3. <u>การศึกษาอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส</u>

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเส้นบะหมี่สด ที่มีการเติมโพพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) บรรจุในสภาวะปรับบรรยากาศ (MAP) ด้วยไนโตรเจนโดยใช้ถุงไนลอนชนิด Nylon15/LLDPE40 และบรรจุสารดูดออกซิเจน (Oxygen absorber) และความชื้น (Silica gel) เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิ 6±2 และ 30±2 องศาเซลเซียส ทำการประเมินคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาทั้งในเส้นบะหมี่ดิบและสุกทุกๆ 4 วัน เป็นระยะเวลาจนกว่าจะเกิดการเสื่อมเสียหรือไม่ยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบของผู้บริโภค (ต่ำกว่า 5 คะแนน) โดยทำการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่ระยะเวลา 0 12 20 และ 28 วัน ขณะที่เส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาในสภาวะ 6 ± 2 องศาเซลเซียส ทำการประเมินที่ระยะเวลา 60 วันด้วย สำหรับการประเมินเส้นบะหมี่สุกนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเส้นบะหมี่สุก (Cooking time) เท่ากับ 2 นาที ซึ่งควบคุมระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้สุกเท่ากัน ผลการเก็บรักษาพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษา 20 วัน เนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษาหลังจากนี้มีคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 5 คะแนน รวมทั้งมีปริมาณจุลินทรีย์โดยรวม (Total Plate Count) เกินกว่ามาตรฐานกำหนดของเส้นบะหมี่สด (มผช. 732/2548) ในขณะที่อุณหภูมิการเก็บรักษาบะหมี่สดที่ 6 ± 2 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษามากกว่า ซึ่งตามเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ที่อายุการเก็บรักษา 60 วัน ดังนั้นจึงทำการประเมินคุณภาพที่อายุการเก็บรักษา 60 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ในการเก็บรักษาเป็นดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

3.1.1 ค่าสี CIE L*a*b*

จากการวัดค่าสีตัวอย่างเส้นบะหมี่ดิบ(Raw) และสุก (Cooked) ที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเส้นบะหมี่ดังกล่าว ซึ่งเมื่อพิจารณาแต่ละค่าสี L* a* และ b* รวมทั้งค่า h* และค่า ΔE ได้ผลดังนี้

ก. ค่าความสว่าง (L*)

เมื่อพิจารณาค่าสี L* ซึ่งแสดงถึงความสว่าง (Lightness, Brightness) ของตัวอย่าง พบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ในแนวโน้มลดลงทั้งเส้นบะหมี่ดิบและสุก (แสดงดังภาพที่ 25 (1)) โดยเฉพาะบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 6 ± 2 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิ 6 ± 2 องศาเซลเซียสนั้นมีการค่าความสว่าง (L*) ลดลงเพียงเล็กน้อยและเกือบคงที่ ซึ่งหมายความว่าที่ระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจะทำให้บะหมี่มีค่า L* ลดลง ทำให้ความคล้ำสูงขึ้นส่งผลให้คุณภาพของบะหมี่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Browning Reaction) จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Autooxidation) ของเอนไซม์ที่พบในแป้งสาลีคือโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase, หรือ PPO) ทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นในบะหมี่ดิบ และมีความสอดคล้องกับรายงานของ Hatcher and Symons (2000) ทำการวัดรอยจุดค่าสีที่ไม่ต้องการ (Specks) ในแผ่นบะหมี่ด่าง (Kansui noodle sheet) ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงพบ 12.9 จุดต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 58 จุดต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร หลังจาก 24 ชั่วโมง ส่งผลทำให้ความคล้ำเพิ่มขึ้นในตัวอย่างดังกล่าวเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Baik *et al.* (1995) พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างสูงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ของแป้งสาลีกับค่า L* โดยค่า L* จะมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา 75 ชั่วโมง และจากผลที่ได้พบว่าค่า L* ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่างกันมีผลทำให้การลดลงแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ PPO ซึ่งอุณหภูมิต่ำอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้บะหมี่สดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำคือ 6 ± 2 องศาเซลเซียส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส

ข. ค่าสีแดง-เขียว (a*)

สำหรับค่า a* (ดังภาพที่ 25(2)) มีค่าอยู่ในช่วงติดลบเล็กน้อยจนถึงบวกเล็กน้อยโดยบะหมี่ที่มีด่างเป็นส่วนประกอบ (Alkaline noodles) จะมีลักษณะของสีเขียวเล็กน้อย (Morris *et al.*, 2000) โดยบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ค่อนข้างคงที่ แต่สำหรับอุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ค่อนข้างมากมีแนวโน้มสูงขึ้นที่ระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Baik *et al.* (1995) ว่ามีความสัมพันธ์กันสูงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่าสี a* ของโดบะหมี่จีน (Cantonese

noodles dough) กับการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ในแป้งสาลีระหว่างการเก็บรักษา เป็นผลให้ที่อุณหภูมิต่ำอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์น้อยกว่าและคงที่มากกว่าที่อุณหภูมิสูง แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความชัดเจนสำหรับความชอบในค่าสีแดง-เขียว (a*) ของผู้บริโภค และไม่ได้เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นที่ทำให้ไม่เกิดการยอมรับในลักษณะปรากฏของบะหมี่จากผู้บริโภค (Corke *et al*., 1997; Morris *et al.*, 2000)

ค. ค่าสีเหลือง (b*)

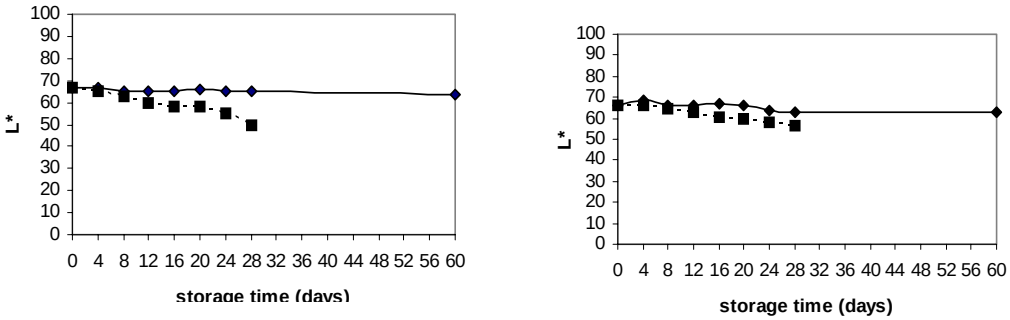
ส่วนค่า b* เป็นคุณภาพที่สำคัญของบะหมี่ชนิดนี้ จากการวัดค่า b* (ดังแสดงในภาพที่ 25(3)) บะหมี่สดดิบและสุกที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30± 2 องศาเซลเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองค่อนข้างคงที่ และใกล้เคียงกันระหว่างทั้งสองอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากสีเหลืองที่เกิดขึ้นในบะหมี่นั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบแป้งสาลีเป็นสำคัญ อาทิเช่น ปริมาณโปรตีน ชนิดแป้งสาลี เป็นต้น และไม่ได้มีความสัมพันธ์กับการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO (Baik *et al.*, 1995) เป็นสาเหตุให้ตัวอย่างบะหมี่ที่ทำจากวัตถุดิบเริ่มต้นชนิดเดียวกัน แต่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกันและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองแต่อย่างใด

ง. ค่า h* (Hue angle)

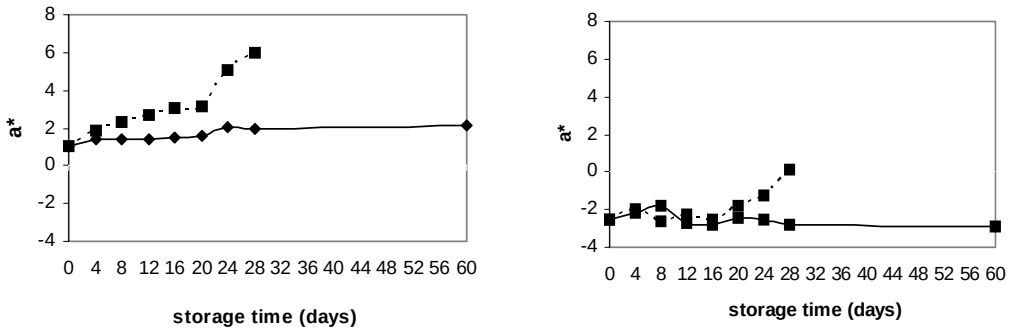
เมื่อพิจารณาค่า h* ซึ่งได้จากการเชื่อมค่า a* และ b* อธิบายเป็นตัวเลขของมุม (หน่วยเป็นองศา) ที่สามารถระบุได้ว่าตัวอย่างมีสีที่ตำแหน่งใดในกราฟของระบบสี ทำให้รับรู้และเข้าใจสีของตัวอย่างได้ง่ายขึ้น โดยที่ 0 องศา แสดงว่าเป็นสีแดง 90 องศา เป็นสีเหลือง 180 องศา เป็นสีเขียว และ 270 องศาเป็นสีน้ำเงิน จากภาพที่ 25(4) พบว่าค่า h* ของตัวอย่างบะหมี่สดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30 ± 2 องศาเซลเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษาเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 6 ± 2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มคงที่ตลอดการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนใหญ่การเก็บรักษาบะหมี่สดจะมีการเปลี่ยนแปลงจากความสว่าง (L*) มากกว่าค่าสี a* และ b* แต่อย่างไรก็ตามค่า h* จะช่วยให้มองเห็นภาพสีของตัวอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยบะหมี่สดที่ดิบจะมีค่า h* ประมาณ 90 องศา แสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองชัดเจน ส่วนบะหมี่ที่ทำให้สุกมีค่า h* ประมาณ 100 องศา แสดงว่าตัวอย่างมีลักษณะของสีเหลืองปนสีเขียวเล็กน้อย ทั้งนี้ที่ระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส มีค่า h* ลดลง แสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองที่มีสีแดงเพิ่มขึ้น

(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

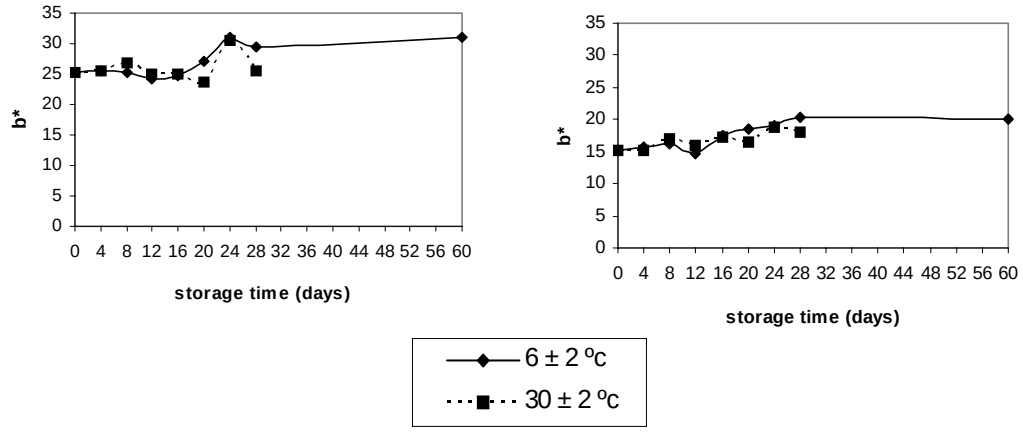
1) ค่า L*



2) ค่า a*



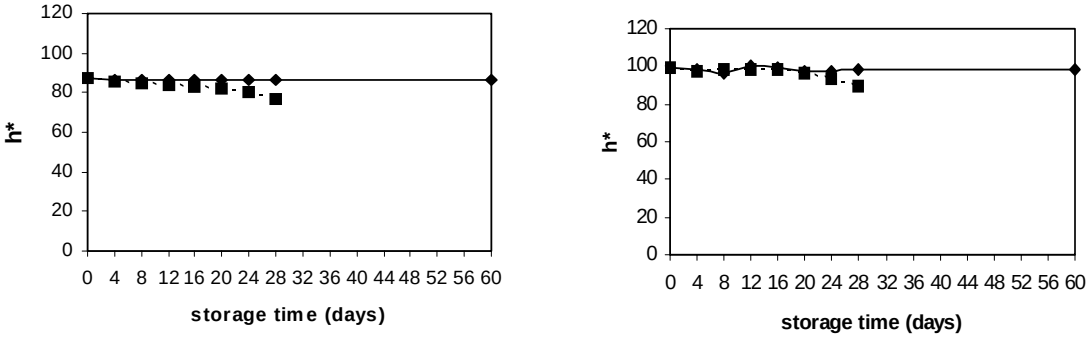
3) ค่า b*



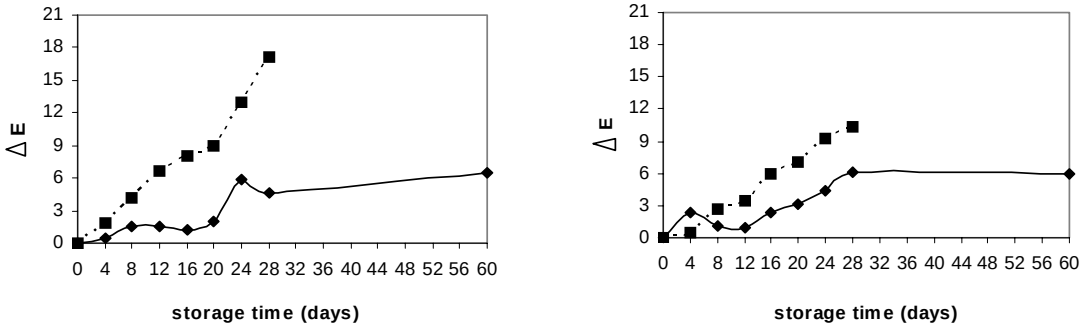
ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ(Raw noodle) และ (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ได้แก่ 1) ค่าL* 2) ค่า a* 3) ค่า b* 4) ค่า h* และ 5) ค่า ΔE ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ± 2 และ 30 ± 2 °C ที่ระยะเวลาต่างๆ

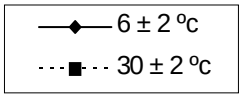
(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

4) ค่า h*



5) ค่า ΔE





ภาพที่ 25 (ต่อ)

จ. ค่าการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของสี (ΔE)

สำหรับค่า ΔE ของเส้นบะหมี่สดดิบ(Raw) และ สุก (cooked) เปรียบเทียบกับเส้นบะหมี่สดที่เริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงของทั้งค่า L* a* และ b* ทั้งนี้ค่า ΔE มีระดับที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงถึงความแตกต่างของสีตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างอาหารโดยทั่วไปมีค่าเท่ากับ 3 จากการเก็บรักษาเส้นบะหมี่สดดิบและสุกที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 6 ±2 และ 30 ±2องศาเซลเซียส พบว่าเส้นบะหมี่สดดิบและสุก (ดังภาพที่ 25(5)) ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส มีค่า ΔE มากกว่า 3 ที่ระยะเวลาหลังจากการเก็บไว้ 20 วัน ซึ่ง

หมายความว่าผู้บริโภคจะรับรู้ถึงความแตกต่างของสีเส้นบะหมี่สดเมื่อเปรียบเทียบกับสีของเส้นบะหมี่สดเริ่มต้น ส่วนเส้นบะหมี่ดิบและสุก (ดังภาพที่ 25 (5) (ก)และ(ข)) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน มีค่า ΔE มากกว่า 3 แสดงว่าตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงของสีในระยะเวลาที่สั้นกว่าตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า คือ 6 ±2 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า เนื่องจากผู้บริโภคสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีและปฏิเสธในการยอมรับในด้านสีเร็วกว่าบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นบะหมี่ดิบ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าเส้นบะหมี่สุก

