# ผลและวิจารณ์

## การทดลองที่ 1

### กระบวนการผลิตและคุณภาพเม็ดอาหาร

โดยปกติแล้วอาหารที่จะทำอาหารอัดเม็ด จะต้องมีการคลุกไอน้ำ (steam conditioned) เพื่อให้อาหารมีความชื้นสูงขึ้นจาก 10-12 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพอาหารแห้งทั่วไป เป็น 16-18 เปอร์เซ็นต์ โดยการเติมไอน้ำ (steam) ลงไปในอาหาร (อุทัย, 2540) การคลุกอาหารผงด้วยไอน้ำจะเป็นการเพิ่มความชื้นและอุณหภูมิให้กับอาหาร โดยเฉพาะบริเวณรอบๆ ของอนุภาคอาหาร ทำให้อาหารนิ่มและกระตุ้นสารเชื่อมธรรมชาติ เช่น แป้ง โปรตีน ส่งผลให้เกิดการเชื่อมเกาะกันของอาหารดีขึ้น (Thomas and Van der Pole, 1996) ในขณะเดียวกันจะทำให้อาหารถูกอัดผ่านรูดาย (die) ง่ายขึ้น ช่วยให้เครื่องอัดเม็ดทำงานได้มากขึ้น เสียค่าพลังงานในการอัดเม็ดลดลง อีกทั้งยังมีการสึกหรอลดลงด้วย (อุทัย, 2540) จากการศึกษาระดับมันสำปะหลังต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพเม็ดอาหาร ซึ่งประกอบด้วยอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรคือ อาหารอัดเม็ดที่มีมันสำปะหลัง 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสมรรถภาพการผลิตได้แก่ อุณหภูมิการผลิต ความชื้นของอาหาร พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอาหาร อัตราการผลิตอาหาร รวมถึงคุณภาพของเม็ดอาหาร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. อุณหภูมิการผลิต

ผลจากการทดลองระดับมันสำปะหลังต่ออุณหภูมิการผลิตของอาหารอัดเม็ด ที่มีมันสำปะหลัง 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอุณหภูมิคลุกไอน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.30, 66.67 และ 69.07 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิเม็ดร้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.25, 73.30 และ 75.40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแล้วพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นในการผลิตอาหารที่ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลัง และเสริมด้วยมันสำปะหลังที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ควรควบคุมอุณหภูมิคลุกไอน้ำให้อยู่ในช่วง 64-69 องศาเซลเซียส ก็จะช่วยทำให้กระบวนการอัดเม็ดสามารถผลิตอาหารได้ปกติ

2. ความชื้น

ผลจากการทดลองระดับมันสำปะหลังต่อความชื้นของอาหารอัดเม็ด ที่ใช้มันสำปะหลัง 0 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยความชื้นของอาหารผงโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.60, 11.30 และ 11.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าความชื้นของอาหารผง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 7) ความชื้นของอาหารคลุกไอน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.92, 15.85 และ 14.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P<0.01) คือจะมีค่าลดลงเมื่อสูตรอาหารมีระดับมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 14-15 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับณัฐชนก (2548) ที่กล่าวว่าความชื้นสุดท้ายหลังออกจากห้องคลุกไอน้ำก่อนเข้าสู่หัวอัดควรจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 18 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเครื่องคลุกไอน้ำและอัดเม็ด ได้ถูกออกแบบให้สามารถรับกับความชื้นของอาหารสัตว์ได้ไม่เกิน 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นของอาหารเม็ดร้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.75, 14.80 และ 13.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอุทัย (2540) กล่าวว่า อาหารเม็ดที่เพิ่งออกมาจากวงอัดหรือเครื่องอัดเม็ด จะยังมีอุณหภูมิสูง และมีความชื้นสูงร้อยละ 14-15 ซึ่งใกล้เคียงกับงานทดลองครั้งนี้ และจะยังไม่สามารถบรรจุถุงเก็บไว้ได้ อาหารเม็ดดังกล่าวต้องผ่านกระบวนการทำให้เย็นลง โดยอุณหภูมิของอาหารอัดเม็ดควรจะเท่ากับอุณหภูมิห้อง และมีความชื้นต่ำ (ร้อยละ 12) เพื่อให้สามารถเก็บอาหารไว้นานโดยไม่ขึ้นรา โดยการผ่านเครื่องดูดลมเย็น (cooler) จากนั้นจึงจะบรรจุถุงได้ ซึ่งจากงานทดลองนี้พบว่าความชื้นของอาหารเม็ดเย็น ที่ใช้มันสำปะหลัง 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.70, 11.25 และ 11.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยระดับมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นของอาหารเม็ดเย็นมีค่าลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P<0.01) ซึ่งความชื้นสุดท้าย (หรือความชื้นของอาหารเม็ดเย็น) มีค่าน้อยกว่าความชื้นเริ่มต้นของอาหารผง สอดคล้องกับ Skoch *et al*. (1983) ที่กล่าวว่าความชื้นที่ระเหยออกจากเม็ดอาหาร ได้ดึงความชื้นเริ่มต้นในวัตถุดิบออกไปด้วย ทำให้ได้ผลตามที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กับข้อมูลคือเมื่อความชื้นเริ่มต้นของอาหารผงก่อนเข้าเครื่องคลุกไอน้ำต่ำ จึงทำให้ความชื้นขณะคลุกไอน้ำอาหารเม็ดร้อน และส่งผลให้อาหารเม็ดเย็นมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต่ำตามไปด้วย ประกอบกับเนื่องจากในช่วงการผลิตอาหารสูตรที่มีมันสำปะหลัง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ต้องลดปริมาณไอน้ำในกระบวนการคลุกไอน้ำลง เพื่อป้องกันอาหารมีลักษณะเหนียวและหนืด จับตัวกันเป็นก้อนและไม่สามารถถูกรีดผ่านรู die ของเครื่องอัดเม็ดได้

3. อัตราการผลิตอาหารและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอาหาร

ผลของอาหารอัดเม็ดที่ใช้มันสำปะหลัง 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ต่อต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าในการผลิตอาหาร (ตารางที่ 7) พบว่าการผลิตอาหารอัดเม็ดสูตรมันสำปะหลัง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารอัดเม็ดที่ใช้มันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ โดยลดลงจาก 5.93 เป็น 5.04 และ 5.44 กิโลวัตต์/ตัน/ชั่วโมง หรือลดลง 15 และ 8.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่ามันสำปะหลังที่มีในสูตรคือ 10 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเป็นสารหล่อลื่นในขณะที่ทำการอัดเม็ด เนื่องมาจากมันสำปะหลังมีโครงสร้างของแป้งที่มีแอมิโลเพคตินสูง เมื่อโครงสร้างของเม็ดแป้งมันสำปะหลังได้รับความร้อนชื้น จะดูดซึมน้ำและพองตัวอาหารจึงมีอนุภาคนิ่ม ช่วยลดภาระของมอเตอร์ในการอัดเม็ด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ใช้ปลายข้าวล้วน (มันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์) ที่มีการดูดน้ำและพองตัวได้ช้า แต่ถ้าเพิ่มมันสำปะหลังที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าในการผลิตอาหาร มีค่าเพิ่มมากกว่าสูตรมันสำปะหลังที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดจากน้ำบริเวณรอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น มีความเหนียวหนืดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งระดับของมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ ต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าในการผลิตอาหารสูงขึ้น โดยตอบสนองแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($P<0.01$) ในขณะที่อาหารอัดเม็ดสูตรมันสำปะหลัง 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการผลิตอาหารเท่ากับ 2.85, 2.88 และ 2.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าสูตรมันสำปะหลัง 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการผลิตใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่มีผลต่ออัตราการผลิต แต่ถ้าเพิ่มมันสำปะหลังที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการผลิตอาหารลดลง แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอัตราการผลิตและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ยกตัวอย่างเช่น การให้ไอน้ำ ซึ่ง Skoch *et al.* (1983) กล่าวว่าการให้ไอน้ำมีส่วนถึง 28 เปอร์เซ็นต์ ของปัจจัยทั้งหมด

4. คุณภาพเม็ดอาหาร

ผลของอาหารอัดเม็ดที่ใช้มันสำปะหลัง 0 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ต่อคุณภาพเม็ดอาหารซึ่งประกอบด้วย ความแข็ง ความเป็นฝุ่น ความคงทนของเม็ดอาหารมาตรฐาน และความคงทนดัดแปร พบว่าความแข็ง (pellet hardness) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 0.35 และ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนความเป็นฝุ่น (fines) ก็แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.33 1.80 และ 2.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่

