

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาองค์ประกอบของพลาสมา

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และจุลินทรีย์ ของพลาสมาที่เซ็เป็นวัตถุศึกษา การทดลอง ดังตารางที่ 4.1 พบว่า มีความชื้น 89.8% ไขมัน 7.1% โปรตีน 0.8% เถ้า 1.6% คาร์โบไฮเดรต 0.7% จุลินทรีย์ทั้งหมด 3.1×10^4 CFU/ml. และพบแบคทีเรีย แบคทีเรีย ผลดังกล่าวนี้ใกล้เคียงกับองค์ประกอบของพลาสมาสารซึ่งวิเคราะห์โดย Delaney (1975), Howell และ Lawrie (1983) การที่พลาสมาเหล่านี้มีไขมันถึง 7.1% ทำให้มีที่ ใช้นอกอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากไขมันโดยทั่วไปจึงเป็นสาร emulsifier ที่ดีสำหรับอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ เพราะมีโครงสร้างส่วนที่ชอบน้ำมากกว่าน้ำมัน (Fennema, 1985) จากการ วิเคราะห์ของ Saito, Ichikawa และ Taira (1988) พบว่า พลาสมาประกอบด้วยโปรตีน หลายชนิด ที่สำคัญได้แก่ albumin, globulin และ fibrinogen ซึ่ง globulin จะมีสมบัติเป็นสาร emulsifier ที่ดีกว่าโปรตีนชนิดอื่น (Foegeding, Allen และ Dayton, 1986) พลาสมานอกจากจะประกอบด้วยโปรตีนซึ่งมีสมบัติเป็นสาร emulsifier ที่ดีแล้ว การ ใช้น้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ยังมีผลในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเพิ่มความสามารถใน การจับน้ำของผลิตภัณฑ์สุดท้ายด้วย (Knipe และ Frye, 1990) แต่อย่างไรก็ตามการใช้พลาสมา ในรูปของเหลว มีองค์ประกอบที่เป็นน้ำอยู่มาก ทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งาน จึงควรศึกษา กระบวนการและภาวะในการทานแห้งที่เหมาะสมต่อไป

5.2 ศึกษาภาวะการทานแห้งพลาสมา

5.2.1 การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ

ในการทำแห้งพลาสมาด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อเวลาในการทำแห้ง และสมบัติการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80°C อุณหภูมิช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งพลาสมา เพราะจะทำให้โปรตีนในพลาสมาเกิดการแปลงสภาพมากเกินไป (Whitaker และ Tannenbaum, 1977) ระหว่างการทำแห้งได้ควบคุมความดันสูญญากาศภายในตู้อบให้คงที่ตลอดเวลาที่ 29 ± 1 บอนต์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ทำได้ เพื่อลดเวลาในการอบแห้งให้สั้นที่สุด และลดปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีไขมันอยู่ 0.8%

รูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง จะเห็นว่าช่วงแรกของการทำแห้งตั้งแต่ 0-90 นาที อัตราการสูญเสียน้ำจากผลิตภัณฑ์ค่อนข้างช้า เรียกช่วงนี้ว่าช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้น เนื่องจากช่วงนี้พลังงานความร้อนจากตู้อบถ่ายเทให้กับภาชนะบรรจุ และความร้อนจากภาชนะบรรจุถ่ายเทให้กับพลาสมาที่อยู่ภายใน ใช้เวลาในการระเหยน้ำเท่านั้น ปริมาณความชื้นของพลาสมาจึงลดลงอย่างรวดเร็ว อัตราการสูญเสียน้ำในช่วงนี้จึงคงที่ เรียกช่วงนี้ว่าช่วงอัตราคงตัว (constant rate period) และช่วงสุดท้ายของการอบแห้ง คือ ช่วงอัตราลดลง (falling rate period) เป็นช่วงที่ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 10% อัตราเร็วในการเสียน้ำจะลดลง เนื่องจากการหดตัวของเนื้อเยื่อที่แห้งบริเวณผิว ทำให้น้ำภายในพลาสมาแพร่ออกมาบริเวณผิว ของพลาสมาได้ช้ากว่า (Keey, 1972) เมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่ออัตราการทำแห้ง จะเห็นว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เวลาที่ต้องการในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ซึ่งความชื้นสุดท้ายจะลดลง โดยเวลาในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่ 60, 70 และ 80°C จนถึงความชื้น 7% คือ 630, 540 และ 420 นาที ตามลำดับ เหตุที่เลือกความชื้นสุดท้ายเป็น 7% เนื่องจากที่ปริมาณความชื้นระดับนี้จุลินทรีย์เจริญไม่ได้ (Frazier และ Westhoff, 1988) และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ commercial dried porcine plasma โดย Howell และ Lawrie (1983) พบว่า มีความชื้นอยู่ในช่วง 2.5- 7.0% จากผลการทดลองที่ได้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ 80°C ให้พลาสมาที่มีความชื้นสุดท้ายตามต้องการในเวลาสั้นที่สุด แต่การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานอาจมีผลต่อสมบัติด้านการเป็นสาร emulsifier ของพลาสมาผงได้ จึงพิจารณาความสามารถ

ในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียร และความจุของอิมัลชัน ของผลิตภัณฑ์ เป็นเกณฑ์ประกอบการเลือกภาวะที่เหมาะสม สำหรับการหาแห้งผลิตภัณฑ์พลาสมาโดยวิธีนี้ด้วย ผลการทดลองทั้งแสดงในตารางที่ 4.3- 4.4 พบว่า อุณหภูมิในการหาแห้งมีผลต่อความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียร และความจุของอิมัลชันของพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือพลาสมาผงจากการหาแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีความสามารถในการละลายสูงกว่าตัวอย่างจากการหาแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสามารถในการละลายสูงถึง 97.29% ความสามารถในการละลายของโปรตีนเป็นสมบัติที่ขึ้นกับ pH และสภาพ (nature) ของโปรตีน วัตถุที่ pH ใกล้เคียงกับ isoelectric point โปรตีนจะมีอัตราการละลายต่ำที่สุด (Whitaker และ Tannenbaum, 1977) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้กำกวมอิทธิพลของ pH วัตถุการปรับ pH ของพลาสมา ที่จะหาค่าความสามารถในการละลาย ให้เป็น 6.8 เท่ากันตลอดทุกการทดลอง pH 6.8 ที่เลือกใช้นี้เป็น pH ในช่วง 6- 8 ซึ่ง Penteado, Lajolo และ dos Santos (1979) กล่าวว่า พลาสมาละลายได้ดีที่สุดในช่วง pH นี้ ดังนั้นความสามารถในการละลายของพลาสมาผงจากการทดลองนี้จึงขึ้นอยู่กับสภาพของโปรตีนในพลาสมา ความร้อนที่พลาสมาได้รับระหว่างการหาแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ตามลำดับ มีผลต่อสภาพของโปรตีนในพลาสมา Finley (1989) อธิบายว่า หลังงานความร้อนที่อุณหภูมิเพียง 50°C จะเริ่มทำให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพโดยพลังงานดังกล่าวจะเริ่มทำลายแรงดึงดูดระหว่างห่วงโซ่ polypeptides ทำให้โปรตีนคลายเกลียว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 70°C อนุภาคของโปรตีนจะเริ่มรวมตัวกันใหม่จากการเกิดพันธะ hydrogen, hydrophobic และ electrostatic ทำให้เกิดเป็นโครงข่ายสามมิติ (three-dimensional network) ผลของการแปลงสภาพจะทำให้โปรตีนสูญเสียประจุอิสระที่จะจับกับประจุของน้ำ ทำให้ความสามารถในการละลายลดลง ดังนั้นการที่พลาสมาผงจากการหาแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีความสามารถในการละลายดีกว่า แสดงว่า โปรตีนในพลาสมาเกิดการแปลงสภาพน้อยกว่าโปรตีนในตัวอย่างที่หาแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ตามลำดับ

ความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นสมบัติที่สำคัญของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับสมบัติอื่นด้วย เช่น การละลาย การเกิดเจล และการเกิดอิมัลชัน (Lin และ Zayas, 1987) พลาสมาผงจากการหาแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าตัวอย่างจากการหา

แห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีความสามารถในการอุ้มน้ำ 33.12 กรัม/กรัม ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนเกิดจากประจุอิสระบนสาย polypeptides ทั้งคุณิคมเลขของน้ำ ซึ่งเมื่อ pH เข้าใกล้ isoelectric point ประจุบวก และลบ จะมีจำนวนใกล้เคียงกัน จึงดึงดูดซึ่งกันและกัน ผลรวมของประจุเข้าใกล้ 0 จึงเหลือประจุที่จะดึงดูดคุณิคมเลขของน้ำในชั้น bound water และ immobilized water น้อย ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (Price และ Schweigert, 1971) ในการวิจัยนี้ได้หาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของปลาสมพงษ์ที่ pH 6.8 ซึ่งเป็น pH หนึ่งในช่วง 6-8 ที่ปลาสมพงษ์มีความสามารถในการละลาย และการอุ้มน้ำสูงสุด (Penteado และคณะ, 1979) เมื่อความสามารถในการอุ้มน้ำของปลาสมพงษ์ขึ้นกับประจุอิสระบนสาย polypeptides การเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนเนื่องจากพลังงานความร้อนที่มีผลทำให้ประจุอิสระของโปรตีนลดลง จึงทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงด้วย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปลาสมพงษ์ที่แห้งที่อุณหภูมิ 60°C เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนน้อยกว่าตัวอย่างที่แห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ขณะที่แห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ปลาสมพงษ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของเวลาในการแห้งด้วย เพราะแม้ที่อุณหภูมิที่ 80°C จะสูงกว่า แต่เวลาในการแห้งก็สั้นกว่าที่ 70°C ถึง 90 นาที ซึ่งอิทธิพลระหว่างอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนในระดับนี้อาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของโปรตีน ในอัตราที่จะหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน ($p > 0.05$).

ความเสีयरและความจุของอิมัลชัน เป็นสมบัติการใช้ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของโปรตีนจากปลาสมพงษ์ อิมัลชันที่เตรียมจากปลาสมพงษ์ที่ได้จากการแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีความเสีयरมากกว่า อิมัลชันที่เตรียมจากปลาสมพงษ์ซึ่งผ่านการแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ($P \leq 0.05$) และสารละลายปลาสมพงษ์จากการแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เข้มข้น 0.5% เมื่อทำให้เกิดเป็นอิมัลชัน มีความจุอิมัลชันมากกว่าสารละลายปลาสมพงษ์จากการแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ความเสีयर และความจุของอิมัลชันเกิดจากการที่โปรตีนมีสมบัติในการช่วยลดแรงตึงผิวบริเวณผิวหน้าไขมันและน้ำ โดยการเกิดฟิล์มบาง ล้อมรอบหยดน้ำมันไว้ไม่ให้การรวมตัวใหม่ ขั้นตอนการเกิดฟิล์มโปรตีน คือ ิมเลขของโปรตีนกระจายตัว และแพร่สู่ส่วนผิวหน้าของน้ำมันและน้ำ ส่วนของิมเลขที่นำชอบน้ำจับกับน้ำมันเกิดเป็นฟิล์มบางล้อมรอบหยดน้ำมัน

ไว้ ส่วนที่ชอบน้ำจับกับน้ำซึ่งอยู่รอบนอกหอยคนน้ำมัน ในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำโปรตีนที่มีส่วนที่เป็น polar มากกว่า non-polar จะเป็น emulsifier ที่ดีในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Kinsella, 1979) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นจาก 60 เป็น 70°C ค่าความเสถียร และความจุของอิมัลชันของพลาสมาลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณพลังงานความร้อนที่พลาสมาได้รับในระหว่างการทำแห้ง ทำให้โปรตีนในพลาสมาเกิดการแปลงสภาพจนอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับโครงสร้างของโมเลกุลซึ่งจะเป็นผลให้เกิดการเสียสมดุลของอัตราส่วนโครงสร้างส่วนชอบและน้ำชอบน้ำของโปรตีน ค่าความสามารถในการเป็นสาร emulsifier จึงลดลง ในส่วนความเสถียรของอิมัลชันก็เช่นกัน โปรตีนในสภาพธรรมชาติ (native protein) จะให้อิมัลชันที่มีเสถียรภาพสูงกว่าโปรตีนที่เกิดการแปลงสภาพแล้ว (Whitaker และ Tannenbaum, 1977) ค่าความจุและความเสถียรของอิมัลชันจึงมักมีความสัมพันธ์กันในทางบวก (Pearson และคณะ, 1965) ค่าความเสถียรและความจุของอิมัลชัน ของพลาสมาผงจากการทำแห้งที่ 70 และ 80°C นั้นแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งอาจใช้เหตุผลเดียวกันกับที่ใช้อธิบายเรื่องความสามารถในการอุ้มน้ำมาอธิบายผลดังกล่าวนี้