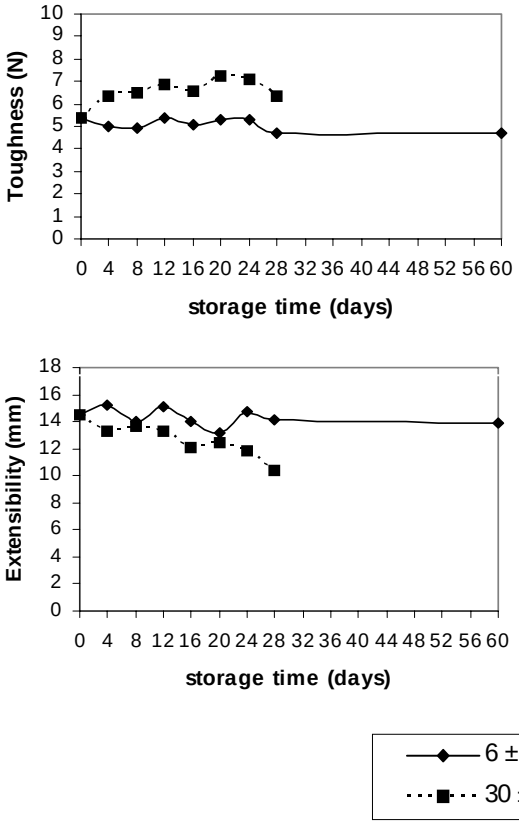
3.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สดและแผ่นบะหมี่สด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส โดยทำการวัดเนื้อสัมผัสแผ่นบะหมี่ (Sheet Noodles) ด้วยการวัดแรงต้านการยืดตัว (Tortilla Burst Test) รวมทั้งวัดเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ดิบ (raw) และเส้นบะหมี่สุก(cooked) ด้วยการวัดแรงตัดขาด (Blade Cutting Test) นอกจากนี้เส้นบะหมี่สุกยังทำการวัดเนื้อสัมผัสด้วยการวัดแรงดึง (Tensile Strength Test) และผลการวัดเนื้อสัมผัสที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

ก. การวัดแรงต้านการยืดตัว (Tortilla Burst Test)

จากผลการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการวัดแรงต้านการยืดตัว (Tortilla Burst Test) ในตัวอย่างแผ่นบะหมี่ดิบ (Noodle sheet) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 26 พบว่าแผ่นโดของบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส มีความเหนียว (Toughness) และความสามารถในการยืดตัว (Extensibility) ค่อนข้างเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและเกือบคงที่ตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษาจนถึง 60 วัน ส่วนแผ่นโดบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเหนียว (Toughness) เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน ส่วนความสามารถในการยืดตัว (Extensibility) กลับมีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าแผ่นโดของบะหมี่ที่ 30±2 องศาเซลเซียสมีลักษณะของการเจาะทะลุได้ง่ายขึ้น แต่แรงที่ใช้ คือค่าความเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้น บ่งบอกถึงว่า

ตัวอย่างมีความแห้งแข็งมากกว่าแผ่นโดบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (Moisture content) ของเส้นบะหมี่ โดยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของเส้นบะหมี่ดิบในทิศทางลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งตัวอย่างบะหมี่ดิบที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าที่ 6±2 องศาเซลเซียส จึงทำให้แผ่นโดบะหมี่ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งมากกว่า ซึ่งตัวอย่างอาหารมีคุณสมบัติทางกล (Mechanical properties) คือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือการไหล ความแข็งแรงของโครงสร้างผลิตภัณฑ์อาหารจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและปริมาณน้ำในอาหาร ปริมาณน้ำที่มากกว่าทำให้แรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลลดลง ทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างอาหารลดลง ดังนั้นจึงทำให้ตัวอย่างบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีค่าความเหนียวน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคจึงรับรู้ได้ว่ามีความแข็งน้อยลงด้วย (ปาริฉัตร, 2545)



(ก) ความเหนียวของแผ่นโด (Toughness)

(ข) ความสามารถในการยืดตัวของแผ่นโด (Extensibility)

ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของแผ่นโดบะหมี่สด ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 และ 30 ±2 °C ที่ระยะเวลาต่างๆโดยทดสอบการวัดแรงต้านการยืดตัว (Tortilla Burst Test) ในด้าน (ก) ความเหนียว(Toughness) และ(ข) ความสามารถในการยืดตัว(Extensibility) ของแผ่นโด

ข. การวัดแรงตัดขาด (Blade Cutting Test)

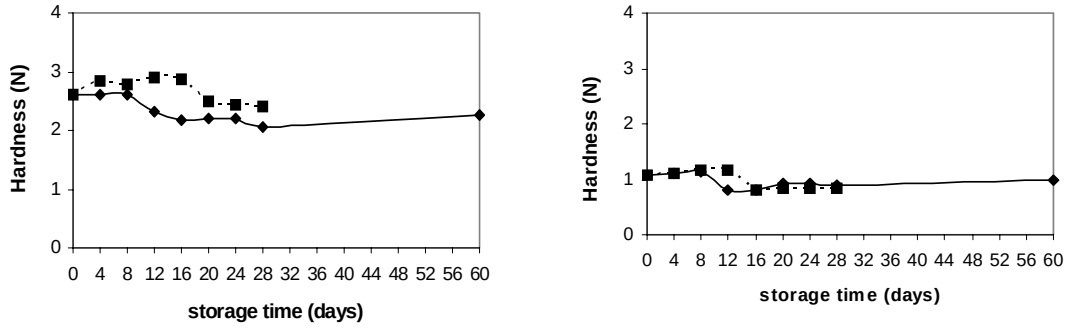
การประเมินคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการวัดแรงตัดขาด (Blade Cutting Test) ทำการวัดตัวอย่างทั้งในเส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodles) และสุก (Cooked Noodles) โดยค่าแรงที่ทำให้เส้นบะหมี่ขาดออกจากกันอธิบายในค่าความแข็ง (Hardness หรือ Firmness) และระยะทาง ณ จุดที่ทำให้บะหมี่ขาดออกจากกัน(Distance) พบว่า จากภาพที่ 27 (ข) ค่าความแข็ง และ ระยะทางที่ทำให้เส้นบะหมี่ขาดออกจากกันของเส้นบะหมี่สุก (Cooked Noodles) ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากถือได้ว่าคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะในช่วง 12 วันแรกค่าความแข็งค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแข็งและระยะที่ทำให้เส้นบะหมี่ขาดของเส้นบะหมี่สุกที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกันมากแทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลย แสดงว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่เมื่อผ่านการทำให้สุกแล้ว ทั้งนี้ยังพบว่าเส้นบะหมี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 60 วัน และบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 28 วันนั้น ไม่มีความแตกต่างกันในคุณภาพเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่เมื่อทำให้สุกแล้ว (Cooked noodles) แต่อย่างใด

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจาณาเส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodles) ดังแสดงในภาพที่ 27 (ก) พบว่า ค่าความแข็งมีความแตกต่างกันระหว่างเส้นบะหมี่ดิบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส โดยเส้นบะหมี่ดิบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นดังที่กล่าวมาแล้วว่าที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซลเซียส ตัวอย่างมีปริมาณความชื้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส เนื้อสัมผัสของตัวอย่างจึงไม่แห้งแข็งจึงใช้แรงในการตัดเส้นบะหมี่ดิบ หรือค่าความแข็งน้อยกว่านั่นเอง แต่พบว่าค่าความแข็งของเส้นบะหมี่ดิบในระหว่างการเก็บรักษาตามอายุการเก็บรักษา 60 วัน และ 28 วัน ของเส้นบะหมี่ดิบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยมีค่าความแข็งคงที่ในช่วงแรกตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษาจนถึง 12 วัน จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง และเริ่มคงที่ในช่วงหลังจาก 20 วันของการเก็บรักษาไปแล้ว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยเฉพาะการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ อาทิเช่น อัลฟาอะไมเลส(Alpha amylase) และโปรตีเอส (Proteases หรือ Proteinases) ที่มีในแป้งสาลี ทำให้โครงสร้างความแข็งแรงของบะหมี่ลดลง (อรอนงค์, 2540) ซึ่งที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 6 ±2 องศาเซลเซียสมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส เพราะปฏิกิริยาเกิดได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิต่ำ

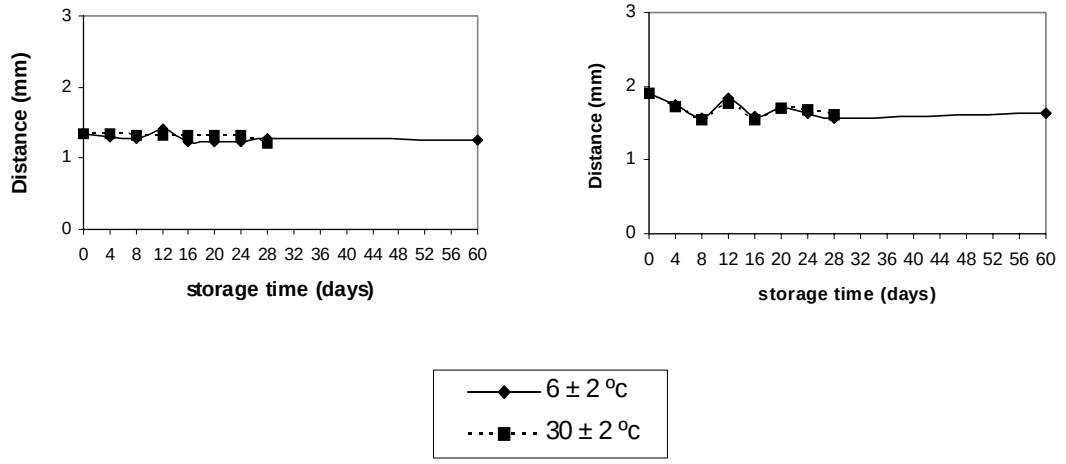
นอกจากนี้ สำหรับระยะทางที่ทำให้เส้นบะหมี่ดิบขาดออกจากกันมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดของเส้นบะหมี่ไม่มีความแตกต่างกัน ทำให้ระยะทาง ณ จุดที่ใบมีดตัดจนทำให้เส้นบะหมี่ขาดออกจากกันไม่แตกต่างกัน

(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

1) ความแข็ง (Hardness)



2) ระยะทางในการตัดเส้นบะหมี่ให้ขาด (Distance)

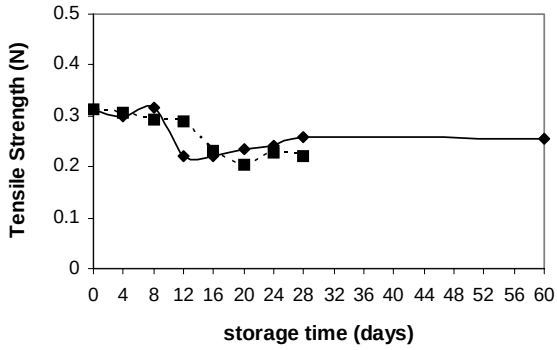


ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ(Raw noodle) และ (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 $\pm$2 และ 30 $\pm$2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยทดสอบการวัดแรงตัดด้วยใบมีด (Blade Cutting Test) ในด้าน 1) ความแข็ง (Hardness) และ 2) ระยะทางในการตัดเส้นบะหมี่ให้ขาด (Distance)

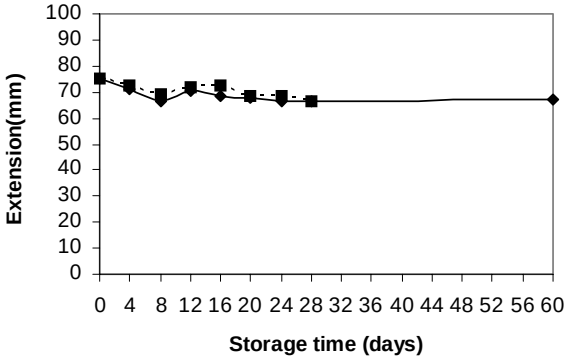
ค. การวัดแรงดึง (Tensile Strength Test)

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยการวัดแรงดึงในเส้นบะหมี่สุก (Cooked noodles) ที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 28 พบว่าแรงดึงที่ทำให้เส้นบะหมี่สุกขาด (Tensile strength) มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา แต่ก็มีค่าไม่แตกต่างจากวันเริ่มต้นการเก็บรักษามากนัก โดยเริ่มต้นมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.313 นิวตัน เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงต่ำที่สุดคือ 0.20 นิวตัน โดยในช่วงเริ่มแรก คือ 0 ถึง 8 วัน ค่อนข้างคงที่ และเริ่มลดลง จนกระทั่งเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 16 วันของการเก็บรักษาเป็นต้นไป ทั้งนี้เส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีระยะเวลาการเก็บรักษาจนถึง 60 วันนั้น ก็พบว่าค่าแรงต้านการดึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนักหลังจาก 28 วัน และพบว่าค่าแรงต้านการดึงของเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาทั้ง 2 อุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกันมากนัก รวมถึงระยะทางที่ใช้ในการดึงเส้นบะหมี่สุกให้ขาดหรือความสามารถในการยืดตัวของเส้นบะหมี่สุกจนทำให้ขาด (Extension) ก็ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน

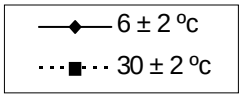
แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มที่ลดลงของค่าแรงดึงเส้นบะหมี่สุก (Tensile Strength) ของเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาดังกล่าว บ่งชี้ได้ว่าระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความเหนียวหรือความยืดหยุ่น (Elasticity) ของบะหมี่จะลดลง เนื่องมาจากระหว่างการเก็บรักษาการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในแป้งสาลี คือ อัลฟาอะไมเลส (Alpha amylase) จะทำการย่อยสตาร์ชทำให้คุณภาพเสื่อมเสียไป มีความหนืดลดลง มีโครงร่างและความยืดหยุ่นน้อยลง และเอนไซม์โปรตีเอส (Proteases) จะทำการย่อยสลายโปรตีนคือ กลูเตนในแป้งสาลี ทำให้บะหมี่มีความยืดหยุ่นน้อยลง เป็นเพราะกลูเตนซึ่งประกอบด้วยไกลอะดีน (Gliadins) ให้ลักษณะการยืดตัวขยายตัว และกลูเตนิน (Glutenins) ให้ลักษณะการยึดเกาะ เสื่อมเสียไป ดังนั้นคุณภาพเนื้อสัมผัสในด้านความเหนียวจึงลดลง (อรอนงค์, 2540) นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีค่าแรงดึง (Tensile Strength) สูงกว่าเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส แสดงว่าบะหมี่มีความยืดหยุ่นมากกว่า เพราะที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ได้



(ก) แรงดึงที่ทำให้เส้นบะหมี่สุกขาด (Tensile Strength)



(ข) ระยะทางที่ใช้ในการดึงเส้นบะหมี่สุกให้ขาด (Extension)

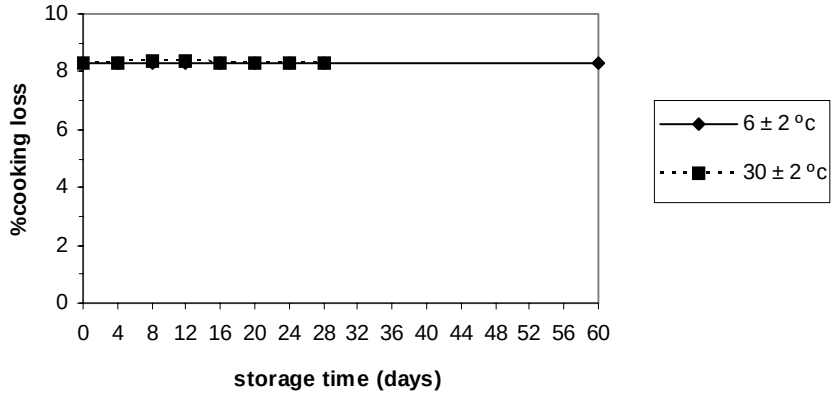


ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สุกที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ± 2 และ 30 ± 2 °C ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยทดสอบการวัดแรงดึง (Tensile Strength Test) ในด้าน (ก) แรงดึงที่ทำให้เส้นบะหมี่สุกขาด(Tensile Strength) และ (ข) ระยะทางที่ใช้ในการดึงเส้นบะหมี่สุกให้ขาด (Extension)