7) เมื่อนำสูตรอาหารอัดเม็ดที่ใช้มันสำปะหลัง 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มาวัดความคงทนของเม็ดอาหาร พบว่าความคงทนของเม็ดอาหารมาตรฐาน (standard pellet durability index) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96.19**,** 96.11 และ 95.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความคงทนดัดแปร (modified pellet durability index) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.64, 90.09 และ 87.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยพบว่าความคงทนของเม็ดอาหารมาตรฐาน มีค่าลดลงถ้าในสูตรอาหารมีระดับมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ส่วนความคงทนดัดแปร มีค่าลดลงถ้าในสูตรอาหารมีระดับมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยมีการตอบสนองแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($P<0.01$) สอดคล้องกับงานทดลองของ ณัฐชนก และปฐมา (2547) ที่ใช้ระดับมันสำปะหลังแตกต่างกัน 3 ระดับ ในสูตรอาหารไก่เนื้อ (0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์) คลุกไอน้ำอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความคงทนของเม็ดอาหารชนิดดัดแปรมีค่าลดลงจาก 79 เหลือ 76.1 และ 71.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ($P<0.01$) และพบว่า ความคงทนของเม็ดอาหารมาตรฐาน และความคงทนดัดแปร จะมีค่าลดลงถ้าในสูตรอาหารมีระดับมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ เพราะคุณภาพของเม็ดอาหารสัตว์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหาร โดยเฉพาะธัญพืชที่มีสัดส่วนมากที่สุดในสูตรอาหาร องค์ประกอบภายในที่สำคัญของธัญพืชคือ แป้ง ซึ่งประกอบด้วยพอลิเมอร์เชิงเส้น (แอมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (แอมิโลเพคติน) แป้งมาจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของแอมิโลส และแอมิโลเพคตินต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งต่างกัน โดยเฉพาะคุณสมบัติการเป็นสารยึด (binding agent) อันจะมีผลต่อความแข็งของเม็ดอาหารสัตว์ เนื่องจากสูตรอาหารอัดเม็ดที่ใช้มันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ หรือปลายข้าวมีปริมาณอะมิโลสสูงและเล็ก เกิดการเจลหรือเชื่อมยึดระหว่างอนุภาควัตถุดิบได้ดีกว่าสูตรอาหารมันสำปะหลัง เมื่อปล่อยให้แป้งเย็นตัวลง โมเลกุลของอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะมาเรียงตัวกันใหม่ เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล ทำให้การจัดเรียงตัวของโมเลกุลแป้งในส่วนของ amorphous และ crystalline แข็งแรงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของอะมิโลสไม่มีกิ่งก้าน ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง (Leach *et al.*, 1959) กว่าแป้งจากมันสำปะหลัง ทำให้เม็ดอาหารมีความคงทนดีกว่าอาหารสูตรมันสำปะหลัง ดังนั้นจากงานทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบภายในของพืชคือ แป้ง เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตอาหารสัตว์

ตารางที่ 7 ผลของระดับมันสำปะหลังในอาหารต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพอาหารอัดเม็ด ในอาหารสุกรหย่านม

| ข้อมูล | ระดับมันสำปะหลัง | | | SE | Contrast[1](P-value) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 10% | 20% | | 1 | 2 |
| อุณหภูมิ °C | | | | | | |
| อุณหภูมิคลุกไอน้ำ, Tcon | 64.30 | 66.67 | 69.07 | 1.82 | 0.09 | 0.99 |
| อุณหภูมิเม็ด, Thot | 71.25 | 73.30 | 75.40 | 2.57 | 0.28 | 0.99 |
| Thot - Tcon | 6.95 | 6.83 | 6.33 | - | - | - |
| ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) | | | | | | |
| อาหารผง | 11.60 | 11.30 | 11.40 | 0.13 | 0.31 | 0.25 |
| อาหารคลุกไอน้ำ | 14.92 | 15.85 | 14.35 | 0.23 | 0.11 | 0.002 |
| อาหารเม็ดร้อน | 14.75 | 14.80 | 13.85 | 0.29 | 0.05 | 0.19 |
| อาหารเม็ดเย็น | 12.70 | 11.25 | 11.02 | 0.04 | <.0001 | <.0001 |
| ค่าพลังงานการอัดเม็ด (กิโลวัตต์/ตัน/ชั่วโมง) | 5.93 | 5.04 | 5.44 | 0.35 | 0.01 | 0.01 |
| อัตราการผลิต (ตัน/ชั่วโมง) | 2.85 | 2.88 | 2.68 | - | - | - |
| ความคงทนของเม็ดอาหาร (เปอร์เซ็นต์) | | | | | | |
| ความคงทนมาตรฐาน [a] | 96.19 | 96.11 | 95.52 | 0.08 | 0.01 | 0.08 |
| ความคงทนดัดแปร [b] | 90.64 | 90.09 | 87.05 | 0.22 | 0.001 | 0.01 |
| ความแข็ง (เปอร์เซ็นต์) | 0.32 | 0.35 | 0.32 | 0.01 | 0.81 | 0.18 |
| ความเป็นฝุ่น (เปอร์เซ็นต์) | 1.33 | 1.80 | 2.32 | 0.54 | 0.24 | 0.97 |