จากผลการทดลองในส่วนของสมบัติด้านการใช้งานจึง เลือกการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 630 นาที เป็นภาวะที่ดีที่สุด เพราะที่ภาวะดังกล่าวพลาสมาผงที่ได้ มีความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียรและความจุของอิมัลชันดีที่สุด

5.2.2 การทำแห้งพลาสมาด้วยเครื่อง freeze dryer

การทำแห้งด้วยวิธี freeze drying เป็นวิธีการทำแห้งที่รักษาสมบัติเดิมของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอุณหภูมิในการระเหิดผลิตภัณฑ์น้ำแข็งออกจากพลาสมาโดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ 32 และ 38°C ทำแห้งจนอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 25-30°C พบว่าต้องใช้เวลานานในการทำแห้ง 1800 และ 1440 นาที ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ มีค่าความชื้นสุดท้ายใกล้เคียงกันคือ 4.50 และ 4.41% (ตารางที่ 4.5) ผลจากการวัดสมบัติด้านการใช้งานของผลิตภัณฑ์ แสดงว่า อุณหภูมิในการระเหิดทั้ง 2 ระดับ ไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียร และความจุของอิมัลชัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.6-4.7) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะภาวะในการ

ทานแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer ใช้อุณหภูมิในการทานแห้งต่ำ และการระเหิดน้ำออกจากผลาสมายังหาที่ภาวะสูญญากาศ ดังนั้นการแปลงสภาพของโปรตีนในผลาสมาก็เกิดขึ้นน้อย และอีกประการหนึ่ง อุณหภูมิที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ อาจใกล้เคียงกันมากจนทำให้ตรวจไม่พบความแตกต่างในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากผลการทดลองจึงเลือกการทานแห้งที่อุณหภูมิ 38°C เนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ 32°C ถึง 360 นาที ซึ่งน่าจะเป็นการประหยัดทั้งเวลา และพลังงานในการทานแห้ง โดยคุณภาพของผลาสมองไม่แตกต่างจากการใช้อุณหภูมิ 32°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

5.2.3 การทานแห้งผลาสมาคด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย

เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายที่ใช้งานในงานวิจัยนี้ มีอุปกรณ์ที่ทำให้ผลาสมากเป็นละอองฝอยแบบหัวฉีด ผลาสมากจะถูกฉีดออกมาเป็นละอองฝอย ด้วยความดัน 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และสัมผัสลมร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในทิศทางตรงกันข้าม เกิดการระเหยของน้ำแล้วผลาสมากแห้งตกลงทางด้านล่าง และแยกออกจากลมร้อนด้วยระบบไซโรคลอน บังคับที่มีผลต่อสมบัติของผลาสมากในการทานแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายมีหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น อุณหภูมิลมร้อนเข้า, อัตราการป้อน, อุณหภูมิลมร้อนออก เป็นต้น (Master, 1979) แต่เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายที่ใช้งานในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดทางสมรรถนะ เนื่องจากไม่สามารถปรับอัตราการป้อนผลาสมากให้สูงเกิน 0.75 ลิตร/ชั่วโมง โดยถ้าใช้อัตราป้อน 1.0 ลิตร/ชั่วโมง ผลาสมากจะฉีดออกมาในลักษณะเป็นสาย แทนที่จะเป็นละอองจึงไม่สามารถแห้งได้ทัน และตกลงทางด้านล่างของเครื่องบริเวณหัวฉีด อัตราการป้อนที่ต่ำที่สุดของเครื่องนี้ คือ 0.25 ลิตร/ชั่วโมง การคิดทั้งหัวฉีด ถ้าคิดทั้งทางด้านบนของเครื่องเพื่อให้ผลาสมากสัมผัสลมร้อนในทิศทางเดียวกัน ที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 90°C จะทำให้ผลาสมากเปลี่ยนสภาพเป็นเจลสีขาวขุ่น เนื่องจากพลังงานจากความร้อนจะทำให้โปรตีนในผลาสมากเกิดการแปลงสภาพ (Finley, 1989) ทำให้เกิดการอุดตันบริเวณหัวฉีด ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองโดยคิดทั้งหัวฉีดทางด้านล่างของเครื่อง ทำให้ละอองผลาสมากฝอยสวนทางกับลมร้อน และปรับความเร็วลมออกให้คงที่ที่ 90 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องมือที่จะไม่ทำให้ละอองผลาสมากแห้ง ถูกพาออกไปนอกระบบพร้อมกับลมร้อน ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ อัตราการป้อนผลาสมาก ซึ่งแปรเป็น 3 ระดับ คือ 0.25,

0.50 และ 0.75 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิความร้อนเข้าซึ่งแปรเป็น 5 ระดับ คือ 150, 160, 170, 180 และ 190°C (อุณหภูมิร้อนออกที่วัดได้ 70, 80, 90, 100 และ 110°C ตามลำดับ) เนื่องจากการทาน้ำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายเป็นการทาน้ำแห้งที่อุณหภูมิสูง อาจมีผลต่อปริมาณความชื้น และสมบัติด้านการเป็นสาร emulsifier ของพลาสติกที่ได้ จึงพิจารณาปริมาณผลผลิต (yield) ความชื้นสุดท้าย ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอ้วนน้ำ ความเสถียรและความจุ่มมีล้น ของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ประกอบการเลือกภาวะที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติก ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8- 4.18

