.46 | 921.05 ^{Ba} ±8.92 | 1075.49 ^{Aa} ±4.10 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 643.66 ^{Eb} ±4.21 | 694.73 ^{Da} ±16.90 | 710.27 ^{Db} ±10.73 | 834.74 ^{Ca} ±4.46 | 912.49 ^{Ba} ±3.03 | 1022.52 ^{Ab} ±14.19 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 646.10 ^{Eb} ±13.38 | 708.99 ^{Da} ±10.40 | 710.77 ^{Db} ±12.40 | 836.98 ^{Ca} ±12.72 | 917.77 ^{Ba} ±6.60 | 1027.22 ^{Ab} ±8.34 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 665.26 ^{Fab} ±17.32 | 711.01 ^{Ea} ±9.62 | 735.11 ^{Da} ±18.57 | 836.29 ^{Ca} ±2.48 | 921.25 ^{Ba} ±10.45 | 1070.16 ^{Aa} ±5.92 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 642.49 ^{Eb} ±12.32 | 695.05 ^{Da} ±13.40 | 705.24 ^{Db} ±8.06 | 831.35 ^{Ca} ±10.52 | 916.57 ^{Ba} ±11.88 | 1019.28 ^{Ab} ±7.67 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 646.96 ^{Eb} ±6.20 | 700.19 ^{Da} ±15.61 | 719.70 ^{Dab} ±10.72 | 839.31 ^{Ca} ±23.55 | 917.80 ^{Ba} ±11.75 | 1031.44 ^{Ab} ±5.95 |

- หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
3. ค่า lipase activity เดือน 0 เท่ากับ 634.37 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง

ตารางที่ 4.40 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบออกซิเจน | 0.0191 ^{Fa} ±0.0007 | 0.0212 ^{Ea} ±0.0015 | 0.0270 ^{Da} ±0.0006 | 0.0338 ^{Ca} ±0.0014 | 0.0406 ^{Ba} ±0.0010 | 0.0486 ^{Aa} ±0.0017 |
| เคลือบออกซิเจน | 0.0191 ^{Fa} ±0.0014 | 0.0212 ^{Ea} ±0.0010 | 0.0270 ^{Da} ±0.0006 | 0.0336 ^{Ca} ±0.0016 | 0.0405 ^{Ba} ±0.0009 | 0.0485 ^{Aa} ±0.0012 |
| สถานะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 0.0200 ^{Fa} ±0.0006 | 0.0217 ^{Ea} ±0.0005 | 0.0273 ^{Da} ±0.0004 | 0.0349 ^{Ca} ±0.0017 | 0.0413 ^{Ba} ±0.0005 | 0.0498 ^{Aa} ±0.0013 |
| สุญญากาศ | 0.0185 ^{Fb} ±0.0013 | 0.0209 ^{Ea} ±0.0014 | 0.0267 ^{Da} ±0.0005 | 0.0327 ^{Cb} ±0.0010 | 0.0398 ^{Bb} ±0.0011 | 0.0472 ^{Ab} ±0.0009 |
| ไนโตรเจน | 0.0188 ^{Fab} ±0.0006 | 0.0211 ^{Ea} ±0.0016 | 0.0271 ^{Da} ±0.0007 | 0.0336 ^{Cab} ±0.0009 | 0.0405 ^{Bab} ±0.0005 | 0.0487 ^{Aa} ±0.0008 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบออกซิเจน x ธรรมดา | 0.0198 ^{Ea} ±0.0002 | 0.0216 ^{Ea} ±0.0006 | 0.0273 ^{Da} ±0.0006 | 0.0354 ^{Ca} ±0.0013 | 0.0414 ^{Ba} ±0.0006 | 0.0499 ^{Aa} ±0.0020 |
| ไม่เคลือบออกซิเจน x สุญญากาศ | 0.0186 ^{Fa} ±0.0004 | 0.0209 ^{Ea} ±0.0017 | 0.0267 ^{Da} ±0.0004 | 0.0328 ^{Cab} ±0.0006 | 0.0399 ^{Bab} ±0.0012 | 0.0472 ^{Ab} ±0.0011 |
| ไม่เคลือบออกซิเจน x ไนโตรเจน | 0.0188 ^{Fa} ±0.0010 | 0.0211 ^{Ea} ±0.0023 | 0.0270 ^{Da} ±0.0008 | 0.0333 ^{Cab} ±0.0010 | 0.0404 ^{Bab} ±0.0006 | 0.0487 ^{Ab} ±0.0013 |
| เคลือบออกซิเจน x ธรรมดา | 0.0202 ^{Ea} ±0.0009 | 0.0217 ^{Ea} ±0.0004 | 0.0273 ^{Da} ±0.0003 | 0.0344 ^{Cab} ±0.0023 | 0.0412 ^{Bab} ±0.0005 | 0.0497 ^{Aa} ±0.0006 |
| เคลือบออกซิเจน x สุญญากาศ | 0.0183 ^{Fa} ±0.0021 | 0.0208 ^{Ea} ±0.0014 | 0.0267 ^{Da} ±0.0006 | 0.0325 ^{Cb} ±0.0014 | 0.0397 ^{Bb} ±0.0012 | 0.0471 ^{Ab} ±0.0009 |
| เคลือบออกซิเจน x ไนโตรเจน | 0.0187 ^{Fa} ±0.0002 | 0.0211 ^{Ea} ±0.0010 | 0.0271 ^{Da} ±0.0008 | 0.0340 ^{Cab} ±0.0007 | 0.0406 ^{Bab} ±0.0006 | 0.0487 ^{Ab} ±0.0003 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า กรดไขมันอิสระ เดือน 0 เท่ากับ ร้อยละ 0.017

