บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

5.1 แนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

จากการสำรวจการใช้ผลิตภัณฑ์เดิมซึ่งประกอบด้วยข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว ในอัตราส่วน 60 : 20 : 15 ดังผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 พบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์เดิมมีแนวโน้มลดลง และแม่ของเด็กต้องการอาหารเสริมในรูปแบบที่ใช้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์จึงศึกษาตัวแปรในกระบวนการผลิตเดิม เพื่อปรับปรุงเวลาในการหุงต้มให้สั้นลง และศึกษากระบวนการต้มสุกและทำแห้งเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สะดวกต่อการใช้มากขึ้น

นอกจากนั้นจากสภาพความเป็นอยู่ในหมู่บ้านหนองไฮ พบว่าวัตถุดิบพื้นบ้านส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบทางการเกษตร ซึ่งชาวบ้านนิยมปลูกและเลี้ยงไว้เป็นอาหาร วัตถุดิบดังกล่าวหาได้ง่ายและมีราคาถูก ดังนั้นจึงนำมาใช้ในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

5.2 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโดยกระบวนการผลิตเดิม

พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อเวลาในการหุงต้มคือเวลาที่ใช้ในการคั่ว กับขนาดของอาหารที่บดได้

- เวลาในการคั่ว ถ้าใช้เวลาในการคั่วถั่วนาน เวลาในการหุงต้มจะเร็วขึ้น ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสีแก่ใช้เวลาในการหุงต้มเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อนและสีปานกลาง โดยเวลาในการหุงต้มของผลิตภัณฑ์สีแก่อยู่ในช่วง 12 - 13 นาที สีปานกลาง 14 นาที และสีอ่อน 15 - 16 นาที ทั้งนี้เพราะถ้าใช้เวลาในการคั่วนาน ความร้อนในการคั่วช่วยทำให้วัตถุดิบสุกมากขึ้น เวลาในการหุงต้มจึงเร็ว แต่การคั่วมีข้อจำกัดคือ คั่วถั่วนาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเข้มและอาจมีรสขม

เนื่องจากการไหม้ ดังนั้นเวลาในการคั่วที่เหมาะสม ควรคั่วรัตถุดิบให้ได้ผลิตภัณฑ์สีปานกลาง โดยใช้เวลาในการคั่วข้าวเหนียว 2.5 กก./30 นาที ถั่วเขียว 1.0 กก./30 นาที และงาขาว 1.0 กก./20 นาที เพราะใช้เวลาในการหุงต้มเร็วโดยสีไม่เข้มเกินไปและไม่เกิดรสขม

- ขนาดของอาหาร ถ้าใช้ตะแกรงที่มีขนาดเล็ก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีขนาดละเอียดทำให้เวลาในการหุงต้มเร็วขึ้น ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดละเอียดใช้เวลาในการหุงต้มเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดปานกลางและขนาดหยาบ โดยเวลาในการหุงต้มของผลิตภัณฑ์ขนาดละเอียดอยู่ในช่วง 10 - 11 นาที ขนาดปานกลาง 12 - 14 นาที และขนาดหยาบ 19 - 21 นาที ทั้งนี้เพราะความร้อนในการหุงต้มสัมผัสกับอาหารที่มีขนาดเล็กได้เร็วและทั่วถึงกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นขนาดตะแกรงที่เหมาะสมควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรงเท่ากับ 1.2 มม.

จากการปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยใช้เวลาในการคั่วรัตถุดิบ และขนาดตะแกรงในการบดที่เหมาะสมดังกล่าว แล้วตรวจสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เดิมกับแม่ของเด็กในหมู่บ้านหนองไฮ ดังผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.3 จะเห็นได้ว่าแม่ชอบผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงได้มากกว่าผลิตภัณฑ์เดิม โดยชอบผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงได้ 86% ในขณะที่ชอบผลิตภัณฑ์เดิมเพียง 14% ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงได้มีขนาดเล็กกว่าผลิตภัณฑ์เดิมเมื่อนำมาต้มเนื้ออาหารจึงละเอียดน่ารับประทานมากขึ้น นอกจากนั้นความร้อนในการหุงต้มสัมผัสกับอาหารได้เร็วและทั่วถึงมากขึ้น ทำให้แม่สังเกตได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงได้ใช้เวลาในการหุงต้มเร็วกว่าผลิตภัณฑ์เดิม

5.3 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโดยกระบวนการผลิตอื่น

5.3.1 กระบวนการต้มสุกและทำแห้งแบบ Pan drying

ตัวอย่างอาหารเสริมซึ่งผ่านการคั่ว บด และผสมแล้ว ได้นำมาต้มให้สุก แล้วทำให้แห้งโดยใช้ Pan drying