หมายเหตุ: [a] ASAE (1987)

[b] ASAE (1987) ดัดแปลงโดยใส่น็อตหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร จำนวน 5 ตัว

[1] เปรียบเทียบ 1. ระดับของมันสำปะหลังในสูตรอาหาร, แบบสมการเส้นตรง

2. ระดับของมันสำปะหลังในสูตรอาหาร, แบบสมการเส้นโค้งกำลังสอง

- ไม่ได้ทำการเปรียบเทียบทางสถิติ

**<u>การใช้ประโยชน์ได้ของแป้งในสูตรอาหาร</u>**

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ได้ของแป้งในสูตรอาหาร โดยใช้เอนไซม์แอลฟ่า – อะไมเลส และเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส ในสูตรอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร คือ อาหารอัดเม็ดที่มีมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ อาหารอัดเม็ดที่มีมันสำปะหลังในสูตร 10 เปอร์เซ็นต์ และอาหารอัดเม็ดที่มีมันสำปะหลังในสูตร 20 เปอร์เซ็นต์ โดยนำอาหารอัดเม็ดมาแยกส่วนในการวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้ อาหารก่อนอัดเม็ด เนื้ออาหารข้างในเม็ด (ขูดผิวนอกออก; inner) ผิวอาหารด้านนอก (ผิวที่ขูดออก; outer) และอาหารทั้งเม็ด (whole) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งของอาหารก่อนอัดเม็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.78, 3.01 และ 2.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งของเนื้ออาหารข้างใน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.50, 5.20 และ 5.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งของผิวอาหารด้านนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.92, 6.52 และ 10.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งของอาหารทั้งเม็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.91, 4.90 และ 4.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งของอาหารก่อนอัดเม็ดจะมีค่าเฉลี่ยลดลง เมื่อสูตรอาหารมีระดับมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ส่วนผิวอาหารด้านนอกและอาหารทั้งเม็ดนั้นมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งสูงขึ้น ตามระดับมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แบบเส้นโค้งกำลังสอง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานทดลองของ ณัฐชนก และปฐมา (2547) ที่ใช้ระดับมันสำปะหลังแตกต่างกัน 3 ระดับ (0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์) คลุกไอน้ำอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการเข้าย่อยของเอนไซม์มีค่ามากขึ้น ($P<0.01$) เมื่อมีมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากในกระบวนการอัดเม็ดอาหารผงจะถูกนำไปคลุกไอน้ำและอัดเม็ด ซึ่งในระหว่างการขึ้นรูปเป็นเม็ดอาหาร ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีระหว่างอาหารและจานอัด ทำให้เม็ดของแป้งในอาหารอัดเม็ดเปิดออกทำให้เอนไซม์เข้าย่อยได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของแป้งในอาหารอัดเม็ดสูงกว่าอาหารผง (Medel *et al*., 2004) อาหารที่มีระดับมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นทำให้มีการดูดซับน้ำ และพองตัวได้ดีกว่าอาหารสูตรมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้ปลายข้าวล้วน เนื่องจากงานทดลองนี้ใช้การคลุกไอน้ำชนิดเร็วคือ 5-15 วินาที ดังนั้นถ้าหากแป้งในวัตถุดิบชนิดใดดูดซับน้ำและพองตัวได้ดีกว่าก็จะทำให้เม็ดของแป้งในอาหารอัดเม็ดเปิดออก ประกอบกับอาหารมีความสุกของแป้งมาก เอนไซม์จึงเข้าย่อยได้ง่ายมากกว่าสูตรมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ได้ของแป้ง ของสูตรอาหารมันสำปะหลัง 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการกระจายตัวของค่าการย่อยได้โดยใช้เอนไซม์ค่อนข้างแตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากช่วงของการคลุกไอน้ำ สูตรมันสำปะหลังมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้เร็ว กำลังการพองตัวสูง และจะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะเจลาติไนซ์ (ความสุกของแป้ง) ซึ่งเป็นสารเชื่อมธรรมชาติที่ช่วยทำให้อาหารเกาะตัวกัน เมื่อเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลังที่เกิดการเจลาติไนซ์แล้วบางส่วนก็จะเพิ่มระดับการเจลาติไนซ์ขึ้นอีกขณะถูกรีดออกจากรูไดย์ ประกอบกับมันสำปะหลังมีความทนต่อแรงเฉือนต่ำ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ส่งผลให้ผิวอาหารด้านนอกมีค่าการย่อยสูงที่สุด (10.23 เปอร์เซ็นต์) คือมีระดับเจลาติไนซ์หรือความสุกของแป้งมากที่สุด โดยระดับการเข้าย่อยของเอนไซม์เป็นดัชนีบอกสภาพโครงสร้างของแกรนูลแป้งที่เอื้อต่อการเข้าย่อยของเอนไซม์ แต่ลักษณะการเจลาติไนซ์ที่มากหรือการเป็นสารเชื่อมระหว่างอนุภาควัตถุดิบของมันสำปะหลังจะไม่ค่อยคงตัวมากนัก เมื่อสูตรอาหารสูตรมันสำปะหลัง 20 เปอร์เซ็นต์เย็นตัวลง การเกาะกันของอาหารก็จะลดลง (Sriroth *et al*., 2001) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีแอไมโลสต่ำ ทำให้การจับกันของหมู่ไฮดรอกซิลของแอไมโลสในระหว่างเย็นตัวต่ำ ซึ่งลักษณะนี้เป็นข้อจำกัดในการใช้มันสำปะหลังในการเพิ่มความคงทนของเม็ดอาหาร สอดคล้องกับข้อมูลคุณภาพเม็ดอาหารที่พบว่า ถ้าระดับมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดัชนีความคงทนทั้งแบบมาตรฐานและดัดแปรรวมทั้งความแข็งของเม็ดอาหารมีค่าลดลง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นฝุ่นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าความคงทนของเม็ดอาหาร และเปอร์เซ็นต์ความเป็นฝุ่น ก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการผลิตอาหารสุกรแบบอัดเม็ด (Mavromichalis, 2005) และการใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ก็ทำให้กระบวนการผลิตอาหารดำเนินไปได้อย่างปกติ