ตารางที่ 4.41 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ของข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม | 0.0116 ^{Fa} ±0.0008 | 0.0145 ^{Ea} ±0.0005 | 0.0178 ^{Da} ±0.0011 | 0.0214 ^{Ca} ±0.0005 | 0.0250 ^{Ba} ±0.0008 | 0.0360 ^{Aa} ±0.0014 |
| เคลือบอลูมิเนียม | 0.0115 ^{Fa} ±0.0004 | 0.0145 ^{Ea} ±0.0004 | 0.0174 ^{Da} ±0.0010 | 0.0213 ^{Ca} ±0.0006 | 0.0248 ^{Ba} ±0.0007 | 0.0357 ^{Aa} ±0.0014 |
| สภาวะ | | | | | | |
| ธรรมดา | 0.0118 ^{Fa} ±0.0004 | 0.0149 ^{Ea} ±0.0002 | 0.0183 ^{Da} ±0.0011 | 0.0217 ^{Ca} ±0.0006 | 0.0256 ^{Ba} ±0.0005 | 0.0374 ^{Aa} ±0.0009 |
| สุญญากาศ | 0.0114 ^{Fa} ±0.0010 | 0.0142 ^{Ea} ±0.0004 | 0.0173 ^{Da} ±0.0010 | 0.0212 ^{Ca} ±0.0006 | 0.0244 ^{Bb} ±0.0005 | 0.0348 ^{Ab} ±0.0005 |
| ไนโตรเจน | 0.0115 ^{Fa} ±0.0004 | 0.0144 ^{Ea} ±0.0006 | 0.0172 ^{Da} ±0.0004 | 0.0213 ^{Ca} ±0.0001 | 0.0247 ^{Bb} ±0.0007 | 0.0355 ^{Ab} ±0.0011 |
| บรรจุภัณฑ์ x สภาวะ | | | | | | |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 0.0117 ^{Fa} ±0.0006 | 0.0149 ^{Ea} ±0.0001 | 0.0188 ^{Da} ±0.0002 | 0.0219 ^{Ca} ±0.0006 | 0.0258 ^{Ba} ±0.0001 | 0.0374 ^{Aa} ±0.0013 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 0.0115 ^{Fa} ±0.0014 | 0.0142 ^{Ea} ±0.0006 | 0.0175 ^{Da} ±0.0015 | 0.0212 ^{Ca} ±0.0002 | 0.0245 ^{Bb} ±0.0006 | 0.0349 ^{Ab} ±0.0006 |
| ไม่เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 0.0116 ^{Fa} ±0.0005 | 0.0145 ^{Ea} ±0.0005 | 0.0172 ^{Da} ±0.0001 | 0.0212 ^{Ca} ±0.0002 | 0.0247 ^{Bab} ±0.0010 | 0.0357 ^{Aab} ±0.0012 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ธรรมดา | 0.0118 ^{Fa} ±0.0003 | 0.0148 ^{Ea} ±0.0002 | 0.0178 ^{Ca} ±0.0015 | 0.0215 ^{Ca} ±0.0006 | 0.0254 ^{Ba} ±0.0008 | 0.0374 ^{Aa} ±0.0006 |
| เคลือบอลูมิเนียม x สุญญากาศ | 0.0113 ^{Fa} ±0.0005 | 0.0142 ^{Ea} ±0.0004 | 0.0172 ^{Ca} ±0.0005 | 0.0211 ^{Ca} ±0.0010 | 0.0243 ^{Bb} ±0.0006 | 0.0346 ^{Ab} ±0.0005 |
| เคลือบอลูมิเนียม x ไนโตรเจน | 0.0114 ^{Fa} ±0.0004 | 0.0144 ^{Ea} ±0.0008 | 0.0171 ^{Ca} ±0.0006 | 0.0213 ^{Ca} ±0.0002 | 0.0246 ^{Bb} ±0.0005 | 0.0353 ^{Ab} ±0.0011 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ค่า กรดไขมันอิสระ เดือน 0 เท่ากับ ร้อยละ 0.0100

ตารางที่ 4.42 อัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกลีงที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ระหว่างการเก็บรักษา

| ปัจจัย | ร้อยละ | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | L | a | b | OCT | WUR | LER | VER | HN | AN | CN | LA | FAA |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | | | | | | | |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม | -6.79 | -6.76 | 11.18 | 15.48 | 2.23 | 3.87 | 6.98 | 52.54 | -30.42 | 21.21 | 41.17 | 185.82 |
| เคลือบอนุมิเนียม | -6.65 | -6.66 | 10.99 | 14.84 | 2.23 | 3.97 | 7.16 | 55.65 | -31.21 | 18.18 | 40.60 | 185.29 |
| สถานะ | | | | | | | | | | | | |
| ธรรมดา | -7.34 | -7.09 | 11.57 | 15.16 | 2.23 | 3.83 | 7.28 | 55.17 | -31.00 | 18.18 | 44.33 | 192.84 |
| สุญญากาศ | -6.16 | -6.36 | 10.60 | 14.25 | 2.79 | 4.13 | 7.10 | 53.58 | -30.58 | 21.21 | 38.68 | 177.45 |
| ไนโตรเจน | -6.65 | -6.68 | 11.09 | 16.07 | 2.23 | 3.83 | 6.83 | 53.53 | -30.79 | 21.21 | 39.64 | 186.37 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | | | | | | | |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x ธรรมดา | -7.34 | -7.09 | 11.62 | 16.07 | 2.23 | 3.67 | 7.28 | 51.52 | -30.29 | 21.21 | 44.91 | 193.33 |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x สุญญากาศ | -6.25 | -6.44 | 10.82 | 14.25 | 2.23 | 3.97 | 7.28 | 52.77 | -30.67 | 21.21 | 38.86 | 177.84 |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x ไนโตรเจน | -6.75 | -6.76 | 11.09 | 16.07 | 2.23 | 3.97 | 6.38 | 53.33 | -30.25 | 21.21 | 39.73 | 186.27 |
| เคลือบอนุมิเนียม x ธรรมดา | -7.33 | -7.09 | 11.52 | 14.25 | 2.23 | 3.97 | 7.28 | 58.83 | -31.75 | 15.15 | 43.75 | 192.35 |
| เคลือบอนุมิเนียม x สุญญากาศ | -6.07 | -6.28 | 10.37 | 14.25 | 3.35 | 4.28 | 6.92 | 54.39 | -30.50 | 21.21 | 38.51 | 177.06 |
| เคลือบอนุมิเนียม x ไนโตรเจน | -6.56 | -6.60 | 11.09 | 16.07 | 1.68 | 3.67 | 7.28 | 53.73 | -31.38 | 21.21 | 39.55 | 186.47 |