ได้ศึกษาสภาวะของการทำแห้งพบว่า

- ความหนาของตัวอย่างบนแผ่นทำแห้ง ความหนาที่เลือกใช้ไม่ควรหนามาก เพราะการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นช้าและไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากลักษณะการถ่ายเทความร้อนของการทำแห้งเป็นแบบการนำ ทำให้เวลาในการทำแห้งนาน

และอัตราการทำแห้งช้า ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าที่ความหนา 0.68 และ 1.13 กก./ม^2 ใช้เวลาในการทำแห้งใกล้เคียงกัน ทำให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดสูงใกล้เคียงกันด้วยคือ 7.91 และ 7.94 กก./ม^2-ชม. ตามลำดับ แต่ถ้าเพิ่มความหนาเป็น 2.04 กก./ม^2 เวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นเท่าตัว และอัตราการทำแห้งทั้งหมดลดลงเป็น 6.86 กก./ม^2-ชม. ดังนั้นความหนาของตัวอย่างที่เหมาะสมคือ 1.13 กก./ม^2 เพราะให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดสูงกว่าความหนาระดับอื่น

- อุณหภูมิของกะทะ เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งมีผลต่อเวลาในการทำแห้งโดยตรง ดังนั้นถ้าใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูง เวลาในการทำแห้งจะเร็วขึ้นและอัตราการผลิตจะสูงขึ้นด้วย ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 120 และ 150 °ซ. ใช้เวลาในการทำแห้งนาน ทำให้อัตราการผลิตต่ำมากคือมีค่าเพียง 0.37 และ 0.65 กก./ม^2-ชม. ตามลำดับ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 180 °ซ. เวลาในการทำแห้งจะเร็วขึ้นและอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมเกือบเท่าตัวโดยมีค่าเป็น 1.12 กก./ม^2-ชม. และที่อุณหภูมิ 210 °ซ. เวลาในการทำแห้งเร็วขึ้น และอัตราการผลิตสูงขึ้นแต่มีค่าใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 180 °ซ. โดยอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจากที่อุณหภูมิ 180 °ซ. เพียง 1 ใน 10 คือมีค่าเป็น 1.25 กก./ม^2-ชม. ดังนั้นอุณหภูมิของกะทะที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 180 - 210 °ซ. เพราะให้อัตราการผลิตสูงใกล้เคียงกันและสูงกว่าที่อุณหภูมิอื่น

เนื่องจากสภาวะในการทำแห้งที่เหมาะสมดังกล่าวเป็นการทดลองทำแห้งโดยใช้กะทะไฟฟ้าแทนเตาถ่าน เพราะสามารถควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทำแห้งได้ แต่การนำไปใช้ให้เหมาะสมกับสภาพชนบทควรใช้เตาถ่านเพราะเป็นอุปกรณ์การทำแห้งที่มีอยู่ทุกครอบครัว ดังนั้นได้ทดลองทำแห้งกับเตาถ่านโดยใช้สภาวะในการทำแห้งที่เหมาะสมซึ่งได้ศึกษากับกะทะไฟฟ้า ดังผลการทดลองในหัวข้อ 4.3.1.2 จะเห็นได้ว่าสามารถทำแห้งได้เช่นเดียวกัน โดยใช้เวลาในการทำแห้ง 12 นาที และความชื้นของตัวอย่างแห้ง 2.8% ซึ่งเวลาในการทำแห้งเร็วและตัวอย่างแห้งที่ได้มีความชื้นถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 54 (พ.ศ.,2523)

ผลการประเมินเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่ผ่านการต้มสุกและทำแห้งแบบ Pan Drying ที่อุณหภูมิของกะทะ 180 และ 210 °ซ. เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เดิม โดยใช้

ผู้ทดลอบที่ผ่านการฝึกหัด พบว่าตัวอย่างดังกล่าวให้เนื้อสัมผัสด้อยกว่าผลิตภัณฑ์เดิมโดยมีลักษณะลากลิ่นและระคายคอมากกว่า ดังคะแนนเนื้อสัมผัสในตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านการต้มสุกและทำแห้งแบบ Pan drying ทั้งที่อุณหภูมิ 180 และ 210 °ซ. มีคะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสต่ำเท่ากันคือ 2.43 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เดิมมีคะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสสูงและมีค่าเป็น 5 ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการทำแห้งแบบ Pan drying ความร้อนสัมผัสกับผิวหน้าของอาหารโดยตรงในสภาวะบรรยากาศปกติ อาหารมักแห้งติดกะทะและเกิดแรงดันที่จะช่วยให้โครงสร้างของเนื้อเยื่ออาหารโปร่งและเป็นรูพรุนได้น้อย ตัวอย่างแห้งที่ได้จึงดูดซึมน้ำได้น้อย ทำให้ปรากฏลักษณะลากลิ่นและระคายคอ ดังนั้นตัวอย่างที่ผ่านการต้มสุกและทำแห้งแบบ Pan drying ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้ป้อนเด็กวัย 3 เดือนถึง 1 ขวบ จึงไม่ศึกษาต่อในด้านการยอมรับและอายุการเก็บ