ปริมาณความชื้น พบว่า เมื่ออุณหภูมิร้อนเข้าเพิ่มขึ้น อัตราการบั่นลดลง ปริมาณความชื้นของพลาสติกลดลง ที่อัตราการบั่น 0.25 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิร้อนเข้า 180 และ 190°C อุณหภูมิร้อนออก 100 และ 110°C พลาสติกจากการทาน้ำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายมีความชื้นต่ำกว่า 7% คือ 6.89 และ 5.56% ตามลำดับ ซึ่งเป็นความชื้นระดับต่ำที่สุดที่เครื่องอบแห้งทำได้ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากที่อัตราการบั่น 0.25 ลิตร/ชั่วโมง ละอองของของเหลวจากหัวฉีดมีขนาดเล็ก และสม่ำเสมอว่าที่อัตราตัวอื่น เมื่อได้รับความร้อนจากอากาศที่ผ่านเข้ามาในปริมาณมากเพียงพอ พลาสติกที่ได้จึงมีความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างอื่น

ในส่วนของคุณสมบัติในการละลาย พบว่า อุณหภูมิร้อนเข้า และอัตราการบั่น มีผลต่อความสามารถในการละลายของพลาสติก อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิร้อนเข้า พบว่า เมื่ออุณหภูมิร้อนเข้าเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิร้อนเข้า 180 และ 190°C ซึ่งวัดอุณหภูมิร้อนออกได้ 100 และ 110°C ตามลำดับ ได้พลาสติกที่มีความสามารถในการละลายมากที่สุด ที่อุณหภูมิร้อนเข้า 170°C ซึ่งวัดอุณหภูมิร้อนออกได้ 90°C ได้พลาสติกที่มีความสามารถในการละลายรองลงมา และที่อุณหภูมิร้อนเข้า 150 และ 160°C ซึ่งวัดอุณหภูมิร้อนออกได้ 70 และ 80°C ตามลำดับ ได้พลาสติกที่มีความสามารถในการละลายต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิร้อนเข้าและออกสูง พลาสติกมีปริมาณความชื้นต่ำทำให้มี wet surface อยู่โดยรอบอนุภาคน้อยกว่า เมื่อนำไปละลายน้ำจึงมีความสามารถในการละลายดีกว่าพลาสติกที่มีความชื้นสูง เพราะอาหารผงที่ได้จากการทาน้ำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย มีลักษณะเป็นทรงกลมและมี wet surface

อยู่โดยรอบ ผิวหน้าที่เป็น wet surface ถ้ามีปริมาณสูงจะป้องกันน้ำที่บริเวณที่อยู่มากกว่า
 กระจายตัวออกมาจับกับน้ำ ทำให้ความสามารถในการละลายลดลง นอกจากนั้นน้ำที่อยู่บริเวณ wet
 surface จะแข็งตัวกันเอง ทำให้อนุภาคของผงอาหารเข้ามารวมกัน เกิดภาวะ caking เมื่อ
 นำไปละลายน้ำ ความสามารถในการละลายจึงลดลง (Peleg และ Bagley, 1983) พิจารณา
 เฉพาะอัตราการบด พบว่า ที่อัตราการบด 0.25 และ 0.50 ลิตร/ชั่วโมง ได้ผลผสมผงที่มี
 ความสามารถในการละลายสูงกว่า เมื่อใช้อัตราการบด 0.75 ลิตร/ชั่วโมง อาจเป็นเพราะที่
 อัตราการบด 0.25 และ 0.50 ลิตร/ชั่วโมง ละอองผลผสมมีขนาดเล็กทำให้พื้นที่สัมผัสหลัง-
 งานความร้อนมาก ความชื้นจึงต่ำกว่า ซึ่งเป็นผลทำให้ส่วนที่เป็น wet surface น้อยกว่าอัตรา
 การละลายจึงดีกว่าที่อัตราการบด 0.75 ลิตร/ชั่วโมง อย่างไรก็ตามที่อัตราการบด 0.75
 ลิตร/ชั่วโมง ถ้าหากพิจารณาความชื้นของผลผสมผงที่ได้ จะเห็นว่ามีความแตกต่างกับที่อัตรา
 การบด 0.50 ลิตร/ชั่วโมง แต่จากผลการทดสอบในแง่ของการละลายกลับมีค่าต่ำกว่า อย่าง
 มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะอนุภาคของผลผสมผงจากอัตราการบด 0.75
 ลิตร/ชั่วโมง มีขนาดใหญ่กว่า น้ำแพร่เข้าไปยากกว่า จึงทำให้ความสามารถในการละลาย
 ต่ำกว่าที่อัตราการบด 0.50 ลิตร/ชั่วโมง

ผลจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ความจุของอิมัลชัน และความเสถียร
 ของอิมัลชัน แสดงว่าการทานแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิสมร้อนเข้า 190°C สมร้อนออก 110°C
 เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้านการอ้างอิงทั้ง 3 ประการค่าที่ต่ำสุด ($p \leq 0.05$) ถ้าพิจารณา
 ที่อุณหภูมิสมร้อนเข้า จะเห็นว่าอุณหภูมิ 150-190°C เป็นการทานแห้งที่อุณหภูมิสูงมาก แต่ Tybor
 และคณะ (1973) อธิบายว่า ในการพิจารณาอิทธิพลของพลังงานความร้อนในการทานแห้งแบบพ่น
 กระจาย ควรเลือกพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิสมร้อนออก เพราะเป็นอุณหภูมิภายในภาชนะทานแห้ง
 และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ขณะทานแห้งจะไม่สูงเกินอุณหภูมิสมร้อนออก ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาจาก
 อุณหภูมิสมร้อนออก ครอบคลุมที่อุณหภูมิสมร้อนเข้าตั้งแต่ช่วง 150-180°C มีอุณหภูมิสมร้อนออก
 ในช่วง 70-100°C ขณะที่อุณหภูมิสมร้อนเข้า 190°C มีอุณหภูมิสมร้อนออก 110°C Finley
 (1989) กล่าวว่า อุณหภูมิทานแห้งตั้งแต่ 100 ขึ้นไปถึง 150°C มีผลต่อโครงสร้างของโปรตีน
 มากกว่าที่อุณหภูมิในช่วง 70-100°C ทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่า จึงทำให้ผลส-
 มภาพจากการทานแห้งที่อุณหภูมิสมร้อนออก 110°C มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียรและ

ความจุของอิมัลชันต่ำกว่าตัวอย่างที่หาแห้งที่อุณหภูมิ 70-100°C เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอัตราการบ่ม พบว่า ที่อัตราการบ่ม 0.50 และ 0.75 ลิตร/ชั่วโมง ผลสัมฤทธิ์ที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียรและความจุของอิมัลชันดีกว่าที่อัตราการบ่ม 0.25 ลิตร/ชั่วโมง ถึงแม้ว่าที่อัตราการบ่ม 0.25 ลิตร/ชั่วโมง ละอองผลสัมฤทธิ์มีขนาดเล็กที่สุด น้ำจะระเหยออกไปได้เร็วกว่า ทำให้เวลาในการสัมผัสความร้อนสั้นและอุณหภูมิขณะหาแห้งต่ำกว่าหากที่มีละอองผลสัมฤทธิ์มีขนาดใหญ่ แต่เนื่องจากลักษณะของ เครื่องมือที่ออกแบบให้ละอองผลสัมฤทธิ์ส่วนทางกับความร้อน จึงมีแรงดันจากหัวฉีดหาแห้งผลสัมฤทธิ์ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาลอยอยู่ใน drying chamber นานกว่าผลสัมฤทธิ์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าและน้ำหนักมากกว่าก่อนที่จะตกลงด้านล่างของภาชนะหาแห้ง บริเวณเกิดการแปลงสภาพมากกว่า ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียรและความจุของอิมัลชันของผลสัมฤทธิ์ค่อยลง จากผลการทดลองดังกล่าว จึงเลือกการหาแห้งที่อัตราการบ่ม 0.50 และ 0.75 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิความร้อนเข้า 150-180°C อุณหภูมิความร้อนออก 70-100°C เนื่องจากที่ภาวะดังกล่าวผลสัมฤทธิ์ที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียรและความจุของอิมัลชันที่ดีที่สุด

จากผลการทดลองข้างต้นยังไม่สามารถเลือกภาวะที่เหมาะสมที่สุด 1 ภาวะออกมาได้ จึงใช้ yield เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาด้วย จากตารางที่ 4.16 พบว่า ที่อัตราการบ่ม 0.50 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิความร้อนเข้า 180 และ 190°C เป็นภาวะที่ทำให้การผลิตสูงที่สุด การที่อัตราการบ่ม 0.25 และ 0.75 ลิตร/ชั่วโมง มี yield ต่ำกว่า ที่อัตราการบ่ม 0.50 ลิตร/ชั่วโมง จากการสังเกต พบว่า ในการหาแห้งผลสัมฤทธิ์ที่อัตราการบ่ม 0.25 ลิตร/ชั่วโมง จะมีการสูญเสียผลสัมฤทธิ์ออกไปพร้อมกับความร้อนออก มากกว่าที่อัตราการบ่มอื่น ส่วนที่อัตราการบ่ม 0.75 ลิตร/ชั่วโมง ละอองผลสัมฤทธิ์จากหัวฉีดมีขนาดใหญ่ ผลสัมฤทธิ์ที่ได้มีความชื้นสูง จึงมีน้ำหนักจึงตกอยู่บริเวณด้านล่างของ drying chamber บริเวณหัวฉีดค่อนข้างมาก และการหาแห้งที่อุณหภูมิความร้อนเข้า 150, 160 และ 170°C มีปริมาณผลผลิตต่ำกว่าที่อุณหภูมิความร้อนเข้า 180 และ 190°C ก็เพราะที่อุณหภูมิต่ำการระเหยของน้ำเกิดช้ากว่า ความชื้นของผลสัมฤทธิ์ที่ได้สูงกว่า จึงตกอยู่ที่บริเวณผิวของภาชนะหาแห้งมากกว่า จากปริมาณผลผลิตและสมบัติของผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากการหาแห้งที่ภาวะต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว จึงเลือกอัตราการบ่ม 0.50 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิความร้อนเข้า 180°C อุณหภูมิความร้อนออก 100°C เป็นภาวะที่เหมาะสม

ผลที่สุด เพราะมีผลผลิตสูงและผลาสมาพงที่ได้มีคุณภาพดี

5.3 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของผลาสมาพงที่ผลิตได้

5.3.1 เปรียบเทียบสมบัติการใช้ประโยชน์

จากภาวะที่ต่ำที่สุดของการทำแห้งแต่ละวิธี คือ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 630 นาที ที่ความดันสุญญากาศ 29 ± 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ, อุณหภูมิในการระเหิดผลึกน้ำแข็ง 38°C condenser temperature $(-30) \pm 1^\circ\text{C}$ ด้วยเครื่อง freeze dryer และอุณหภูมิสมร้อนเข้า 180°C อุณหภูมิสมร้อนออก 100°C อัตราการป้อน 0.50 ลิตร/ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบทันกระจาย ได้ผลิตผลาสมาพงที่ภาวะกึ่งกล่าแล้ว ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการใช้ประโยชน์ด้านความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความจุและความเสียรของอิมัลชัน ของผลาสมาพงที่ได้ ผลการทดลองพบว่า วิธีการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสียรและความจุของอิมัลชัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.17-4.18 ผลาสมาพงจากการทำแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer มีความสามารถในการละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสียรและความจุของอิมัลชัน ดีกว่าตัวอย่างจากการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ และเครื่องอบแห้งแบบทันกระจาย ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้อาจเนื่องมาจากการทำแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer ใช้ภาวะไม่รุนแรงเท่ากันอีก 2 วิธี ปรทึนในผลาสมาจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลน้อยกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ หรือแบบทันกระจาย ส่วนผลาสมาจากการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบทันกระจาย และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสียรและความจุของอิมัลชัน ไม่แตกต่างกัน แม้อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งด้วยอุปรณ์ทั้ง 2 ชนิดจะต่างกัน อย่างไรก็ตามการแปลงสภาพของปรทึน นำได้ขึ้นกับอุณหภูมิในการทำแห้งอย่างเฉียว แต่ขึ้นกับเวลาในการทำแห้ง และปัจจัยอื่น ด้วย เช่น pH (Tybor และคณะ, 1970) การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบทันกระจาย แม้จะใช้อุณหภูมิสูงกว่า แต่ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศมาก จึงอาจทำให้ปรทึนในผลาสมาเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ของโมเลกุลในระดับที่มันแตกต่างกันมากนัก สมบัติค่าการอ้างอิงใกล้เคียงกัน