หมายเหตุ 1. ค่าติดลบ แสดงถึงข้อมูลมีค่าลดลง

2. OCT = optimum cooking time, WUR = water uptake ratio, LER = length expansion ratio, VER = volume expansion ratio, HN = hardness, AN = adhesiveness, CN = cohesiveness, LA = lipase activity, FFA = free fatty acid

ตารางที่ 4.43 อัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกลีงที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

| ปัจจัย | ร้อยละ | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | L | a | b | OCT | WUR | LER | VER | HN | AN | CN | LA | FAA |
| บรรจุภัณฑ์ | | | | | | | | | | | | |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม | -4.06 | -4.75 | 15.56 | 23.63 | 2.15 | 1.29 | 4.56 | 45.17 | -41.22 | 25.00 | 64.22 | 260.11 |
| เคลือบอนุมิเนียม | -4.09 | -5.16 | 15.50 | 25.69 | 2.21 | 1.29 | 4.24 | 45.66 | -41.69 | 27.50 | 63.99 | 257.33 |
| สถานะ | | | | | | | | | | | | |
| ธรรมดา | -4.50 | -5.52 | 16.17 | 26.06 | 2.09 | 1.49 | 4.35 | 46.39 | -41.13 | 22.50 | 69.12 | 273.83 |
| สุญญากาศ | -3.83 | -4.72 | 15.10 | 23.94 | 2.36 | 1.34 | 4.59 | 45.29 | -41.53 | 27.50 | 60.93 | 247.50 |
| ไนโตรเจน | -3.88 | -4.62 | 15.32 | 23.94 | 2.09 | 1.04 | 4.27 | 44.56 | -41.72 | 27.50 | 62.26 | 254.83 |
| บรรจุภัณฑ์ x สถานะ | | | | | | | | | | | | |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x ธรรมดา | -4.47 | -5.42 | 16.13 | 25.00 | 2.09 | 1.49 | 4.51 | 47.03 | -40.81 | 20.50 | 69.54 | 274.00 |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x สุญญากาศ | -3.81 | -4.62 | 15.16 | 22.94 | 2.09 | 1.49 | 4.67 | 44.55 | -41.50 | 27.50 | 61.19 | 249.33 |
| ไม่เคลือบอนุมิเนียม x ไนโตรเจน | -3.88 | -4.22 | 15.40 | 22.94 | 2.27 | 0.89 | 4.51 | 43.93 | -41.38 | 25.00 | 61.93 | 257.00 |
| เคลือบอนุมิเนียม x ธรรมดา | -4.55 | -5.62 | 16.21 | 27.06 | 2.09 | 1.49 | 4.19 | 45.76 | -41.44 | 25.00 | 68.70 | 273.67 |
| เคลือบอนุมิเนียม x สุญญากาศ | -3.84 | -4.82 | 15.04 | 25.00 | 2.62 | 1.19 | 4.51 | 46.04 | -41.53 | 27.50 | 60.68 | 245.67 |
| เคลือบอนุมิเนียม x ไนโตรเจน | -3.89 | -5.02 | 15.24 | 25.00 | 1.92 | 1.19 | 4.02 | 45.19 | -42.06 | 27.50 | 62.59 | 252.67 |

หมายเหตุ 1. ค่าติดลบ แสดงถึงข้อมูลมีค่าลดลง

2. OCT = optimum cooking time, WUR = water uptake ratio, LER = length expansion ratio, VER = volume expansion ratio, HN = hardness, AN = adhesiveness, CN = cohesiveness, LA = lipase activity, FAA = free fatty acid