5.3.2 กระบวนการต้มสุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying

ตัวอย่างอาหารเสริมซึ่งผ่านการคั่ว บด และผสมแล้ว ได้นำมาต้มให้สุก แล้วทำให้แห้งโดยใช้ Vacuum drying

ได้ศึกษาสภาวะของการทำแห้งพบว่า

- ความหนาของตัวอย่างบนถาดที่ทำแห้ง เนื่องจากลักษณะการถ่ายเทความร้อนส่วนใหญ่เป็นแบบการนำความร้อนเช่นเดียวกับการทำแห้งแบบ Pan Drying ความหนาจึงมีผลต่ออัตราการทำแห้ง ดังนั้นควรเลือกความหนาที่ให้อัตราการทำแห้งสูง ซึ่งจากผลการทดลองในตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าที่ความหนา 1.6, 2.0 และ 2.4 กก./ม^2 ให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดสูงใกล้เคียงกันโดยมีค่าเป็น 0.40, 0.43 และ 0.47 กก./ม^2-ชม. ตามลำดับ และอัตราการทำแห้งทั้งหมดดังกล่าวสูงกว่าที่ความหนา 0.4, 0.8 และ 1.2 กก./ม^2 นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการผลิต/วัน ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าที่ความหนา 1.6 กก./ม^2 ให้อัตราการผลิต/วัน สูงสุดโดยมีค่าเป็น 3.2 กก./ม^2-วัน ในขณะที่ความหนาระดับอื่นให้อัตราการผลิต/วัน มีค่าเพียง 1.2 - 2.4 กก./ม^2-วัน ดังนั้นความหนาของตัวอย่างที่เหมาะสมควรมีค่าเป็น 1.6 กก./ม^2 เพราะความหนาระดับนี้ไม่บางหรือหนาเกินไป ให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดสูง และอัตราการผลิต/วัน สูงกว่าความหนาระดับอื่น

- อุณหภูมิของตัวอย่างก่อนป้อนเข้าเครื่อง เนื่องจากแปรค่าอุณหภูมิของตัวอย่างก่อนป้อนเข้าเครื่องได้ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิหลังต้มสุกแล้วเกลี่ยบนถาดทันที

(ประมาณ 60 °ซ.) กับหลังต้มลุกแล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนเกลี่ย (ประมาณ 30 °ซ.) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิของตัวอย่างก่อนป้อนเข้าเครื่องทั้งสองอุณหภูมิใช้เวลาในการทำแห้งใกล้เคียงกัน ทำให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดไม่แตกต่างกันดังผลการทดลองในตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าอัตราการทำแห้งทั้งหมดที่อุณหภูมิ 30 และ 60 °ซ. มีค่าเป็น 0.40 และ 0.42 กก./ม^2-ชม. ตามลำดับ แต่ที่อุณหภูมิ 30 °ซ. ให้ความสะดวกในการเตรียมตัวอย่างมากกว่าที่อุณหภูมิ 60 °ซ. ดังนั้นอุณหภูมิของตัวอย่างก่อนป้อนเข้าเครื่องที่เหมาะสมควรเป็น 30 °ซ.