ดังนั้นจากข้อมูลค่าการย่อยได้ของแป้งโดยใช้เอนไซม์ ที่พบว่ามีค่าการย่อยได้สูง โดยจะมีความสัมพันธ์กับระดับมันสำปะหลังในสูตรอาหารอัดเม็ดที่สูงขึ้น ให้ผลที่สอดคล้องกันกับค่าการย่อยได้ของโภชนะในลูกสุกร ซึ่งได้แก่ การย่อยได้ของโปรตีน พลังงาน และวัตถุแห้ง ที่พบว่ามีค่าการย่อยได้สูง โดยจะมีความสัมพันธ์กับระดับมันสำปะหลังในสูตรอาหารอัดเม็ดที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 8 ผลของระดับมันสำปะหลังในอาหารอัดเม็ดต่อเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ได้ของแป้งในสูตรอาหาร

| การย่อยได้ของแป้ง (เปอร์เซ็นต์) | สูตรมันสำปะหลัง | | | SE | Contrast[1] (P-value) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0% | 10% | 20% | | 1 | 2 |
| อาหารก่อนอัดเม็ด | 3.78 | 3.01 | 2.78 | 0.02 | <0.001 | 0.003 |
| เนื้อด้านในของเม็ดอาหาร | 5.50 | 5.20 | 6.52 | 0.08 | 0.13 | 0.18 |
| ผิวด้านนอกของเม็ดอาหาร | 5.92 | 6.52 | 10.23 | 0.04 | <.0001 | <.0001 |
| อาหารทั้งเม็ด | 5.91 | 4.90 | 4.99 | 0.02 | <.0001 | 0.0004 |

หมายเหตุ: [1] เปรียบเทียบ 1. ระดับของมันสำปะหลังในสูตรอาหาร แบบสมการเส้นตรง
2. ระดับของมันสำปะหลังในสูตรอาหาร แบบสมการเส้นโค้งกำลังสอง