ตารางที่ 4.44 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวกล้องหุงสุก ระหว่างการเก็บรักษา

| ตัวอย่าง | ชนิดบรรจุภัณฑ์ | สถานะ | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ไม่ผ่านการตัด แปรเนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.74 ^{Aa} ±0.85 | 6.83 ^{Aa} ±0.62 | 6.71 ^{Aa} ±0.86 | 6.74 ^{Aa} ±0.78 | 6.63 ^{Aa} ±0.84 | 6.60 ^{Aa} ±0.81 |
| | | สุญญากาศ | 6.91 ^{Aa} ±0.82 | 6.86 ^{Aa} ±0.65 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.94 ^{Aa} ±0.80 | 6.80 ^{Aa} ±0.76 | 6.74 ^{Aa} ±0.82 |
| | | ไนโตรเจน | 6.80 ^{Aa} ±0.76 | 6.83 ^{Aa} ±0.86 | 7.03 ^{Aa} ±0.71 | 6.74 ^{Aa} ±0.85 | 6.86 ^{Aa} ±0.69 | 6.71 ^{Aa} ±0.89 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.91 ^{Aa} ±0.74 | 6.71 ^{Aa} ±0.86 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.71 ^{Aa} ±0.83 | 6.71 ^{Aa} ±0.83 | 6.71 ^{Aa} ±0.83 |
| | | สุญญากาศ | 6.83 ^{Aa} ±0.79 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.80 ^{Aa} ±0.83 | 6.81 ^{Aa} ±0.82 | 6.71 ^{Aa} ±0.86 |
| | | ไนโตรเจน | 6.91 ^{Aa} ±0.61 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.94 ^{Aa} ±0.80 | 6.83 ^{Aa} ±0.71 | 6.74 ^{Aa} ±0.78 | 6.74 ^{Aa} ±0.85 |
| ผ่านการตัด แปร เนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.91 ^{Aa} ±0.70 | 6.83 ^{Aa} ±0.75 | 6.94 ^{Aa} ±0.76 | 6.83 ^{Aa} ±0.86 | 6.71 ^{Aa} ±0.96 | 6.74 ^{Aa} ±0.89 |
| | | สุญญากาศ | 7.17 ^{Aa} ±0.75 | 7.06 ^{Aa} ±0.80 | 7.11 ^{Aa} ±0.76 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.94 ^{Aa} ±0.73 | 6.80 ^{Aa} ±0.83 |
| | | ไนโตรเจน | 7.00 ^{Aa} ±0.77 | 6.91 ^{Aa} ±0.78 | 7.00 ^{Aa} ±0.64 | 6.97 ^{Aa} ±0.86 | 6.83 ^{Aa} ±0.82 | 6.71 ^{Aa} ±0.96 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 7.14 ^{Aa} ±0.77 | 7.06 ^{ABa} ±0.64 | 7.06 ^{ABa} ±0.59 | 6.83 ^{ABa} ±0.82 | 6.94 ^{ABa} ±0.87 | 6.71 ^{Ba} ±0.79 |
| | | สุญญากาศ | 7.09 ^{Aa} ±0.74 | 6.97 ^{Aa} ±0.75 | 7.06 ^{Aa} ±0.64 | 6.94 ^{Aa} ±0.76 | 7.06 ^{Aa} ±0.73 | 6.80 ^{Aa} ±0.80 |
| | | ไนโตรเจน | 7.11 ^{Aa} ±0.76 | 6.97 ^{Aa} ±0.82 | 6.94 ^{Aa} ±0.80 | 6.94 ^{Aa} ±0.91 | 6.83 ^{Aa} ±0.86 | 6.71 ^{Aa} ±0.83 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.45 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของข้าวกล้องหุงสุก ระหว่างการเก็บรักษา

| ตัวอย่าง | ชนิดบรรจุภัณฑ์ | สถานะ | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|----------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ไม่ผ่านการตัด แปรรูปเนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.54 ^{Aa} ±0.56 | 6.54 ^{Aa} ±0.74 | 6.46 ^{Aa} ±0.85 | 6.40 ^{Aa} ±0.85 | 6.40 ^{Aa} ±0.74 | 6.34 ^{Aa} ±0.64 |
| | | สุญญากาศ | 6.54 ^{Aa} ±0.89 | 6.63 ^{Aa} ±0.81 | 6.57 ^{Aa} ±0.88 | 6.54 ^{Aa} ±0.89 | 6.55 ^{Aa} ±0.88 | 6.40 ^{Aa} ±0.91 |
| | | ไนโตรเจน | 6.51 ^{Aa} ±0.74 | 6.54 ^{Aa} ±0.78 | 6.43 ^{Aa} ±0.88 | 6.43 ^{Aa} ±0.88 | 6.43 ^{Aa} ±0.78 | 6.44 ^{Aa} ±0.70 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.63 ^{Aa} ±0.73 | 6.54 ^{Aa} ±0.85 | 6.54 ^{Aa} ±0.82 | 6.43 ^{Aa} ±0.85 | 6.43 ^{Aa} ±0.74 | 6.40 ^{Aa} ±0.81 |
| | | สุญญากาศ | 6.63 ^{Aa} ±0.81 | 6.63 ^{Aa} ±0.94 | 6.51 ^{Aa} ±0.85 | 6.54 ^{Aa} ±0.85 | 6.54 ^{Aa} ±0.85 | 6.40 ^{Aa} ±0.85 |
| | | ไนโตรเจน | 6.54 ^{Aa} ±0.82 | 6.54 ^{Aa} ±0.89 | 6.43 ^{Aa} ±0.81 | 6.54 ^{Aa} ±0.85 | 6.40 ^{Aa} ±0.85 | 6.43 ^{Aa} ±0.81 |
| ผ่านการตัด แปรรูปเนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.97 ^{Ab} ±0.89 | 6.83 ^{ABab} ±0.75 | 6.74 ^{ABa} ±0.95 | 6.66 ^{ABa} ±0.73 | 6.54 ^{Ba} ±0.82 | 6.54 ^{Ba} ±0.61 |
| | | สุญญากาศ | 7.03 ^{Ab} ±0.75 | 6.91 ^{Ab} ±0.78 | 6.86 ^{Aa} ±0.77 | 6.86 ^{Aa} ±0.85 | 6.77 ^{Aa} ±0.81 | 6.74 ^{Aa} ±0.98 |
| | | ไนโตรเจน | 6.91 ^{Ab} ±0.78 | 6.80 ^{Ab} ±0.72 | 6.74 ^{Aa} ±0.66 | 6.74 ^{Aa} ±0.89 | 6.71 ^{Aa} ±0.71 | 6.74 ^{Aa} ±0.82 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.80 ^{Ab} ±0.80 | 6.94 ^{Ab} ±0.73 | 6.66 ^{Aa} ±0.76 | 6.77 ^{Aa} ±0.77 | 6.60 ^{Aa} ±0.77 | 6.74 ^{Aa} ±0.70 |
| | | สุญญากาศ | 7.20 ^{Aa} ±0.76 | 7.17 ^{ABa} ±0.62 | 6.86 ^{ABCa} ±0.77 | 6.83 ^{BCa} ±0.75 | 6.71 ^{Ba} ±0.93 | 6.71 ^{Ba} ±0.71 |
| | | ไนโตรเจน | 7.11 ^{Ab} ±0.80 | 7.09 ^{ABab} ±0.74 | 6.80 ^{ABa} ±0.80 | 6.80 ^{ABa} ±0.80 | 6.60 ^{Ba} ±0.81 | 6.60 ^{Ba} ±0.85 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.46 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของข้าวกล้องหุงสุก ระหว่างการเก็บรักษา