3.1.3 การสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss)

จากภาพที่ 29 ร้อยละการสูญเสียจากการทำให้สุกของเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30 ± 2 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาในการทำให้สุกเท่ากันคือ 2 นาที พบว่ามีแนวโน้มค่อนข้างคงที่แทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ร้อยละการสูญเสียจากการทำให้สุกของเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาทั้ง 2 อุณหภูมิ ค่อนข้างใกล้เคียงกันอย่างมากตลอดระยะเวลาการเก็บ

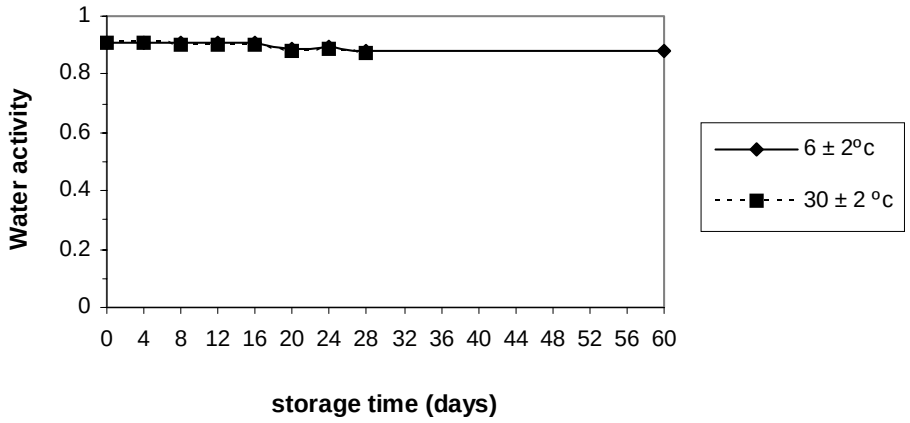
รักษา โดย Kruger *et a*l. (1996) และ Shiau and Yeh (2001) กล่าวว่าการวัดค่าร้อยละการสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss) เป็นการบ่งชี้ปริมาณของแข็งที่ถูกปลดปล่อยจากบะหมี่ในขณะการทำให้สุก ซึ่งเป็นดัชนีชี้ถึงคุณลักษณะของพื้นผิว คือ การเหนียวติดกันของเส้น (Stickiness) และมีความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อ (Firmness) และความยืดหยุ่น ซึ่งจากผลที่ได้จากการวัดค่าความแข็ง (Hardness)หรือความแน่นเนื้อในเส้นบะหมี่สุกจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสก็มีความใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกันสอดคล้องกับผลการสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss) เช่นเดียวกัน แสดงว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่ได้มีผลต่อการสูญเสียจากการทำให้สุกของเส้นบะหมี่สดแต่อย่างใด



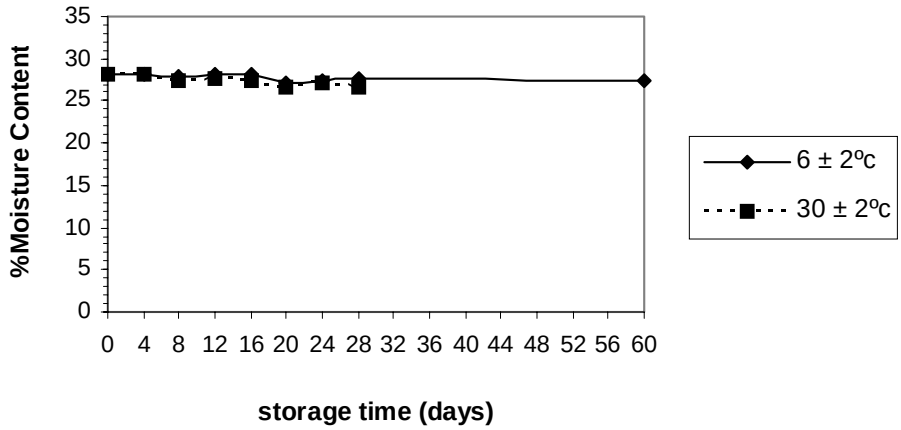
ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss) ของเส้นบะหมี่สด ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 และ 30 ±2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ

3.1.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity)

จากภาพที่ 30 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส พบว่าช่วงระยะการเก็บรักษา 16 วันมีลักษณะคงที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.901 – 0.908 หลังจากนั้นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีแนวโน้มลดลงอยู่ที่ระดับ 0.890 – 0.880 และเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียสยังพบว่ามีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่ 28 วันไปจนกระทั่ง 60 วัน ค่อนข้างคงที่ไม่แตกต่างกัน และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่ลดลงเช่นกัน



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) ของเส้นบะหมี่ดิบ ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 และ 30 ±2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเส้นบะหมี่ดิบ ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 และ 30 ±2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ

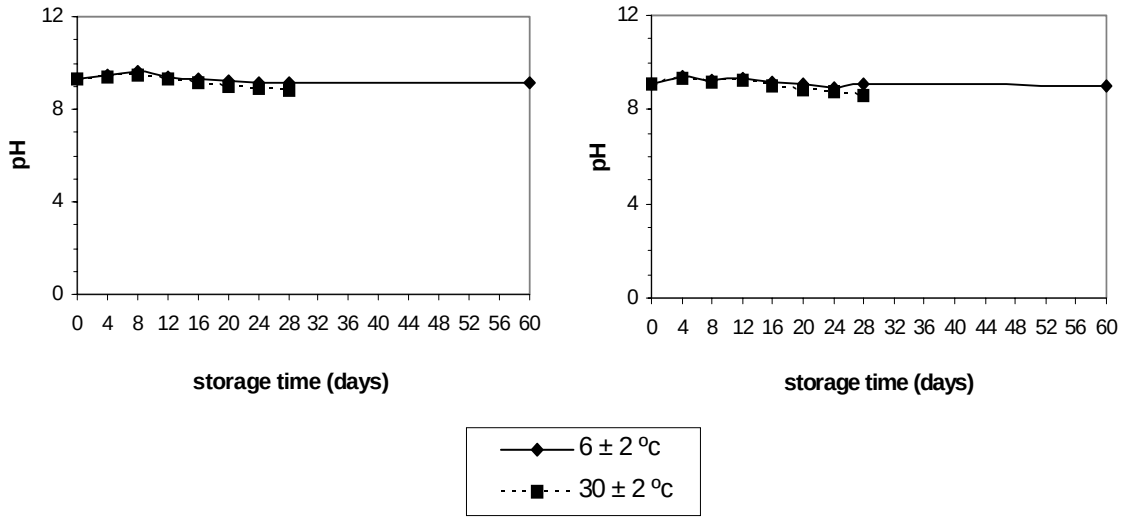
3.1.5 ความชื้น (Water content)

จากการวัดปริมาณความชื้น (Water content) ของเส้นบะหมี่ดิบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส (ดังแสดงในภาพที่ 31) พบว่ามีแนวโน้มลดลง มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งมีร้อยละปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่การเก็บรักษาเท่ากับ 28.06 มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในช่วง 16 วันหลังจากการเก็บรักษาไม่มากนัก โดยเฉพาะที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณความชื้นในตัวอย่างจะลดลงไปจนกระทั่งมีร้อยละปริมาณความชื้นในตัวอย่างเท่ากับ 27.54 สำหรับเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียสที่ 28 วัน และจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่ 60 วัน มีร้อยละปริมาณความชื้นเท่ากับ 27.30 ซึ่งปริมาณความชื้นเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส มีมากกว่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส โดยพบว่าปริมาณความชื้นจะลดลงในอัตราที่มากกว่า ณ ระยะเวลาอายุการเก็บรักษา 28 วัน และมีร้อยละปริมาณความชื้นเท่ากับ 26.64 สอดคล้องกับ Seetharaman *et al*. (2002) พบว่าขนมปังหวาน (Buns)และแผ่นทอร์ทิลาร์ ที่ทำจากแป้งสาลี (Tortillas) ที่ระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นไปจนถึง 8 วัน ปริมาณความชื้นในตัวอย่างจะลดลงน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ที่การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดการเคลื่อนย้ายความดันไอของน้ำจากตัวอย่างอาหารไปสู่บรรยากาศ เพื่อปรับสมดุลระหว่างปริมาณน้ำในตัวอย่างอาหารและความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ของบรรยากาศ ซึ่งพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของตู้เก็บตัวอย่างที่ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีร้อยละปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 80 โดย Paull (1999) รายงานว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง การเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย (< 0.5 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้เกิดการควบแน่นของพื้นผิวที่เย็นส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นได้ ในขณะที่ตู้เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีร้อยละปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 56 เพราะฉะนั้นตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส สภาวะบรรยากาศของการเก็บรักษามีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส เกิดการเคลื่อนย้ายปริมาณน้ำในตัวอย่างอาหารและบรรยากาศเพื่อปรับสมดุล จึงทำให้ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเส้นบะหมี่ดิบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันด้วย

3.1.6 ค่าพีเอช (pH)

จากการวัดค่า pH ของเส้นบะหมี่ดิบและสุกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 32 พบว่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แสดงว่ามีความเป็นกรดสูงขึ้น โดยเริ่มต้นบะหมี่ดิบมีค่าพีเอชเท่ากับ 9.3 ส่วนบะหมี่สุกเท่ากับ 9.0 ทั้งนี้อยู่ในช่วงค่า pH ปกติของบะหมี่ที่ทำจากด่าง (Alkaline noodles) ซึ่งมักมีค่า pH ในช่วง 9 – 11 และเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความเป็นกรดเพิ่มขึ้นทำให้ค่าพีเอชลดลง โดยเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีการลดลงของค่าพีเอชน้อยกว่าเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นมีสาเหตุเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญ โดยการศึกษาของ Jianming (1998) รายงานว่าจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่จากการฉายรังสีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาในบะหมี่สดจะทำการเพิ่มการเจริญเติบโตส่งผลให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้บะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำคือ 6 ±2 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้มากกว่าอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส จึงทำให้การลดลงของค่า pH ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส

(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)



ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) และ (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 และ 30 ±2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่สดตามมาตรฐานกำหนดผลิตภัณฑ์ชุมชนของเส้นบะหมี่สด (ดังแสดงในภาคผนวก ค) พบว่าบะหมี่สดเริ่มต้นทำการวิเคราะห์จุลิน ทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคเบื้องต้นอยู่ในมาตรฐานกำหนดไว้ โดยทำการวิเคราะห์ Coliform และ *E. coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Samonella spp.* ดังแสดงในตารางที่ 32 และจุลินทรีย์โดยรวม และปริมาณยีสต์และราเริ่มต้น ก็พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณกำหนดเช่นกัน จากนั้นเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงจึงทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นและอาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ คือ จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และยีสต์รา (Yeast&Mold) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยบะหมี่สดที่เก็บไว้อุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียส พบปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าบะหมี่สดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 $\pm$2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลทำให้บะหมี่สดที่เก็บไว้อุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า โดยมีอายุเพียง 28 วัน เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมเกินมาตรฐานกำหนด (มากกว่า $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมของบะหมี่สดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 $\pm$2 องศาเซลเซียสมีการเพิ่มขึ้นในปริมาณเล็กน้อยจนเกือบคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่ำส่งผลให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ช้ากว่า และยังพบว่าปริมาณยีสต์และรามีปริมาณการเพิ่มขึ้นน้อยมาก เป็นเพราะยีสต์และราต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่ที่สภาวะการเก็บรักษามีการปรับสภาพบรรยากาศโดยใช้การแทนที่ก๊าซออกซิเจนด้วยก๊าซไนโตรเจน อีกทั้งโพพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะในกลุ่มของรา (Desrosier, 1970; Pintauro, 1974; Darwish and Blomfield, 1996)

นอกจากนี้การเก็บรักษาตัวอย่างบะหมี่สดในสภาวะไร้ออกซิเจน จึงต้องทำการสุ่มตรวจจุลินทรีย์ในกลุ่มจุลินทรีย์แอนแอโรบิก (Anaerobic bacteria) ที่สามารถเจริญภายใต้ไม่มีออกซิเจน คือ *Clostidium spp.* ที่อายุการเก็บรักษา 4 วัน แต่อย่างไรก็ตามไม่พบจุลินทรีย์ดังกล่าว เนื่องจากสภาวะของบะหมี่มีความเป็นเบสสูงจึงทำให้ไม่พบ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่มีความเหมาะสมในการเจริญของ *C .botulinum* โดยขั้นต่ำต้องเท่ากับ 0.93 (สุมาลี, 2539)

ตารางที่ 32 ปริมาณจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่สดในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ± 2 และ 30 ± 2 ºC

เชื้อจุลินทรีย์	ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ (colony ต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	
		อุณหภูมิ 6 ± 2 °C	อุณหภูมิ 30 ± 2 °C
Coliform และ *E. coli*	0	< 3 MPN/กรัม	< 3 MPN/กรัม
Staphylococcus aureus (ในตัวอย่าง 25 กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ
Samonella spp. (ในตัวอย่าง 25 กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ
Clostidium spp.	4	ไม่พบ	ไม่พบ
จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)	0	< 250	< 250
	4	1.1×10^3	5.0×10^2
	8	1.1×10^3	1.1×10^3
	12	1.7×10^3	2.1×10^3
	16	9.5×10^2	4.7×10^3
	20	6.5×10^2	4.3×10^3
	24	7.5×10^2	8.1×10^3
	28	7.0×10^2	4.3×10^4
	60	6.7×10^2	ND
ยีสต์และรา (Yeast & Mould)	0	< 10	< 10
	4	30	20
	8	40	50
	12	35	55
	16	30	57
	20	30	60
	24	30	58
	28	25	56
	60	30	ND

หมายเหตุ - Coliform และ *E. coli*, *Staphylococcus aureus* ,และ *Samonella spp.* วิเคราะห์เฉพาะเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาที่ 0 วันเท่านั้น

- ส่วน *Clostidium spp* วิเคราะห์เฉพาะที่ระยะเวลา 4 วัน
- ND หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ตั้งแต่ 28 วัน

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

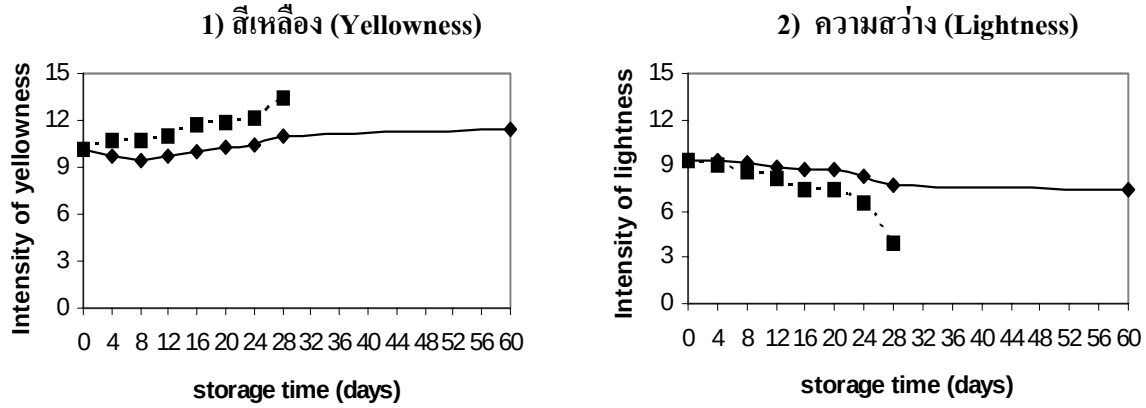
การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา เป็นการประเมินความเข้มในคุณลักษณะที่กำหนดขึ้นทั้งหมด 19 คุณลักษณะ สเกลความเข้ม 0-15 ครอบคลุมตั้งแต่ลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธีการประเมินตามการศึกษาในข้อ 2 ซึ่งสามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของบะหมี่ที่ทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30 ± 2 องศาเซลเซียส ดังนี้

