บทที่ 3

การวิจัยและผลการวิจัย

<u>วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์</u>

<u>วัตถุดิบ</u>

1. แป้งข้าวเหนียวที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด 7 ตรา
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Dextrose Tryptone Bromocresol Purple Agar
3. อาหารเด็กอ่อนสำเร็จรูปบรรจุขวด หลายเครื่องหมายการค้า ชนิดคาว 10 อย่าง ชนิดหวาน 6 อย่าง
4. แป้งแปรสภาพแบบเชื่อมข้าม [phosphate cross-linked starch : Tapfil 8] ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สำปะหลังพัฒนา จำกัด
5. เนื้อวัว จากตลาดสด
6. มะเขือเทศ จากตลาดสด
7. ถั่วลันเตา จากตลาดสด
8. แครอท จากตลาดสด
9. ไข่ไก่ จากตลาดสด
10. ส้มเขียวหวาน จากตลาดสด
11. มะนาว จากตลาดสด
12. นมผงขาดมันเนย
13. น้ำตาลทราย
14. กรดซิตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัสดุอุปกรณ์

1. Brookfield Viscometer รุ่น RVT ที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. Brabender Viscoamylograph รุ่น 8004 40 , 8012 40 , 700 cmg cartridge ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3. Microcomputer and Packaged Program "Lindo" สำหรับคำนวณหาสูตรอาหาร

4. Pulper ใช้แยกเอาส่วนของเปลือกและเมล็ดออกจากมะเขือเทศ ได้เป็น tomato puree

5. Steam Jacketed Pan

6. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (LG) ขนาด 211x400 ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เดอะเมตัลบอกซ์ ประเทศไทย จำกัด

7. Tin Can Seamer

8. Thermocouple

9. Vertical Still Retort

10. Spread-O-meter

11. Refrigerated Centrifuge

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วิธีวิเคราะห์</u> แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. วิธีวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

- ตรวจหาเชื้อ thermophile ในแป้งข้าวเหนียว โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Tryptone Bromocresol Purple Agar

2. วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

- วัดความหนืดด้วย Brookfield viscometer model : RVT

ใช้เข็มเบอร์ 6 สำหรับตัวอย่างที่เป็น paste ของแป้ง และใช้เข็มเบอร์ 7 กับตัวอย่างอาหาร

- ศึกษา gelatinization pattern ด้วย Brabender viscoamylograph

- วัดการแผ่กระจายของตัวอย่างอาหารด้วย Spread-O-meter

โดยที่ Spread-O-meter ประกอบด้วยแผ่นเหล็กไร้สนิมแบน ขนาด 25.5 x 25.5 ซม. มีเส้นรอบวง ของวงกลมซ้อนกันอยู่ 8 ชั้น แต่ละชั้นห่างกันประมาณ 1 ซม. ตรงกึ่งกลางของแผ่นแบนนี้มีทรงกระบอกกลวงวางตั้งอยู่ ในการวัดทำโดยเทอาหารลงในทรงกระบอกกลวง เส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 3.1 ซม. สูง 3.5 ซม.ที่ทาน้ำมันไว้ เพื่อไม่ให้อาหารติดอยู่ที่ด้านในของทรงกระบอก แล้วค่อย ๆ ยกกระบอกขึ้น ปล่อยอาหารแผ่กระจายออกมาเป็นวงกลมตามเส้นรอบวงที่เขียนไว้บนแผ่นแบน ซึ่งอาหารแต่ละชนิดจะมีการแผ่กระจายต่างกันออกไป โดยพิจารณาได้จาก ความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลาง เฉลี่ย ของอาหารที่แผ่กระจายออกไป โดยวัดค่าต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที ค่าเฉลี่ยของความสูงของ paste คิดจากการวัดที่จุดต่าง ๆ กัน 4 จุด คือจุดสูงสุด จุดต่ำสุด และอีก 2 ค่า ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2 ค่าแรก และเส้นผ่าศูนย์กลางของ paste ซึ่งแผ่กระจายออกในแนวรัศมีคิดจากค่าเฉลี่ย 4 ค่า ค่าความสูงบอกได้ถึงความอยู่ตัวของอาหาร เส้นผ่าศูนย์กลางบอกถึงการกระจาย เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ค่าประกอบกันบอกถึงการแผ่กระจายของอาหารในแนวรัศมี