| ตัวอย่าง | ชนิดบรรจุภัณฑ์ | สถานะ | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ไม่ผ่านการตัด แปรเนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.20 ^{Aa} ±0.72 | 6.26 ^{Aa} ±0.56 | 6.23 ^{Aa} ±0.97 | 6.11 ^{Aa} ±0.83 | 6.14 ^{Aa} ±0.77 | 6.03 ^{Aa} ±0.75 |
| | | สุญญากาศ | 6.46 ^{Aa} ±0.78 | 6.43 ^{Aa} ±0.85 | 6.42 ^{Aa} ±0.86 | 6.32 ^{Aa} ±0.90 | 6.32 ^{Aa} ±0.69 | 6.24 ^{Aa} ±0.83 |
| | | ไนโตรเจน | 6.31 ^{Aa} ±0.87 | 6.43 ^{Aa} ±0.92 | 6.34 ^{Aa} ±0.80 | 6.37 ^{Aa} ±0.88 | 6.23 ^{Aa} ±0.83 | 6.23 ^{Aa} ±0.73 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.34 ^{Aa} ±0.68 | 6.34 ^{Aa} ±0.87 | 6.26 ^{Aa} ±0.85 | 6.20 ^{Aa} ±0.93 | 6.26 ^{Aa} ±0.85 | 6.14 ^{Aa} ±0.88 |
| | | สุญญากาศ | 6.43 ^{Aa} ±0.70 | 6.43 ^{Aa} ±0.81 | 6.46 ^{Aa} ±0.82 | 6.43 ^{Aa} ±0.74 | 6.26 ^{ABa} ±0.82 | 6.00 ^{Ba} ±0.80 |
| | | ไนโตรเจน | 6.31 ^{ABa} ±0.68 | 6.34 ^{ABa} ±0.80 | 6.32 ^{Aa} ±0.69 | 6.35 ^{ABa} ±0.61 | 6.26 ^{ABa} ±0.74 | 6.06 ^{Ba} ±0.75 |
| ผ่านการตัด แปร เนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.83 ^{Aa} ±1.01 | 6.74 ^{Aa} ±0.85 | 6.77 ^{Aa} ±0.69 | 6.77 ^{Aa} ±0.88 | 6.77 ^{Aa} ±0.88 | 6.51 ^{Aa} ±0.74 |
| | | สุญญากาศ | 6.83 ^{Aa} ±1.01 | 6.80 ^{Aa} ±0.76 | 6.83 ^{Aa} ±0.82 | 6.86 ^{Aa} ±0.91 | 6.71 ^{Aa} ±0.96 | 6.63 ^{Aa} ±0.84 |
| | | ไนโตรเจน | 6.83 ^{Aa} ±0.86 | 6.63 ^{Aa} ±0.77 | 6.66 ^{Aa} ±0.76 | 6.77 ^{Aa} ±0.86 | 6.74 ^{Aa} ±0.85 | 6.60 ^{Aa} ±0.85 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.91 ^{Aa} ±0.89 | 6.83 ^{Aa} ±0.82 | 6.89 ^{Aa} ±0.83 | 6.63 ^{Aa} ±0.81 | 6.54 ^{Aa} ±0.82 | 6.63 ^{Aa} ±0.91 |
| | | สุญญากาศ | 6.91 ^{Aa} ±0.82 | 6.71 ^{Aa} ±0.89 | 6.74 ^{Aa} ±0.85 | 6.86 ^{Aa} ±0.77 | 6.74 ^{Aa} ±0.82 | 6.71 ^{Aa} ±0.71 |
| | | ไนโตรเจน | 7.06 ^{Aa} ±0.84 | 6.71 ^{ABa} ±0.79 | 6.77 ^{ABa} ±0.73 | 6.83 ^{ABa} ±0.66 | 6.71 ^{ABa} ±0.75 | 6.63 ^{Ba} ±0.81 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.47 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวของข้าวกล้องหุงสุก ระหว่างการเก็บรักษา