ก. ลักษณะปรากฏ

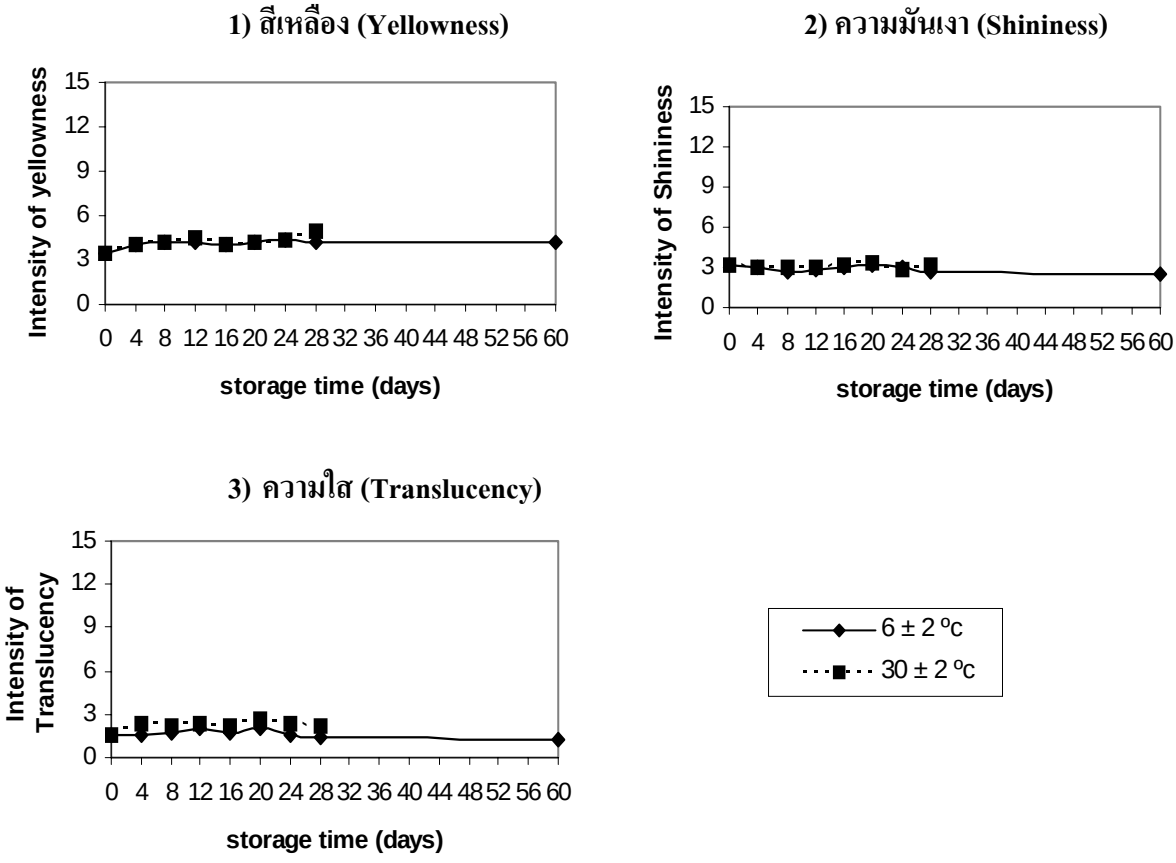
การเปลี่ยนแปลงความเข้มสีเหลืองของบะหมี่สดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30 ± 2 องศาเซลเซียส นำมาประเมินทั้งในเส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodles) และบะหมี่สุก (Cooked noodles) จากภาพที่ 33 (ก) พบว่าความเข้มสีเหลืองของเส้นบะหมี่ดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส มีความเข้มมากกว่าที่อุณหภูมิ 6 ± 2 องศาเซลเซียส และจากภาพที่ 33 (ข) ความเข้มสีเหลืองของเส้นบะหมี่สุกไม่พบความแตกต่างมากนัก โดยมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่า แทบจะอยู่ในระดับคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และไม่มีความแตกต่างกันของความเข้มสีเหลืองเส้นบะหมี่สุกของเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีเหลืองที่ประเมินจากทางประสาทสัมผัสให้ผลสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวัดค่าสีเหลือง (b*) ในการประเมินคุณภาพทางกายภาพโดยเครื่องวัดสี แสดงว่าเมื่อทำให้เส้นบะหมี่สุกไม่พบความแตกต่างของความเข้มสีเหลืองมากนักของตัวอย่างบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงความเข้มของความสว่าง (Lightness) ในเส้นบะหมี่ดิบ (ดังภาพที่ 33 (ก)) มีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส มีอัตราการลดลงของความเข้มในความสว่างมากกว่าบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ± 2 องศาเซลเซียส แสดงว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้บะหมี่มีความคล้ำสูงขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งผลความเข้มในความสว่างสอดคล้องกับการวัดค่าสีทางกายภาย คือ ค่า L*

(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle)



(ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)



<u>ภาพที่ 33</u> การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) ได้แก่ 1) สีเหลือง(Yellowness) 2)ความสว่าง (Lightness) และ(ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ได้แก่ 1) สีเหลือง(Yellowness) 2) ความใส (Translucency) และ 3)ความมันเงา (Shininess) ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ± 2 และ 30 ± 2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความใส (Translucency) ของเส้นบะหมี่สุก (ดังแสดงในภาพที่ 33 (ข 3)) พบว่า บะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีความใสของเส้นบะหมี่สุกสูงกว่าบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส โดยที่ความใสของเส้นบะหมี่สุกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ขณะที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส อยู่ในระดับคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

การเปลี่ยนความเข้มของความมันเงา (Shininess) ในเส้นบะหมี่สุก จากภาพที่ 33 (ข) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเกือบคงที่ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส มากนัก โดยที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีความมันเงามากกว่าที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส เล็กน้อย

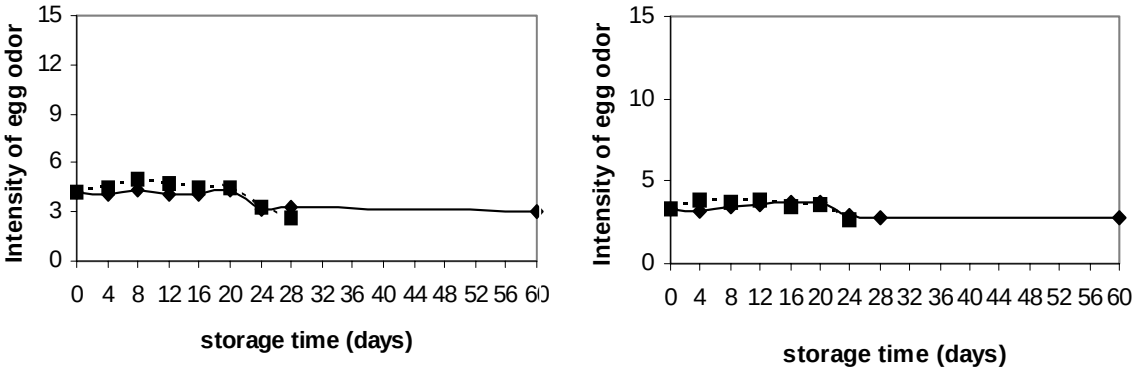
ข. กลิ่น

กลิ่นไข่ (Egg Odor) เป็นคุณลักษณะสำคัญที่พบในบะหมี่ไข่ จากภาพที่ 34 (ก) และ (ข) ระหว่างการเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มของกลิ่นไข่ในเส้นบะหมี่ดิบและสุกทั้งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงหลังจากระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วันอย่างเด่นชัด ดังนั้นที่ระยะเวลาการเก็บดังกล่าวอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นได้

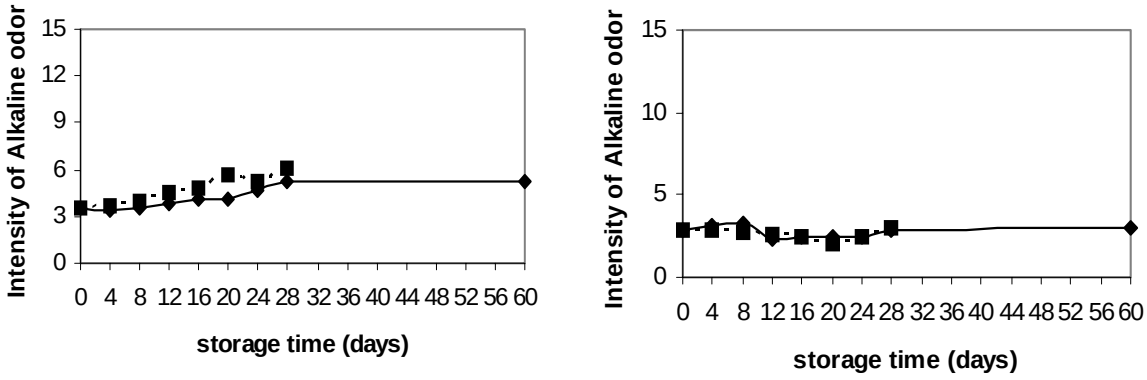
สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มของกลิ่นด่าง (Alkaline Odor) ของเส้นบะหมี่ดิบและสุก จากภาพที่ 34 (ก) และ (ข) พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาเส้นบะหมี่ดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งในบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีความเข้มของกลิ่นด่างสูงกว่าบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าการยอมรับของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากคุณลักษณะกลิ่นด่างมีความสัมพันธ์กับความชอบของผู้บริโภคที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในเส้นบะหมี่สุกแล้วความเข้มกลิ่นด่างของทั้งบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการเก็บรักษาอาจไม่ได้ส่งผลต่อการยอมรับด้านกลิ่นด่างของบะหมี่สุกจากผู้บริโภค เพราะไม่มีการเปลี่ยนของกลิ่นด่างในเส้นบะหมี่สุกแต่อย่างใด

(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

1) กลิ่นไข่ (Egg odor)



2) กลิ่นด่าง (Alkaline odor)



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) และ (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ± 2 และ 30 ± 2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ ในคุณลักษณะ 1) กลิ่นไข่ (Egg odor) และ 2) กลิ่นด่าง (Alkaline odor)

ค. เนื้อสัมผัส

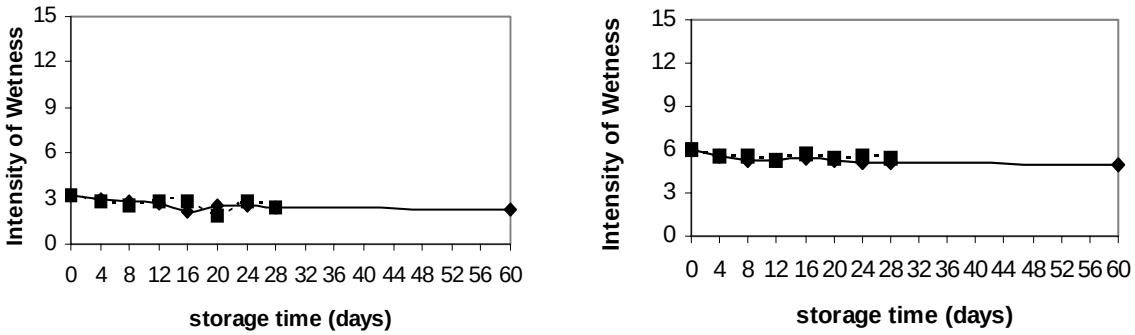
การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสในด้านความชุ่มชื้น (Wetness) ของเส้นบะหมี่ดิบและสุกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา จากภาพที่ 35 (ก 1)) และ (ข 1)) พบว่าที่อุณหภูมิต่างกันการเปลี่ยนแปลงความเข้มของความชุ่มชื้นใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนักของทั้งเส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodles) และเส้นบะหมี่สุก (Cooked noodles) และพบว่ามีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการวัดปริมาณความชื้นในข้อ 3.1.5 ของเส้นบะหมี่ดิบ และไม่พบความแตกต่างในด้านความเข้มของความชุ่มชื้นที่อุณหภูมิต่างกัน ทั้งนี้ถึงแม้ว่าจากผลปริมาณความชื้นที่วัดด้วยวิธีการทางเคมีกายภาพของเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากความแตกต่างกันของปริมาณความชื้นอยู่ในระดับน้อยมาก ซึ่งผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ โดยอยู่ในระดับต่ำเกินกว่าที่จะรับรู้ได้โดยการสัมผัส (Threshold) จึงทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความชุ่มชื้นจากการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาดังกล่าว

การเปลี่ยนแปลงความเข้มด้านความยืดหยุ่น (Elasticity) ของเส้นบะหมี่ดิบและสุกที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 35(ก 2)) และ (ข 2)) พบว่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยระหว่างเก็บรักษา และมีความเข้มของความยืดหยุ่นใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่างกันทั้งในเส้นบะหมี่ดิบและสุก โดยสอดคล้องกับผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการวัดแรงดึง (Tensile Strength Test) ในข้อ 3.1.2 ค มีค่าแรงดึงที่ทำให้เส้นบะหมี่ขาดออกจากกัน (Tensile Strength) ต่ำลงที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเช่นกัน

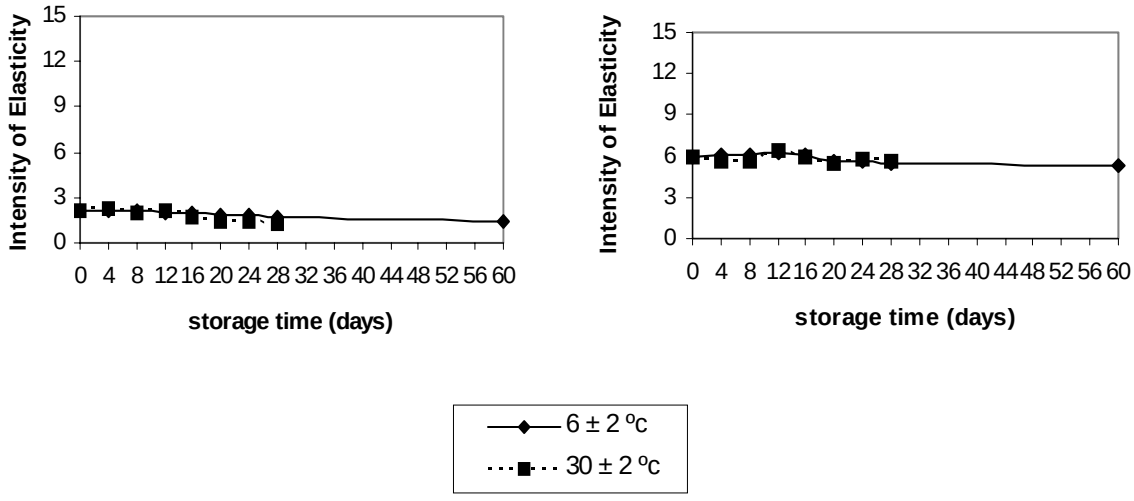
สำหรับการเปลี่ยนแปลงในด้านความเหนียวติดกันของเส้นบะหมี่สุก (Stickiness) จากภาพที่ 35(ข 1)) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเส้นบะหมี่ที่ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยผลดังกล่าวก็สอดคล้องกับการวัดร้อยละการสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss) ในข้อ 3.1.3 ก็ค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเช่นเดียวกัน