- ศึกษาปริมาณน้ำที่แยกตัวออก โดยใช้เครื่อง centrifuge

ใช้ตัวอย่างอาหาร 100 กรัม แล้ว centrifuge ที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm. นาน 25 นาที นำส่วนใสที่อยู่ด้านบนมากรองแยกตะกอนออก แล้วชั่งน้ำหนักน้ำที่แยกตัวออกจากอาหาร

3. วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

- ตรวจหาองค์ประกอบต่างๆของอาหารเด็กอ่อนที่ผ่านการ sterilize ดังนี้ คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า ความชื้น กรดลิโนเลอิค ไวตามิน เอ บี1 และ บี2 เหล็ก และ ฟอสฟอรัส ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และตรวจหากรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส</u> : ใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนิสิตปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>หมายเหตุ</u> : วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ที่มีการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ลักษณะที่มีเครื่องหมาย

* หมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายความว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

3.1. ตรวจสอบคุณภาพของแป้งข้าวเหนียวที่มีขายในท้องตลาด

เพื่อดูความเหมาะสมในการนำแป้งข้าวเหนียวมาใช้เป็นตัวให้ความข้นหนืดในอาหารเด็กอ่อน โดยตรวจสอบตัวอย่างแป้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 7 ตรา ตามมาตรฐานแป้งที่ใช้ในการผลิตอาหารกระป๋อง ของ National Public Health Association Research Laboratories (31) โดยการตรวจหา spore ของเชื้อจุลินทรีย์ประเภท thermophile ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Dextrose tryptone bromocresol purple agar (ภาคผนวก ก) ได้ผลในตารางที่ 3.1 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และรายงานผลโดยใช้ค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 3.1 : ผลการหาปริมาณสปอร์ของเชื้อ thermophile ในแป้งข้าวเหนียวตราต่าง ๆ

ตัวอย่างแป้ง	ปริมาณโคโลนีในจานเพาะเชื้อ					ปริมาณ thermophile ในแป้ง 10 กรัม
	ที่1	ที่2	ที่3	ที่4	ที่5	
ตราโม่	0	1	3	0	0	40
ตราช้าง 3 เศียร	1	2	1	5	0	90
ตราช้าง	0	0	1	2	2	50
ตราเหรียญทองคู่	2	5	3	0	0	100
ตราช้างคู่แหวนเพชร	2	2	0	1	0	50
ตราดาว	0	3	5	3	1	120
ตรา 78	4	1	2	0	0	70

ตามมาตรฐานดังกล่าว กำหนดแป้งที่ใช้ในอาหารกระป๋องประเภทกรดน้อย ให้มีปริมาณเชื้อที่ทนความร้อนทั้งหมดใน 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่มากที่สุดมีได้ไม่เกิน 150 สปอร์ และเฉลี่ยไม่เกิน 125 สปอร์ต่อแป้ง 10 กรัม

สำหรับตัวอย่างแป้งที่นำมาทดลอง พบว่าทุกตัวอย่างมีสปอร์ของจุลินทรีย์ประเภท thermophile ไม่เกินมาตรฐาน แต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว จะเห็นว่าแป้งตราโม่มีคุณสมบัติดีที่สุดอาจเนื่องจากภาชนะที่บรรจุที่ดีกว่าแป้งชนิดอื่น คือบรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตและปิดผนึกเรียบร้อย ในขณะที่แป้งตราอื่นๆ บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ธรรมดา จึงเลือกใช้แป้งข้าวเหนียวตราโม่เป็นวัตถุดิบในการทดลองขั้นต่อไป

3.2. <u>ศึกษาคุณสมบัติโดยทั่วไปของเจลแป้งข้าวเหนียว</u>

3.2.1 เปรียบเทียบความหนืดของเจลแป้งข้าวเหนียวที่ pH ต่างกัน โดยเตรียมสารละลายแป้งความเข้มข้น 7,8.5,10,11.5 และ 13 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัมที่ pH 2 ระดับ คือ pH 3.4 และ 6.1 กวนสารละลายแป้งให้สุก ทิ้งไว้ให้เย็น แล้ววัดความหนืดของแต่ละตัวอย่างด้วย Brookfeild viscometer ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กัน ได้ผลดังตารางที่ 3.2

