

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

MDCM ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทในงานวิจัยนี้ เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อไก่สดแช่แข็งจากบริษัท สหฟาร์ม จำกัด ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 4.1) แสดงว่า MDCM มีความชื้น, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน และ ไนโตรเจน เท่ากับ 68.42 %, 13.84 %, 0.69 % และ 15.88 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทมีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ วัตถุดิบที่นำมาใช้ควรมีปริมาณโปรตีนสูงพอเหมาะ คือ ไม่ต่ำกว่า 30 % โดยน้ำหนักแห้ง (Alder, 1985) เนื่องจากโปรตีนเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญสำหรับการย่อยสลายเป็นกรดอะมิโน และเปปไทด์ ซึ่งมีสมบัติเป็นสารให้กลิ่นรสและเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาร่วมกับคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ได้ สารให้กลิ่นหอมหลายชนิด เช่น สารประกอบพวกไดคาร์บอนิล, สารประกอบไพโรล และสารประกอบไพราซีน (Fennema, 1996) เมื่อคิดปริมาณโปรตีนใน MDCM โดยเทียบเป็นน้ำหนักแห้งพบว่าอยู่ในปริมาณสูงถึง 41.60 % ซึ่งสูงกว่าปริมาณเหมาะสมสำหรับการนำมาผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทที่กำหนดไว้โดย Alder (1985) สำหรับคาร์โบไฮเดรตไม่ควรมีในปริมาณที่มากเกินไป เนื่องจากระหว่างการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ คาร์โบไฮเดรตจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ให้สารระเหยได้ที่ให้กลิ่นในไฮโดรไลเซท (Prendergast, 1974) แต่ถ้าวัตถุดิบมีคาร์โบไฮเดรตมากเกินไปจะทำให้กรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนมีปริมาณต่ำเนื่องจากกรดอะมิโนสูญเสียไปในการเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสไม่ดีและมีสีเข้ม สำหรับไขมันควรมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำ ไม่เกิน 2.4 % โดยน้ำหนักแห้ง เนื่องจากไขมันสามารถสร้างพันธะกับโปรตีนทำให้โปรตีนมีโครงสร้างใหญ่ขึ้น จึงเป็นอุปสรรคต่อการย่อยสลาย (Alder, 1985) แต่ MDCM ที่ใช้ในการทดลองมีไขมันสูง เนื่องจากในขั้นตอนการแยกกระดูกด้วยเครื่อง เครื่องจะบดโครงไก่จนละเอียดแล้วใช้ความดันดันส่วนกระดูกและเนื้อที่ปนกันผ่านตะแกรงเพื่อแยกส่วนเนื้อซึ่งละเอียดกว่าออกจากส่วนกระดูก เนื้อที่ผ่านออกมาเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จึงมีส่วนของไขมันและฮีมที่อยู่ในส่วนไขกระดูกปนมาในเนื้อด้วย ทำให้เกิด

ปัญหาทางด้านสี กลิ่นรส และเกิดกลิ่นเหม็นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเนื่องจาก MDCM มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวกพอสเฟลิปิดอยู่สูง จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ MDCM เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนั้นฮีมีที่มีใน MDCM และ แสงสว่างยังช่วยเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (prooxidants) ได้เร็วขึ้น (Fennema, 1996) ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ให้มีปริมาณไขมันต่ำลงก่อนนำไปผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต

5.2 เตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจาก MDCM

เนื่องจาก MDCM มีปริมาณไขมันสูง ไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต จึงต้องเตรียม MDCM ให้มีไขมันต่ำลง โดยล้างด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 % และน้ำ (Yang และ Froning, 1992a) หรือ สกัดและตกตะกอนโปรตีน (Jackson, Consolacion และ Jelen, 1982) จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการล้าง MDCM ด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 % และ น้ำ ได้ปริมาณผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง 38.16 % ต่ำกว่าโปรตีนสกัดซึ่งได้ผลผลิต 53.77 % ทั้งนี้เป็นเพราะในการล้าง MDCM จะมีการสูญเสียเนื้อในระหว่างการล้างไปกับสารละลายที่ใช้ล้างและเนื้อบางส่วนติดไปกับผ้ากรองในขั้นตอนการขจัดน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบบาสเก็ต (basket centrifuge) ค่อนข้างมาก ส่วนโปรตีนสกัดในขั้นตอนการผลิตใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge) โอกาสที่จะสูญเสียโปรตีนสกัดมีน้อยกว่าและการที่ควบคุมอุณหภูมิขณะหมุนเหวี่ยงไว้ที่ 5 °C ไขมันจึงแข็งตัวทำให้แยกไขมันออกจากตะกอนโปรตีนได้มากกว่าปริมาณผลผลิตจึงสูงกว่า

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดเปรียบเทียบกับ MDCM-ไม่ล้าง พบว่าทั้งการล้าง MDCM ด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 % (pH 8.5) กับการสกัดและตกตะกอนโปรตีนมีผลทำให้ MDCM มีความชื้นและโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่มีไขมันและเถ้าต่ำลง ซึ่งจากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า MDCM-ล้าง มีความชื้นสูงกว่า MDCM-ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะการล้างด้วยสารละลายต่าง ซึ่งมีค่า pH 8.5 โปรตรอนจะถูกดึงออกจากกลุ่มอะมิโนและกลุ่มคาร์บอกซิล ทำให้โปรตีนมีประจุรวมเป็นลบมากขึ้น ซึ่งประจุเหมือนกันจะผลักกันทำให้เกิดช่องว่างระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น โมเลกุลของน้ำจึงเข้าจับกับโปรตีนได้มากขึ้น ส่งผลให้ MDCM-ล้างมีความชื้นเพิ่มขึ้น (Pomeranz, 1991) โปรตีนสกัดมีความชื้นสูงกว่า MDCM-ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อตกตะกอนโปรตีนที่ pH 5.4 ซึ่งเป็นจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ของไมโอโอฟริลลาโปรตีนใน MDCM ทำให้โปรตีนชนิดนี้ตกตะกอนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งไมโอโอฟริลลาโปรตีนเป็น

โปรตีนที่มีความสามารถในการจับน้ำได้ 97 % ของปริมาณน้ำทั้งหมด (Pomeranz, 1991) จึงทำให้โปรตีนสกัดมีความชื้นสูงกว่า MDCM-ไม่ล้าง

MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดมีโปรตีนสูงกว่า MDCM-ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะไขมันส่วนใหญ่ที่มีใน MDCM ถูกกำจัดออกไป ทำให้สัดส่วนของโปรตีนที่มีใน MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดสูงขึ้น ส่วนปริมาณไขมันของ MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดต่ำกว่า MDCM-ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะการล้างด้วยสารละลายโซเดียมโบคาร์บอเนต 0.5 % และน้ำ ทำให้ไขมันของ MDCM ที่บางส่วนถูกปลดปล่อยจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งฉีกขาดเนื่องจากแรงบิดและอัดระหว่างการแยกกระดูกมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจึงลอยตัวอยู่บนผิวหน้าของน้ำ และถูกกำจัดออกไปพร้อมกับสารละลายส่วนบนที่แยกออก รวมทั้งเมื่อได้รับแรงหมุนเหวี่ยงระหว่างการปั่นแยกน้ำออกจากเนื้อ ทำให้แยกไขมันออกจากเนื้อเยื่อไปพร้อม ๆ กับน้ำที่ถูกกำจัดออกด้วย (Dawson, Sheldon และ Ball, 1988) โปรตีนสกัดมีไขมันต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะมีขั้นตอนในการหมุนเหวี่ยงถึง 2 ครั้ง และยังคงควบคุมอุณหภูมิขณะหมุนเหวี่ยงไว้ที่ 5°C ทำให้ไขมันที่ลอยตัวอยู่ชั้นบนของสารละลายโปรตีนที่สกัดได้แข็งตัว แยกออกจากชั้นของสารละลายโปรตีนได้ในปริมาณมากกว่า MDCM-ล้าง แสดงว่า การสกัดและตกตะกอนโปรตีนเป็นวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบให้มีสมบัติเหมาะสมสำหรับการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทมากกว่าการล้างด้วยสารละลายคือ มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 % โดยน้ำหนักแห้ง และมีไขมันไม่เกิน 2.4 % โดยน้ำหนักแห้ง (Alder, 1985) โปรตีนสกัด และ MDCM-ล้าง มีปริมาณแก้ต่ำกว่า MDCM-ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะมีการสูญเสียสารอนินทรีย์บางชนิดที่มีในเนื้อสัตว์ ได้แก่ แคลเซียม, ฟอสฟอรัส, โซเดียม, โพแทสเซียม และ เหล็ก ไปกับสารละลายที่ใช้ล้าง และ สกัดโปรตีน เนื่องจากสารเหล่านี้มีประจุเป็นบวกจะจับกับประจุลบของออกซิเจนในโมเลกุลของน้ำได้ (Pomeranz, 1991) ในการทดลองขั้นต่อไปจะนำทั้ง MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดไปศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน เพื่อศึกษาว่าเมื่อใช้ MDCM-ล้าง ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันสูงกว่าปริมาณเหมาะสมที่ Alder (1985) แนะนำไว้ จะมีผลต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้อย่างไร เปรียบเทียบกับไฮโดรไลเซทที่ผลิตจากโปรตีนสกัด