(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

1) ความชุ่มชื้น (Wetness)



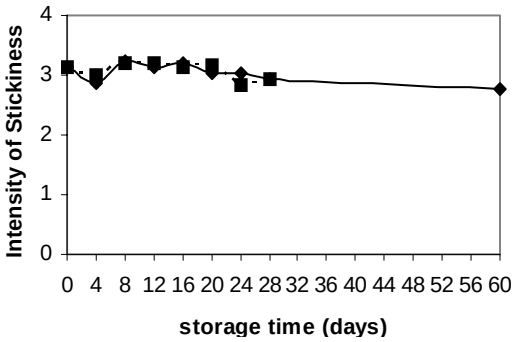
2) ความยืดหยุ่น (Elasticity)



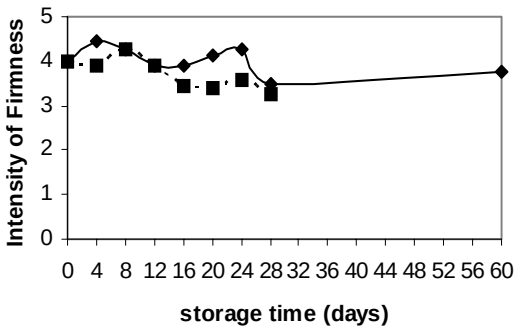
ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ(Raw noodle) ได้แก่ 1) ความชุ่มชื้น (Wetness) 2) ความยืดหยุ่น (Elasticity) และ (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ได้แก่ 1) ความชุ่มชื้น (Wetness) 2)ความยืดหยุ่น (Elasticity) 3) ความเหนียวติดกันของเส้น(Stickiness) 4) ความแน่นเนื้อ(Firmness) 5) ความสามารถในการถอนฟันออกขณะเคี้ยว (Toothpull) 6) การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) 7) การเกาะติดฟันขณะเคี้ยว(Adhesiveness) และ 8) ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness) ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ± 2 และ 30± 2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ

(ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

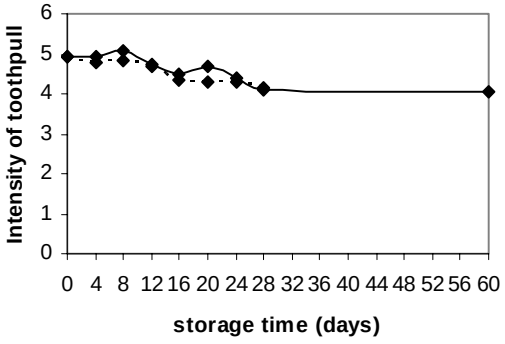
1) ความเหนียวติดกันของเส้น (Stickiness)



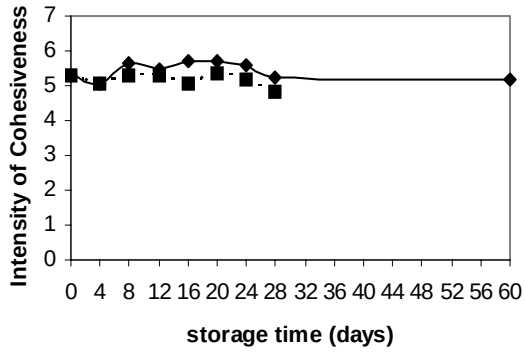
2) ความแน่นเนื้อ (Firmness)



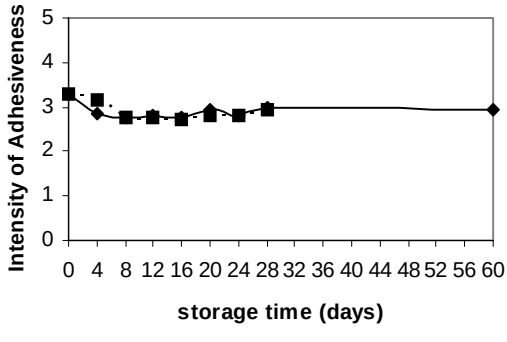
3) ความสามารถในการถอนฟันออกขณะเคี้ยว (Toothpull)



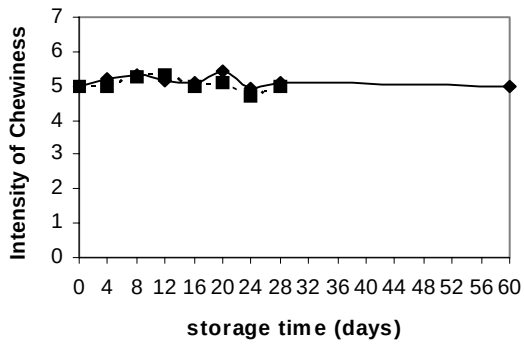
4) การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness)

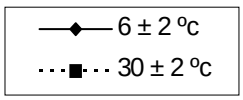


5) การเกาะติดฟันขณะเคี้ยว (Adhesiveness)



6) ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness)





ภาพที่ 35 (ต่อ)

การเปลี่ยนแปลงในด้านความแน่นเนื้อหรือความแข็ง (Firmness) ของเส้นบะหมี่ จากภาพที่ 35 (ข 2)) พบว่าระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แนวโน้มค่าความเข้มในด้านความแข็งของเส้นลดลง โดยเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีค่าความเข้มในด้านความแข็งน้อยกว่าเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ผลที่ได้เป็นในทิศทางเดียวกันกับการวัดค่าเนื้อสัมผัสทางกายภาพด้วยวิธีการวัดแรงตัดขาด (Blade Cutting Test) ของเส้นบะหมี่สุก ในข้อ 3.1.2 เพราะฉะนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้เส้นบะหมี่เมื่อสุกมีความนุ่มขึ้น

นอกจากนี้การประเมินเนื้อสัมผัสขณะเคี้ยวในเส้นบะหมี่สุก ได้แก่ การถอนฟันออกจากตัวอย่างขณะเคี้ยว (Toothpull) การเกาะตัวรวมกันของตัวอย่าง (Cohesiveness) การเกาะติดฟัน (Adhesiveness) และความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness) จากภาพที่ 35 (ข 3 4 5และ 6)) พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในความเข้มของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าวน้อยมาก มีลักษณะคงที่ระหว่างการเก็บรักษา และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส อาจเนื่องมาจากตัวอย่างมีความแตกต่างกันน้อยมากในคุณลักษณะดังกล่าว ซึ่งผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ เนื่องจากอยู่ต่ำกว่าระดับการรับรู้ต่ำสุด (Threshold) ที่ผู้ทดสอบสามารถจะประเมินได้

3.3.2 การทดสอบความชอบ

การทดสอบความชอบของผู้บริโภค โดยใช้วิธี 9-Point Hedonic scale ทำการประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ในเส้นบะหมี่ดิบและสุก ระหว่างการเก็บรักษาเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส โดยทำการประเมินความชอบของตัวอย่างที่ระยะเวลาเริ่มต้น คือ 0 วัน และที่ระยะเวลา 12 20 และ 28 วัน ซึ่งที่ระยะเวลา 28 วัน บะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส ยังไม่เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส แต่อย่างใด ดังนั้นจึงคาดหวังว่ามีอายุการเก็บรักษา 60 วัน ดังนั้นจึงประเมินความชอบที่ระยะเวลา 60 วันของบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 36(ก) และ (ข) พบว่า ความชอบโดยรวม (Overall liking) ของเส้นบะหมี่ดิบและสุกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลด โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่ามีคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคมีคะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่จะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้ว รวมทั้งที่

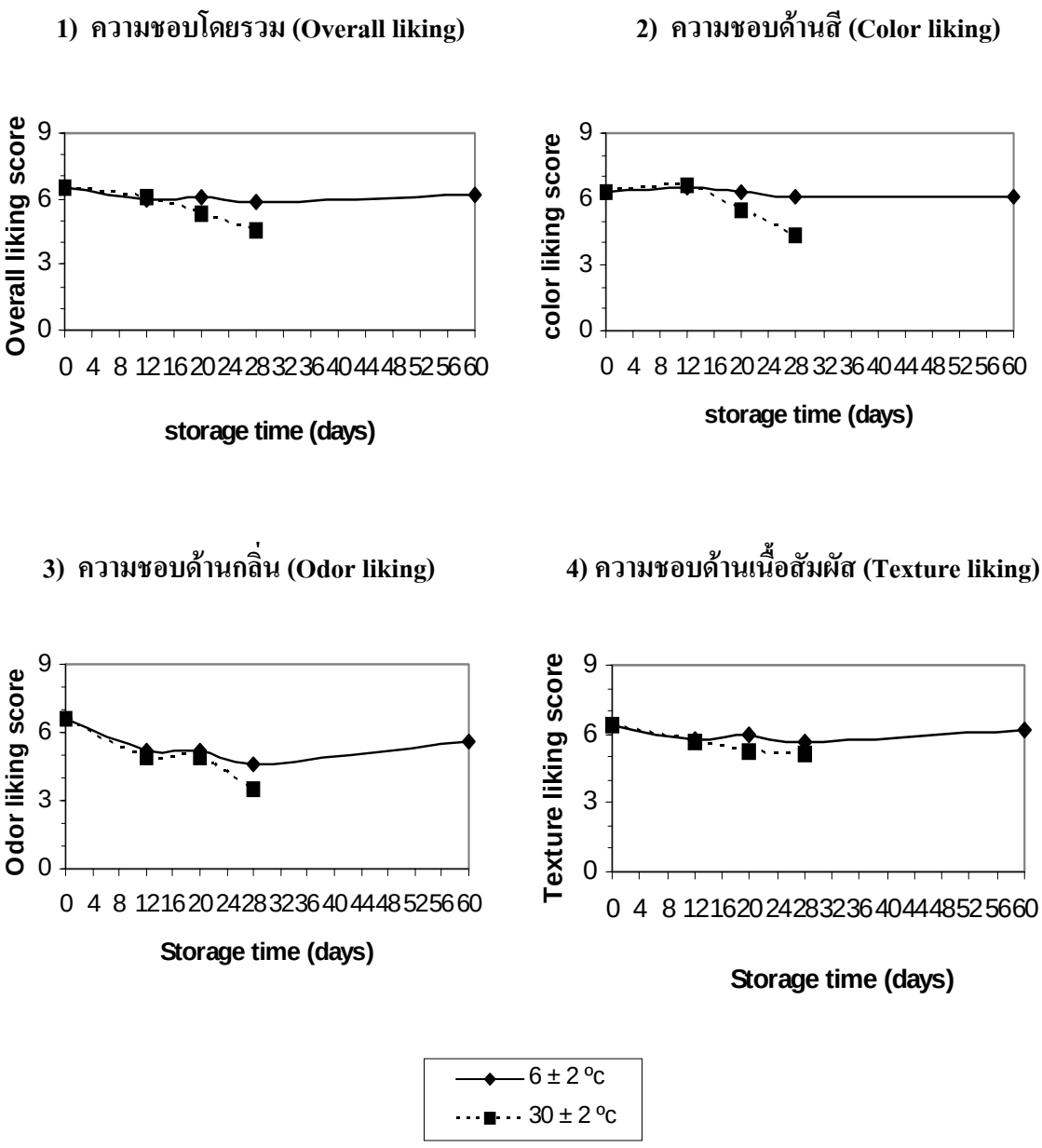
อายุการเก็บรักษา 28 วันนี้ยังมีปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมเกินมาตรฐานกำหนดไว้ เพราะฉะนั้นเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่สภาวะ 30 ±2 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาเพียง 20 วันเท่านั้น ในขณะที่เส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่สภาวะ 6 ±2 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน พบว่าความชอบโดยรวมของเส้นบะหมี่ดิบและสุกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ เพราะฉะนั้นเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่สภาวะ 6 ±2 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 60 วัน

เมื่อพิจารณาความชอบในแต่ละคุณลักษณะ (ดังแสดงในภาพที่ 36(ก)และ(ข)) ได้แก่ ความชอบในด้านสี (Color liking score) พบว่า บะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงความชอบลดลงเล็กน้อยเกือบที่จะคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา 60 วัน แต่สำหรับบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มความชอบลดลงอย่างชัดเจนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน ความชอบในด้านสีของทั้งเส้นบะหมี่ดิบและสุกลดลงต่ำกว่า 5 คะแนน

ส่วนความชอบในด้านกลิ่น (Odor liking score) ระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มความชอบในด้านกลิ่นลดลงเช่นกัน (ดังแสดงในภาพที่ 36(ก)และ(ข)) โดยเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีอัตราการลดลงมากกว่าบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส ซึ่งความชอบในด้านกลิ่นของเส้นบะหมี่ดิบและสุก ณ สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา 28 วันพบว่ามีคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่า 5 คะแนน

สำหรับความชอบในคุณลักษณะเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มของคะแนนความชอบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันมากนักทั้งในเส้นบะหมี่ดิบและสุก โดยยังมีคะแนนอยู่ในช่วงยอมรับและผู้บริโภคยังชอบอยู่ (คะแนนสูงกว่า 5 คะแนน) แต่อัตราการลดลงของความชอบในด้านเนื้อสัมผัสของบะหมี่ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียสสูงกว่าบะหมี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่าการเก็บรักษาบะหมี่ที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถคงคุณภาพความชอบของผู้บริโภคได้ดีกว่า

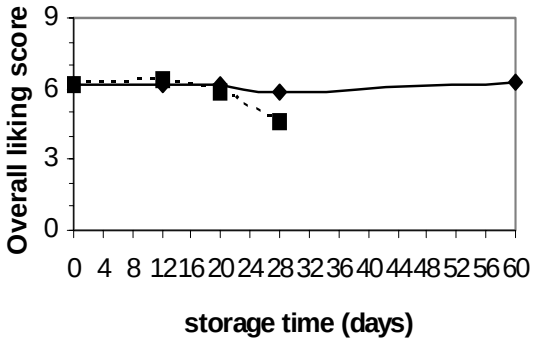
(ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw)



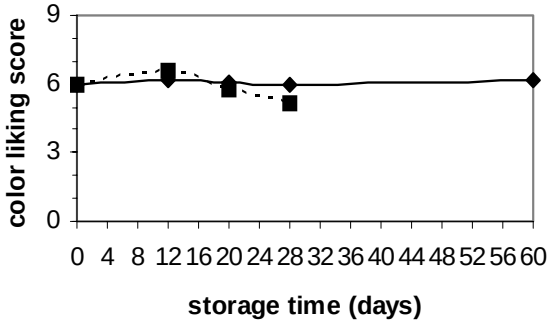
ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของผู้บริโภคของ (ก) เส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) และ (ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) ในด้าน 1) ความชอบโดยรวม (Overall liking) 2) ความชอบด้านสี (Color liking) 3) ความชอบด้านกลิ่น (Odor liking) และ4) ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Texture liking) ที่สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษา 6 $\pm$2 และ 30 $\pm$2 ºC ที่ระยะเวลาต่างๆ

(ข) เส้นบะหมี่สุก (Cooked)

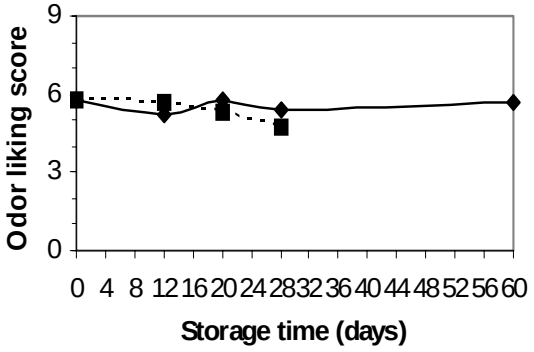
1) ความชอบโดยรวม (Overall liking)