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากการทานแห้งแต่ละวิธี (รูปที่ 4.2-4.4) พบว่า ตัวอย่างจากการทานแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย มีลักษณะเป็นผง โดยไม่ต้องทานอบอีกครั้ง ผงดังกล่าวมีขนาดสม่ำเสมอ และมีขนาดอนุภาคที่ผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh ทั่วทั้งหมด ผลสาบมาจากการทานแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ และ freeze dryer มีลักษณะเป็น cake ซึ่งต้องทานอบอีกครั้งด้วยเครื่อง Waring blender จึงจะมีลักษณะเป็นผงละเอียดที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ในส่วนสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ นั้น พบว่า ผงผลสาบที่ทานแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer มีสีชมพูจางกว่าตัวอย่างที่ใช้เครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ ผงผลสาบมาจากการทานแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย มีสีขาวอมเหลืองปนเทา

5.3.2 การนำไปใช้เป็นสารเชื่อมประสานไส้กรอกเวียนนา

ได้ทดลองใช้ผลสาบผงที่ผลิตได้จากการทานแห้งทั้ง 3 วิธี ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา โดยศึกษาเปรียบเทียบไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้ผลสาบสดและผลสาบแช่เยือกแข็ง เพื่อทดสอบว่าผลสาบที่ผลิตโดยผ่านกระบวนการให้ความร้อน และตัวอย่างที่เก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็ง เมื่อใช้ในไส้กรอกเวียนนาจะต่างกันหรือไม่ นอกจากนั้นยัง เปรียบเทียบคุณภาพของไส้กรอกที่ใช้ผลสาบทุกตัวอย่าง กับไส้กรอกที่ใช้ sodium caseinate และ ISP เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิด นิยมใช้ในอุตสาหกรรมไส้กรอกอิมัลชันโดยทั่วไป

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลสาบมาจากการทานแห้งทั้ง 3 แบบ ผลสาบสด ผลสาบแช่เยือกแข็ง sodium caseinate และ ISP (ตารางที่ 4.19) พบว่ามีปริมาณโปรตีนและไขมันที่แตกต่างกัน โดยผลสาบผงมีโปรตีนต่ำกว่าแต่ไขมันสูงกว่า sodium caseinate และ ISP ส่วนผลสาบสดและผลสาบแช่เยือกแข็งใช้ในลักษณะของเหลว และของแข็งที่มีน้ำและน้ำแข็งในปริมาณสูง การใช้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 7 ชนิด จึงคำนวณจากปริมาณโปรตีนเป็นหลัก โดยกำหนดให้มีโปรตีนในสูตรของการผลิตเป็น 1.4% โดยน้ำหนัก ซึ่งจากปริมาณดังกล่าวจะทำให้ใช้ผลสาบในสูตรไส้กรอก 2.0% โดยน้ำหนัก ขณะที่ ISP และ sodium caseinate ใช้ 1.6 % โดยน้ำหนัก และผลสาบสดกับผลสาบแช่เยือกแข็งใช้ 20 % โดยน้ำหนัก

โดยห้ปริมาณน้ำในสูตรออกตามสัดส่วน การที่เลือกใช้โปรตีนในปริมาณ 1.4% จะทำให้ใช้
 พลาสมาผงในสูตร 2% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นปริมาณเหมาะสมสำหรับการใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน ตาม
 รายงานของ Conrad และ Siclaff (1973) ที่กล่าวว่า ปริมาณดังกล่าวนี้ นอกจากจะให้
 ผลิตภัณฑ์คุณภาพดีแล้ว ยังช่วยให้ % yield เพิ่มขึ้นประมาณ 15% โดยไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ
 สมบัติทางค่านจุลินทรีย์ของสารทั้ง 7 ชนิด แสดงในตารางที่ 4.19 จะเห็น
 ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในพลาสมาผงจากการหาแห้งทั้ง 3 วิธี ใน sodium caseinate
 และ ISP ค่าต่ำกว่ามาตรฐานของนมผง (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2524) ส่วนปริมาณ
 จุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในพลาสมาแช่เยือกแข็ง มีปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานของอาหารแช่เยือกแข็ง
 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2529) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในพลาสมาสด มี
 ปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานของนมสดที่หน่วยงาน The United Health Service ของประเทศ
 สหรัฐอเมริกา กำหนด (Gebhardt และ Anderson, 1965) แสดงว่าสารทั้ง 7 ชนิด มี
 คุณภาพดีพอที่จะนำมาใช้บริโภคได้

จากการเปรียบเทียบคุณภาพของไส้กรอกเวียนนา ที่ใช้สาร emulsifiers
 ต่างชนิดกัน ในด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงคักขาด (ตารางที่ 4.20) พบว่า
 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลาสมาสด มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ใช้
 พลาสมาผงจากการอบแห้งที่ภาวะสูงอุณหภูมิ, sodium caseinate, พลาสมาผงจากการอบแห้ง
 แบบห่นกระจาย และ ISP ตามลำดับ สำหรับไส้กรอกเวียนนาที่ใช้พลาสมาแช่เยือกแข็ง และ
 พลาสมาผงจากการอบแห้งด้วยวิธี freeze drying เป็นสาร emulsifier มีค่าการเสียน้ำ
 หนักหลังทำให้สุกต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกระบวนการผลิตไส้กรอกเวียนนา
 ใช้พลาสมาสด ที่มีอุณหภูมิ 10°C แทน ส่วนที่เป็นน้ำแข็งในสูตรถึง 70% จึงทำให้อุณหภูมิการสับ
 ผสมช่วงแรกสูง อยู่ในช่วงถึง $9-12^{\circ}\text{C}$ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิในช่วงการสับสูงถึงขนาดนี้ นอก
 จากจะสกัดโปรตีน myosin ออกมาได้น้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากรมควัน และให้ความร้อน
 หลังรมควันจะเสียน้ำออกจากโปรตีน maxtrix ในปริมาณมากกว่าปกติอีกด้วย Kranlich
 (1971) กล่าวว่า ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน การสกัดโปรตีน myosin จากเนื้อสัตว์ เป็นขั้น
 ตอนที่สำคัญที่สุด โดย myosin ส่วนใหญ่สกัดออกมาได้ในช่วงแรกของการสับขนาด และที่อุณหภูมิ
 ไม่เกิน 4°C จะสกัด myosin ออกมาได้มากที่สุด ส่วนไส้กรอกที่ใช้พลาสมาแช่เยือกแข็ง และ