| ตัวอย่าง | ชนิดบรรจุภัณฑ์ | สถานะ | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ไม่ผ่านการตัด แปรรูปเนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.94 ^{Aa} ±0.76 | 6.94 ^{Aa} ±0.73 | 6.83 ^{ABa} ±0.98 | 6.54 ^{ABCa} ±0.85 | 6.49 ^{BCa} ±0.74 | 6.20 ^{Ca} ±0.80 |
| | | สุญญากาศ | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.94 ^{Aa} ±0.97 | 6.73 ^{ABa} ±0.78 | 6.60 ^{ABa} ±0.96 | 6.54 ^{ABa} ±0.56 | 6.43 ^{Ba} ±0.95 |
| | | ไนโตรเจน | 6.83 ^{Aa} ±0.71 | 6.83 ^{Aa} ±0.79 | 6.77 ^{Aa} ±0.81 | 6.63 ^{ABa} ±0.65 | 6.54 ^{ABa} ±0.82 | 6.34 ^{Ba} ±0.80 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.94 ^{Aa} ±0.73 | 6.94 ^{Aa} ±0.97 | 6.74 ^{Aa} ±0.77 | 6.62 ^{Aa} ±0.85 | 6.46 ^{Aa} ±0.85 | 6.34 ^{Aa} ±0.68 |
| | | สุญญากาศ | 7.03 ^{Aa} ±0.66 | 7.03 ^{Aa} ±0.82 | 6.94 ^{Aa} ±0.87 | 6.63 ^{Aa} ±0.81 | 6.51 ^{ABa} ±0.78 | 6.40 ^{Ba} ±0.91 |
| | | ไนโตรเจน | 6.94 ^{ABa} ±0.94 | 6.83 ^{ABa} ±0.89 | 6.71 ^{Aa} ±0.89 | 6.63 ^{ABa} ±0.84 | 6.46 ^{ABa} ±0.92 | 6.31 ^{Ba} ±0.76 |
| ผ่านการตัด แปรรูป เนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 7.20 ^{Aa} ±0.90 | 7.06 ^{Aa} ±0.84 | 6.89 ^{ABa} ±0.80 | 6.83 ^{ABCa} ±0.92 | 6.54 ^{BCa} ±0.61 | 6.46 ^{Ba} ±0.85 |
| | | สุญญากาศ | 7.11 ^{Aa} ±1.02 | 7.11 ^{Aa} ±0.87 | 6.91 ^{ABa} ±0.82 | 7.00 ^{ABa} ±0.84 | 6.63 ^{Ba} ±0.73 | 6.66 ^{Ba} ±0.73 |
| | | ไนโตรเจน | 7.00 ^{Aa} ±0.73 | 7.03 ^{Aa} ±0.79 | 6.94 ^{ABa} ±0.84 | 6.74 ^{ABCa} ±0.78 | 6.54 ^{BCa} ±1.09 | 6.51 ^{Ba} ±0.74 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 7.06 ^{Aa} ±0.87 | 6.91 ^{ABa} ±0.66 | 6.74 ^{ABa} ±0.66 | 6.83 ^{ABa} ±0.95 | 6.66 ^{Ba} ±0.84 | 6.54 ^{Ba} ±0.78 |
| | | สุญญากาศ | 7.23 ^{Aa} ±0.77 | 7.23 ^{Aa} ±1.06 | 6.91 ^{ABa} ±0.66 | 6.86 ^{ABa} ±0.97 | 6.74 ^{Ba} ±0.78 | 6.60 ^{Ba} ±0.85 |
| | | ไนโตรเจน | 7.11 ^{Aa} ±0.63 | 7.00 ^{Aa} ±0.80 | 6.91 ^{ABa} ±0.66 | 6.80 ^{ABa} ±1.08 | 6.51 ^{Ba} ±1.07 | 6.51 ^{Ba} ±0.85 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.48 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุก ระหว่างการเก็บรักษา