- ค่าสุญญากาศของเครื่อง เนื่องจากสภาวะสุญญากาศมีผลทำให้น้ำระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศปกติ ดังนั้นสุญญากาศมากจะใช้เวลาในการทำแห้งเร็วและอัตราการทำแห้งทั้งหมดมีค่าสูงกว่าสุญญากาศน้อย ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าค่าสุญญากาศ 27 - 28 นิ้วปรอทใช้เวลาในการทำแห้งเร็วกว่าค่าสุญญากาศ 25 - 26 และ 20 - 21 นิ้วปรอท และให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดมีค่าสูงสุดคือ 0.40 กก./ม^2-ชม. ในขณะที่ค่าสุญญากาศ 25 - 26 นิ้วปรอท อัตราการทำแห้งทั้งหมดมีค่าเพียง 0.27 กก./ม^2-ชม. สำหรับค่าสุญญากาศ 20 - 21 นิ้วปรอท นั้น เนื่องจากใช้เวลาในการทำแห้งนานมาก (มากกว่า 7 ชม.) จึงคาดได้ว่าอัตราการทำแห้งทั้งหมดควรต่ำกว่าที่สุญญากาศ 27 - 28 และ 25 - 26 นิ้วปรอท และเมื่อพิจารณาอัตราการผลิต/วัน พบว่าสุญญากาศมากให้อัตราการผลิต/วันสูงกว่าสุญญากาศน้อย ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าค่าสุญญากาศ 27 - 28 นิ้วปรอท ให้อัตราการผลิต/วัน มีค่าสูงสุด คือ 3.2 กก./ม^2-วัน ในขณะที่ค่าสุญญากาศ 25 - 26 นิ้วปรอท ให้อัตราการผลิต/วัน มีค่าเพียง 1.6 กก./ม^2-วัน นอกจากนั้นถ้าพิจารณาร้อยละของผลิตภัณฑ์แห้ง (% Yield) ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าค่าสุญญากาศมากให้ % Yield สูงกว่าค่าสุญญากาศต่ำ โดยค่าสุญญากาศ 27 - 28 นิ้วปรอท ให้ % Yield มีค่าเป็น 79.4% ในขณะที่ค่าสุญญากาศ 25 - 26 และ 20 - 21 นิ้วปรอท ให้ % Yield มีค่าเพียง 56.8 และ 34.4% ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะสังเกตได้ว่าค่าสุญญากาศมาก โครงสร้างภายในของตัวอย่างแห้งจะโปร่ง ทำให้ตัวอย่างแห้งร่อนและไม่ติดถาด ในขณะที่ค่าสุญญากาศน้อย ตัวอย่างแห้งมักแห้งเป็นแผ่นติดถาด จึงทำให้ % Yield ที่ได้ต่างกัน ดังนั้นค่าสุญญากาศของ

เครื่องที่เหมาะสมคือ 27 - 28 นิ้วปรอท เพราะนอกจากอัตราการทำแห้งทั้งหมดและอัตราการผลิต/วัน มีค่าสูงแล้ว ยังให้ % yield สูงกว่าค่าสุญญากาศระดับอื่นด้วย

- อุณหภูมิของ Vacuum chamber เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งมีผลต่อเวลาในการทำแห้งโดยตรงเช่นเดียวกับการทำแห้งแบบ Pan Drying ดังนั้นถ้าอุณหภูมิสูง เวลาในการทำแห้งจะเร็วและอัตราการทำแห้งทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100 °ซ. อัตราการทำแห้งทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นเป็น 0.28, 0.31, 0.40, 0.55 และ 0.67 กก./$ม^2$-ชม. ตามลำดับ และอุณหภูมิสูงทำให้อัตราการผลิต/วันสูงขึ้นด้วยดังผลการทดลองในตารางที่ 4.20 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 60 กับ 70 °ซ. ในอัตราการผลิตมีค่าเพียง 1.6 กก./$ม^2$-วัน ในขณะที่อุณหภูมิ 80 °ซ. ให้อัตราการผลิตมีค่าเป็น 3.2 กก./$ม^2$-วัน และอุณหภูมิ 90 กับ 100 °ซ. ให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 4.8 กก./$ม^2$-วัน ดังนั้นจะพิจารณาอุณหภูมิของ Vacuum chamber ต่อเฉพาะที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °ซ. เพราะให้อัตราการทำแห้งทั้งหมดและอัตราการผลิต/วัน สูงใกล้เคียงกันและสูงกว่าอุณหภูมิระดับอื่น

เนื่องจากอุณหภูมิในกระบวนการผลิตมีความสำคัญต่อการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร จึงเลือกติดตามปริมาณวิตามินบี 1 ของตัวอย่างหลังการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °ซ. จากผลการทดลองในตารางที่ 4.21 พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิดังกล่าวมีปริมาณวิตามินบี 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นอุณหภูมิภายใน Vacuum chamber จึงเหมาะสมทั้งอุณหภูมิที่ 80, 90 และ 100 °ซ.

ผลการประเมินเนื้อสัมผัสของตัวอย่างการต้มสุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °ซ. เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เดิม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกหัด พบว่าตัวอย่างดังกล่าวให้เนื้อสัมผัสดีกว่าผลิตภัณฑ์เดิมดังคะแนนเนื้อสัมผัสในตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านการต้มสุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 °ซ. มีคะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสสูงใกล้เคียงกันโดยมีค่าเป็น 4.86, 4.78 และ 4.64 ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เดิมมีค่าเพียง 3.75 ทั้งนี้เพราะการทำแห้งแบบ Vacuum drying

สภาวะสุญญากาศช่วยให้ตัวอย่างเกิดการพองตัวในระหว่างการทำแห้ง โครงสร้างภายในจึงโปร่งและเป็นรูพรุน สามารถดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้เนื้อสัมผัสเข้ากันดี นอกจากนั้นเนื้อสัมผัสยังเนียนละเอียดขึ้น ดังนั้นตัวอย่างที่ผ่านการต้มลุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying ดังกล่าวจึงเหมาะสมสำหรับการใช้ป้อนเด็กวัย 3 เดือนถึง 1 ขวบ