ค่าที่วัดได้ เมื่อนำ factor มาคูณกลับให้เป็นหน่วย centipoise (cp) แล้วจะมีค่าต่างกันถ้าใช้ speed ของเข็มต่างกัน ดังตารางที่ 3.3เพราะเข็มขนาดต่าง ๆ จะมีแรงเฉือนไม่เท่ากัน เมื่อนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของแป้ง และความหนืดของ paste ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ได้เป็น $Y = aX^n$ แล้วใส่ค่า log ได้เป็น

$$\log Y = \log X + n \log a$$

ให้ $Y_T = \log Y$

$X_Y = \log X$

$c = n \log a$

ค่า X_T และ Y_T ที่ได้นำไป plot เป็นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบเดียวกันก็จะเห็นว่าที่ pH 3.4 paste ที่ได้จะหนืดน้อยกว่า ที่ pH 6.1 ประมาณ 30 % แสดงว่าแป้งข้าวเหนียวมีเสถียรภาพไม่ดีนักที่ pH เป็นกรด

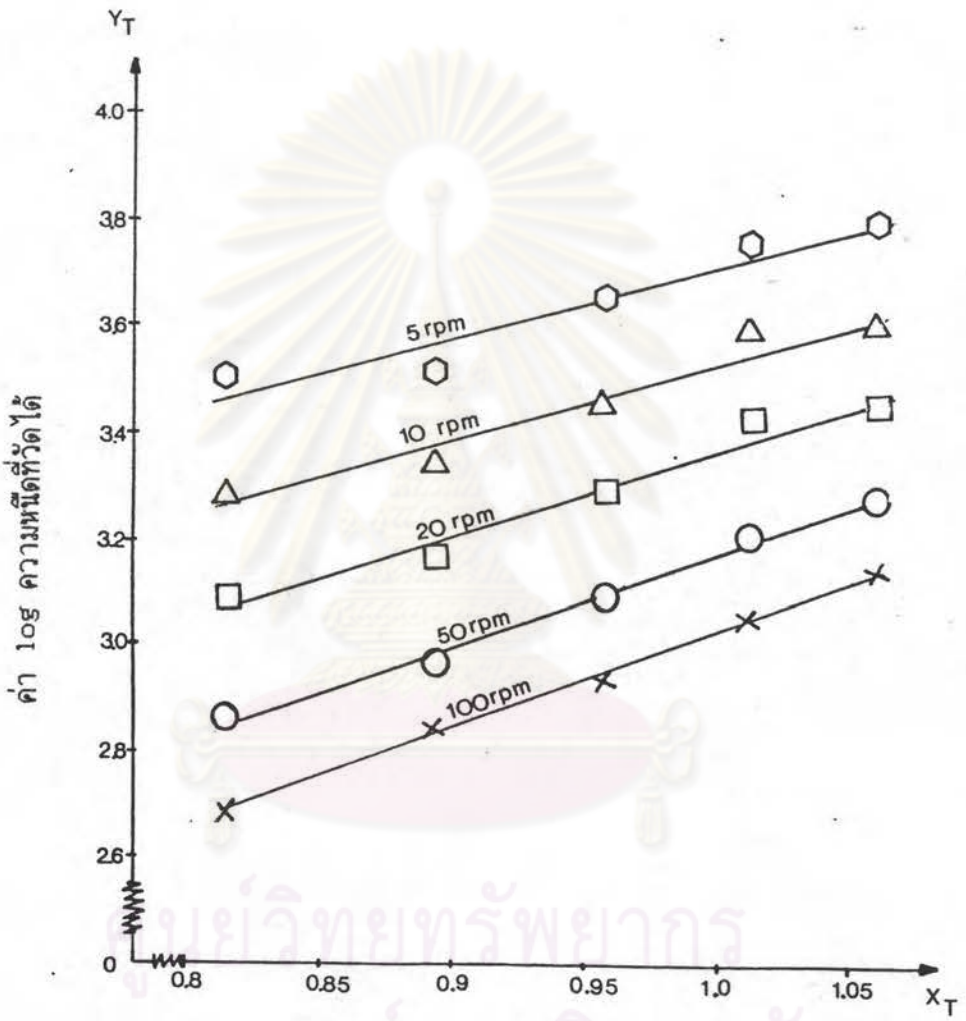
ตารางที่ 3.2 : ค่าที่อ่านได้จาก Brookfield viscometer ของสารละลายแป้งข้าวเหนียว ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ

น.น.แป้งต่อน้ำ 100 กรัม	ค่าที่อ่านได้ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ									
	pH 6.1					pH 3.4				
	5rpm.	10rpm.	20rpm.	50rpm.	100rpm	5rpm.	10rpm.	20rpm.	50rpm.	100rpm
7	10.3	15.6	19.3	25.9	33.2	10.9	13.1	15.1	20.6	25.4
8.5	12.4	15.9	21.2	32.3	45.1	8.1	11.0	14.6	23.0	35.3
10	16.5	20.9	27.3	42.1	65.1	11.4	14.4	19.1	30.8	43.5
11.5	11.8	24.8	34.8	53.3	77.5	15.6	20.2	26.4	40.6	57.3
13	28.0	38.6	47.7	70.7	89.0	14.2	19.6	28.4	47.8	70.6