5.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลาย MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (1600 GDU)

เอนไซม์ทางการค้าที่นิยมใช้ในการย่อยสลายโปรตีน ได้แก่ อัลคาเลส (alcalase)[®] และ นิวเทรซ (neutrase)[®] ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์แต่เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดมีราคาแพง

ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะใช้เอนไซม์ที่ผลิตได้เองในประเทศ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตของ เอนไซม์ชนิดนี้ ได้แก่ โบรมิเลน (EC3.4.4.24) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จัดอยู่ในกลุ่มซัลโฟไทริลโปรติเอส และพบในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของสับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เช่น ใบ, ผล, ก้าน, เปลือก, แกน, หน่อข้างลำต้น และลำต้น โดยเฉพาะในส่วนของลำต้นจะมีปริมาณเอนไซม์สูงที่สุด (Heinicke และ Gortner, 1957) เอนไซม์นี้ทำงานได้ดีในช่วง pH 6-7.5 (Whitaker, 1972) แต่ pH ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์สำหรับสับปะรดชนิดกันก็อาจแตกต่างกัน

5.3.1 ปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลาย

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ ได้แก่ ปริมาณเอนไซม์ โบรมิเลน (1600 GDU) แปรเป็น 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 % โดยน้ำหนักแห้ง และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลายแปรเป็น 40°, 45°, 50°, 55° และ 60 °C ผลจากการวัด % DH พบว่า ปริมาณเอนไซม์, อุณหภูมิที่ใช้ขณะย่อยสลาย รวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่า DH ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับการเกิดไฮโดรไลซิสกับปริมาณเอนไซม์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (รูปที่ 4.1 และ 4.2) จะเห็นว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ไฮโดรไลเซตจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดมีค่า DH เพิ่มขึ้น และการใช้เอนไซม์โบรมิเลน (1600 GDU) 1.25 % โดยน้ำหนักแห้งย่อยสลาย MDCM-ล้าง ในช่วงอุณหภูมิ 45-60 °C ให้ ค่า DH สูงเท่ากัน นั่นแสดงว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีแอกติวิตีสูงในช่วงอุณหภูมินี้ ส่วนการใช้เอนไซม์ในปริมาณ 1.00 % โดยน้ำหนักแห้ง ต้องใช้อุณหภูมิในการย่อยสลาย 55-60 °C จึงให้ค่า DH สูงเท่ากัน แต่ถ้าใช้เอนไซม์ต่ำลง 0.75 % โดยน้ำหนักแห้ง ต้องใช้อุณหภูมิในการย่อยสลาย 60 °C ถึงจะให้ค่า DH สูงเท่ากับการใช้เอนไซม์ 1.00 % โดยน้ำหนักแห้ง และอุณหภูมีย่อยสลาย 55-60 °C เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่จะให้ความเร็วปฏิกิริยาสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิจะช่วยเพิ่มพลังงานจลน์ที่โมเลกุลของสารปฏิกิริยาแล้วให้ผลเกิดการชนกันได้มากขึ้นต่อหน่วยเวลา ปฏิกิริยาของเอนไซม์ก็เช่นเดียวกันการที่อุณหภูมิปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ความเร็วปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการเพิ่มอัตราเร็วการชนกันระหว่างเอนไซม์และสับปะรด (Whitaker, 1972) ดังนั้นการใช้ปริมาณเอนไซม์ต่ำจึงต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ได้ถึงจะมีค่า DH สูงเท่ากัน จึงเลือกภาวะที่ใช้เอนไซม์ 0.75 % โดยน้ำหนักแห้ง และอุณหภูมิในการย่อยสลาย 60 °C สำหรับการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ DH สูง 13.57 % ซึ่งไม่แตกต่างจากภาวะที่ใช้เอนไซม์สูงกว่า สำหรับโปรตีนสกัด การใช้เอนไซม์ 1.25 % โดยน้ำหนักแห้ง ย่อยสลายโปรตีนสกัด ในช่วงอุณหภูมิ

55-60 °C ให้ DH สูงเท่ากัน แต่ถ้าใช้เอนไซม์ 1.00 % โดยน้ำหนักแห้ง ต้องใช้อุณหภูมิในการย่อยสลาย 60 °C จึงจะให้ค่า DH สูงเท่ากับการใช้เอนไซม์ 1.25 % โดยน้ำหนักแห้ง ผลดังกล่าวนี้เป็นไปในแนวเดียวกันกับเมื่อใช้ MDCM-ล้าง เป็นวัตถุดิบ การที่ปริมาณเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการย่อยสลายสูงขึ้นเป็นเพราะเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น โอกาสที่เอนไซม์จะจับกับโมเลกุลของโปรตีนย่อมมีมากขึ้น จึงเกิดการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น เมื่อพันธะเปปไทด์ถูกย่อยสลายได้หมู่อะมิโนอิสระเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ค่าอะมิโนไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ค่า DH จึงสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์มากขึ้นปริมาณเอนไซม์ที่ใช้เพียงพอกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ ค่าระดับการเกิดไฮโดรไลซิสจะเริ่มคงที่ (Whitaker, 1972) จะเห็นได้จากรูปที่ 4.1 ค่า DH ของ MDCM-ล้าง ที่ระดับเอนไซม์ 0.75-1.25 % โดยน้ำหนักแห้ง และ รูปที่ 4.2 ค่า DH ของโปรตีนสกัด ที่ระดับเอนไซม์ 1.00-1.25 % โดยน้ำหนักแห้ง ในช่วงอุณหภูมิของการย่อยสลาย 50-60 °C ค่า DH ไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) การที่ MDCM-ล้าง ใช้ปริมาณเอนไซม์ต่ำกว่าโปรตีนสกัดเป็นเพราะ MDCM-ล้าง มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าโปรตีนสกัด และที่อุณหภูมิ 60 °C จะให้ ค่า DH สูงสุดไม่ว่าจะใช้ปริมาณเอนไซม์เท่าใดก็ตาม แสดงว่าเอนไซม์โบรมิเลน (1600 GDU) มีแอกติวิตีสูงสุดในการย่อยสลาย MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดที่อุณหภูมิ 60 °C และจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่า 60 °C เป็น 65° และ 70 °C โปรตีนไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง มีค่า DH ลดลงเป็น 10.59 % และ 7.45 % ตามลำดับ ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเซทของโปรตีนสกัดมีค่า DH ลดลงเป็น 18.87 % และ 16.73 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C มีการเพิ่มอัตราเร็วของการเสถียรภาพของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์มีแอกติวิตีลดลง (Whitaker, 1972) การใช้เอนไซม์โบรมิเลน (1600 GDU) ย่อยสลาย MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดแล้วได้ค่า DH ต่ำเป็นเพราะเอนไซม์บริสุทธิ์ที่มาจากพืชมีความสามารถในการย่อยสลายโปรตีนจำกัด มีความจำเพาะจงในการย่อยสลายพันธะเปปไทด์น้อยกว่าเอนไซม์ที่มาจากจุลินทรีย์ และโดยทั่วไปจะให้อัตราส่วนระหว่างอะมิโนไนโตรเจนในไฮโดรไลเซท ต่อ ไนโตรเจนทั้งหมดในสับสเตรทไม่เกิน 35 หรือ มีค่า DH ไม่เกิน 35 % (Lahl และ Braun, 1994) จากผลการทดลองได้เลือกปริมาณเอนไซม์ 1.00 % โดยน้ำหนักแห้ง อุณหภูมิ 60 °C ซึ่งให้ค่า DH 21.77 % เป็นภาวะเหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนสกัด

5.3.3 ค่า pH และเวลาในการย่อยสลาย

ศึกษาผลของ pH กับ เวลาต่ออัตราการย่อยสลาย MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดและ กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยแปร pH เป็น 5.5, 6.5 และ 7.5 แปรเวลาในการย่อยสลายเป็น 3, 6 และ 9 ชั่วโมง เนื่องจากมีข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น (ตารางที่ ๑.4 ภาคผนวก ๑) ที่แสดงว่า

เมื่อใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่า 9 ชั่วโมง ค่า DH ของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากเมื่อย่อยสลายเพียง 6 ชั่วโมง และจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น พบว่าเมื่อใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่า 9 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้เวลาย่อยสลายน้อยกว่า 9 ชั่วโมง จึงเลือกศึกษาเวลาในช่วง 3-9 ชั่วโมง

ผลจากการวัดค่า DH พบว่า pH, เวลา และ อิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อ DH ของ MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัด ($p \leq 0.05$) คือ การเพิ่ม pH จาก 5.5 เป็น 6.5 และเพิ่มเวลาในการย่อยสลายจาก 3 เป็น 9 ชั่วโมง ทำให้ DH สูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ pH มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ โดยเมื่อ pH สูงหรือต่ำเกินไปโครงสร้างบางส่วนของเอนไซม์ถูกทำลายและสูญเสียแอกติวิตีได้ (Eskin และ Henderson, 1971) นอกจากนั้น pH ยังมีผลต่อแอกติวิตีสูงสุดของเอนไซม์แต่ละชนิดด้วย เอนไซม์จึงย่อยสลายโปรตีนในวัตถุประสงค์เดียวกัน แต่มี pH ต่างกันได้ไม่เท่ากัน และเมื่อเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ค่า DH ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของโปรตีนได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ปริมาณกรดอะมิโนที่ย่อยสลายได้จึงเพิ่มขึ้น จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่าเมื่อย่อยสลาย MDCM-ล้าง ที่ pH 6.5 เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี DH สูงสุด คือ 16.07 % และ การย่อยสลายโปรตีนสกัด ที่มี pH 6.5 เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า DH สูง 21.33 % ดังนั้นการย่อยสลายโปรตีนจาก MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดจัดเป็นภาวะการย่อยสลายเพียงบางส่วน เนื่องจากมี DH อยู่ในช่วง 2-67 % ตามที่หน่วยงาน The International Hydrolyzed Protein Council for Inclusion in the Food Chemicals Codex กำหนดไว้ (Lahl และ Braun, 1994) เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเอนไซม์โบรมิเลนที่ใช้ในการย่อยสลายเป็นเอนไซม์ที่ได้จากพืชที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อพันธะเปปไทด์ใน MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดน้อยกว่าเอนไซม์จากจุลินทรีย์และมีลักษณะการตัดสายเปปไทด์แบบเอนโดเปปติเดส ซึ่งถ้าใช้เอนไซม์ที่มีความสามารถในการตัดสายเปปไทด์ทั้งแบบเอนโดเปปติเดส และ เอกโซเปปติเดส เช่น แพนครีเอติน (pancreatin) ซึ่งมีส่วนผลของโคโมทริปซิน และ ทริปซิน จะได้อัตราการย่อยสลายที่สูงกว่า (Lahl และ Braun, 1994)

เมื่อพิจารณาคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น (ตารางที่ 4.4 และ 4.5) จะเห็นว่า เมื่อย่อยสลาย MDCM-ล้าง pH 6.5 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนด้านกลิ่นสูงสุด คือ 3.60 คะแนน คะแนนในช่วงดังกล่าวนี้ หมายถึง มีกลิ่นหอมของไก่ค่อนข้างมากและเมื่อย่อยสลายโปรตีนสกัด pH 6.5 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนด้านกลิ่นสูงสุด คือ 3.90 คะแนน คะแนนในช่วงดังกล่าวนี้ หมายถึง มีกลิ่นหอมของไก่ค่อนข้าง

มากเช่นกัน ที่ภาวะดังกล่าวโปรตีนไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัด มี DH เป็น 14.65 % และ 17.77 % ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้เวลาในการย่อยสลาย 9 ชั่วโมง ผลดังกล่าวนี้อาจใช้เหตุผลของ Schrodter และ Wolm (1980) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่าเมื่อการย่อยสลายโปรตีนเกิดมากขึ้นกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ไม่ดี ได้แก่ ทริปโตเฟน, โทโรซีน, ฟีนอลอะลานีน, วาลีน, ลิวซีน, และ ไอโซลิวซีน ถูกย่อยสลายออกมามากขึ้นด้วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสไม่ดี และเนื่องจาก MDCM-ล้าง ยังมีไขมันเหลืออยู่ประมาณ 17.54 % โดยน้ำหนักแห้ง ไขมันไม่อิ่มตัวที่มีใน MDCM-ล้าง ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในสภาวะการเขย่าระหว่างการย่อยสลายที่อุณหภูมิสูงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สารจำพวกกรด, อัลดีไฮด์, คีโตน ที่ระเหยได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนได้มากถ้าใช้เวลาในการย่อยสลายมากขึ้น (Fennema, 1996) ดังนั้น MDCM-ล้าง ที่ย่อยสลายเป็นเวลา 9 ชั่วโมง จึงได้รับคะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่าเมื่อใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมง และ เช่นเดียวกับโปรตีนสกัดที่ย่อยสลายเป็นเวลา 9 ชั่วโมง ได้รับคะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่าที่ 3 ชั่วโมง ในขั้นนี้จึงได้เลือกภาวะที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์ย่อยสลาย MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดเป็น pH 6.5 และ เวลาย่อยสลาย 6 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ

5.4 การทำโปรตีนไฮโดรไลเซทให้เข้มข้น

การทำโปรตีนไฮโดรไลเซทให้เข้มข้นเป็นการทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงทำให้สะดวกแก่การขนส่ง จำหน่าย และนำไปใช้ นอกจากนั้นการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ขณะทำให้ผลิตภัณฑ์เข้มข้นยังทำให้เกิดสารระเหยที่ให้กลิ่นหอมของไก่หลายชนิด ได้แก่ สารประกอบประเภทไรออล เช่น ไทอะโซล (thiazoles) ซึ่งมีจุดเดือด 93-246 °C จาก ปฏิกิริยา Maillard โดยมีกรดอะมิโน เปปไทด์ หรือ โปรตีน กับน้ำตาลรีดิวซ์ ที่มีใน MDCM ได้แก่ โรโบส, กลูโคส และ กลูโคส-6-ฟอสเฟต เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา นอกจากสารประกอบพวกไรออลแล้วยังมีสารประกอบพวกเอมีน เช่น ไพราโซน (pyrazones), ไพรีดีน (pyridine) ซึ่งมีจุดเดือด 155-180 °C จาก Strecker degradation โดยมีสารประกอบไดคาร์บอนิลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา Maillard กับ แอลฟา-อะมิโน (α -amino groups) ของกรดอะมิโนเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา (Eskin และ Handerson, 1971) การให้ความร้อนที่ความดันบรรยากาศเพื่อระเหยน้ำต้องใช้อุณหภูมิสูงจึงอาจเกิดการสูญเสียสารระเหยได้ จึงเลือกการทำผลิตภัณฑ์ให้เข้มข้นโดยให้ความร้อนภายใต้ภาวะสุญญากาศด้วยเครื่องระเหยหมุนแบบสุญญากาศ ซึ่งผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผ่านการทำให้เข้มข้นแล้วอย่างน้อยต้องมีของแข็งทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 40 %

(May, 1974) แต่สารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่ในทางการค้าไม่มีการทำให้เข้มข้นในลักษณะที่เป็นของเหลวมีแต่ลักษณะที่เป็นผง พบเฉพาะสารปรุงแต่งกลิ่นรสปลาเท่านั้นที่ทำให้เข้มข้นในลักษณะเป็นของเหลว ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นเท่ากับสารปรุงแต่งกลิ่นรสปลาทางการค้า Skipjack Extract[®] จึงทำโปรตีนไฮโดรไลเซทให้เข้มข้นเป็น 65 °Brix ส่วนอุณหภูมิและเวลาในการทำให้เข้มข้นจะมีความสัมพันธ์กันจากการทดลองเบื้องต้นดังนี้ คือ ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 65 °Brix ถ้าใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท 300 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 40, 50, และ 60 °C ความดัน 70 นิ้วปรอท ความเร็ว 240 รอบ/นาที ต้องใช้เวลาประมาณ 140, 64 และ 28 นาที ตามลำดับ ส่วนการทำให้เข้มข้นที่อุณหภูมิ 70 °C ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากที่อุณหภูมินี้ทำให้เกิดฟองโอของสารละลายซึ่งก่อตัวและลอยสู่วิวน้ำและสะสมอยู่มากจนไหลล้นออกจากเครื่องระเหย ในขณะที่การทำให้เข้มข้นที่อุณหภูมิ 40 °C ใช้เวลามากกว่าที่อุณหภูมิ 50° และ 60 °C ถึง 2 และ 5 เท่าตามลำดับ จึงเลือกแปรอุณหภูมิเป็น 50° และ 60 °C

จากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเข้มข้น 65°Brix (ตารางที่ 4.6) พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เข้มข้นไม่มีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปนั้นในการระเหยน้ำออกจากสารละลายที่มีสารที่ระเหยได้ภายใต้ภาวะสูญญากาศเพื่อทำให้เข้มข้น นอกจากน้ำจะระเหยไปแล้วสารระเหยได้ที่ให้กลิ่นบางชนิดยังสูญเสียไปด้วย การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการระเหยทำให้สูญเสียสารระเหยได้เพิ่มขึ้น (Fellows, 1990) อย่างไรก็ตามสารระเหยได้ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง ส่วนใหญ่มีจุดเดือดสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 60 °C ที่ใช้ในการระเหยเพื่อทำให้เข้มข้น การสูญเสียที่อาจมีเกิดขึ้นจึงมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Eskin และ Handerson, 1971) ส่งผลให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่แตกต่างกัน แม้อุณหภูมิระเหยจะต่างกันและการที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่าก็ย่อมจะใช้เวลาในการระเหยน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ เป็นเพราะการที่น้ำจะระเหยได้นั้นโมเลกุลของน้ำจะต้องมีพลังงานจลน์เพียงพอเพื่อที่จะระเหยออกสู่อากาศได้ การระเหยของน้ำเกี่ยวข้องกับการทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำในสถานะของเหลวถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นการทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของน้ำจะเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Fennema, 1996) จึงเลือกอุณหภูมิ 60 °C ในการทำให้ผลิตภัณฑ์เข้มข้นเพื่อประหยัดเวลา

5.5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซตเข้มข้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซตเข้มข้น 65 °Brix ที่ได้จากการย่อยสลาย MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (ตารางที่ 4.7) พบว่าไฮโดรไลเซตเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดมีโปรตีน 48.58 % และ 49.13 % ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกัน ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนและสารระเหยได้ที่ให้กลิ่น (Grace, 1974 ; May, 1974) น่าจะใกล้เคียงกันด้วย ส่วนไขมันคลอไรด์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดรสชาติ (Zapsalis และ Back, 1985) นั้นจะเห็นได้ว่าไฮโดรไลเซตเข้มข้นจากโปรตีนสกัดมีปริมาณไขมันคลอไรด์ 2.63 % ซึ่งสูงกว่าไฮโดรไลเซตเข้มข้นจาก MDCM-ล้างที่มีอยู่เพียง 0.53 % เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดโปรตีนจาก MDCM ใช้สารละลายไขมันไฮดรอกไซด์ และตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริก ทำให้เกิดไขมันคลอไรด์ขึ้นในปริมาณสูง ส่งผลให้ค่าซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากที่เผาจนสารประกอบอินทรีย์สลายไปหมดแล้วสูงตามไปด้วย ส่วนความชื้นของทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากมีความเข้มข้น 65 °Brix เท่ากัน สำหรับปริมาณไขมัน พบว่าไฮโดรไลเซตเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง มีไขมันสูงกว่าไฮโดรไลเซตเข้มข้นจากโปรตีนสกัด เพราะ MDCM-ล้าง มีไขมันตั้งต้นสูงกว่าโปรตีนสกัด ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

5.6 ผลิตรอสไก่ชนิดชั้นโดยให้โปรตีนไฮโดรไลเซตเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม

5.6.1 รอสไก่ชนิดชั้นจากโปรตีนไฮโดรไลเซต

การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ต้องคำนึงถึงปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด (Strong, 1968) เนื่องจากถ้าใช้ในปริมาณต่ำเกินไป จะไม่ช่วยเสริมหรือปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารให้ดีขึ้นได้ และถ้าใช้ในปริมาณสูงเกินไปทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและต้นทุนในการผลิตสูงโดยไม่จำเป็น ขั้นตอนนี้จึงศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตรอสไก่ชนิดชั้นโดยใช้สูตรต้นแบบดัดแปลงจากรอสหยองนางรม (กรมวิทยาศาสตร์, 2519) โดยไม่ใช้ผงชูรส, พริกไทย และ เกลือ ส่วนวิธีการผลิตทำโดยผสมไฮโดรไลเซตและ ซีอิ๊วขาว 7/8 ส่วน โดยน้ำหนัก ในภาชนะที่เหมาะสม ให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 70 °C เติมน้ำตาลทรายจนละลายทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์จะละลายน้ำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Mathur, 1975) จากนั้นเติมน้ำขี้ไก่ซึ่งละลายอยู่ในซีอิ๊วขาวที่เหลืออีก 1/8 ส่วน คนตลอดเวลาพร้อมทั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 °C เพื่อให้แห้งสุก เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีช่วงอุณหภูมิที่เกิด