ได้ตรวจสอบการยอมรับของตัวอย่างที่ผ่านการต้มลุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying กับแม่ของเด็กในหมู่บ้านหนองไฮ พบว่าตัวอย่างดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการใช้ป้อนเด็กวัย 3 เดือนถึง 1 ขวบ และมีแนวโน้มเป็นที่ยอมรับ ดังผลการทดลองในหัวข้อ 4.3.2.3 จะเห็นได้ว่า แม่มีความเห็นว่าตัวอย่างนี้นำไปใช้ป้อนเด็กได้ 100% และจากการทดลองป้อนเด็กพบว่ามีเด็กที่กินดี 33% กินบ้าง 44% แต่มีเด็กที่ไม่กินเลยเพียง 22%

นอกจากนั้นจากการศึกษาอายุการเก็บของตัวอย่างนี้โดยบรรจุถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และเก็บไว้ในตู้กับข้าวหรือกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ปรากฏว่าสภาวะการเก็บทั้งสองเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของตัวอย่างคล้ายคลึงกันดังนี้คือ

- <u>คุณค่าทางอาหาร</u> พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินบี 1 (ไทอะมิน) ในตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าปริมาณไทอะมินเริ่มต้นของตัวอย่างมีค่า 0.18 มก./100 กรัมของตัวอย่าง เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2 และ 3 เดือน ปริมาณไทอะมินของตัวอย่างที่เก็บในตู้กับข้าวลดลงมีค่าเป็น 0.16, 0.16 และ 0.13 มก./100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ และที่เก็บในกล่องพลาสติกมีค่าเป็น 0.18, 0.16 และ 0.14 มก./100 กรัมของตัวอย่าง ลดลงตามลำดับเช่นกัน

- <u>สี</u> พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีไม่แน่นอน อาจเกิดการฟอกจางของเม็ดสีในช่วงแรก ทำให้สภาพการดูดกลืนแสงมีค่าลดลง และเกิดสารสีน้ำตาลในช่วงต่อมา สภาพการดูดกลืนแสงจึงมีค่าเพิ่มขึ้น ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.24 จะเห็นได้ว่าสภาพการดูดกลืนแสงเริ่มต้นของตัวอย่างมีค่าเป็น0.375 เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน สีของตัวอย่างจางลง และเข้มขึ้นในเดือนที่ 2 และ 3 โดยสภาพการดูดกลืนแสงของ

ตัวอย่างที่เก็บในตู้กับข้าวมีค่าเป็น 0.348, 0.398 และ 0.362 และที่เก็บในกล่องพลาสติกมีค่าเป็น 0.346, 0.395 และ 0.380 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีดังกล่าวเกิดขึ้นน้อย ดังผลการประเมินลักษณะสีโดยใช้ประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในตารางที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยลักษณะสีของตัวอย่างอยู่ในช่วงสีคล้ำขึ้นเล็กน้อย - สีไม่เปลี่ยนจากเดิมและยังเป็นที่ยอมรับ

- <u>กลิ่น</u> เปลี่ยนแปลงน้อยมาก พบว่าค่า TBA ซึ่งแสดงถึงกลิ่นหืนของตัวอย่างมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าค่า TBA เริ่มต้นของตัวอย่างมีค่าเป็น 0.48 มก.มาโลนัลดีไฮด์/กก.ของตัวอย่าง เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2 และ 3 เดือน ค่า TBA ของตัวอย่างที่เก็บในตู้กับข้าวมีค่าเป็น 0.46, 0.48, และ 0.50 มก.มาโลนัลดีไฮด์/กก.ของตัวอย่าง และที่เก็บในกล่องพลาสติกมีค่าเป็น 0.48, 0.48 และ 0.49 มก.มาโลนัลดีไฮด์/กก.ของตัวอย่าง ตามลำดับ ค่า TBA ดังกล่าวแตกต่างจากเดิมน้อยมาก และเมื่อประเมินลักษณะกลิ่นของตัวอย่างโดยใช้ประสาทสัมผัสของผู้บริโภคดังผลการทดลองในตารางที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยลักษณะกลิ่นอยู่ในช่วงมีกลิ่นหืนเล็กน้อย - ไม่มีกลิ่นหืนเลย และเป็นที่ยอมรับ