| ตัวอย่าง | ชนิดบรรจุภัณฑ์ | สถานะ | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ไม่ผ่านการตัด แปรเนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.51 ^{Aa} ±0.85 | 6.54 ^{Aa} ±0.74 | 6.43 ^{Aa} ±0.81 | 6.43 ^{Aa} ±0.95 | 6.34 ^{Aa} ±0.94 | 6.17 ^{Aa} ±0.79 |
| | | สุญญากาศ | 6.74 ^{Aa} ±0.89 | 6.63 ^{ABa} ±0.94 | 6.63 ^{ABa} ±0.77 | 6.46 ^{ABa} ±0.85 | 6.40 ^{ABa} ±0.74 | 6.20 ^{Ba} ±0.76 |
| | | ไนโตรเจน | 6.63 ^{Aa} ±0.73 | 6.54 ^{Aa} ±0.74 | 6.54 ^{Aa} ±0.78 | 6.42 ^{Aa} ±0.78 | 6.34 ^{ABa} ±0.76 | 6.14 ^{Ba} ±0.73 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.71 ^{Aa} ±0.67 | 6.54 ^{ABa} ±0.85 | 6.54 ^{ABa} ±0.66 | 6.54 ^{ABa} ±0.70 | 6.31 ^{BCa} ±0.80 | 6.11 ^{Ca} ±0.87 |
| | | สุญญากาศ | 6.80 ^{Aa} ±0.87 | 6.74 ^{Aa} ±0.89 | 6.54 ^{ABa} ±0.89 | 6.54 ^{ABa} ±0.82 | 6.46 ^{ABa} ±0.78 | 6.29 ^{Ba} ±0.79 |
| | | ไนโตรเจน | 6.66 ^{Aa} ±0.76 | 6.63 ^{Aa} ±0.84 | 6.43 ^{ABa} ±0.88 | 6.54 ^{Aa} ±0.85 | 6.34 ^{ABa} ±0.76 | 6.11 ^{Ba} ±0.83 |
| ผ่านการตัด แปร เนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.71 ^{Aa} ±0.86 | 6.74 ^{Aab} ±0.89 | 6.77 ^{Aa} ±0.84 | 6.83 ^{Aa} ±0.79 | 6.71 ^{Aa} ±0.86 | 6.83 ^{Aa} ±0.92 |
| | | สุญญากาศ | 6.91 ^{Aa} ±0.95 | 6.86 ^{Aab} ±0.81 | 6.83 ^{Aa} ±0.71 | 7.03 ^{Aa} ±0.82 | 6.91 ^{Aa} ±0.70 | 6.80 ^{Aa} ±0.83 |
| | | ไนโตรเจน | 6.80 ^{Aa} ±0.83 | 6.54 ^{Ab} ±0.74 | 6.63 ^{Aa} ±0.77 | 6.63 ^{Aa} ±0.84 | 6.74 ^{Aa} ±1.01 | 6.63 ^{Aa} ±0.77 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 7.03 ^{Aa} ±0.86 | 6.86 ^{Aab} ±0.60 | 6.71 ^{Aa} ±0.71 | 6.86 ^{Aa} ±0.81 | 6.83 ^{Aa} ±1.07 | 6.83 ^{Aa} ±0.89 |
| | | สุญญากาศ | 7.03 ^{Aa} ±0.75 | 6.94 ^{Aa} ±0.80 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.86 ^{Aa} ±0.85 | 6.83 ^{Aa} ±0.82 | 6.91 ^{Aa} ±0.74 |
| | | ไนโตรเจน | 6.74 ^{Aa} ±0.78 | 6.74 ^{Aab} ±0.70 | 6.94 ^{Aa} ±0.84 | 6.83 ^{Aa} ±1.07 | 6.60 ^{Aa} ±1.03 | 6.51 ^{Aa} ±0.85 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.49 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของข้าวกล้องหุงสุก ระหว่างการเก็บรักษา

| ตัวอย่าง | ชนิดบรรจุภัณฑ์ | สถานะ | ระยะเวลาการเก็บ | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ไม่ผ่านการตัด แปรเนื้อ สัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.63 ^{ABa} ±0.73 | 6.66 ^{Aa} ±0.68 | 6.63 ^{ABa} ±0.84 | 6.40 ^{ABCa} ±0.88 | 6.23 ^{BCa} ±0.84 | 6.20 ^{Ca} ±0.83 |
| | | สุญญากาศ | 6.71 ^{Aa} ±0.86 | 6.66 ^{ABa} ±0.84 | 6.74 ^{Aa} ±0.89 | 6.63 ^{ABa} ±0.84 | 6.43 ^{ABa} ±0.85 | 6.26 ^{Ba} ±0.89 |
| | | ไนโตรเจน | 6.66 ^{Aa} ±0.73 | 6.54 ^{Aa} ±0.78 | 6.63 ^{Aa} ±0.84 | 6.51 ^{Aa} ±0.89 | 6.31 ^{Aa} ±0.87 | 6.23 ^{Aa} ±0.88 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.63 ^{Aa} ±0.77 | 6.63 ^{Aa} ±0.81 | 6.67 ^{Aa} ±0.77 | 6.47 ^{Aa} ±0.72 | 6.26 ^{Aa} ±0.85 | 6.23 ^{Aa} ±0.88 |
| | | สุญญากาศ | 6.60 ^{Aa} ±0.88 | 6.74 ^{Aa} ±0.70 | 6.74 ^{Aa} ±0.89 | 6.66 ^{Aa} ±0.80 | 6.40 ^{Aa} ±0.69 | 6.34 ^{Aa} ±0.73 |
| | | ไนโตรเจน | 6.66 ^{Aa} ±0.64 | 6.63 ^{Aa} ±0.94 | 6.66 ^{Aa} ±0.87 | 6.51 ^{Aa} ±0.78 | 6.34 ^{Aa} ±0.94 | 6.23 ^{Aa} ±0.77 |
| ผ่านการตัด แปร เนื้อสัมผัส | ไม่เคลือบ อลูมิเนียม | ธรรมดา | 6.71 ^{ABb} ±0.79 | 7.09 ^{Aa} ±0.70 | 6.88 ^{ABa} ±0.82 | 6.77 ^{ABa} ±0.94 | 6.66 ^{Ba} ±0.91 | 6.54 ^{Ba} ±0.66 |
| | | สุญญากาศ | 7.11 ^{Aab} ±1.05 | 7.14 ^{Aa} ±0.85 | 7.09 ^{Aa} ±0.56 | 6.86 ^{ABa} ±0.85 | 6.80 ^{ABa} ±0.76 | 6.63 ^{Ba} ±0.73 |
| | | ไนโตรเจน | 7.11 ^{Aab} ±0.87 | 7.09 ^{Aa} ±0.66 | 6.80 ^{ABa} ±0.63 | 6.77 ^{ABa} ±1.03 | 6.77 ^{ABa} ±1.00 | 6.51 ^{Ba} ±0.74 |
| | เคลือบอลูมิเนียม | ธรรมดา | 7.03 ^{Aab} ±0.79 | 7.06 ^{Aa} ±0.59 | 6.80 ^{Aa} ±0.93 | 6.77 ^{Aa} ±0.81 | 6.63 ^{Aa} ±0.88 | 6.63 ^{Aa} ±0.84 |
| | | สุญญากาศ | 7.26 ^{Aa} ±0.78 | 7.11 ^{ABa} ±0.63 | 7.06 ^{ABa} ±0.68 | 6.94 ^{ABa} ±0.76 | 6.80 ^{Ba} ±0.72 | 6.77 ^{Ba} ±0.65 |
| | | ไนโตรเจน | 7.03 ^{Aab} ±0.71 | 7.06 ^{Aa} ±0.68 | 7.03 ^{Aa} ±0.75 | 6.94 ^{Aa} ±0.70 | 6.71 ^{Aa} ±1.13 | 6.60 ^{Aa} ±1.19 |