ผลสัมฤทธิ์จากการอบแห้งด้วยวิธี freeze drying มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำที่สุด และนมแตกต่างกัน แสดงว่า ปรตีนในผลสัมฤทธิ์สมบัติช่วยกันเสริมในด้านการอุ้มน้ำดีกว่าปรตีนใน sodium caseinate และ ISP แต่อย่างไรก็ตามผลสัมฤทธิ์ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ และเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย จะมีคุณภาพดีกว่าผลสัมฤทธิ์แช่เยือกแข็ง และผลสัมฤทธิ์จากการอบแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer ทั้งนี้อาจเนื่องจากพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการทำแห้งทั้ง 2 วิธี มีผลทำให้ปรตีนในผลสัมฤทธิ์เกิดการแปลงสภาพไปบางส่วน แต่จากผลการทดลองนี้พบว่าคุณภาพด้านการเสียน้ำของไส้กรอก เวียนนาที่ใช้ผลสัมฤทธิ์จากการทำแห้งทั้ง 2 แบบ นมแตกต่างจากไส้กรอก เวียนนาที่ใช้ sodium caseinate และ ISP

เมื่อพิจารณาค่าแรงคักซาคของไส้กรอก เวียนนาที่ผลิตขึ้นทั้ง 7 ตัวอย่าง จะเห็นว่าส่วนใหญ่ค่าแรงคักซาคของไส้กรอก เวียนนา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก โดยไส้กรอก เวียนนาที่มีค่าการเสียน้ำหนักต่ำ จะมีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มาก ทำให้ไส้กรอกนุ่ม เมื่อนำมาวัดค่าแรงคักซาค จึงพบว่า มีค่าต่ำ ไ้ส้กรอก เวียนนาที่ใช้ผลสัมฤทธิ์ มีค่าการสูญเสีย น้ำหนักสูงที่สุด ผลิตภัณฑ์มีการหดตัวมาก เนื้อไส้กรอกจึงแข็งและวัดค่าแรงคักซาคได้สูงกว่าตัวอย่างอื่น ส่วนไส้กรอก เวียนนาที่ใช้ผลสัมฤทธิ์จากการทำแห้งด้วยวิธี freeze drying มีค่าการสูญเสีย น้ำหนักต่ำ มีปริมาณน้ำในปรตีน matrix สูงกว่า หดตัวน้อยกว่า เนื้อสัมผัสจึงนิ่มกว่า และวัดค่าแรงคักซาคได้ต่ำกว่า

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอก เวียนนา แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์, ผลสัมฤทธิ์แช่เยือกแข็ง, ผลสัมฤทธิ์จากการทำแห้ง 3 วิธี, sodium caseinate และ ISP ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีสี นมแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.21) แต่กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนการยอมรับรวม ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยในค่านกกลิ่นรส พบว่า ไ้ส้กรอก เวียนนาที่ใช้ผลสัมฤทธิ์แช่เยือกแข็ง และผลสัมฤทธิ์จากการทำแห้งด้วยวิธี freeze drying มีคะแนนความชอบต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวอย่างผลสัมฤทธิ์แช่เยือกแข็งที่ใช้ เป็นผลสัมฤทธิ์เก็บไว้นานถึง 4 เดือน จึงอาจเกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันบ้าง กลิ่นรสจึงผิดปกตไป ส่วนไส้กรอก เวียนนาที่ใช้ผลสัมฤทธิ์จากการทำแห้งด้วยวิธี freeze drying มีคะแนนความชอบค่าด้วยนั้น เป็นเพราะวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทำแห้งด้วยวิธีนี้ เป็นผลสัมฤทธิ์แช่แข็งที่มีอายุนานถึง 4

เค็มน ซึ่งเมื่อนำมาทาแห้งด้วย วิธี freeze drying ซึ่งเป็นการทาแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ทาแห้งยังคงสารที่แห้งสิ้นรสทั้ง เค็มของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ดี จึงทาให้ไส้กรอก เวียนนาที่ใส่สารทั้ง 2 นี้ มีกลิ่นรสที่ผู้ทดสอบน่าจะยอมรับ ส่วนไส้กรอก เวียนนาที่ใช้พลาสติกมาผงจากการทาแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบพันกระจายและวิธีอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ มีคะแนนกลิ่นรสดีกว่าทั้งที่ใช้วัตถุดิบในการทาแห้งตัวอย่างเดียวกับวัตถุดิบในการทาแห้งด้วยวิธี freeze drying อาจเนื่องมาจากการทาแห้งทั้ง 2 วิธีนี้เป็นการทาแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า ความร้อนในระหว่างการทาแห้งทาให้สารที่แห้งสิ้นรสเกิดการระเหยออกไปบ้าง เมื่อนำมาเข้าในผลิตภัณฑ์จึงไม่มีกลิ่นรสผิดปกติให้สังเกตได้

ด้านลักษณะ เนื้อสัมผัสไส้กรอก เวียนนาที่ใช้พลาสติก มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้พลาสติกแช่เยือกแข็ง, พลาสติกมาผงจากการทาแห้ง 3 วิธี, sodium caseinate และ ISP ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกสูงกว่าตัวอย่างอื่น เนื้อสัมผัสจึงอาจจะกระด้างกว่าตัวอย่างอื่น จนผู้ทดสอบสังเกตเห็นได้ชัดเจน จะเห็นว่าถึงแม้ค่าแรงคัตชากของไส้กรอกที่ใช้พลาสติกแช่เยือกแข็ง, พลาสติกมาผงจากการทาแห้ง 3 วิธี, sodium caseinate และ ISP จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่คะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกันหรือต่างกันไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ sodium caseinate ซึ่งมีค่าแรงคัตชากสูงกว่าตัวอย่างอื่นมาก แต่ก็ยังมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส แตกต่างจากการใช้สารตัวอื่นเล็กน้อย ทั้งนี้แสดงว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอก เวียนนาในช่วงค่าแรงคัตชากประมาณ 5-8 นิวตัน ได้ชัดเจน นอกจากตัวอย่างที่ใช้พลาสติก ซึ่งลักษณะผิวภายนอกของไส้กรอกค่อนข้างนุ่มเรียบดี คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสจึงดีกว่าตัวอย่างอื่น