- <u>ความชื้น</u> พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้น ความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เห็นได้ชัดว่าการเก็บตัวอย่างในตู้กับข้าว ความชื้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าเก็บในกล่องพลาสติก ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.27 จะเห็นได้ว่า ความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างมีค่าร้อยละ 5.0 เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2 และ 3 เดือน ความชื้นของตัวอย่างที่เก็บในตู้กับข้าวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7.6, 9.2 และ 9.5 ตามลำดับ ในขณะที่เก็บในกล่องพลาสติกความชื้นของตัวอย่างหลังการเก็บเป็นเวลา 3 เดือน มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.2% เท่านั้น ทั้งนี้เพราะสภาวะการเก็บในตู้กับข้าวมีโอกาสสัมผัสกับความชื้นในบรรยากาศได้มากกว่าในกล่องพลาสติก ทำให้ความชื้นของตัวอย่างเพิ่มขึ้นสูงกว่า

- <u>จำนวนแบคทีเรีย</u> พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังผลการทดลองในตารางที่ 4.28 จะเห็นได้ว่าจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้นในตัวอย่างมีค่าเป็น 10 โคโลนี/กรัมของตัวอย่าง เมื่อเวลาผ่านไป 1, 2 และ 3 เดือน จำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างที่เก็บในตู้กับข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 20, 68 และ 67 โคโลนี/กรัมของตัวอย่าง และที่เก็บในกล่องพลาสติกมีค่า

เพิ่มขึ้นเป็น 11, 50 และ 70 โคโลนี/กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนแบคทีเรียดังกล่าวต่ำกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของประกาศกระทรวง-สาธารณสุข ฉบับที่ 54 (พ.ศ. 2523) คือต่ำกว่า 50,000 โคโลนี/กรัมของตัวอย่าง

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาวะการเก็บในตู้กับข้าวและในกล่องพลาสติก ในด้านคุณค่าทางอาหาร สี กลิ่น และจำนวนแบคทีเรียของตัวอย่างเกิดขึ้นน้อยทั้งสองสภาวะ โดยสีและกลิ่นยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และจำนวนแบคทีเรียต่ำกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 54 (พ.ศ. 2523) มาก สำหรับความชื้นถึงแม้ว่าเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นกัน แต่เนื่องจากความชื้นของตัวอย่างที่เก็บในตู้กับข้าวเพิ่มขึ้นสูงกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 54 (พ.ศ. 2523) คือสูงกว่าร้อยละ 8 ดังนั้นตัวอย่างที่ผ่านการต้มสุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying ควรบรรจุถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และเก็บในกล่อง-พลาสติกที่อุณหภูมิห้อง เพราะทำให้เก็บรักษาได้อย่างน้อย 3 เดือน

5.4 การปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มชนิดของวัตถุดิบ

ได้คัดเลือกวัตถุดิบทางการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ ง.1 โดยพิจารณาเฉพาะวัตถุดิบชนิดที่ไม่มีในวัตถุดิบเดิม และเลือกศึกษาดังนี้

- ผัก เลือกผักที่มีในท้องถิ่นเป็นหลัก แต่เนื่องจากมีปริมาณมากด้วยกัน เลือกศึกษาเฉพาะมะเขือเทศ กระหล่ำปลี แตงกวา ผักกาดขาว ฟักทอง ถั่วฝักยาว บวบ ผักคะน้า ผักบุ้ง ฟักเขียว ตำลึง สำหรับผักชนิดอื่น ๆ ไม่นำมาศึกษาด้วยเหตุผลหลายประการ คือ ประการแรกเป็นเพราะขาดวิตามิน เอ ซึ่งเป็นสารอาหารที่ต้องการเพิ่มในสูตรอาหารใหม่ ผักเหล่านี้ได้แก่ ผักกาดหัว แตงร้าน มันแกว และเผือก ประการที่สองมีรสชาติไม่เหมาะสมสำหรับอาหารเสริม เช่น มีรสขม และรสเฝื่อน ได้แก่ มะระ ผักกาดเขียวปลี พริกใหญ่ พริกเล็ก และขิง และประการสุดท้ายปริมาณผลผลิตมีน้อยได้แก่ ถั่วสันเตา และผักกาดหอม

- ผลไม้ พิจารณาทำนองเดียวกับผัก โดยเลือกศึกษาเฉพาะกล้วยน้ำว้า และมะละกอสุก ไม่ศึกษาผลไม้อื่น ๆ เพราะขาดวิตามิน เอ ได้แก่ มะพร้าว มีรสเปรี้ยว

ไม่เหมาะสมสำหรับอาหารเสริมได้แก่มะขามและมะนาว มีเฉพาะฤดูกาล ได้แก่ มะม่วง มะม่วงหิมพานต์ ละมุด น้อยหน่า ขนุน กระท้อน ส้มโอ และชมพู่ นอกจากนั้นปริมาณเนื้อน้อย เมล็ดมาก ไม่เหมาะสำหรับนำมาประกอบอาหารเสริม ได้แก่ น้อยหน่า ฝรั่ง และกระท้อน