หมายเหตุ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ได้รับความชอบด้านสี (ตารางที่ 4.44) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บไว้ในสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ขณะที่ตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อพิจารณาในแต่ละช่วงเวลาการเก็บรักษา พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ($P>0.05$) โดยข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสได้รับการยอมรับมากกว่าข้าวกล้องปกติ ($P>0.05$) โดยมีคะแนนการยอมรับด้านสีสูงสุดหลังจากเก็บรักษาได้ 6 เดือน เท่ากับ 6.80 ± 0.80 สำหรับข้าวกล้องตัดแปรเนื้อสัมผัสซึ่งบรรจุในถุงเคลือบอลูมิเนียมและบรรจุแบบสุญญากาศ

ด้านกลิ่นรส (ตารางที่ 4.45) พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ได้รับความชอบด้านกลิ่นรสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บไว้ในสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของข้าวกล้องทั้งที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์และวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรส ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสได้รับการยอมรับด้านกลิ่นรสมากกว่าข้าวกล้องปกติ ($P>0.05$) โดยได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 6.54 – 6.74 หลังจากเก็บรักษาได้ 6 เดือน

ด้านความนุ่ม (ตารางที่ 4.46) พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส ได้รับความชอบด้านความนุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บไว้ในสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าคะแนนความชอบด้านความนุ่มของข้าวกล้องทั้งที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์และวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านความนุ่ม ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัสได้รับการยอมรับด้านความนุ่มมากกว่าข้าวกล้องปกติ ($P>0.05$) โดยได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 6.51 – 7.06 หลังจากเก็บรักษาได้ 6 เดือน

ด้านความเหนียว (ตารางที่ 4.47) พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรและผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัส ได้รับคะแนนความชอบด้านความเหนียวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บไว้ในสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าคะแนนความชอบด้านความเหนียวของข้าวกล้องทั้งที่ไม่ผ่านการคัดแปรและผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัสมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์และวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านความเหนียว ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัสได้รับการยอมรับด้านความเหนียวมากกว่าข้าวกล้องปกติ ($P>0.05$) โดยได้รับคะแนนการยอมรับด้านความเหนียวอยู่ในช่วง 6.51 – 7.23 หลังจากเก็บรักษาได้ 6 เดือน

ด้านเนื้อสั้มผัส (ตารางที่ 4.48) พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรและผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัส ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสั้มผัส แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บไว้ในสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสั้มผัสของข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ขณะที่ข้าวกล้องคัดแปรได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสั้มผัสลดลง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และพบว่า ชนิด, บรรจุภัณฑ์และวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสั้มผัส ($P>0.05$) ข้าวกล้องคัดแปรเนื้อสั้มผัสได้รับคะแนนการยอมรับ (6.51 – 6.91) สูงกว่าข้าวกล้องปกติ (6.11 – 6.29) ($P>0.05$) เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

ด้านความชอบรวม (ตารางที่ 4.49) พบว่าทั้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการคัดแปรและผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัส ได้รับคะแนนความชอบรวมแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บไว้ในสภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าคะแนนความชอบรวม ของตัวอย่างข้าวกล้องทั้งที่ไม่ผ่านการคัดแปรส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง ($P>0.05$) แต่ข้าวกล้องที่บรรจุในถุงแบบไม่เคลือบออกซิเจนและบรรจุแบบธรรมดา และสุญญากาศ ได้รับคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือน ส่วนข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัสที่บรรจุในถุงเคลือบออกซิเจนและบรรจุแบบธรรมดา และเติมก๊าซไนโตรเจน มีคะแนนการยอมรับลดลงเล็กน้อย ($P>0.05$) ตัวอย่างอื่น ๆ พบว่ามีการลดลงของคะแนนการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า คะแนนการยอมรับรวมของข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปรเนื้อสั้มผัส (6.51 – 6.77) สูงกว่าคะแนนการยอมรับสำหรับข้าวกล้องปกติ (6.20 – 6.34) ($P>0.05$) โดยข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแปร

เนื้อสัมผัสที่บรรจุในถุงเคลือบอลูมิเนียมและบรรจุแบบสุญญากาศ ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด ที่ 6.77 ± 0.65

จากการศึกษาสภาวะเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษา สรุปได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นข้าวกล้องมีคุณภาพเสื่อมลง โดยข้าวกล้องที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจะมีค่า L และค่า a ลดลง ค่า b เพิ่มขึ้น หรือข้าวกล้องมีสีคล้ำขึ้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสและกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ข้าวกล้องมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวกล้องมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยข้าวกล้องที่ผ่านการตัดแปรมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการหุงในระหว่างการเก็บรักษาดีกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการตัดแปรเนื้อสัมผัส จากการศึกษผลของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุต่อคุณภาพข้าวกล้องระหว่างการเก็บรักษา พบว่าข้าวกล้องที่บรรจุในถุงเคลือบอลูมิเนียมปิดผนึกแบบสุญญากาศ มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและกายภาพน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น เนื่องจากสามารถป้องกันแสงและการสัมผัสกับอากาศได้ดีกว่า