เจล (gelatinization temperature) 75-80 °C (Van Beynum และ Roels, 1985) ความตลอดเวลาที่ใส่แป้งเพื่อให้แป้งสุกเร็วขึ้นและไม่จับตัวเป็นก้อน แล้วให้ความร้อนต่อไปอีกจนเดือด เคี้ยวอีกประมาณ 5 นาที เพื่อให้แป้งพองตัวมากขึ้น แป้งที่เป็นสารแขวนลอยอยู่จะใสและข้นเหนียวมากขึ้น ที่อุณหภูมิ 95 °C จะเกิดเจลที่เสถียร (Van Beynum และ Roels, 1985) จากนั้นบรรจุขวดแก้วที่สะอาดขณะร้อน (hot fill) เพราะของจะไหลได้สะดวก, ช่วยไล่อากาศภายในขวด และลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น (Frazier and Westhoff, 1979) เมื่อของเย็นลงจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเพราะสตาร์ของแป้งพวกนี้จะเกิดเจลขึ้น (Whistler และ คณะ, 1984) จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าของใส่ชนิดชั้นสูตรที่ดัดแปลงจากขอยหอยนางรมมีรสเค็มมากเกินไป เนื่องจากในสูตรใช้ทั้งซีอิ๊วขาว และเกลือ ซึ่งเป็นส่วนที่ให้รสเค็มกับของ ซึ่งจริง ๆ แล้วในซีอิ๊วขาวก็มีโซเดียมคลอไรด์หรือเกลืออยู่แล้วถึง 20.05 % ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใส่เกลือ ส่วนโมโนโซเดียมกลูตาเมท หรือผงชูรส ก็ไม่จำเป็นต้องใช้เพราะซีอิ๊วขาวก็มีสมบัติในการเป็นสารเสริมกลิ่นรสได้ดีพอ ๆ กันกับผงชูรส เนื่องจากซีอิ๊วขาวมีกรดกลูตามิกเป็นองค์ประกอบขณะที่ผงชูรสก็มีเกลือของกรดกลูตามิกเป็นองค์ประกอบเช่นกัน (Grace, 1974) ในการทดลองจึงแปรเฉพาะปริมาณไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง หรือ โปรตีนสกัด เป็น 10-30 %, น้ำตาลทราย 25-40 % และ ซีอิ๊วขาว 30-50 % โดยน้ำหนัก และใช้ mixture design ซึ่งเป็นการวางแผนการทดลองโดยแปรปริมาณส่วนผสมที่สนใจ 2 หรือ 3 ชนิดให้มีปริมาณรวมกันเป็น 100 % (Hare, 1974) และกำหนดช่วงการแปรส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด ให้แคบลงจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน และความเค็ม ผลจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าน้ำตาลทราย และ ซีอิ๊วขาว สูงกว่า 40 % และ 50 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหวาน และเค็มเกินไป และที่ระดับต่ำกว่า 25 % และ 30 % โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์มีความหวาน และเค็มน้อยเกินไป ส่วนไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัด สูงกว่า 30 % ผลิตภัณฑ์จะมีรสขมเล็กน้อย เนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดผลิตโดยใช้เอนไซม์โบรมิเลน ซึ่งมีลักษณะการตัดสายเปปไทด์แบบเอนโดเปปติเดส จึงได้เปปไทด์ที่มีปลายสายเป็นกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้ว (hydrophobic amino acid) ซึ่งมีรสขม (Lahl และ Braum, 1994) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ishida และ Yamamoto (1976) ที่รายงานว่า การย่อยสลายไมโอโพรตีนจากเนื้อไก่ด้วยเอนไซม์ในกลุ่มเอนโดเปปติเดส โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีรสขม และเสนอแนะด้วยว่าไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่จะปราศจากรสขมเมื่อใช้เอนไซม์ที่มีความสามารถในการตัดสายเปปไทด์ได้ทั้งแบบเอนโดเปปติเดสและเอกโซเปปติเดส ส่วนการใช้ไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดที่ระดับต่ำกว่า 10 % ผลิตภัณฑ์ไม่มีกลิ่นรสไก่เลย จึงแปรปริมาณ

ไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล่าง และโปรตีนสกัด เป็น 10-30 % , น้ำตาลทราย 25-40 % , ซีอิ๊วขาว 30-50 % ตามลำดับ จากพื้นที่ที่เป็นไปตามข้อกำหนด ได้สูตรซอสไก่ชนิดชั้น 5 สูตร (ตารางที่ 3.1) ผลติดกันที่ได้นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ผลแสดงใน ตาราง 4.8 และ 4.12 ความหนืด ผลแสดงในตาราง 4.9 และ 4.13 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลติดกันซอสไก่ชนิดชั้นด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น และ ความชอบรวม ผลแสดงใน ตาราง 4.10 และ 4.14 และผักกาดเงินที่ผัดกับซอสไก่ชนิดชั้นที่ผลิตได้ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น, ความเค็ม, ความหวาน และ ความชอบรวม ผลการทดลองแสดงใน ตาราง 4.11 และ 4.15

ผลจากการวัดสีผลติดกันด้วยเครื่อง Chroma meter (ตาราง 4.8 และ 4.12) พบว่าตัวอย่างที่ใช้ซีอิ๊วขาวปานกลางและสูง (44 และ 50 %) มีค่าความสว่าง, สีแดง, และ สีเหลืองสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ซีอิ๊วขาวต่ำ (30 %) แสดงว่าผลติดกันที่มีสีเข้มกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ซีอิ๊วขาวเป็นซีอิ๊วหมักแบบจีน ที่มีสีน้ำตาลดำคล้ำเนื่องจากในขั้นตอนการผลิตซีอิ๊วขาวจะใช้ เชื้อรา เช่น *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* และ *Rhizopus* ที่มีเอนไซม์ย่อยโปรตีนใน ตัวเหลือง และเอนไซม์ย่อยแป้งทำให้ได้สารโมเลกุลเล็กลงหลายชนิด อาทิ โปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein) เปปไทด์, เปปไทอน, กรดอะมิโน และ น้ำตาลไดแซคคาไรด์ กับ โมโนแซคคาไรด์ (Yong และ Wood, 1974) ซึ่งน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มีอยู่เกิดปฏิกิริยามลาร์ด ได้ผลติดกันสุดท้ายเป็นเมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์และโคโพลีเมอร์สีน้ำตาลที่ประกอบด้วย ไนโตรเจน ทำให้ซีอิ๊วขาวมีสีน้ำตาลดำคล้ำ (Fennema, 1996) ซอสชั้นตัวอย่างที่ใช้ ไฮโดรไลเซทในระดับปานกลางและต่ำ (23 % และ 10 %) มีค่าความสว่าง, สีแดง และ สีเหลือง สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ไฮโดรไลเซทสูง (30 %) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อสัดส่วนของไฮโดรไลเซทต่ำลง สัดส่วนของซีอิ๊วขาวจะสูงขึ้นส่งผลให้ผลติดกันที่มีสีเข้มขึ้น ส่วนน้ำตาลทราย พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ น้ำตาลทรายปานกลางและสูง (33 % และ 40 %) มีค่าความสว่าง, สีแดง และสีเหลืองสูงกว่า ตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลทรายต่ำ (25 %) ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนจนเลยจุด หลอมเหลว (160 °C) โครงสร้างจะเปลี่ยนไป โดยอนุมูลน้ำจะถูกดึงออก (dehydration) น้ำตาล จะเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านสารประกอบและคุณสมบัติ สูตร empirical จะเป็น $C_{12}H_{20}O_{10}$ หรือ $C_{24}H_{36}O_{18}$ หรือ $C_{36}H_{54}O_{25}$ ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลไหม้ (caramel) (Mathur, 1975) เมื่อ พิจารณาพร้อมกันทั้งไฮโดรไลเซท, น้ำตาลทราย และ ซีอิ๊วขาว พบว่าตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วน ระหว่างไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล่าง และ โปรตีนสกัด, น้ำตาลทราย และ ซีอิ๊วขาว เป็น

10 : 40 : 50 % โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์มีสีเข้มที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าน้ำตาลทราย และ ซีอิ๊วขาวทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้ม