- เนื้อสัตว์ เลือกศึกษาเนื้อหมู ไก่ ปลา เพราะชาวบ้านนิยมเลี้ยงไว้เป็นอาหาร

- ไข่ เลือกศึกษาไข่ไก่กับไข่เป็ด เพราะเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

ในการหาสูตรอาหารนำวัตถุดิบที่เลือกได้พิจารณาทีละ 1 ชนิด ร่วมกับวัตถุดิบเดิมคือ ข้าวเหนียว ถั่วเขียว และงาขาว ทั้งนี้เพราะวิธีการดังกล่าวทำให้สูตรอาหารที่ได้ สามารถเตรียมส่วนผสมของวัตถุดิบเดิมได้ล่วงหน้า เพียงแต่นำมาผสมกับวัตถุดิบที่เลือกได้ต่อไป นอกจากนั้นถ้าพิจารณาวัตถุดิบที่เลือกได้ทั้งหมดร่วมกับวัตถุดิบเดิมพร้อมกันทีเดียว สูตรอาหารที่ได้อาจประกอบด้วยจำนวนวัตถุดิบมากกว่า 4 อย่าง ทำให้เสียเวลาในการเตรียมอาหารเสริมมาก

สำหรับการคิดสูตรอาหาร เลือกใช้ Linear programming เพราะเป็นวิธีการที่สะดวก ได้สูตรที่มีราคาถูก และคุณค่าทางอาหารครบตามมาตรฐานฯที่ต้องการ ซึ่งจากผลการทดลองในตารางที่ 4.29 พบว่า การเพิ่มมะเขือเทศ ถั่วฝักยาว ฟักเขียว กล้วยน้ำว้า เนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อปลาในวัตถุดิบเดิมไม่สามารถให้สูตรอาหารใหม่ได้ เนื่องจาก Constraints ของวัตถุดิบดังกล่าวมีความขัดแย้งกัน (Contradictory constraints). คงได้สูตรอาหารใหม่เพียง 11 สูตร ซึ่งได้แก่ สูตรอาหารที่มีการเติมกระหล่ำปลี แตงกวา ฝักกาดขาว ฟักทอง บวบ ผักคะน้า ผักบุ้ง ตำลึง มะละกอสุก ไข่ไก่ และไข่เป็ด

พิจารณาในด้านราคาของสูตรอาหารทั้ง 11 สูตร พบว่าราคาต่อจำนวนอาหาร 100 กรัมของสูตรอาหาร ที่มีการเติมผักสดหรือผลไม้สุกมีราคาถูกใกล้เคียงกัน ส่วนสูตรที่เติมไข่ไก่และไข่เป็ดราคาจะสูงกว่าสูตรที่เติมผักสดหรือผลไม้สุกเล็กน้อย ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าราคาของสูตรที่เติมผักสดหรือผลไม้สุกอยู่ในช่วง

0.40 - 0.73 บาท/100 กรัม ในขณะที่สูตรที่เติมไข่ไก่และไข่เป็ดมีราคาเป็น 1.33 และ 1.29 บาท/100 กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องซื้อวัตถุดิบทั้งหมดในการเตรียมอาหารเสริม ราคาของสูตรอาหารทั้ง 11 สูตรถือว่ามีราคาถูก ทำให้แม่ของเด็กไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย นอกจากนั้นวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมอาหารเสริมทั้ง 11 สูตรนี้ เป็นวัตถุดิบที่มีมากและหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในชนบท

ในด้านคุณค่าทางอาหาร พบว่าสูตรอาหารทั้ง 11 สูตรให้คุณค่าทางอาหารที่ต้องการครบตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 54 (พ.ศ. 2523) ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.31 แต่ให้ปริมาณพลังงานต่อน้ำหนักรวม 100 กรัม ต่างกันดังผลการทดลองในตารางที่ 4.32 ซึ่งเห็นได้ว่าสูตรอาหารที่มีการเติมกระหล่ำปลี แตงกวา บวบ และผักคะน้า ให้ปริมาณพลังงานต่ำมากและต่ำกว่าสูตรอาหารอื่น ๆ ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณพลังงานสูงพอต่อการบริโภคใน 1 วัน โดยปริมาณพลังงานต่อน้ำหนักรวม 100 กรัม มีค่ามากกว่า 200 กิโลแคลอรี่ ควรเลือกศึกษาเฉพาะสูตรอาหารที่มีการเติมผักกาดขาว ฟักทอง ผักบุ้ง ตำลึง มะละกอสุก ไข่ไก่ และไข่เป็ด เพราะสูตรอาหารดังกล่าวให้ปริมาณพลังงานมีค่าเป็น 307, 230, 321, 357, 226, 288 และ 281 กิโลแคลอรี่/100 กรัม ตามลำดับ