ด้านการยอมรับรวม พบว่า ไส้กรอก เวียนนาที่ใช้พลาสติกมาผงจากการทาแห้งด้วยวิธี freeze drying และพลาสติกแช่เยือกแข็ง มีคะแนนด้านการยอมรับรวมสูงกว่าไส้กรอก เวียนนาที่ใส่สารชนิดอื่น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสแล้ว จะเห็นว่าคะแนนการยอมรับรวมมีผลมาจากลักษณะเนื้อสัมผัสมาก ไส้กรอก เวียนนาที่ใส่สารทั้ง 2 ชนิดนี้ มีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูง จึงทาให้คะแนนการยอมรับรวมสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามคะแนนทุกลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลาสติกมาผงที่ผลิตได้จากการทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ 6.6-8.2 ซึ่งเป็นช่วงคะแนนที่ยอมรับได้

จากผลการทดลองนี้กล่าวได้ว่า พลาสมาผงจากการทานแห้งทั้ง 3 วิธี จะมีสมบัติในการเป็นสาร emulsifiers และสารเชื่อมที่ค้ำในไส้กรอกเวียดนาม และพลาสมาผงจากการทานแห้งด้วยวิธี freeze drying มีสมบัติในการเป็นสาร emulsifier และสารเชื่อมที่ค้ำที่สูงสุดในไส้กรอกเวียดนาม

5.4 ศึกษาอายุการเก็บพลาสมาผง

การศึกษาอายุการเก็บพลาสมาผงที่ภาวะอุณหภูมิอากาศในถุง HDPE อุณหภูมิ 27-30°C ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22-4.23 พบว่า เวลาเก็บมีผลต่อปริมาณความชื้น และความสามารถในการละลายของพลาสมาผงจากการทานแห้งทั้ง 3 วิธี ($p \leq 0.05$) โดยความสามารถในการละลายลดลง และปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผลิตใหม่ (สัปดาห์ที่ 0) ภายหลังเก็บที่ภาวะอุณหภูมิอากาศในถุง HDPE นาน 12 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นช่วง 2.38-2.98% ความสามารถในการละลายลดลงในช่วง 10.48-11.37% แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเสถียรและความจุของอิมัลชัน และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุกผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาเก็บ ($p > 0.05$) แสดงว่าถุง HDPE ยอมให้น้ำผ่านเข้าออกได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย เมื่อเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้น แต่การเพิ่มของความชื้นในขนาดดังกล่าวนี้มีผลต่อสมบัติด้านการใช้งาน และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ส่วนสมบัติด้านการละลายที่ลดลง เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้นนั้น อาจอธิบายได้ว่า เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นผงพลาสมา จะเกิดการเกาะติดกันแน่นขึ้น ทำให้ความสามารถในการละลายลดลง (Peleg และ Bagley, 1983) จึงสรุปได้ว่า พลาสมาผงจากการทานแห้งทั้ง 3 วิธี สามารถบรรจุในถุง HDPE ภาวะอุณหภูมิอากาศ ให้นานอย่างน้อย 12 สัปดาห์ โดยไม่ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความจุของอิมัลชัน และปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นหรือลดลงแตกต่างกัน

5.5 ศึกษาอายุการเก็บไส้กรอกเวียดนาม

การศึกษาอายุการเก็บไส้กรอกเวียดนาม ที่ผลิตโดยใช้พลาสมาผงจากการทานแห้ง ทั้ง 3

วิธี เป็นสาร emulsifier และสารเชื่อม ทาโดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง HDPE ภายใต้อากาศ สุนัขอากาศ เก็บตัวอย่างที่ 4°C ระหว่างเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ ค่าแรงตึงผิว และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

ผลจากการทดลอง (ตารางที่ 4.24) พบว่า เวลาเก็บนมมีผลกับค่าแรงตึงผิว และ ค่า log ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ($p > 0.05$) แต่จากการสังเกต พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ผลิตภัณฑ์จะเริ่มมีเมือกสีขาวขุ่นเกิดขึ้นบนไส้บรรจุ แต่เมื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดย ลอกไส้บรรจุออก พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้บรรจุ เวียนนาที่เข้าพลาสติก, พลาสติกแช่ เยือกแข็ง, พลาสติกผงจากการทำแห้ง 3 วิธี ที่ภาวะที่เหมาะสมที่สุด, sodium caseinate และ ISP อยู่ในช่วง $2.4 \times 10^3 - 1.5 \times 10^4$ CFU/g. ในขณะที่มาตรฐานค่านจุลินทรีย์ของ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น แฮม ยอมให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดถึง 10^5 CFU/g. หากสูงกว่านี้จึงจะถือว่าปริมาณไม่ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเชื้อ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเมือกสีขาวขุ่น อาจจะเป็นยีสต์พวก *Debaryomyces* spp. ซึ่งเป็นเชื้อ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเมือกได้ และสามารถที่เจริญได้ในที่มีอากาศ (Drake, Evans และ Niven, 1958) จากการสังเกต พบว่าเมื่อลอก cellulose casing ออก ยังไม่พบเมือก สีนบนผิวของไส้บรรจุ และเมื่อนำมาหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มมากขึ้นนี้ ก็ยังมีปริมาณต่ำสูงมากจนเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด การปนเปื้อนของเชื้อบริเวณด้านนอกของไส้บรรจุ อาจเกิดได้ระหว่างการบรรจุ เพื่อเก็บไส้บรรจุ เวียนนา เมื่อผ่านการหีบจับเพื่อบรรจุใส่ถุง จุลินทรีย์จึงอาจปนเปื้อนได้ ในขณะที่ภาชนะเนื้อของไส้บรรจุมีโอกาสจะปนเปื้อนน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการทดสอบทาง สถิติ จะไม่พบความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มมากขึ้นในไส้บรรจุ แต่หากพิจารณา แนวโน้มของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จะเห็นว่าแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้ อาจสรุปได้ว่า ไส้บรรจุ เวียนนาที่เตรียมมาได้ มีอายุการเก็บ 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C แต่ควร จะจำหน่ายให้หมดภายใน 3 สัปดาห์ เพราะการเกิดเมือกบนผิวไส้บรรจุผู้บริโภคอาจไม่ยอมรับได้