ผลการวัดความหนืด พบว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลทรายสูง (33 % และ 40 %) มีความหนืดต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลทรายต่ำ (25 %) ทั้งนี้เพราะการเติมน้ำตาลในปริมาณสูง ทำให้ส่วนผสมของซอสมีลักษณะข้นเหนียวแทนที่จะเป็นเจล เพราะน้ำตาลทรายไปขัดขวาง การดูดกลืนน้ำของเม็ดแป้งสตาร์ชโดยไปแย่งจับกับน้ำที่มีอยู่ เมื่อมีน้ำตาลทรายมากเม็ดแป้งจึง ดูดกลืนน้ำได้น้อยลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดลดลง (Whistler และ คณะ, 1984) สำหรับ ตัวอย่างที่ใช้ไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดปานกลาง และสูง (23 % และ 30 %) ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ไฮโดรไลเซทต่ำ (10 %) เนื่องจาก ไฮโดรไลเซทเองมีความหนืดอยู่แล้วเพราะมีความเข้มข้น 65°Bx และยังมีน้ำเป็นองค์ประกอบ อยู่ 35 % ถ้าใช้ในปริมาณเพิ่มขึ้นเม็ดแป้งก็ดูดกลืนน้ำและพองตัวเกิดเจลได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึง มีความหนืดสูงขึ้น และ ตัวอย่างที่ใช้ซีอิ๊วขาวสูง (50 %) ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงกว่าตัวอย่างที่ ใช้ซีอิ๊วขาวปานกลางและต่ำ (44 % และ 30 %) ทั้งนี้เนื่องจากซีอิ๊วขาวมีน้ำเป็นองค์ประกอบ ถ้าใช้ในปริมาณเพิ่มขึ้น เม็ดแป้งจะดูดกลืนน้ำและพองตัวเกิดเจลได้มากขึ้น (Whistler และ คณะ, 1984) ผลิตภัณฑ์จึงมีความหนืดสูงขึ้น เมื่อพิจารณาพร้อมกันทั้งไฮโดรไลเซท, น้ำตาลทราย และซีอิ๊วขาว พบว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วนระหว่างไฮโดรไลเซท, น้ำตาลทราย และ ซีอิ๊วขาว เป็น 25 : 25 : 50 % โดยน้ำหนัก มีความหนืดสูงสุด ($p \leq 0.05$) นั่นแสดงให้เห็นว่า ถ้าในสูตรมีน้ำตาลทรายน้อยแต่มีไฮโดรไลเซทและซีอิ๊วขาวมากผลิตภัณฑ์ได้จะมีความหนืดสูง

ผลจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม (ตารางที่ 4.10 และ 4.14) พบว่า ซอสไก่ชนิดชั้นทั้ง 5 สูตร มีคะแนนลักษณะปรากฏ, สี และ ความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) คือ ซอสไก่ชนิดชั้นทุกสูตรมีลักษณะปรากฏเป็นเนื้อเดียวกันสม่ำเสมอ ไม่มีการแยก ชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน มีสีน้ำตาลพอดี ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมสูง (8-9) ตามไปด้วย แต่คะแนนด้านกลิ่นแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้ไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง หรือ โปรตีนสกัด ต่ำ (10 %) คะแนนกลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (5-7) เนื่องจากซอสมี กลิ่นหอมของไก่เล็กน้อยเกินไปแต่ก็ยังมักกลิ่นชวนบริโภคอยู่

เมื่อนำซอสไก่ชนิดชั้นที่มีส่วนผสมของไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดไปผัดกับผักนึ่งจีน และ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.11 และ 4.15) พบว่าผักนึ่งจีนผัดทุกตัวอย่างมีคะแนนด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผู้ทดสอบ

ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างกลิ่นหอมของไก่ในซอสแต่ละสูตรได้ เนื่องจากผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าซอสไก่ชนิดชั้นมีกลิ่นของซีอิ๊วขาวผสมกลมกลืนไปกับกลิ่นไก่ ทำให้แยกความแตกต่างของกลิ่นไก่ในผลิตภัณฑ์ได้ยาก เนื่องจากซีอิ๊วขาวเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชที่มีสารพวกเอสเทอร์, กรดอินทรีย์ (organic acids), สารประกอบฟีนอลิก, อัลคอยด์, เบสอินทรีย์ (organic bases) และสารประกอบพวกไดคาร์บอนิลกับไพราซีนที่เกิดจากปฏิกิริยา Maillard (Grace, 1974) ซึ่งใกล้เคียงกับสารให้กลิ่นหอมในโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัด กลิ่นของไก่จึงผสมกลมกลืนไปกับกลิ่นของซีอิ๊วขาว แต่ผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านความเค็มกับความหวาน และความชอบรวมแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างที่ผลิตด้วยซอสสูตรที่ 5 คือ สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง หรือโปรตีนสกัด : น้ำตาลทราย : ซีอิ๊วขาว เป็น 23 : 33 : 44 ผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านความเค็ม, ความหวาน และความชอบรวมสูงสุด (8-9) ($p \leq 0.05$) คือ ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเค็มและหวานพอดี ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์สูง (8-9) ด้วย ดังนั้นจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมดสรุปได้ว่า ปริมาณไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัด, น้ำตาลทราย และซีอิ๊วขาวที่เหมาะสมในการผลิตซอสไก่ชนิดชั้นเพื่อศึกษาอายุการเก็บต่อไป คือ 23 %, 33 % และ 44 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมในสูตรที่เลือกนี้มีความหนืดที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °C) เป็น 15635 Cps. และ 15840 Cps. ตามลำดับ (มาตรฐานอุตสาหกรรม, ม.อ.ก.1317-2538 กำหนดให้มีความหนืดไม่เกิน 18000 Cps.)

5.6.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซอสไก่ชนิดชั้น

ผลิตซอสไก่ชนิดชั้น 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง เป็นส่วนผสม และซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมใช้อัตราส่วนของไฮโดรไลเซท, น้ำตาลทราย และซีอิ๊วขาวตามปริมาณเหมาะสมที่สรุปได้จากผลการทดลองข้อ 5.6.1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, คาร์โบไฮเดรต และโซเดียมคลอไรด์ วิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.16-4.17

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 4.16) แสดงว่าซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมมีโปรตีน 16.72 % และ 16.36 % ซึ่งปริมาณโปรตีนมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโน และสารระเหยได้ที่ให้กลิ่น (Grace, 1974 ; May, 1974) น่าจะมีปริมาณใกล้เคียงกัน

ด้วย ส่วนโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดรสชาติ (Zapsalis และ Beck, 1985) นั้นจะเห็นว่า ซอสไก่ชนิดชั้นที่มีโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม มีโซเดียมคลอไรด์ 10.39 % ซึ่งสูงกว่า ซอสไก่ชนิดชั้นที่มี MDCM-ล้าง เป็นส่วนผสมที่มีอยู่ 9.95 % เนื่องจากไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก โปรตีนสกัดมีโซเดียมคลอไรด์สูงกว่าไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง (ตารางที่ 4.7) เมื่อใช้ในซอสไก่ชนิดชั้นในปริมาณเท่ากัน ผลผลิตภัณฑ์จึงมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ไม่เท่ากัน (มาตรฐานอุตสาหกรรม, ม.อ.ก.1317-2538 กำหนดให้มีโซเดียมคลอไรด์ไม่เกิน 13 % โดยน้ำหนัก) ปริมาณแก้ว ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากที่เอนไซม์ประกอบอินทรีย์สลายหมดไปแล้วจึงสูงตามไปด้วย ส่วนความชื้นของซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัด เท่ากับ 69.97 % และ 70.01 % โดยน้ำหนัก ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดมีความเข้มข้น 65 °Brix เท่ากัน เมื่อใช้ในซอสไก่ชนิดชั้นในปริมาณที่เท่ากัน ผลผลิตภัณฑ์จึงมีความชื้นใกล้เคียงกัน (มาตรฐานอุตสาหกรรม, ม.อ.ก.1317-2538 กำหนดให้มีของแข็งทั้งหมด ไม่น้อยกว่า 20 % โดยน้ำหนัก) ส่วนไขมันในซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้างเป็นส่วนผสมมีปริมาณสูงกว่าซอสไก่ชนิดชั้นที่มีโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้างมีไขมันสูงกว่าไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัด (ตารางที่ 4.7) เมื่อใช้ในซอสไก่ชนิดชั้นในปริมาณที่เท่ากัน ผลผลิตภัณฑ์จึงมีไขมันไม่เท่ากัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมใกล้เคียงกัน คือ 3.24 % และ 3.08 % เนื่องจากใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เท่ากัน คือ 3.6 % โดยน้ำหนัก