นอกจากนั้นได้พิจารณาลักษณะสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส ของสูตรอาหารทั้ง 7 สูตรที่มีปริมาณพลังงานสูงพอต่อการบริโภคใน 1 วัน กับแม่ของเด็กในหมู่บ้านหนองไฮ พบว่า คะแนนสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์สูง ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.34 แต่เป็นที่สังเกตได้ว่าคะแนนรสชาติของสูตรอาหารทุกสูตรอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเตรียมอาหารเสริมมีรสจืด ดังนั้นเมื่อนำมาประกอบอาหารอาจเติมน้ำตาลเพื่อช่วยให้รสชาติดีขึ้น และคะแนนเนื้อสัมผัสของสูตรไข่ไก่กับไข่เป็ดสูงกว่าสูตรอื่น เพราะไข่ไก่และไข่เป็ดมีคุณสมบัติทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารนุ่มและน่ารับประทานมากว่าผักหรือผลไม้ อย่างไรก็ตาม สูตรอาหารทั้ง 7 สูตรนี้มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น และรสสูง และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับ จึงเหมาะสมสำหรับการใช้ป้อนเด็กวัย 3 เดือนถึง 1 ขวบ

สรุปได้ว่าในงานวิจัยนี้

- ปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยใช้กระบวนการผลิตเดิม คือ เวลาในการคั่วข้าวเหนียว 2.5 กก./30 นาที ถั่วเขียว 1.0 กก./30 นาที และงาขาว 1.0 กก./20 นาที กับบดวัตถุดิบโดยใช้ตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรงเท่ากับ 1.7 มม. ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปรับปรุงดังกล่าวใช้เวลาในการหุงต้มเร็วขึ้น

- ปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยใช้กระบวนการต้มสุกและทำแห้งแบบ Vacuum drying โดยใช้สภาวะในการทำแห้งที่เหมาะสมคือ ความหนาของตัวอย่างบนถาดที่ทำแห้ง 1.6 กก./$ม^2$ อุณหภูมิของตัวอย่างก่อนป้อนเข้าเครื่อง 30 °ซ. ค่าสุญญากาศของเครื่อง 27 - 28 นิ้วปรอท และอุณหภูมิของ Vacuum chamber ในช่วง 80 - 100 °ซ. ทำให้ตัวอย่างที่ผ่านการต้มสุกและทำแห้งดังกล่าวมีเนื้อสัมผัสเหมาะสมสำหรับการใช้ป้อนเด็กวัย 3 เดือน ถึง 1 ขวบ โดยสามารถละลายน้ำร้อนได้ดี และอาจทำให้สุกยิ่งขึ้นโดยนึ่งรวมกับข้าวเหนียว ไม่เสียเวลาในการหุงต้ม ให้ความสะดวกสำหรับแม่ของเด็กมากขึ้น

นอกจากนั้นตัวอย่างดังกล่าวยังบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และเก็บในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 3 เดือน

- ปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มชนิดของวัตถุดิบ ได้สูตรอาหารใหม่ 7 สูตร ซึ่งมีราคาถูก และคุณค่าทางอาหารถูกต้องตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 54 (พ.ศ. 2523) ทั้งกำลังงาน โปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น ไขมัน กรด-ไลโนลีอิค เหล็ก วิตามิน เอ วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และฟอสฟอรัส เป็นการแก้ปัญหาการขาดสารอาหารที่สำคัญในปัจจุบัน และใช้วัตถุดิบพื้นบ้านทางการเกษตรให้เป็นประโยชน์ยิ่งขึ้น สูตรอาหารดังกล่าวได้แก่

		อัตราส่วน (ร้อยละ)
1.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : ผักกาดขาว	21.7 : 49.7 : 9.8 : 18.8
2.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : ฟักทอง	11.8 : 39.6 : 7.3 : 41.3
3.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : ผักบุ้ง	21.9 : 52.2 : 10.2: 15.7
4.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : ตำลึง	15.8 : 68.1 : 11.5: 4.6
5.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : มะละกอสุก	11.0 : 36.5 : 7.4: 45.1
6.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : ไข่ไก่	48.6 : 13.4 : 1.6: 36.4
7.	ข้าวเหนียว : ถั่วเขียว : งาขาว : ไข่เป็ด	33.0 : 21.7 : 1.0: 44.3

สำหรับสูตรอาหารทั้ง 7 สูตรนี้นอกจากมีราคาถูก สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสเหมาะสมสำหรับการใช้ป้อนเด็กวัย 3 เดือน ถึง 1 ขวบ เหมาะแก่การนำไปใช้ในชนบท แล้วพบว่าสูตรอาหารที่มีการเติมตำลึงให้ปริมาณพลังงานสูงมากและสูงกว่าสูตรอาหารอื่น ดังนั้นควรส่งเสริมให้ใช้มากที่สุด