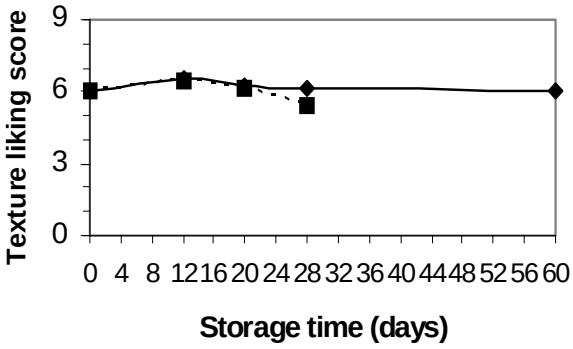
2) ความชอบด้านสี (Color liking)

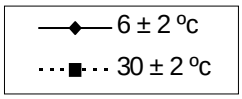


3) ความชอบด้านกลิ่น (Odor liking)



4) ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Texture liking)





ภาพที่ 36 (ต่อ)

เพราะฉะนั้นจะเห็นว่า บะหมี่สดที่เก็บไว้ที่สภาวะอุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นานถึง 60 วัน ขณะที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพียง 20 วัน เนื่องจากอายุการเก็บรักษาหลังจาก 20 วันนี้ เส้นบะหมี่จะได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้สำหรับการยอมรับ (5 คะแนน) รวมทั้งมีคะแนนความชอบในด้านสี และกลิ่นต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดด้วยเช่นกัน

3.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่สดที่อายุและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่างๆ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component Analysis [PCA])

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบะหมี่ที่ยืดอายุการเก็บรักษาด้วยการเติมโพรพิลีนไกลคอล ร่วมกับการใช้สารดูดความชื้น ออกซิเจน และปรับบรรยากาศด้วยไนโตรเจน ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิต่างกัน คือ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ทำการประเมินคุณภาพทุก 4 วัน โดยที่เส้นบะหมี่สดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียสมีระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน ส่วนเส้นบะหมี่สดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียสมีระยะเวลาในการเก็บรักษา 28 วัน สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA) แสดงภาพรวมและชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของอายุการเก็บรักษาและสภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษาต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันออกไป โดยจำแนกการประเมินเส้นบะหมี่สดที่ยืดอายุการเก็บรักษาออกเป็นการเปลี่ยนแปลงของเส้นบะหมี่ดิบ (Raw Noodle) และสุก (Cooked Noodle)

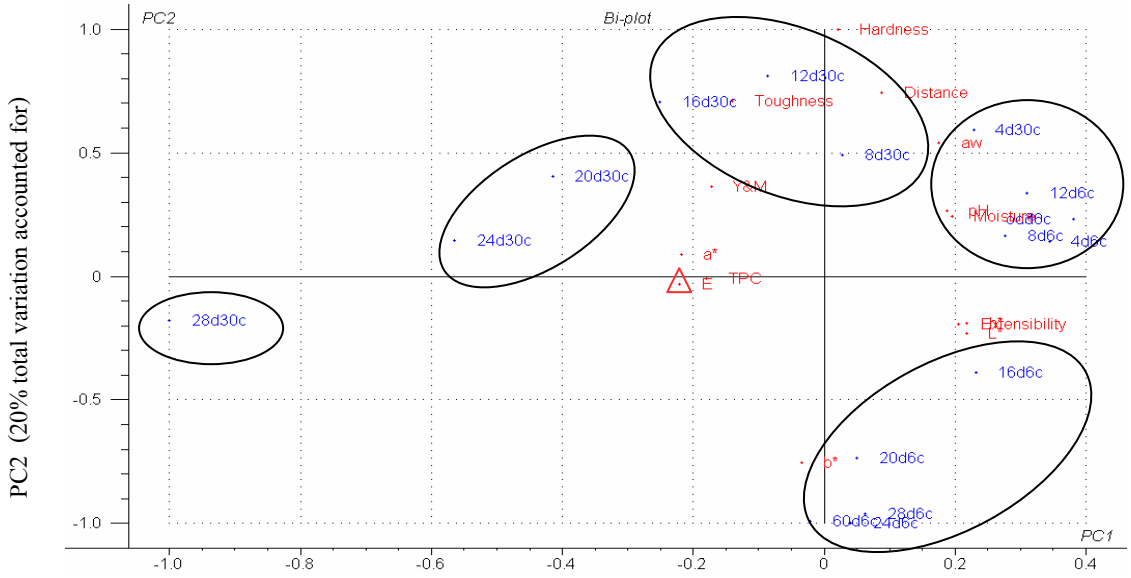
3.4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่สดที่ยืดอายุการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษา

ก. คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่ดิบ

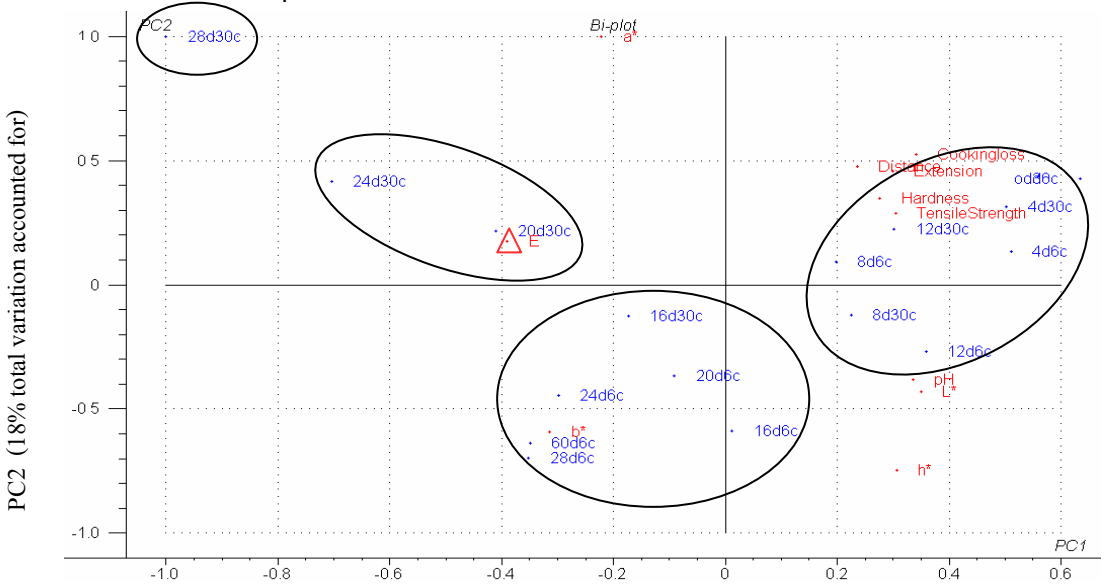
คุณภาพทางเคมีกายภาพเส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle) ระหว่างการเก็บรักษาทั้งหมด 12 คุณลักษณะ นำมาปรับค่า (Standardize) เพื่อหาความสัมพันธ์และแนวโน้มโดยใช้เทคนิคแผนภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA) (ดังภาพที่ 37) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นได้ 81% เป็น 2 องค์ประกอบหลักๆ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่ดิบที่อายุและสภาวะอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต่างๆ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 (PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 61% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับค่าสีในด้านความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสี h* และค่าการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของสี(ΔE) รวมทั้งเนื้อสัมผัสในด้านระยะทางที่ใช้ในการยืดของแผ่นโด (Extensibility) ปริมาณความชื้น (Moisture) และค่าพีเอช (pH) ของเส้นบะหมี่ดิบ รวมไปถึงปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมด้วย (TPC) ซึ่งองค์ประกอบที่ 1 นี้สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีลักษณะเส้นบะหมี่ดิบไม่คล้ำและชุ่มชื้น คือค่าความสว่าง (L*) ค่าสี h* ค่าพีเอช และปริมาณความชื้น (Moisture) สูง รวมทั้งมีความยืดตัวของแผ่นโดได้ดี แต่มีค่าสีแดงและการเปลี่ยนแปลงของสีรวมของการเก็บรักษาต่ำ รวมถึงมีปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมน้อยด้วย ได้แก่ กลุ่มบะหมี่สดที่อยู่ในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษาตั้งแต่วันแรกจนถึง 12 วันของอุณหภูมิ 6 $\pm$2 องศาเซลเซียส (0d6c – 12d6c) และ 4 วันของอุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียส (0d30c-4d30c) 2) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวในระดับกลางๆ ได้แก่ ตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 $\pm$2 องศาเซลเซียส ของอายุการเก็บรักษาที่ 16 – 60 วัน(16d6c – 60d6c) และกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียสของอายุการเก็บรักษา 8 – 16 วัน (8d30c-16d30c) 3) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวค่อนข้างต่ำ ได้แก่ ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาในช่วงท้ายๆ มีอายุการเก็บรักษา 20 - 24 วันของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส (20d30c-24d30c) และ 4) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวต่ำมาก ได้แก่ ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาสุดท้ายของอุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียส คือ 28 วัน (28d30c)

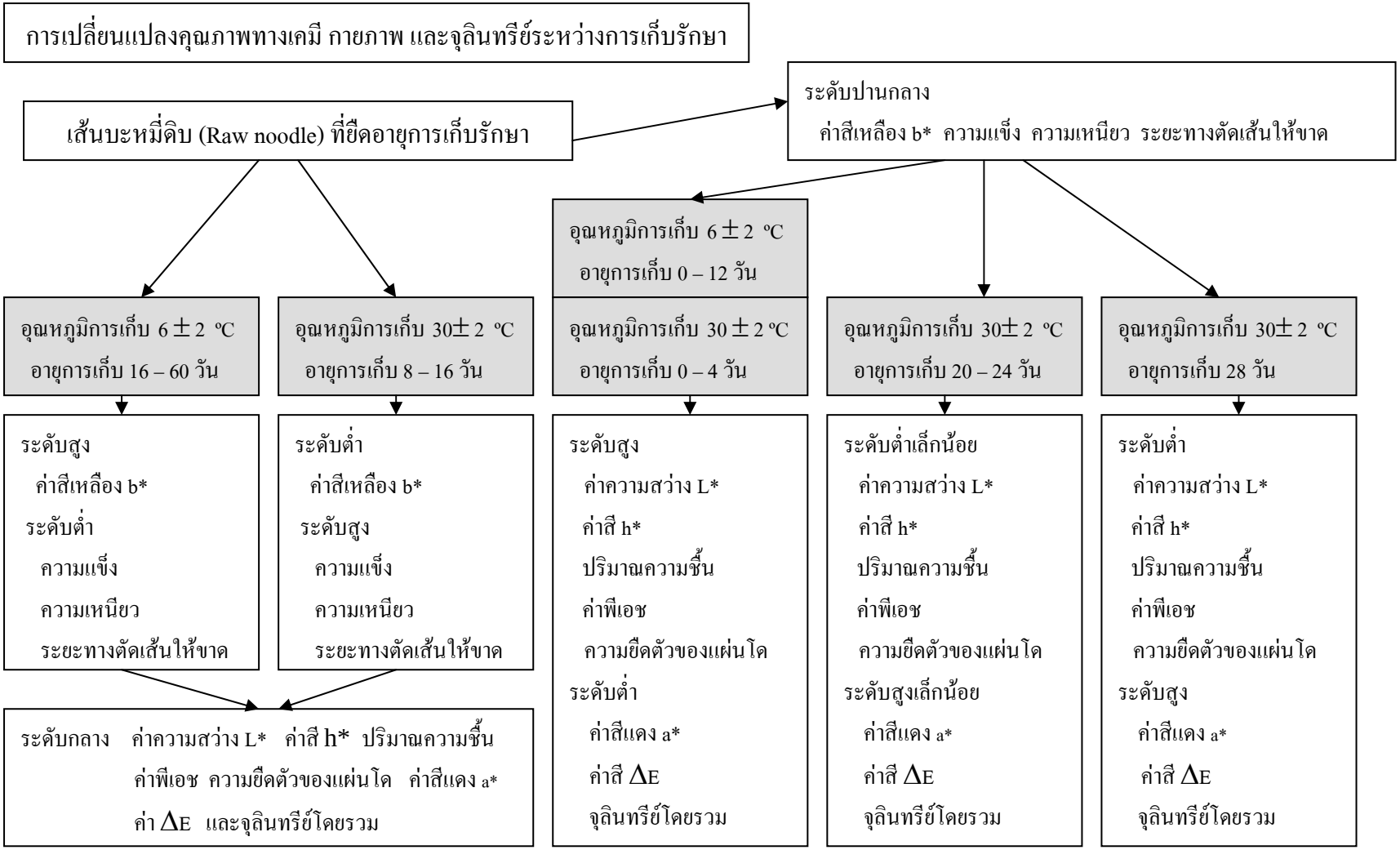
องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 20% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับค่าเนื้อสัมผัสในด้านความแข็ง (Hardness), ระยะในการตัดเส้นบะหมี่ดิบให้ขาดออกจากัน (Distance) ค่าความเหนียวของแผ่นโด (Toughness) และค่าสีเหลือง (b*) ซึ่งองค์ประกอบที่ 2 นี้สามารถแยกความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 $\pm$2 องศาเซลเซียส ของอายุการเก็บรักษาที่ 16 – 60 วันและกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียสของอายุการเก็บรักษา 4 – 16 วัน ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ 2 จากการแบ่งด้วย PC1 สามารถจำแนกตัวอย่างจากอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 4 – 16 วันที่อุณหภูมิ 30 $\pm$2 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะค่าความแข็ง ระยะทางที่ใช้ในการตัดขาดของเส้นบะหมี่ดิบ และค่าความเหนียวของแผ่นโดสูง แต่มีค่าสีเหลืองต่ำ 2) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 16 – 60 วันที่อุณหภูมิ 6 $\pm$2 องศาเซลเซียส จะมีคุณลักษณะดังกล่าว ในทางตรงกันข้าม



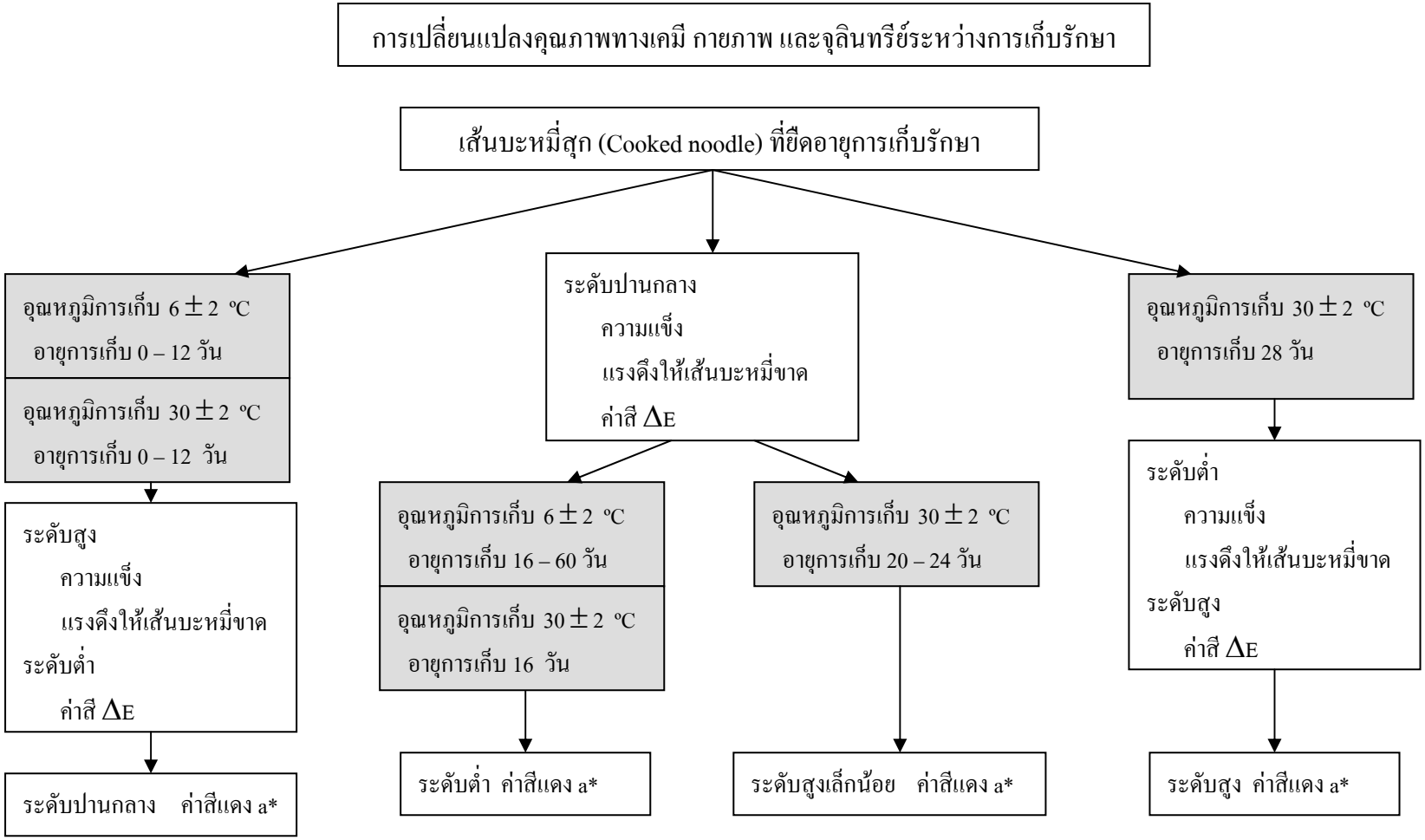
ภาพที่ 37 Principal Component Analysis (PCA) Biplot ของเส้นบะหมี่สดที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่สภาวะอุณหภูมิ 6 ±2 และ 30±2 ºC ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ กับคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่ดิบ บนแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC1) และ 2 (PC2)



ภาพที่ 38 Principal Component Analysis (PCA) Biplot ของเส้นบะหมี่สดที่ทำการเก็บรักษาไว้ที่สภาวะอุณหภูมิ 6 ±2 และ 30±2 ºC ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ กับคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่สุก บนแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC1) และ 2 (PC2)



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาของบะหมี่สดดิบที่ทำการยืดอายุการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 6±2 และ 30±2 ℃



<u>ภาพที่ 40</u> การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาของบะหมี่สุกที่ทำการยืดอายุการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30± 2 ºC

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมทั้ง 2 องค์ประกอบของคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่ดิบ จะสามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 6 ±2 และ 30±2 องศาเซลเซียส ออกเป็น 5 กลุ่ม (ดังแสดงในภาพที่ 39) ดังนี้ คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาในช่วงเริ่มต้นตั้งแต่ 0-12 วันที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา 0 - 4 วันอุณหภูมิการเก็บรักษา 30 ±2 องศาเซลเซียส 2) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 8 – 16 วันที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 ±2 องศาเซลเซียส 3) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 16 – 60 วันที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส 4) กลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในช่วงใกล้สุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส คือ 20 - 24 วัน และ 5) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาสุดท้ายที่ไม่เป็นที่ยอมรับแล้ว คืออายุการเก็บรักษา 28 วันที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส ซึ่งแต่ละกลุ่มมีคุณภาพของทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์แตกต่างกันไป ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิการเก็บรักษาส่งผลให้คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่ดิบมีความแตกต่างกัน

ข. คุณภาพทางเคมี และกายภาพของเส้นบะหมี่สุก

คุณภาพทางเคมีและกายภาพเส้นบะหมี่สุกระหว่างการเก็บรักษาทั้งหมด 9 คุณลักษณะ นำมาปรับค่า (Standardize) เพื่อหาความสัมพันธ์และแนวโน้มโดยใช้เทคนิคแผนภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA) (ดังภาพที่ 38) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นได้ 75% เป็น 2 องค์ประกอบหลักๆ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางเคมี และกายภาพของเส้นบะหมี่สุกที่มีอายุและสภาวะอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต่างๆ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 (PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 57% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์ เนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สุก คือ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียวในการดึงเส้นบะหมี่สุกให้ขาดออกจากกัน (Tensile Strength) และค่าการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของสี (ΔE) ซึ่งองค์ประกอบที่ 1 นี้สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สุกที่แข็งหรือมีความแน่นเนื้อและเหนียวสูง โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ กลุ่มบะหมี่สดที่อยู่ในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษาตั้งแต่วันแรกจนถึง 12 วันของอุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส (0d6c – 12d6c และ 0d30c – 12d30c) 2) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวในระดับกลางๆ ได้แก่ ตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ทั้งที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงอายุการ

เก็บรักษาหลังจาก 16 วันจนถึง 60วัน(16d6c – 60d6c) และกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียสของอายุการเก็บรักษา 16 – 24 วัน (16d30c-24d30c) 3) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวค่อนข้างต่ำมาก ได้แก่ ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาสุดท้าย 28 วันของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30 ±2 องศาเซลเซียส (28d30c) แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะดังกล่าวตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 18% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับค่าสีแดง (a*) ซึ่งองค์ประกอบที่ 2 นี้สามารถแยกความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่เก็บรักษาไว้ทั้งที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา 16- 60วันและกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียสของอายุการเก็บรักษา 16 – 24 วัน ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ 2 จากการแบ่งด้วย PC1 สามารถจำแนกตัวอย่างจากอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 20 – 24 วันที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะสีแดง 2) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 16 – 60 วันที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา 16 วันที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียสจะมีค่าสีแดงต่ำ

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมทั้ง 2 องค์ประกอบของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของเส้นบะหมี่สุก จะสามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่ระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส รวมทั้งที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ ออกเป็น 4 กลุ่ม (ดังแสดงในภาพที่ 40) ดังนี้ คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาในช่วงเริ่มต้นตั้งแต่ 0-12 วัน ทั้งที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส 2) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 16 - 60 วัน ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา 16 วันที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 ±2 องศาเซลเซียส 3) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 20 - 24 วันที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 ±2 องศาเซลเซียส 4) ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 28 วันของอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส ดังนั้นอายุการเก็บรักษาและอุณหภูมิการเก็บรักษาส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของเส้นบะหมี่สุกมีความสัมพันธ์สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเส้นบะหมี่ดิบ โดยเฉพาะตัวอย่างในกลุ่มที่ 3 และ 4 มีคุณภาพของเส้นบะหมี่ดิบและสุกแยกออกจากตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาอื่นอย่างชัดเจน

3.4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่สดที่ยืดอายุการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษา

ก. คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่ดิบ (Raw noodle)

คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่ดิบระหว่างการเก็บรักษาทั้งหมด 6 คุณลักษณะ นำมาปรับค่า (Standardize) เพื่อหาความสัมพันธ์และแนวโน้มโดยใช้เทคนิคแผนภาพด้วยวิธีวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA) (ดังภาพที่ 41) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นได้ 87% เป็น 2 องค์ประกอบหลักๆ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่ดิบที่มีอายุและสภาวะอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต่างๆ ดังนี้

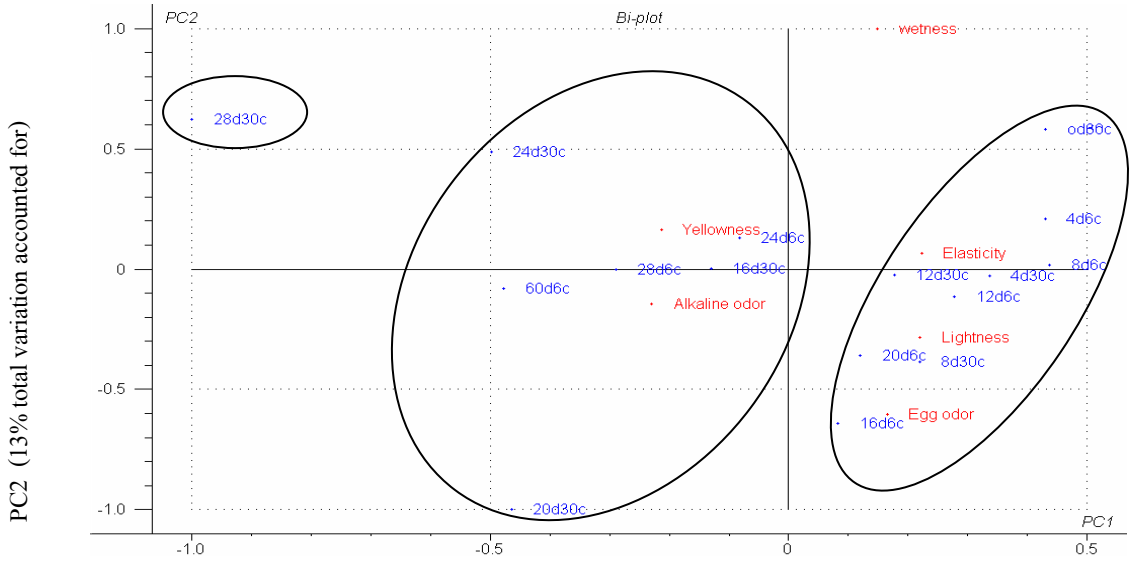
องค์ประกอบที่ 1 (PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 74% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะสีเหลือง (Yellowness) กลิ่นด่าง (Alkaline odor) ความสว่าง (Lightness) และความยืดหยุ่น (Elasticity) ของเส้นบะหมี่ดิบ ซึ่งองค์ประกอบที่ 1 นี้สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่ดิบที่เก็บรักษาได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีลักษณะเส้นบะหมี่ดิบไม่คล้ำมีความสว่างและเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นสูง แต่มีความเข้มของสีเหลืองและกลิ่นด่างต่ำ ได้แก่ กลุ่มบะหมี่สดที่อยู่ในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษาตั้งแต่วันแรกจนถึง 12 วันของทั้งสองอุณหภูมิ (0d6c – 12d6c และ 0d30c-12d30c) แต่ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 6±2 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียสจากอายุการเก็บรักษา 12 วัน ไปจนถึง 20 วัน 2) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวในระดับกลางๆ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่มีระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คือ ตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 24 – 60 วัน(24d6c – 60d6c) และกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียสที่มีอายุการเก็บรักษา 16-24 วัน (16d30c-24d30c) 3) กลุ่มที่มีคุณลักษณะเส้นบะหมี่ดิบคล้ำ และมีความยืดหยุ่นของเส้นบะหมี่ต่ำ ขณะที่มีสีเหลืองและกลิ่นด่างสูง ได้แก่ ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาสุดท้ายของอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส คือ 28 วัน (28d30c)

องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 13% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความชุ่มชื้น (Wetness) ซึ่งองค์ประกอบที่ 2 นี้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษาได้ชัดเจนนัก ซึ่งพบว่ามีความชุ่มชื้นใกล้เคียงกัน ยกเว้นตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส (20d30c) มีลักษณะความชุ่มชื้นต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อาจเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมระหว่างการทดสอบเปลี่ยนแปลงจากเดิม ทำให้ผู้ทดสอบประเมินผิดพลาดได้

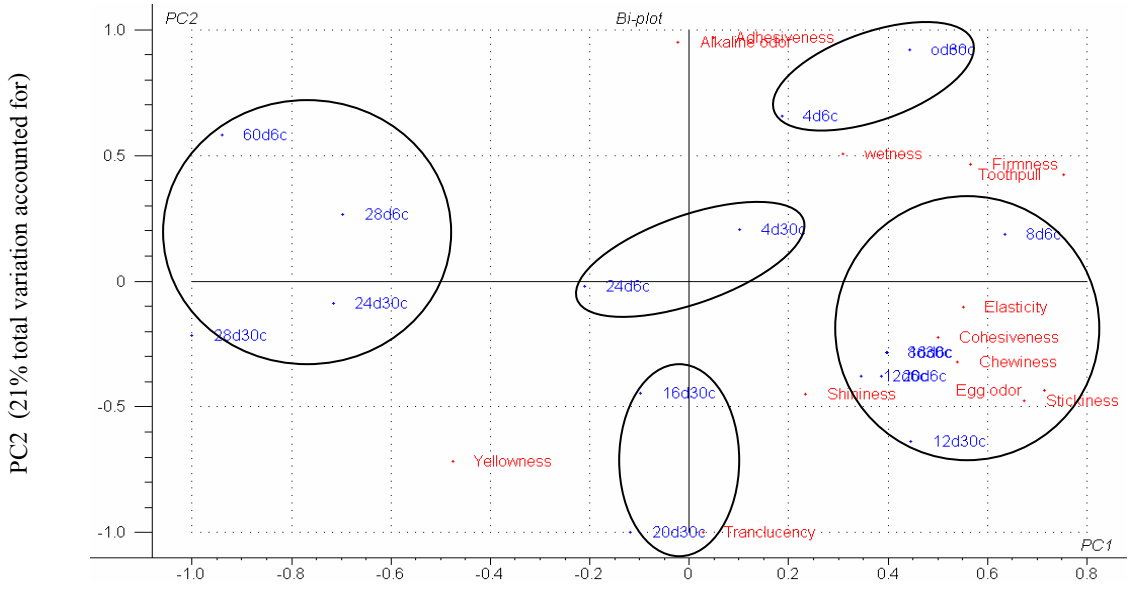
เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ดิบเพียงองค์ประกอบที่ 1 จะสามารถแยกความแตกต่างที่ทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 6±2 และ 30±2 องศาเซลเซียส ออกเป็น 3 กลุ่มเท่านั้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ดิบตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 43 โดยเส้นบะหมี่ดิบในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษาของทั้งสองอุณหภูมิมีลักษณะเส้นบะหมี่ดิบที่มีความสว่าง ไม่หมองคล้ำ ซึ่งให้ผลสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการประเมินคุณภาพด้วยการวัดค่าสี L* ในทางกายภาพ รวมถึงเส้นบะหมี่ดิบยังมีความยืดหยุ่น ขณะที่เส้นบะหมี่ดิบที่มีอายุการเก็บรักษามากขึ้นจะมีคุณภาพดังกล่าวลดลง

ข. คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle)