ซอสไก่ชนิดชั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง มีความเป็นกรดปานกลาง (pH 4.5-5.3) ดังนั้นการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์จัดว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ จากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.17) พบว่าซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และ โปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมที่ผลิตเสร็จในวันแรกบรรจุในขวดแก้ว มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 300 โคโลนี/กรัม (มาตรฐานอุตสาหกรรม, ม.อ.ก.1317-2538 กำหนดให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี/กรัม)

จากการพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ พบว่า การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดในผลิตภัณฑ์ซอสเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีโปรตีนสูงแต่มีไขมันต่ำ อีกทั้งยังเป็นซอสปรุงรสอาหารชนิดใหม่ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าซอสหอยนางรมซึ่งต้องใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจาก

หอยนางรมซึ่งมีราคาแพงมาเป็นสารเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ซอส และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของ MDCM ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมไก่สดแช่เยือกแข็งอีกด้วย

5.6.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซอสไก่ชนิดชั้นระหว่างเก็บ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซตเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัด มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่อาจเกิดได้ คือ การแยกชั้นของซอส โดยสาเหตุของการแยกชั้นเกิดจากการคืนตัวของเม็ดแป้งข้าวโพด (retrodegradation) ที่เป็นสารให้ความข้นหนืดในซอส ทำให้เจลมีความสามารถในการกักน้ำลดลง เกิดการแยกตัวของน้ำออกจากเจล (syneresis) ชั้นของน้ำที่แยกตัวจากเจลจะอยู่ส่วนบนของขวดที่บรรจุซอส (Van Beynum และ Roels, 1985) ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ก็มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซอสไก่ชนิดชั้นเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง และมี pH ต่ำปานกลาง และผลิตภัณฑ์ประเภทซอสนี้ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อในระดับที่ทำลายจุลินทรีย์จนหมด ดังนั้นจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่อาจทำให้ซอสเสื่อมคุณภาพ หรือถึงขั้นเกิดการเสื่อมเสียได้ถ้ามีปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่สูงพอ (Frazier and Westhoff, 1979) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บของซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซตเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม โดยเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุดที่สรุปได้จาก 5.6.1 มาเติมสารกันเสียโพแทสเซียมซอร์เบตในปริมาณ 1000 ppm ต่อน้ำหนักซอสไก่ชนิดชั้น ตัวอย่างที่เติม และไม่เติมสารกันเสียบรรจุในขวดแก้ว และเก็บรักษาที่ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 เดือน

ระหว่างเก็บสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หัตถมบัติทางกายภาพด้านความหนืด ค่า pH ผลวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด (รูปที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.18 กับ 4.19) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของชนิดไฮโดรไลเซตเข้มข้นที่เป็นส่วนผสมในซอสไก่ชนิดชั้นและปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบตกับระยะเวลาเก็บต่อค่าความหนืด ($p > 0.05$) และเฉพาะระยะเวลาเก็บ เท่านั้นที่มีผลต่อค่าความหนืด ($p \leq 0.05$) พบว่าซอสไก่ชนิดชั้นทั้ง 2 ตัวอย่างมีความหนืดลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวโพดที่เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์มีอะไมโลเพคติน (72 %) มากกว่าอะไมโลส (28 %) ทำให้ดูดกตินน้ำและพองตัวได้น้อยกว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูงเนื่องจากอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านมากจะพองตัวได้น้อยกว่าอะไมโลสซึ่งไม่มีกิ่งก้าน ถ้าความเข้มข้นเท่ากันหรือมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน (Whistler และ Daniel, 1990) ทำให้เหลือเม็ดแป้งส่วนที่ยังไม่พองตัวอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นสตาร์ชของ

แป้งข้าวโพดจะละลายได้น้อยลงเกิดการคืนตัวของเม็ดแป้ง (retrogradation) เม็ดแป้งสตาร์ช จะกลับสู่สภาพที่ไม่ละลายในน้ำเย็นเหมือนเดิม มีลักษณะขุ่นกว่า และ ซอสไก่ชนิดชั้นมีความหนืดลดลงกว่าเมื่อแรกทำใหม่ ๆ การคืนตัวนี้เกี่ยวข้องกับกาที่โมเลกุลที่เป็นโซตรง (amylose) มารวมกัน โดยพันธะระหว่างโมเลกุลจะมีกำลังมากขึ้น การคืนตัวนี้จะเกิดได้ง่ายระหว่างโมเลกุลอะไมโลสด้วยกัน และจะเกิดน้อยกว่าในโมเลกุลอะไมโลเพคติน ประกอบกับการผลิตซอสไก่ชนิดชั้นมีการเติมน้ำตาลทราย และโซเดียมคลอไรด์ที่มีในซีอิ๊วขาว ทำให้เม็ดแป้งดูดกลืนน้ำได้น้อยลง เนื่องจากสารทั้งสองรวมตัวกับน้ำได้ดีจึงแย่งน้ำกันทำให้เม็ดแป้งจับตัวกับน้ำได้น้อยลงและแห้งไปจับกันเองมากขึ้น ความหนืดของผลิตภัณฑ์จึงลดลง และ จากการทดลองเมื่อระยะเวลาเก็บผ่านไปประมาณ 1 เดือน พบว่าซอสเริ่มเกิดการแยกชั้น เนื่องจากการแยกตัวของส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นเจล (Pomeranz, 1991)

ผลการวิเคราะห์ค่า pH (รูปที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.18) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของไฮโดรไลเซท, ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบต และระยะเวลาเก็บต่อค่า pH ($p > 0.05$) ในช่วงเวลา 3 เดือนที่เก็บ pH ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ตัวอย่างเปลี่ยนแปลงน้อย สำหรับซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม และไม่ได้เติมโพแทสเซียมซอร์เบต มีการเปลี่ยนแปลง pH น้อยระหว่างการเก็บเป็นเวลา 3 เดือน นั้น พอจะอธิบายได้ว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลทรายเป็นส่วนผสม 33 % โดยน้ำหนัก และมีโซเดียมคลอไรด์ประมาณ 9-10 % ซึ่งน้ำตาลทราย และโซเดียมคลอไรด์ที่มีในผลิตภัณฑ์จะดึงน้ำจากผลิตภัณฑ์มารวมตัวกับมันแล้วทำให้อาหารมีปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ได้ลดลง ขณะเดียวกันทำให้ปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนเกิดขึ้นช้า เพราะปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำลดลง และยังทำให้เกิดแรงดันออสโมซิสสูง ทำให้เซลล์จุลินทรีย์เกิดพลาสโมไลซิส (plasmolysis) นอกจากนั้นโซเดียมคลอไรด์อาจแตกตัวทำให้เกิดไอออนของคลอไรด์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ และรบกวนการทำงานของเอนไซม์โปรตีโอไลติก จุลินทรีย์ที่เหลื่ออยู่ในผลิตภัณฑ์จึงไม่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียได้ (Frazier และ Westhoff, 1979) ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง pH น้อย ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 20) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างนี้ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 300 โคโลนี/กรัม ตลอดระยะเวลาเก็บ 3 เดือน สำหรับซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม และเติมโพแทสเซียมซอร์เบต 1000 ppm มีการเปลี่ยนแปลง pH น้อย เนื่องมาจากโพแทสเซียมซอร์เบตเป็นสารกันเสียที่มีผลในการป้องกันได้ดีในอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 6 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella spp.*, *Streptococcus*

faecalis และ *Staphylococcus spp.* โดยโพแทสเซียมซอร์เบตป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการยับยั้งการใช้สารอาหารต่าง ๆ เช่น กรดอะมิโน, ฟอสเฟต, กรดอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นต้น และจะรบกวนการทำงานของระบบเอนไซม์ไฮโดรจีเนสของราด้วย (Frazier และ Westhoff, 1979) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 20) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างนี้ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 300 โคโลนี/กรัม ตลอดระยะเวลาเก็บ 3 เดือน

เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, และความชอบรวมของซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง (ทั้งที่เติม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต) มีแนวโน้มลดลงเท่า ๆ กันกับผลิตภัณฑ์ที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม (ทั้งที่เติม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต) ($p > 0.05$) (รูปที่ 4.7-4.10) การเปลี่ยนแปลงคะแนนลักษณะปรากฏ และ สี ยืนยันผลจากการวัดค่าความหนืดเนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์มีความหนืดลดลงและเกิดการแยกชั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี คือ มีสีไม่สม่ำเสมอ และไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (Pomeranz, 1991) การที่คะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์ลดลงยืนยันผลได้จากการวัดค่าสีของซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง เป็นส่วนผสม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซอสมีสีเข้มขึ้นโดยมีค่าความสว่าง (L) 10.83, ค่าสีแดง (a) 28.36 และ ค่าสีเหลือง (b) 18.07 (เปรียบเทียบกับซอสไก่ชนิดชั้นสูตรที่ 5 ตารางที่ 4.8) ส่วนซอสไก่ชนิดชั้นที่มีโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบตก็มีสีเข้มขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าความสว่าง (L) 10.98, ค่าสีแดง (a) 29.77 และ ค่าสีเหลือง (b) 20.04 (เปรียบเทียบกับซอสไก่ชนิดชั้นสูตรที่ 5 ตารางที่ 4.12) เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นทั้ง 2 ชนิดเป็นส่วนผสม (เติม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต) มีคะแนนกลิ่นลดลง เป็นเพราะเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นซอสไก่ชนิดชั้นเกิดกลิ่นแปลกปลอมที่เรียกว่า warmed over flavor จากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (Fennema, 1996) เนื่องจากในไฮโดรไลเซทเข้มข้นทั้ง 2 ชนิด มีไขมันอยู่ 0.25-1.25 % ซึ่งไขมันที่มีใน MDCM เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวถึง 92.6 % ของไขมันทั้งหมด (Moerck และ Ball, 1974) ดังนั้นในไฮโดรไลเซทเข้มข้นก็น่าจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ด้วย แต่ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นแปลกปลอมเกิดได้น้อยเนื่องจากไขมันในไฮโดรไลเซทมีเพียง 0-1 % คะแนนด้านกลิ่นจึงยังอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก (6-9) ตลอดระยะเวลาเก็บ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบตได้รับคะแนนกลิ่น และ ความชอบรวมมากกว่าตัวอย่างที่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต ($p \geq 0.05$)

เนื่องจากโพแทสเซียมซอร์เบตทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ทำให้กลิ่นหอมของไก่ลดลง ส่งผลให้ความชอบรวมในผลิตภัณฑ์ลดลงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาระดับคะแนนในทุกลักษณะแล้ว พบว่าทุกตัวอย่างมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก (6-9) เมื่อเก็บนาน 3 เดือน จึงสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ของไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม ทั้งที่เติม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ อย่างน้อย 3 เดือน

เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น, รสชาติ และ ความชอบรวมของผักนึ่งจืดกับของไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง (ที่เติมและไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต) มีแนวโน้มลดลงเท่า ๆ กันกับผักนึ่งจืดกับของไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม (ที่เติมและไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต) (รูปที่ 4.11-4.13) อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของไฮโดรไลเซทเข้มข้นที่เป็นส่วนผสมในของไก่ชนิดชั้นกับปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบตมีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.24) โดยผักนึ่งจืดกับของไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมทั้งที่เติม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต มีคะแนนกลิ่นสูงกว่า ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.25) ทั้งนี้อาจเนื่องจากไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดมีโซเดียมคลอไรด์ 2.63 % สูงกว่าไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง 0.53 % และโซเดียมคลอไรด์จัดเป็นสารเสริมกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์อาหารและเป็นสารกระตุ้นระบบประสาท (nerve activator) เนื่องจากมีสมบัติทางเคมีไฟฟ้า (electrochemical property) ซึ่งจะช่วยให้เซลล์ประสาทที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น (olfactory cells) และเซลล์รับรส (gustatory cells) บนต่อมรับรสที่ลิ้นรับรสชาติของส่วนประกอบที่ให้กลิ่นรสในของได้มากกว่า (Strong, 1968) ของไก่ที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม จึงได้รับคะแนนด้านกลิ่นสูงกว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นผักนึ่งจืดกับของไก่ที่มีส่วนผสมของไฮโดรไลเซทเข้มข้นทั้ง 2 ชนิด มีคะแนนรสชาติและความชอบรวมลดลง ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.26) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นของมีกลิ่นรสผิดปกติที่อาจเกิดจากไขมันที่มีอยู่ในไฮโดรไลเซทเข้มข้น 2 ชนิดที่เป็นส่วนผสมในของเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น (Fennema, 1996) เมื่อนำของไปผักนึ่งจืดกับผักนึ่งจืดจึงส่งผลให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมลดลงตามไปด้วย ผักนึ่งจืดกับของไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมมีคะแนนรสชาติ และความชอบรวมมากกว่าผักนึ่งจืดกับของไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง เป็นส่วนผสม ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูงกว่าไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก

MDCM-ล้าง จึงช่วยเสริมรสชาติที่มีในซอสได้มากกว่า (Strong, 1968) ด้วยเหตุผลเดียวกับที่กล่าวไปแล้วข้างต้นจึงทำให้ผักนึ่งจีนที่ผัดกับซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสมมีรสชาติที่ดีกว่า และผักนึ่งจีนที่ผัดกับซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นทั้ง 2 ชนิดเป็นส่วนผสม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบตมีคะแนนความชอบรวมมากกว่า ผักนึ่งจีนที่ผัดกับซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นทั้ง 2 ชนิดเป็นส่วนผสม และเติมโพแทสเซียมซอร์เบต ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.28) เนื่องจากโพแทสเซียมซอร์เบตที่มีในซอสไก่ชนิดชั้นมีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ผักนึ่งจีนโดยผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าตัวอย่าง ผักนึ่งจีนที่ผัดกับซอสไก่ชนิดชั้นที่เติมโพแทสเซียมซอร์เบตมีกลิ่นและรสชาติแปลกปลอมอีกทั้งมีกลิ่นหอมของไก่อ้น้อยกว่าตัวอย่างผักนึ่งจีนที่ผัดกับซอสที่ไม่ได้เติมโพแทสเซียมซอร์เบต จึงส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อพิจารณาระดับคะแนนในทุกลักษณะแล้ว พบว่าทุกตัวอย่างมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก (7-9) เมื่อเก็บนาน 3 เดือน แสดงให้เห็นว่าระดับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอยู่ในช่วงยอมรับได้ จึงสรุปว่าผลิตภัณฑ์ซอสไก่ชนิดชั้นที่มีไฮโดรไลเซทเข้มข้นจาก MDCM-ล้าง และโปรตีนสกัดเป็นส่วนผสม (เติม และไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบต) บรรจุขวดแก้ว เก็บที่ $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ภายในระยะเวลา 3 เดือน เมื่อผัดกับผักนึ่งจีนยังคงมีกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย