บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสับปะรดกระป๋อง

5.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดกระป๋อง

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความเป็นสุญญากาศ (vacuum) ของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can อยู่ในช่วง 6.74-11.19 นิ้วปรอท ส่วนสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีความเป็นสุญญากาศอยู่ในช่วง 4.93-7.35 นิ้วปรอทซึ่งจะเห็นได้ว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีปริมาณช่องว่างสุญญากาศน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can ซึ่งเป็นเพราะปฏิกิริยาการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในกระป๋องชนิด fully lacquered can จะเกิดเฉพาะที่ (localised corrosion) และทำให้เกิดการสะสมของกาซไฮโดรเจนเป็นผลให้ความเป็นสุญญากาศของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can น้อยกว่า partially lacquered can และ plain can

สำหรับเปอร์เซนต์น้ำหนักเนื้อของสับปะรด (%drain weight.) พบว่าสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์อยู่ในช่วง 60.10-66.47% ซึ่งมากกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องซึ่งกำหนดให้มีเปอร์เซนต์น้ำหนักเนื้อสับปะรด 58 เปอร์เซนต์

ความหนาแน่นของสับปะรดกระป๋องตีปนอยู่ในช่วง 1.0357-1.0375 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของสับปะรดกระป๋องตีปนทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงพื้นที่ผิวภายในตัวกระป๋องที่เกิดการหลุดลอกของแลกเกอร์จะเห็นได้ว่าเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องมากกว่า 6 เดือน กระป๋องชนิด fully lacquered can มีการหลุดลอกของแลกเกอร์เกิดขึ้น และเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้น พื้นที่ผิวที่เกิดการหลุดลอกของแลกเกอร์เพิ่มขึ้นด้วย สำหรับกระป๋องชนิด partially lacquered can ไม่เกิดการหลุดออกของแลกเกอร์ที่เคลือบที่ผิวภายในของกระป๋อง ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าแลกเกอร์สีเหลืองทองที่ใช้เคลือบกระป๋องชนิด fully lacquered can ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เคลือบกระป๋องสำหรับบรรจุสับปะรด

5.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสับปะรดกระป๋อง

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีความเข้มข้นของน้ำตาลอยู่ในช่วง 14.73-15.59 °Brix ซึ่งใกล้เคียงกับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ใช้น้ำเชื่อมใสซึ่งมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 14 °Brix

สำหรับ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่าสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์ แบ่ง pH เป็น 2 ช่วงคือ pH อยู่ในช่วง 3.4-3.5 และ pH อยู่ในช่วง 3.9-4.0 ซึ่งในการบรรจุสับปะรดกระป๋องได้กำหนด pH ของสับปะรดกระป๋องไว้ 2 ค่า คือ pH เท่ากับ 3.4 และ pH เท่ากับ 4.0 ดังนั้น pH 2 ค่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ pH เท่ากับ 3.4 และ pH เท่ากับ 4.0

สำหรับ % acidity ของสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์ แบ่งเป็น 2 ช่วงตาม pH คือ สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มี % acidity อยู่ในช่วง 0.72-0.80 สับปะรดกระป๋องที่ pH 4.0 มี % acidity อยู่ในช่วง 0.42-0.45

5.2 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บและอุณหภูมิที่เก็บต่อองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดกระป๋อง

5.2.1 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บและอุณหภูมิที่เก็บต่อปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.4) โดยสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (ตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.2 และ 4.3) ส่วนสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can นั้นมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกใกล้เคียงกับ plain can ซึ่งเป็นเพราะสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีกระบวนการกัดกร่อน (corrosion process) เกิดขึ้นคือเกิดการละลายของดีบุก ดังสมการ (1) กระบวนการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัดกร่อนที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดกาซไฮโดรเจนดังสมการ (2) ซึ่งกาซออกซิเจนที่เหลืออยู่บริเวณ headspace จะรวมตัวกับกาซไฮโดรเจน (8) เป็นผลให้กาซออกซิเจนถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว (35, 46)

$$Sn \longrightarrow Sn^{++} + 2\,\bar{e} \qquad (1)$$

$$2\,\bar{e} + 2\,H^{+} \longrightarrow H_2\ (gas) \qquad (2)$$

ดังนั้นกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ในสับปะรดซึ่งบรรจุในกระป๋องทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่ถูกออกซิไดซ์ไปโดยออกซิเจน สับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง 2 ชนิดนี้จึงมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกมาก

สำหรับสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can กระบวนการกัดกร่อนเกิดขึ้นช้ากว่า คือ เกิดการละลายของดีบุกน้อยกว่า partilly lacquered can และ plain can เนื่องจากแลกเกอร์เคลือบผิวของดีบุก ทำให้ O_2 ที่เหลืออยู่ในบริเวณ headspace ถูกใช้ไปอย่างช้า ๆ O_2 ที่เหลืออยู่นี้จึงออกซิไดซ์กรดแอสคอร์บิกเป็นผลให้สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can และอีกประการหนึ่งก็คือจากการพิจารณาค่า oxidation reduction potentials (E_o ที่ 25°C) ของกรดแอสคอร์บิกและของดีบุก (จากปฏิกิริยา $Sn = Sn^{+2} + 2\bar{e}$) พบว่ามีค่า 0.127 และ 0.140 โวลต์ (47, 48) ตามลำดับซึ่งจะเห็นได้ว่าโอกาสที่ดีบุกจะถูกออกซิไดซ์มีมากกว่ากรดแอสคอร์บิก กล่าวคือ ในสภาวะที่ไม่มีดีบุก กรดแอสคอร์บิกจะถูกออกซิไดซ์ไป แต่ถ้ามีดีบุก ดีบุกจะถูกออกซิไดซ์ไปแทนกรดแอสคอร์บิก สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ซึ่งมีดีบุกน้อยมาก กรดแอสคอร์บิกจึงถูกออกซิไดซ์ไป เป็นผลให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can น้อยกว่า partially lacquered can และ plain can

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และที่มีอายุการเก็บ 4, 6, 8, 10 เดือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.4) ซึ่งเป็น

เพราะกรดแอสคอร์บิกเมื่อได้รับความร้อนในสภาวะที่มีกรด (acid) จะทำให้กรดแอสคอร์บิกสลายตัว (35, 49) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Clegg (50) ซึ่งพบว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดซิตริกเพิ่มขึ้น อัตราการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นด้วยกรดซิตริกนี้อาจจะเร่ง (catalyst) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิกให้เกิดเป็น reactive carbonyl compounds สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีปริมาณกรดซิตริกมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 เนื่องจากใช้กรดซิตริกในการปรับ pH ของสับปะรดกระป๋อง ดังนั้นกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 จึงน้อยกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 (ตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.2) แต่ในบางช่วงของอายุการเก็บคือ สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2 และ 12 เดือน pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 และ pH 4.0 โดยวิธี DUNCAN'S New Multiple Range Test (DNMRT) พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 และ pH 4.0 ไม่แตกต่างกันทั้งนี้ เป็นเพราะในสับปะรดแต่ละผลมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเมื่อเริ่มบรรจุไม่เท่ากัน จึงทำให้ค่า MS_E จากการทดลองสูงเป็นผลให้บางช่วงของอายุการเก็บ pH ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2 และ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยส่วนรวมแล้วจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ pH มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ pH มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และที่มีอายุการเก็บ 4, 6, 8 และ 10 เดือนแตกต่างกัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกแตกต่างกัน

ค. ผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ พบว่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่เมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.4) แต่เมื่ออายุการเก็บมากขึ้น เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งเป็นเพราะสับปะรดแต่ละผลมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเมื่อเริ่มบรรจุไม่เท่ากัน เมื่อนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ในสับปะรดกระป๋องจึงแตกต่างกัน ถ้าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อแตก

ต่างกันไม่มาก ดังเช่น สับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C ปริมาณกรดแอสคอร์บิกจะไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าเวลาที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อแตกต่างกันมาก ดังเช่นสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C และ 13.3 นาที 100 °C มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ดังจะเห็นได้จากสับปะรดกระป๋องที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can ที่ใช้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 13.3 นาที 100 °C มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยกว่าสับปะรดกระป๋องที่ใช้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C แต่ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่ใช้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C มีปริมาณใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.5) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง 30.27-58.66 ppm และเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดทุก ๆ ทรีตเมนต์ลดลง ส่วนสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงมากกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (ตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.2) ที่เป็นเช่นนี้เพราะกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ถูกออกซิไดซ์ไปโดยออกซิเจนเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดซึ่งบรรจุในกระป๋องชนิดนี้นานขึ้น กรดแอสคอร์บิกจึงลดลงอย่างมาก

จ. อุณหภูมิที่เก็บ

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) และอุณหภูมิ 37 °C พบว่า อุณหภูมิที่เก็บมีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.6) กล่าวคือ สับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิห้องซึ่งเป็นเพราะกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีเป็นสารที่สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน การเก็บสับปะรดกระป๋องไว้ที่อุณหภูมิ

37 °C เท่ากับเป็นการให้ความร้อนแก่สับปะรดกระป๋องจึงเป็นผลให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C น้อยกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.7)

5.2.2 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บและอุณหภูมิที่เก็บต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า ในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บชนิดของกระป๋องไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8) กล่าวคือ สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can, partially lacquered can และ fully lacquered can มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกัน (เมื่อเปรียบเทียบที่ pH เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อเดียวกัน) (ตารางที่ 4.9 รูปที่ 4.4 และ 4.5)

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่า ในทุก ๆ ช่วงของการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8) โดยที่สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 ทั้งนี้เป็นเพราะใช้กรดซิตริกในการปรับ pH ของสับปะรดกระป๋องเพื่อให้สับปะรดกระป๋องมี pH 3.4 ทำให้สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีความเป็นกรด (% acidity เท่ากับ 0.72-0.77) มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 (% acidity เท่ากับ 0.42-0.45) ซึ่งกรดซิตริกสามารถไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุตโตสซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 จึงเป็นผลให้สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 (ตารางที่ 4.9 รูปที่ 4.4 และ 4.5) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) (ตารางที่ 4.9) ซึ่งพบว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดแตกต่างกับสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8)

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2 และ 6 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.8) แต่ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสับปะรดกระป๋องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำตาลเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีมากที่สุดในสับปะรดและสับปะรดแต่ละผลมีน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันอย่างมาก เมื่อนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนทำให้น้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์ของน้ำตาลซูโครสในสับปะรดเองและจากน้ำเชื่อมเพิ่มมากขึ้น ถ้าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อแตกต่างกันมาก ดังเช่น สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C และ 13.3 นาที 100 °C เวลาและอุณหภูมิที่ใช้นี้มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.9) โดยสับปะรดกระป๋องที่มีเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 13.3 นาที 100 °C มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มีเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C แต่ถ้าเวลาอุณหภูมิที่ใช้แตกต่างกันไม่มาก ดังเช่น สับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C เวลาและอุณหภูมิที่ใช้นี้ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดแตกต่างกัน จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องบางช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 32.10-108.34 มิลลิกรัมต่อกรัมสับปะรดกระป๋องและเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.9 รูปที่ 4.4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อเก็บสับปะรดกระป๋องไว้เป็นเวลานาน ๆ น้ำตาลจำพวก disaccharide เช่น ซูโครสจะค่อย ๆ ถูกไฮโดรไลซ์ไปตามอายุการเก็บที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นด้วย

จ. อุณหภูมิที่เก็บ

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) และอุณหภูมิ 37 °C พบว่า อุณหภูมิที่เก็บมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.10) กล่าวคือ สับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องซึ่งเป็นเพราะการเก็บสับปะรดกระป๋องไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C เท่ากับเป็นการให้ความร้อนแก่สับปะรดกระป๋องเป็นผลให้น้ำตาลจำพวก disaccharide เช่น ซูโครสถูกไฮโดรไลซ์เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.11)

5.2.3 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บและอุณหภูมิที่เก็บต่อปริมาณไฮดรอกซีเมทธิลเฟอร์ฟิวรอล (HMF)

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการวิเคราะห์ปริมาณ HMF ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า เมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องมากกว่า 4 เดือน ชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณ HMF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.12) โดยที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีปริมาณ HMF มากกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (เปรียบเทียบที่ pH เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อเดียวกัน) (ตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.6 และ 4.7) จากการสังเกตการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นภายในกระป๋องชนิด fully lacquered can พบว่าแลกเกอร์ชนิด epoxy-phenolic สีเหลืองทองที่ใช้เคลือบกระป๋องหลุดลอกออกมา (ตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.1) สำหรับสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีปริมาณ HMF ใกล้เคียงกันและสังเกตจากการกัดกร่อนภายในกระป๋องพบว่าแลกเกอร์ชนิด epoxy phenolic สีขาวใสที่ใช้เคลือบฝาและก้นกระป๋องชนิด partially lecquered can ยังอยู่ในสภาพปกติ (ตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.1) แลกเกอร์ชนิด epoxy-phenolic นี้ประกอบด้วยเรซิน 2 ชนิดคือ epoxy resin และ phenolic resin (51) ซึ่ง phenolic resin เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัว (polymerization) ของฟีนอล (phenol) และฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) การหลุดลอกของแลกเกอร์นี้ทำให้ฟีนอล ฟอร์มาลดีไฮด์ และอิพิคลอไรไฮดริน (epichlorohydrin) (52) ละลายออกมาในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง

ชนิด fully lacquered can ซึ่งฟีนอลและฟอร์มาดีไฮด์มี pH 6.0 และ 2.8-4.0 ตามลำดับ (47) คือ มีคุณสมบัติเป็นกรดสามารถสลายน้ำตาลรีดิวซ์ให้เป็นสารพวก furfural ได้ (53) มีผลทำให้ปริมาณ HMF ในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มากกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่า เมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณ HMF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.12) โดยสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีปริมาณ HMF มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 (ตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.6 และ 4.7) ทั้งนี้เพราะน้ำตาลรีดิวซ์สลายตัวเป็นสารพวก furfural ในสภาวะที่มีกรดอินทรีย์ (organic acid) โดยที่น้ำตาล pentose สลายได้ 2-furfuraldehyde (furfural) ส่วนน้ำตาล hexose สลายได้ 5-hydroxymethyl-2-furfuraldehyde (HMF) (53) ซึ่งสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์เป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิด HMF ดังนั้นโอกาสที่สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 จะเกิด HMF จึงมีมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ HMF แต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.13) พบว่า สับปะรดกระป๋องที่มี pH ประมาณ 3.4 มีปริมาณ HMF แตกต่างกับสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ปริมาณ HMF ในสับปะรดกระป๋องทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณHMF แต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.13) ซึ่งพบว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 13.3 นาที 100 °C มีปริมาณ HMF มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH ประมาณ 3.4 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C ส่วนสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 11.8 นาที 103 °C

และ 9.7 นาที 105 °C ค่าเฉลี่ยของปริมาณ HMF แต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม HMF เป็นสารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสับปะรดกระป๋องและในสับปะรดแต่ละกระป๋องมีปริมาณ HMF ไม่แตกต่างกันมาก เมื่อนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ HMF มาคำนวณผลทางสถิติเป็นผลให้ค่า Mean Square Error (MS_E) มีค่าน้อยมากซึ่งค่า MS_E เป็นค่าที่นำไปใช้หารค่า Mean Square ของ factor C (MS_C) ทำให้ได้ค่า F จากการคำนวณมาก ดังนั้น factor C (เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ) จึงมีผลทำให้ HMF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีปริมาณ HMF อยู่ในช่วง 2.73-4.88 ppm และเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ HMF ในสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นเพราะเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นด้วย น้ำตาลรีดิวซ์เป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิด HMF ดังนั้นสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้นาน จึงมีโอกาสที่จะเกิด HMF มากขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.6)

จ. อุณหภูมิที่เก็บ

จากการวิเคราะห์ปริมาณ HMF ในสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) และอุณหภูมิ 37 °C พบว่า อุณหภูมิที่เก็บมีผลทำให้ปริมาณ HMF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.14) กล่าวคือ สับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C มีปริมาณ HMF มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.15) ซึ่งเป็นเพราะสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง น้ำตาลรีดิวซ์เป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิด HMF (53) ดังนั้นสับปะรดกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 °C จึงมีโอกาสที่เกิด HMF มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นผลให้สับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 37 °C มีปริมาณ HMF มากกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

5.2.4 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บและอุณหภูมิที่เก็บต่อปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า ชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และที่มีอายุการเก็บ 4 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.16) ส่วนสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ ชนิดของกระป๋องไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าในบางช่วงของอายุการเก็บชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในบางช่วงของอายุการเก็บชนิดของกระป๋องไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) ทั้งอาจจะเป็นเพราะวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนซึ่งใช้วิธี formal titration นี้อาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในสับปะรดและอีกประการหนึ่งคือสับปะรดมีปริมาณกรดอะมิโนน้อยมาก การติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะมิโนจึงทำได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามวิธี formal titration นี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในอาหาร (54) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าชนิดของกระป๋องมีผลต่อปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดหรือไม่

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผล pH ของสับปะรดกระป๋อง พบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องทุก ๆ ช่วงอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.16)

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) ที่มีอายุการเก็บ 2 และ 8 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.16)

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ในบางช่วงของอายุการเก็บเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในบางช่วงของอายุการเก็บเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนซึ่งใช้วิธี formal titration นี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในสับปะรดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นในการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บต่าง ๆ กันจนกระทั่ง 12 เดือนจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลต่อปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดหรือไม่

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด อยู่ในช่วง 5.88-7.29 ไมโครอิควิวาเลนท์/กรัมของสับปะรดกระป๋อง (ตารางที่ 4.17) และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มมากขึ้นสับปะรดกระป๋องในแต่ละทรีตเมนต์มีปริมาณกรดอะมิโนใกล้เคียงกับปริมาณกรดอะมิโนเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (รูปที่ 4.8 และ 4.9)

จ. อุณหภูมิที่เก็บ

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) และอุณหภูมิ 37 °C พบว่า อุณหภูมิที่เก็บไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.18)

5.3 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บและอุณหภูมิที่เก็บต่อปริมาณดีบุก

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณดีบุกในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บทุก ๆ ช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.20) โดยที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีปริมาณดีบุกน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (ตารางที่ 4.21 รูปที่ 4.10 และ 4.11) ซึ่งเป็นเพราะแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบผิวของกระป๋องช่วยป้องกันไม่ให้ดีบุกสัมผัสกับสับปะรด ปฏิกิริยาการกัดกร่อนจึงเกิดขึ้นได้น้อย ถึงแม้ว่ามีแลกเกอร์บางส่วนหลุดลอกออกมาก็ตามแต่พื้นที่ผิวของกระป๋องที่แลกเกอร์หลุดลอกออกมามีเพียง 5-10% ของพื้นที่ผิวภายในกระป๋องทั้งหมด (ตารางที่ 4.2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Mahadeviah และคณะ (17) โดยคณะผู้วิจัยพบว่า น้ำมะม่วงเข้มข้น (mango nectar) ที่บรรจุในกระป๋องซึ่งตัวกระป๋องฝาและก้นกระป๋องเคลือบแลกเกอร์มีปริมาณดีบุกน้อยกว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นที่บรรจุในกระป๋องซึ่งไม่ได้เคลือบแลกเกอร์ (plain can) สำหรับสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can พบว่ามีปริมาณดีบุกใกล้เคียงกันและแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบฝาและก้นกระป๋องชนิด partially lacquered can ไม่มีการหลุดลอก สาเหตุที่ทำให้สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีปริมาณดีบุกใกล้เคียงกันอาจจะเป็นเพราะพื้นที่ผิวของตัวกระป๋องมีมากกว่าพื้นที่ผิวของก้นกระป๋องประมาณ 5 เท่า การเคลือบแลกเกอร์ที่ก้นและฝากระป๋องจึงไม่สามารถช่วยลดการละลายของดีบุกได้

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ปริมาณดีบุกในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บตั้งแต่เริ่มต้นการวิจัยถึง 10 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.20) แต่ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 12 เดือน พบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องที่มีผลทำให้ปริมาณดีบุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 มีปริมาณดีบุกมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 (ตารางที่ 4.21) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสับปะรดที่มี pH 3.4 มีความเป็นกรดมากกว่า

สับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 เป็นผลให้แลกเกอร์ที่เคลือบผิวของกระป๋องชนิด fully lacquered can ที่มี pH 3.4 เกิดกสนหลุดออกมากกว่า pH 4.0 และเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มมากขึ้น การหลุดลอกของแลกเกอร์จึงเพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.1) ทำให้มีพื้นที่ผิวของดีบุกสัมผัสกับอาหารเพิ่มขึ้นจึงเป็นสาเหตุให้ pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ปริมาณดีบุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บสับปะรดกระป๋องไว้เป็นเวลานาน 12 เดือน

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ปริมาณดีบุกในสับปะรดกระป๋องทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.20) กล่าวคือ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C, 13.3 นาที 100 °C, 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C ไม่ได้ทำให้ปริมาณดีบุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีปริมาณดีบุกอยู่ในช่วง 0.33-54.83 ppm และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มมากขึ้น สับปะรดกระป๋องทุก ๆ ทรีตเมนต์มีปริมาณดีบุกเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 4.10) และเมื่ออายุการเก็บ 12 เดือน สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can ปริมาณดีบุกที่ละลายออกมามากที่สุดเพียง 112.43 ppm โดยไม่มากเกิน 250 ppm ซึ่งเป็นปริมาณสารปนเปื้อนที่ยอมให้มีได้มากที่สุดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง (3, 4)

Saguy และคณะ (26) พบว่า อัตราการละลายของดีบุกในน้ำเกรพฟรุตบรรจุกระป๋องเป็นสมการเส้นตรง คือ $y = a + bx$ โดยที่ y คือปริมาณดีบุกที่ละลายออกมา, a คือปริมาณดีบุกในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัย, b คืออัตราการละลายของดีบุก, x คือ อายุการเก็บ จากการคำนวณอายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องโดยใช้สมการดังกล่าวพบว่า สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บประมาณ 3 ปี จึงจะมีปริมาณดีบุก 250 ppm

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณดีบุกในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can กับ partially lacquered can และ plain can พบว่า สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีปริมาณดีบุกน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can ดังนั้นในการกำหนดอายุการเก็บ (shelflife) โดยใช้ปริมาณดีบุกเป็นเกณฑ์เพียงอย่างเดียว สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ควรจะมีอายุการเก็บมากกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can แต่ปฏิกิริยาการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในกระป๋องชนิด fully lacquered can จะเกิดเฉพาะที่ (localised corrosion) กล่าวคือ เกิดตรงจุดที่แลกเกอร์เคลือบไม่ติดผิวของดีบุกเป็นผลให้เกิดการรั่วแบบรูเข็ม (perforation) (10) เป็นผลให้กระป๋องทะลุเป็นรูรั่ว ดังนั้นกระป๋องชนิด fully lacquered can จึงมีอายุการเก็บสั้นกว่า plain can

จ. อุณหภูมิที่เก็บ

จากการวิเคราะห์ปริมาณดีบุกในสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 37 °C พบว่า อุณหภูมิที่เก็บมีผลทำให้ปริมาณดีบุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.22) กล่าวคือ สับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C มีปริมาณดีบุกมากกว่าสับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.23) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Nagy และ Nikdel (29) โดยคณะผู้วิจัยพบว่า เมื่ออุณหภูมิที่เก็บน้ำเกรพฟรุตบรรจุกระป๋องเพิ่มขึ้น ปริมาณดีบุกที่ละลายออกมาเพิ่มขึ้นด้วย

จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกที่ละลายออกมาและอายุการเก็บคือ $y = a + bx$ (26) ตามที่กล่าวแล้วในข้อ ง. โดยการคำนวณอายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 °C พบว่า สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can มีอายุการเก็บประมาณ 1 ปี 6 เดือน จึงมีปริมาณดีบุก 250 ppm ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิที่เก็บสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้น อายุการเก็บสับปะรดกระป๋องจะสั้นลงประมาณ 2 เท่า

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดกระป๋อง

จากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดกระป๋องในสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์ที่มีอายุการเก็บ 12 เดือน พบว่า มีความสัมพันธ์กันดังนี้ คือ

5.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแอสคอร์บิกกับปริมาณดีบุก

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแอสคอร์บิกกับปริมาณดีบุก เนื่องจากค่า r^2 น้อยมาก ($r^2 = 0.4556$)

5.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดเนื่องจากค่า r^2 มีค่าน้อยมาก ($r^2 = 0.0052$)

5.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับปริมาณ HMF

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับปริมาณ HMF เนื่องจากค่า r^2 มีค่าน้อยมาก ($r^2 = 0.0003$)

5.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกกับปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดเนื่องจากค่า r^2 มีค่าน้อยมาก ($r^2 = 0.0151$)

5.5 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บต่อคุณภาพของสับปะรดกระป๋อง

5.5.1 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บต่อสีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง และน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.24) โดยที่สีของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีสีเหลืองออกสีน้ำตาลเล็กน้อย สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีสีเหลืองเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มมากขึ้น สีของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.25 รูปที่ 4.16 4.17 และ 4.18) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะ

(1) ปริมาณ HMF ของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง fully lacquered can มากกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (เปรียบเทียบที่ pH เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อเดียวกัน) HMF นี้สามารถเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันเอง (polymerization) หรือรวมตัวกับกรดอะมิโนได้วัตถุสีน้ำตาล คือ melanoidins(31)

(2) ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีเหลือน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can กรดแอสคอร์บิกที่สลายตัวไปนี้จะให้สารที่มีความว่องไวสูง เช่น furfural และ osone ของ L-xylose ซึ่งสารเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนได้เร็วกว่าปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนทำให้เกิดสารสีน้ำตาล (33)

(3) แลกเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีเหลืองทอง เมื่อละลายออกมาจึงทำให้เนื้อของสับปะรดมีสีน้ำตาล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(4) สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can แคโรทีนอยด์จะรวมตัวกับดีบุก ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนเป็นผลให้เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองเข้ม (55) สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีปริมาณดีบุกที่ละลายออกมาน้อยมาก แคโรทีนอยด์จึงอยู่ในสภาพอิสระไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับดีบุกเป็นผลให้เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองคล้ำ (37)

แต่จากการวิเคราะห์ปริมาณ HMF ในสับปะรดกระป๋องที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can ที่มี pH 3.4 พบว่าปริมาณ HMF มากกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ที่มี pH ประมาณ 4.0 ถ้าปริมาณ HMF มีผลทำให้สีของเนื้อสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจริง สีของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can ควรจะเป็นสีน้ำตาลด้วย แต่จากการวิจัยพบว่า สีของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด plain can เป็นสีเหลืองเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ ดังนั้นปริมาณ HMF จึงไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เนื้อของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ดังนั้นสาเหตุที่ทำให้เนื้อของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีน้ำตาลน่าจะเป็นเพราะปฏิกิริยา non-enzymic browning ชนิดที่เกิดจากการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก และสีของแลกเกอร์ที่ละลายออกมาจากตัวกระป๋องรวมทั้งการที่แคโรทีนอยด์อยู่ในสภาพอิสระไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับดีบุกตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในข้อ (1), (2), (3), (4) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Mahadeviah และคณะ (17) โดยคณะผู้วิจัยพบว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นที่บรรจุกระป๋องซึ่งเคลือบแลกเกอร์ซึ่งคณะผู้วิจัยมิได้ระบุชนิดของแลกเกอร์เก็บที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลานานกว่า 3 เดือน สีของน้ำมะม่วงเข้มข้นจะเปลี่ยนจากสีเหลืองส้มกลายเป็นสีเหลืองออกน้ำตาลเล็กน้อย

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า ชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 4.26) โดยที่สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีเหลืองเข้มกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can และเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องมากขึ้น สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋องชนิด fully lacquered can เข้มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.27 รูปที่ 4.19 4.20) สำหรับ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีสีเหลืองเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติและจากการสังเกต

การกัดกร่อนของแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบฝาและก้นกระป๋องชนิด partially lacquered can พบว่า ไม่มีการหลุดลอกของแลกเกอร์สีขาวใสที่ใช้เคลือบฝาและก้นกระป๋อง สาเหตุที่ทำให้สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีเข้มขึ้นจึงอาจจะเป็นเพราะเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกซึ่งจะได้สารสีน้ำตาลและสีของแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องซึ่งมีสีเหลืองทองละลายออกมาผสมกับน้ำเชื่อมทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" มีสีเข้มกว่าสีของน้ำเชื่อมปกติ

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องต่อ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" พบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 6 และ 10 เดือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.24) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสับปะรดกระป๋องที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสับปะรดชิ้นคละซึ่งเนื้อของสับปะรดกระป๋องมีสีเข้มไม่เท่ากัน เมื่อให้ผู้ทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัสจึงมีโอกาสที่ทำให้บางช่วงของอายุการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.25) จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 6 และ 10 เดือน ที่มี pH 3.4 และ 4.0 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า pH ของสับปะรดกระป๋องจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องต่อ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" พบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 6 และ 8 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.26) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในสับปะรดกระป๋องบางกระป๋องจะมีเศษของเนื้อสับปะรดแขวนลอยอยู่ในน้ำเชื่อมมีลักษณะขุ่นคล้ายกับมีสิ่งแปลกปลอมซึ่งผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสจะให้คะแนนน้อยกว่าน้ำเชื่อมที่มีลักษณะใสจึงทำให้ในบางช่วงของอายุการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องที่ผลทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง"

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.27) จะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 6 และ 8 เดือน ที่ pH 3.4 และ 4.0 ไม่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า pH ของสับปะรดกระป๋องไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 8 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.24) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บของช่วงเวลาอื่น ๆ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งเป็นเพราะสับปะรดกระป๋องที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสับปะรดชิ้นคละซึ่งเนื้อของสับปะรดกระป๋องในแต่ละกระป๋องมีสีเข้มไม่เท่ากัน เมื่อให้ผู้ทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัสจึงมีโอกาสที่ทำให้บางช่วงของอายุการเก็บเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธี DNMRT พบว่าคะแนนเฉลี่ยของสีของเนื้อสับปะรดที่เก็บไว้เป็นเวลา 8 เดือน ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.25) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.26) กล่าวคือ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C, 13.3 นาที 100 °C, 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C ไม่มีผลทำให้ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

ง. อายุการเก็บ

ผลของอายุการเก็บต่อ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" พบว่าในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 15.92-18.33 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงคะแนน "สีเหลืองเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ" และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มมากขึ้น เนื้อของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์ค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนกระทั่งเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คะแนนเฉลี่ยของ "สีของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 7.08-9.17 คะแนนคือมีสีเหลืองออกสีน้ำตาลเล็กน้อย (ตารางที่ 4.25 รูปที่ 4.17 และ รูปที่ 4.8) ในขณะที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีสีเหลืองเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ สาเหตที่เนื้อสับปะรดกระป๋องที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีน้ำตาลเข้มเพราะสีของแลกเกอร์ที่ละลายออกมาจากตัวละลายออกมาจากตัวกระป๋องและการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก รวมทั้งการที่แคโรทีนอยด์อยู่ในสภาพอิสระไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับดีบุก ดังนั้นสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อสับปะรดยังเป็นที่ยอมรับได้ แต่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน คุณภาพทางประสามสัมผัสด้านสีของเนื้อสับปะรดไม่สามารถยอมรับได้ (ตารางที่ 4.25)

สำหรับผลของอายุการเก็บต่อ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" พบว่าในระยะเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 7.75-8.67 คะแนน คือ มีสีเหลืองใสเหมือนน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋องปกติ และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มมากขึ้น สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์ มีสีเหลืองเข้มมากขึ้น (ตารางที่ 4.27 รูปที่ 4.19) จนกระทั่งเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คะแนนเฉลี่ยของ "สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 5.00-6.33 คะแนน คือ มีสีเหลืองเข้ม (รูปที่ 4.20) ที่เป็นเช่นนี้เพราะเกิดการละลายของแลกเกอร์และการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ในขณะที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ palin can ยังมีสีเหลืองใสเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ ดังนั้นสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของน้ำ

เชื่อมในสับปะรดกระป๋องยังเป็นที่ยอมรับได้ แต่สีของน้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 8 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 4.27)

5.5.2 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับประรด เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บต่อกลิ่นของสับปะรดกระป๋อง

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" ในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.28) โดยสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีกลิ่นแปลกปลอมเกิดขึ้น และเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องมากขึ้น สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีกลิ่นแปลกปลอมรุนแรงมากขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.29 รูปที่ 4.21) ซึ่งผู้ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสพบว่า กลิ่นแปลกปลอมที่เกิดขึ้นมีกลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้หรือกลิ่นคล้ายผลไม้ที่ต้มสุกมากเกินไป ส่วนสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีกลิ่นเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ สาเหตุที่ทำให้กลิ่นของสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีกลิ่นแปลกปลอมอาจจะเป็นเพราะสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่สลายตัวไปในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลกลิ่นแปลกปลอมที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นกลิ่นของสารสีน้ำตาลนี้และอีกประการหนึ่งคือแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องชนิด fully lacquered can ละลายออกมากลิ่นแปลกปลอมนี้อาจจะเป็นกลิ่นของแลกเกอร์ก็เป็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahadeviah และคณะ (17) โดยคณะผู้วิจัยพบว่า น้ำส้มเข้มข้น (orange concentrate) ซึ่งบรรจุกระป๋องที่เคลือบแลกเกอร์ซึ่งคณะผู้วิจัยไม่ได้ระบุชนิดของแลกเกอร์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) เป็นเวลานานกว่า 3 เดือน ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นของแลกเกอร์

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" ทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.28) กล่าวคือ กลิ่นของสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 และ 4.0 ไม่มีความแตกต่างกัน

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" ทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.28) กล่าวคือ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C, 13.3 นาที 100 °C, 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C ไม่ได้ทำให้กลิ่นของสับปะรดกระป๋องแตกต่างกัน

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 25.50-26.83 คะแนน คือ มี "กลิ่นเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ" และเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" ที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีกลิ่นแปลกปลอมเกิดขึ้น (ตารางที่ 4.29 รูปที่ 4.21) จนกระทั่งเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คะแนนเฉลี่ยของ "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 10.00-12.67 คะแนน คือ มีกลิ่นแปลกปลอมรุนแรง ซึ่งกลิ่นแปลกปลอมนี้อาจจะเป็นกลิ่นของสารสีน้ำตาลและแลกเกอร์ ในขณะที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีคะแนนเฉลี่ยของ "กลิ่นของสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 23.50-25.50 คะแนน คือ มีกลิ่นเหมือน สับปะรดกระป๋องปกติ (รูปที่ 4.22) ดังนั้นสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของสับปะรดกระป๋องยังเป็นที่ยอมรับได้แต่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของสับปะรดกระป๋องไม่เป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 4.29)

5.5.3 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บต่อรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง และน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.30) โดยสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" น้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can กล่าวคือ สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีรสชาติแปลกปลอมและเมื่ออายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้นสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีรสชาติแปลกปลอมมากขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.31 รูปที่ 4.23) ซึ่งผู้ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่ารสแปลกปลอมที่เกิดขึ้นคือรสขม ส่วนสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีรสชาติเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ สาเหตุที่ทำให้รสชาติของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ผิดปรกติ อาจจะเป็นเพราะกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can สลายตัวไปทำให้เกิดสารสีน้ำตาล รสชาติที่แปลกปลอมน่าจะเป็นรสชาติของสารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น และอีกประการหนึ่ง คือแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องชนิด fully lacquered can ละลายออก รสชาติที่แปลกปลอมอาจจะเป็นรสชาติของแลกเกอร์ก็เป็นได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahadeviah และคณะ (17) โดยคณะผู้วิจัยพบว่า น้ำมะม่วงเข้มข้นซึ่งบรรจุกระป๋องที่เคลือบแลกเกอร์ซึ่งคณะผู้วิจัยไม่ได้ระบุชนิดของแลกเกอร์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) เป็นเวลานานกว่า 3 เดือน ผลิตภัณฑ์มีรสขมเล็กน้อย

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า ชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.32) โดยที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" น้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (ตารางที่ 4.33 รูปที่ 4.25) กล่าวคือ

น้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีรสชาติแปลกปลอมส่วน น้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีรสชาติเป็นปกติ สาเหตุที่ทำให้รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ผิดปรกติซึ่งอาจจะเป็นเพราะสารที่เกิดจากการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก และแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องละลายออกมาทำให้น้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋องมีรสชาติผิดปรกติ

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องต่อ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" พบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" เมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และอายุการเก็บ 8 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.30) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 ได้ใช้กรดซิตริกในการปรับ pH ซึ่งผู้ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสบางคนรู้สึกว่ามีรสเปรี้ยวมากเกินไปเป็นผลให้ผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสให้คะแนนด้านรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 น้อยกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 เล็กน้อยจึงทำให้ในบางช่วงของอายุการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.31) จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" เมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และอายุการเก็บ 8 เดือนที่มี pH 3.4 และ 4.0 ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า pH ของสับปะรดกระป๋องไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องต่อ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" พบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 8 และ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.32) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะสับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 ได้ใช้กรดซิตริกในการปรับ pH ซึ่งผู้ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสบางคนรู้สึกว่ามีรสเปรี้ยวมากเกินไปจึงทำให้ในบางช่วงของอายุการเก็บ pH

ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังที่กล่าวมาแล้วในเรื่องรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง แต่จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.33) จะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 8 และ 12 เดือน ที่มี pH 3.4 และ 4.0 ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า pH ของสับปะรดกระป๋องไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อต่อ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" พบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2 และ 4 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.30) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะผลต่อเนื่องมาจาก pH กล่าวคือ สับปะรดกระป๋องที่มี pH 3.4 ซึ่งใช้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C และ 13.3 นาที 100 °C ได้ปรับ pH โดยใช้กรดซิตริกซึ่งผู้ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสบางคนรู้สึกว่ามีรสเปรี้ยวมากเกินไปเป็นผลให้สับปะรดกระป๋องที่มีเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 9.7 นาที 100 °C และ 13.3 นาที 100 °C มีคะแนนน้อยกว่าสับปะรดกระป๋องที่มี pH 4.0 ที่ใช้เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ 11.8 นาที 103 °C และ 9.7 นาที 105 °C ซึ่งไม่ได้เติมกรดซิตริกลงไปรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋องจึงเป็นปกติ แต่จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.31) จะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 2 และ 4 เดือน ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้น อาจจะกล่าวได้ว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

สำหรับผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อต่อ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" พบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 4 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.32) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีผลทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะผลต่อเนื่องมาจาก pH ดังที่กล่าวมาแล้วในเรื่องผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อต่อรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.33) จะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 4 เดือนไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้น อาจจะกล่าวได้ว่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

ง. อายุการเก็บ

ผลของอายุการเก็บต่อ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" พบว่า ในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 7.92-9.08 คะแนน คือมีรสชาติของสับปะรดกระป๋องปกติ และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มมากขึ้น สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีรสชาติแปลกปลอมเกิดขึ้น (ตารางที่ 4.31 รูปที่ 4.23) จนกระทั่งเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 3.50-4.17 คะแนน คือมีรสแปลกปลอมมาก ในขณะที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 7.17-8.42 คะแนน คือ มีรสชาติของสับปะรดกระป๋องปกติ (รูปที่ 4.24) ดังนั้นสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋องยังเป็นที่ยอมรับได้ แต่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเนื้อสับปะรดกระป๋องไม่เป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 4.31)

ผลของอายุการเก็บต่อ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" พบว่า ในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 7.92-8.92 คะแนน คือมีรสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋องปกติและเมื่ออายุการเก็บเพิ่มมากขึ้น รสชาติของน้ำเชื่อมที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can ทั้ง 4 ทรีตเมนต์ มีรสชาติแปลกปลอมเกิดขึ้น (ตารางที่ 4.33 รูปที่ 4.25) จนกระทั่งเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 3.67-4.58 คะแนน คือ มีรสแปลกปลอมมาก ในขณะที่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีคะแนนเฉลี่ยของ "รสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 7.25-8.50 คะแนน คือ มีรสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋องปกติ (รูปที่ 4.26) ดังนั้นสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของน้ำเชื่อมในสับปะรดกระป๋องยังเป็นที่ยอมรับได้ แต่สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 เดือน คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของน้ำเชื่อมไม่เป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 4.32)

5.5.4 ผลของชนิดของกระป๋อง pH ของสับปะรดกระป๋อง เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ อายุการเก็บต่อเนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง

ก. ชนิดของกระป๋อง

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" ในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า ชนิดของกระป๋องมีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 2, 6, 10 และ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.34) โดยสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีคะแนนเฉลี่ยของ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" น้อยกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can (ตารางที่ 4.35 รูปที่ 4.27) กล่าวคือ สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีเนื้อสัมผัสนิ่มกว่าสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partial lacquered และ plain can เล็กน้อยซึ่งอาจจะเป็นเพราะแลกเกอร์ที่ใช้ในการเคลือบกระป๋องชนิด fully lacquered can ละลายออกมา ซึ่งแลกเกอร์ที่ละลายออกมาอาจจะมีสารบางชนิดที่ทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้นิ่มกว่าปกติ ซึ่งสอดคล้อง

กับผลการทดลองซึ่งมีผู้ทำการวิจัยพบว่า แพร์ พีช สับปะรดที่บรรจุในกระป๋องที่เคลือบแลกเกอร์ภายในกระป๋องทั่วทั้งกระป๋อง เนื้อสัมผัสของผลไม้เหล่านี้จะนิ่มกว่าปกติ (37) อย่างไรก็ตามผลการวิจัยพบว่า สับปะรดกระป๋องเมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และที่มีอายุการเก็บ 4 และ 8 เดือน ชนิดของกระป๋องไม่มีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะสับปะรดที่นำมาใช้ทำเป็นสับปะรดกระป๋องมีความแก่อ่อนไม่เท่ากันทุกผล กล่าวคือ สับปะรดที่แก่จัดเมื่อนำมาทำเป็นสับปะรดกระป๋อง เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋องจะนิ่มและเละ ส่วนสับปะรดที่มีความสุกพอดี เมื่อนำมาทำเป็นสับปะรดกระป๋อง เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋องจะนิ่มแต่ไม่เละ ดังนั้นสับปะรดแต่ละกระป๋องจึงมีเนื้อสัมผัสของสับปะรดไม่เหมือนกัน จึงทำให้บางช่วงของอายุการเก็บ ชนิดของกระป๋องไม่มีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.35) จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" ที่มีอายุการเก็บ 2, 6, 10 และ 12 เดือน ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองนี้จึงไม่อาจสรุปได้ว่าชนิดของกระป๋องมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋องแตกต่างกัน

ข. pH ของสับปะรดกระป๋อง

สำหรับผลของ pH ของสับปะรดกระป๋องพบว่า pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" เมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และที่มีอายุการเก็บ 2 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.34) แต่สับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บมากกว่า 2 เดือน pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะสับปะรดที่นำมาใช้ทำเป็นสับปะรดกระป๋องมีความแก่อ่อนไม่เท่ากันทุกผล ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ดังนั้นสับปะรดแต่ละกระป๋องจึงมีเนื้อสัมผัสของสับปะรดไม่เหมือนกันทำให้บางช่วงของอายุการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องมีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกันแต่ในบางช่วงของอายุการเก็บ pH ของสับปะรดกระป๋องไม่มีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี DNMRT (ตารางที่ 4.35) จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" เมื่อเริ่มต้นการวิจัย (0 เดือน) และ

ที่มีอายุการเก็บ 2 เดือน ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า pH ของกระป๋องไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" แตกต่างกัน

ค. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิต

สำหรับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิตพบว่า เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่ได้มีผลทำให้ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" ทุก ๆ ช่วงของอายุการเก็บแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.34) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะค่า F_0 ที่ใช้ในการแปรค่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อไม่ได้แตกต่างกันมาก

ง. อายุการเก็บ

ในระยะเวลาเริ่มต้นของการวิจัยสับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 15.75-17.92 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงคะแนนมี เนื้อสัมผัสเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติคือ มีเนื้อสัมผัสนิ่มแต่ไม่เละ (ตารางที่ 4.35 รูปที่ 4.27) และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น สับปะรดกระป๋องทั้ง 12 ทรีตเมนต์มีคะแนนเฉลี่ยของ "เนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง" อยู่ในช่วง 15.33-17.58 คะแนน (รูปที่ 4.28) คือยังมีเนื้อสัมผัสเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ ดังนั้นอายุการเก็บของสับปะรดกระป๋องจึงไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของสับปะรดกระป๋อง

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณตีบุก

จากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณตีบุกในสับปะรดกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 12 เดือน พบว่ามีความสัมพันธ์กันดังนี้ คือ

5.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณกรดแอสคอร์บิก

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณกรดแอสคอร์บิก เนื่องจาก r^2 มีค่าน้อยมาก ($r^2 = 0.4226$)

5.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด

จากรูปที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด เนื่องจากค่า r^2 มีค่าน้อยมาก (r^2 = 0.0042)

5.6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณ HMF

จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณ HMF เนื่องจากค่า r^2 มีค่าน้อยมาก (r^2 = 0.0581)

5.6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด

จากรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด เนื่องจาก r^2 มีค่าน้อยมาก (r^2 = 0.0148)

5.6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับปริมาณดีบุก

จากรูปที่ 4.33 จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณดีบุกเพิ่มขึ้น คะแนนเฉลี่ยด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้นด้วย กล่าวคือ เมื่อปริมาณดีบุกเพิ่มขึ้น สีของเนื้อสับปะรดกระป๋องมีสีเหลืองเหมือนสับปะรดกระป๋องปกติ และเมื่อปริมาณดีบุกลดลงสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องจะมีสีเหลืองออกน้ำตาลซึ่งค่า r^2 ของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยด้านสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องและปริมาณดีบุก เท่ากับ 0.8907

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อสับปะรดกระป๋องกับองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดกระป๋องและปริมาณดีบุก และพบว่า ดีบุกมีผลต่อการเปลี่ยนสีของสับปะรดกระป๋องซึ่งสอดคล้องกับวิจารณ์ผลการทดลองในข้อ 5.5.1 ซึ่งสรุปว่าสาเหตุที่ทำให้สีของเนื้อสับปะรดกระป๋องที่บรรจุในกระป๋องชนิด fully lacquered can มีสีเหลืองออกน้ำตาล เนื่องจากการที่แคโรทีนอยด์อยู่ในสภาพอิสระ ไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแคโรทีนอยด์และดีบุกเป็นผลให้เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองคล้ำส่วนสับปะรดที่บรรจุในกระป๋องชนิด partially lacquered can และ plain can มีปริมาณดีบุกละลายออกมามากจึงเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแคโรทีนอยด์และดีบุกเป็นผลให้เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองเข้ม