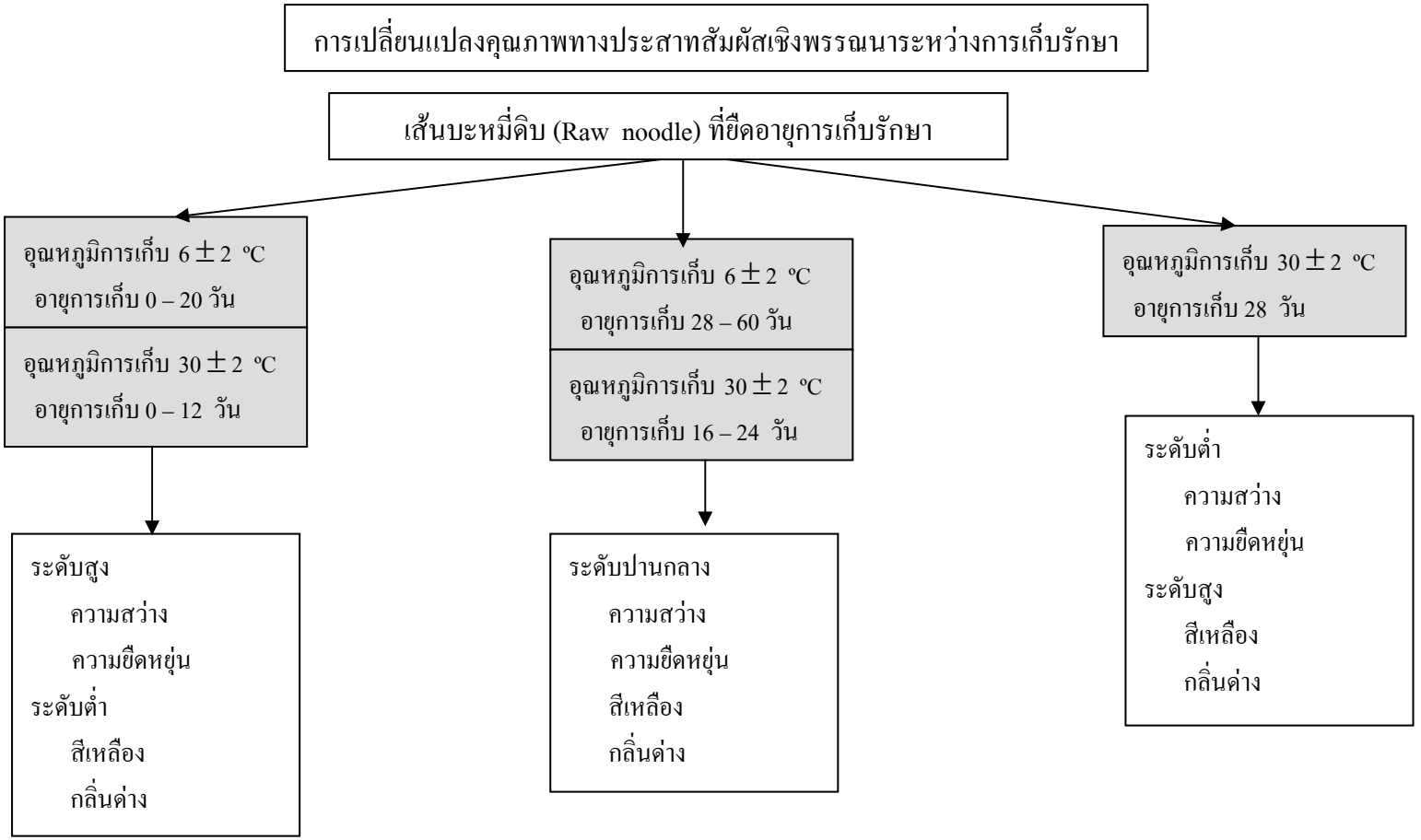
คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สุกระหว่างการเก็บรักษาทั้งหมด 13 คุณลักษณะ นำมาปรับค่า (Standardize) เพื่อหาความสัมพันธ์และแนวโน้มโดยใช้เทคนิคแผนภาพด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA) (ดังภาพที่ 42) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นได้ 53% เป็น 2 องค์ประกอบหลักๆ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่สุกที่มีอายุและสภาวะอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต่างๆ ดังนี้



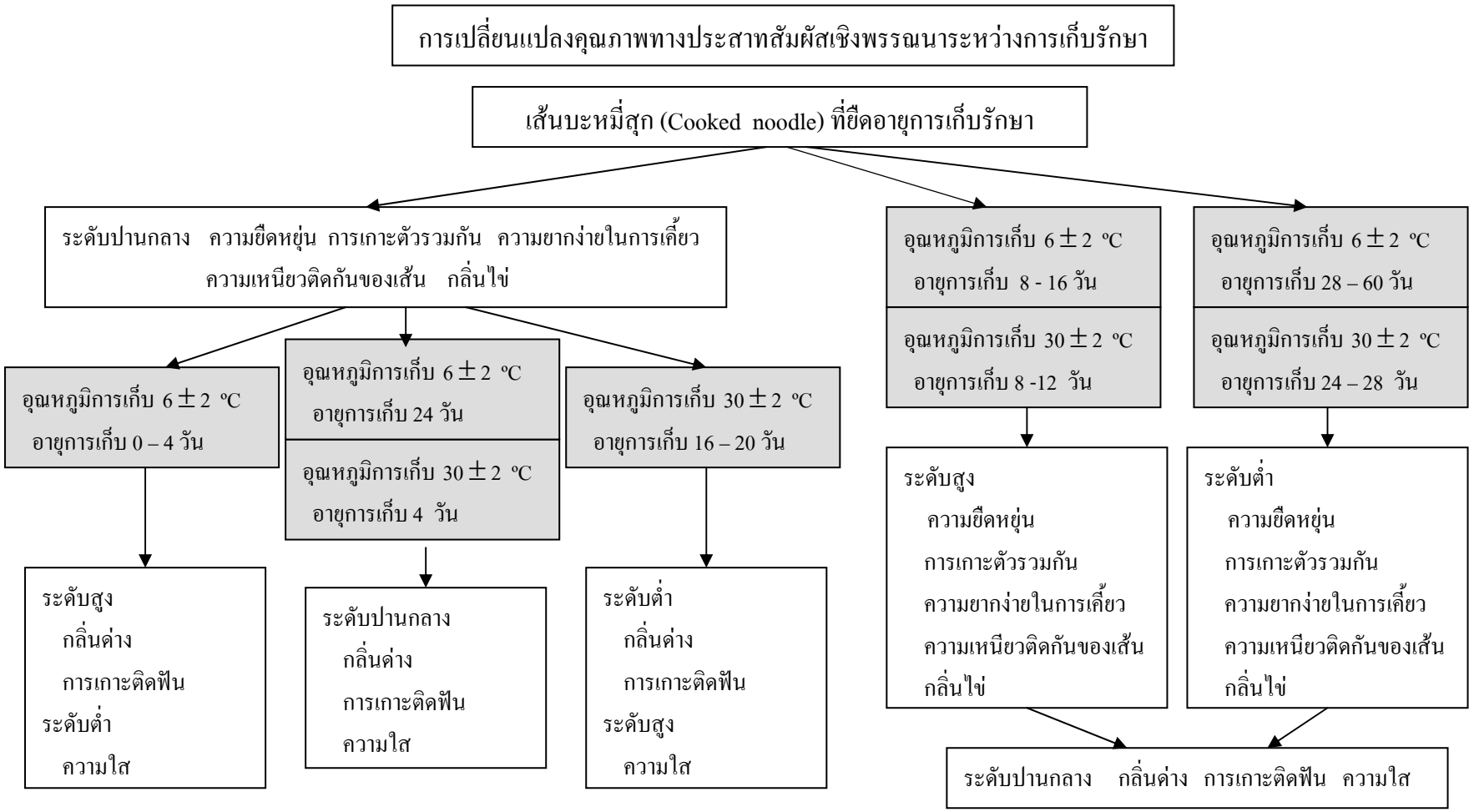
ภาพที่ 41 Principal Component Analysis (PCA) Biplot ของเส้นบะหมี่สดที่ทำการเก็บรักษาไว้ในสภาวะอุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30± 2 ºC ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่ดิบ บนแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC1) และ 2 (PC2)



ภาพที่ 42 Principal Component Analysis (PCA) Biplot ของเส้นบะหมี่สดที่ทำการเก็บรักษาไว้ในสภาวะอุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30± 2 ºC ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สุก บนแกนองค์ประกอบที่ 1 (PC1) และ 2 (PC2)



ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาระหว่างการเก็บรักษาของบะหมี่สุกที่ทำการยืดอายุการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 6±2 และ 30±2 ºC



<u>ภาพที่ 44</u> การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาระหว่างการเก็บรักษาของบะหมี่สุกที่ยืดอายุการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 6±2 และ 30±2 ºC

องค์ประกอบที่ 1 (PC1) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 32% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สุก ได้แก่ ความยืดหยุ่น (Elasticity) การเกาะตัวรวมกันของเส้นบะหมี่สุกขณะเคี้ยว (Cohesiveness) ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness) และการเหนียวติดกันของเส้นบะหมี่สุก (Stickiness) รวมทั้งกลิ่นไข่ (Egg odor) ของเส้นบะหมี่สุก ซึ่งองค์ประกอบที่ 1 นี้สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่สุกที่เก็บรักษาได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่สุกเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่น ความแน่นเนื้อทำให้ยากต่อการเคี้ยว การเกาะตัวรวมกันของเส้นบะหมี่ขณะเคี้ยว และมีการเกาะติดกันของเส้นบะหมี่สุกสูง รวมทั้งมีกลิ่นไข่ของเส้นบะหมี่สุกสูง ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างบะหมี่ที่อยู่ในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษาตั้งแต่วันแรกจนถึง 12 วันของทั้งสองอุณหภูมิ (0d6c – 12d6c และ 0d30c-12d30c) แต่ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 6 ±2 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจากอายุการเก็บรักษา 12 วัน ไปจนถึง 20 วัน 2) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวในระดับกลางๆ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่มีระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คือ ตัวอย่างเส้นบะหมี่สดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 24 วัน(24d6c) และกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียสที่มีอายุการเก็บรักษา 16-24 วัน (16d30c-24d30c) 3) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวต่ำ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษามากของทั้งสองอุณหภูมิ โดยที่อายุการเก็บรักษา 28-60 วันของอุณหภูมิ 6 ±2องศาเซลเซียส (28d6c, 60d6c) และอายุการเก็บรักษา 24 – 28 วัน ของอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส (24d30c, 28d30c)

องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 21% โดยที่องค์ประกอบมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านการเกาะติดฟัน (Adhesiveness) กลิ่นด่าง (Alkaline odor) และลักษณะปรากฏในด้านความใส (Translucency) ของเส้นบะหมี่สุก ซึ่งองค์ประกอบที่ 2 นี้สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างเส้นบะหมี่สุกที่เก็บรักษาได้เป็น 3 กลุ่มเพิ่มเติมจากการแบ่งกลุ่มด้วยองค์ประกอบที่ 1 โดยสามารถจำแนกกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ได้เป็นกลุ่มย่อยๆ คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาวันเริ่มต้นของทั้งสองอุณหภูมิ (0d6c, 0d30c) จนถึง 4 วันของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 6 ±2 องศาเซลเซียส (4d6c) จะมีลักษณะการเกาะติดฟัน (Adhesiveness)ขณะเคี้ยว และ กลิ่นด่าง (Alkaline odor) สูง แต่มีลักษณะปรากฏในด้านความใส (Translucency) ของเส้นบะหมี่สุกต่ำ 2) กลุ่มที่มีคุณลักษณะดังกล่าวในระดับกลางๆ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 4 วันของอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส (4d30c) และ ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 24 วันของอุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส (24d6c) 3) กลุ่มที่มีอุณหภูมิการเก็บรักษา 30 ±2 องศาเซลเซียสที่อายุการเก็บรักษา 16-20 วัน (16d30c-20d30c)

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมทั้ง 2 องค์ประกอบของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สุก จะสามารถแยกความแตกต่างที่ทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 6±2 และ 30 ±2 องศาเซลเซียส ออกเป็น 5 กลุ่ม (ดังแสดงในภาพที่ 44) ได้ คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาในช่วงเริ่มต้นของทั้งสองอุณหภูมิ จนถึง 4 วันของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 6 ±2 องศาเซลเซียส 2) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 8 - 12 วัน ของทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา 3) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส และ 24 วันของอุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส 4) ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 16-20 วันของอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส และ 5) กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาช่วงท้ายของทั้งสองอุณหภูมิ คือ 28-60 วันของอุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส และ 24-28 วันของอุณหภูมิ 30 ±2 องศาเซลเซียส ดังนั้นอายุการเก็บรักษาและอุณหภูมิการเก็บรักษาส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่สุกมีความแตกต่างกัน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการพัฒนาการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่สดด้วยการเติมโพรพลีนไกลคอล ร่วมกับการใช้สารดูดความชื้น ออกซิเจน และการปรับสภาพบรรยากาศด้วยไนโตรเจนในการการบรรจุ พบว่าสามารถสามารถยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่ได้นานขึ้น ทั้งนี้สภาวะอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน คือ 6±2 และ 30±2 องศาเซลเซียส ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาจนทำให้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคด้วยการทดสอบความชอบมีคะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน โดยที่อุณหภูมิ 6 ±2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 60 วัน ขณะที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน เพราะฉะนั้นจากการศึกษาดังกล่าวจึงสามารถสรุปคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาที่ผู้บริโภคยอมรับ (Acceptability of consumer) ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สดระหว่างการเก็บรักษา (ดังแสดงในตารางที่ 33 และ 34) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 33 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของเส้นบะหมี่สดดิบและสุก ที่ผู้บริโภคยอมรับ (Acceptability) ระหว่างการเก็บรักษา

คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ	ค่าคุณภาพที่ผู้บริโภคยอมรับ (Acceptability)
เส้นบะหมี่ดิบ (Raw Noodle)	
ความแข็ง (Hardness) (นิวตัน)	1.74 - 2.28
ระยะตัดขาด (Distance) (มม.)	1.21 - 1.35
ความเหนียวของแผ่นโด (Toughness) (นิวตัน)	4.69 - 7.25
ความสามารถยืดตัวของแผ่นโด (Extensibility) (มม.)	12.03 - 14.48
ค่าความสว่าง (L*)	57.82 - 66.35
ค่าสีแดง (a*)	1.04 - 3.14
ค่าสีเหลือง (b*)	23.59 - 30.99
ค่าสี h*	82.48 – 87.66
ค่าการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของสี (ΔE)	0.00 – 8.95
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.880 - 0.909
ร้อยละปริมาณความชื้น(Moisture content)	26.64 - 28.27
พีเอช (pH)	8.97 - 9.60
เส้นบะหมี่สุก (Cooked Noodle)	
ความแข็ง (Hardness) (นิวตัน)	0.79 - 1.18
ระยะตัดขาด (Distance) (มม.)	1.55 - 1.91
แรงดึงขาด (Tensile Strength) (นิวตัน)	0.22 - 0.32
ระยะดึงขาด (Extension) (มม.)	66.35 - 75.10
ค่าความสว่าง (L*)	59.34 - 66.69
ค่าสีแดง (a*)	-2.87 - 1.80
ค่าสีเหลือง (b*)	15.29 - 20.21
ค่าสี h*	96.23 – 100.72
ค่าการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของสี (ΔE)	0.00 – 7.04
ร้อยละการสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking Loss)	8.22 - 8.32
พีเอช (pH)	8.87 - 9.41

ตารางที่ 34 ค่าคุณภาพทางประสาทของเส้นบะหมี่สดดิบและสุกที่ผู้บริโภคยอมรับ(Acceptability) ระหว่างการเก็บรักษา

คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา	ค่าคุณภาพที่ผู้บริโภคยอมรับ (Acceptability)
เส้นบะหมี่ดิบ (Raw Noodle)	
สีเหลือง (Yellowness)	9.50 - 11.92
ความสว่าง (Lightness)	7.50 - 9.25
กลิ่นไข่ (Egg odor)	3.20 - 4.94
กลิ่นด่าง(Alkaline odor)	3.50 - 5.67
ความชื้น (Wetness)	1.92 - 3.28
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	1.42 - 2.25
เส้นบะหมี่สุก (Cooked Noodle)	
สีเหลือง (Yellowness)	3.50 - 4.30
ความใส (Translucency)	1.25 - 2.58
ความมันเงา(Shininess)	2.50 - 3.17
กลิ่นไข่ (Egg odor)	2.75 - 3.86
กลิ่นด่าง(Alkaline odor)	2.08 - 3.34
ความชื้น (Wetness)	4.97 - 5.33
ความยืดหยุ่น(Elasticity)	5.33 - 6.45
ความเหนียวติดกัน (Stickiness)	2.77 - 3.21
ความแข็ง (Firmness)	3.38 - 4.43
ความสามารถในการถอนฟันขณะเคี้ยว (Toothpull)	4.07 - 5.09
การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness)	5.07 - 5.71
การเกาะติดฟัน (Adhesiveness)	2.71 - 3.31
ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness)	4.90 - 5.42