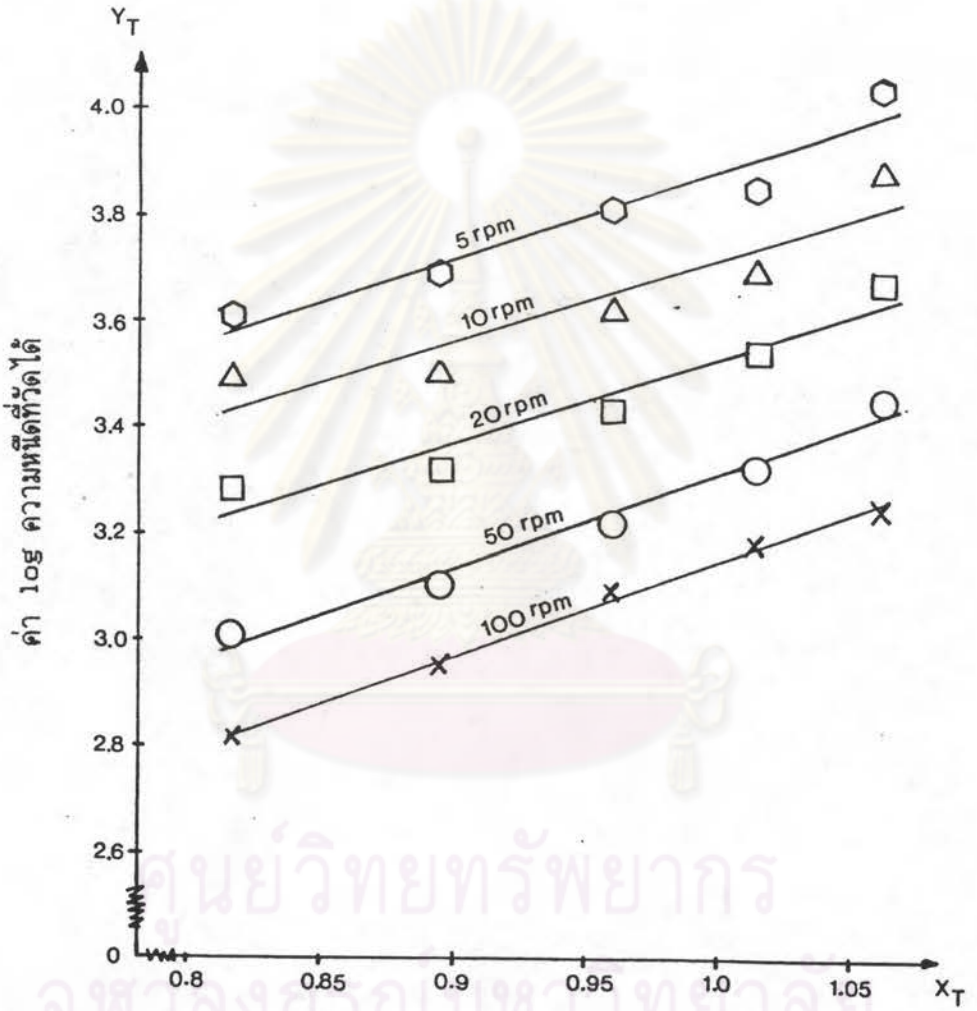
ตารางที่ 3.3 : ค่าความหนืด (centipoise) ที่วัดได้จากเครื่อง Brookfield viscometer ของแป้งข้าวเหนียวที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ

น้ำหนักแป้งต่อน้ำ 100 กรัม	ค่าความหนืดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ									
	pH 6.1					pH 3.4				
	5rpm.	10rpm.	20rpm.	50rpm.	100rpm	5rpm.	10rpm.	20rpm.	50rpm.	100rpm
7	4120	3120	1930	1036	664	3200	1920	1240	728	486
8.5	4960	3180	2120	1292	902	3240	2200	1460	920	706
10	6600	4180	2730	1684	1230	4560	2880	1910	1292	870
11.5	7120	4960	3480	2192	1550	5680	3920	2640	1624	1146
13	11200	7720	4770	2828	1780	6240	4040	2840	1912	1412

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

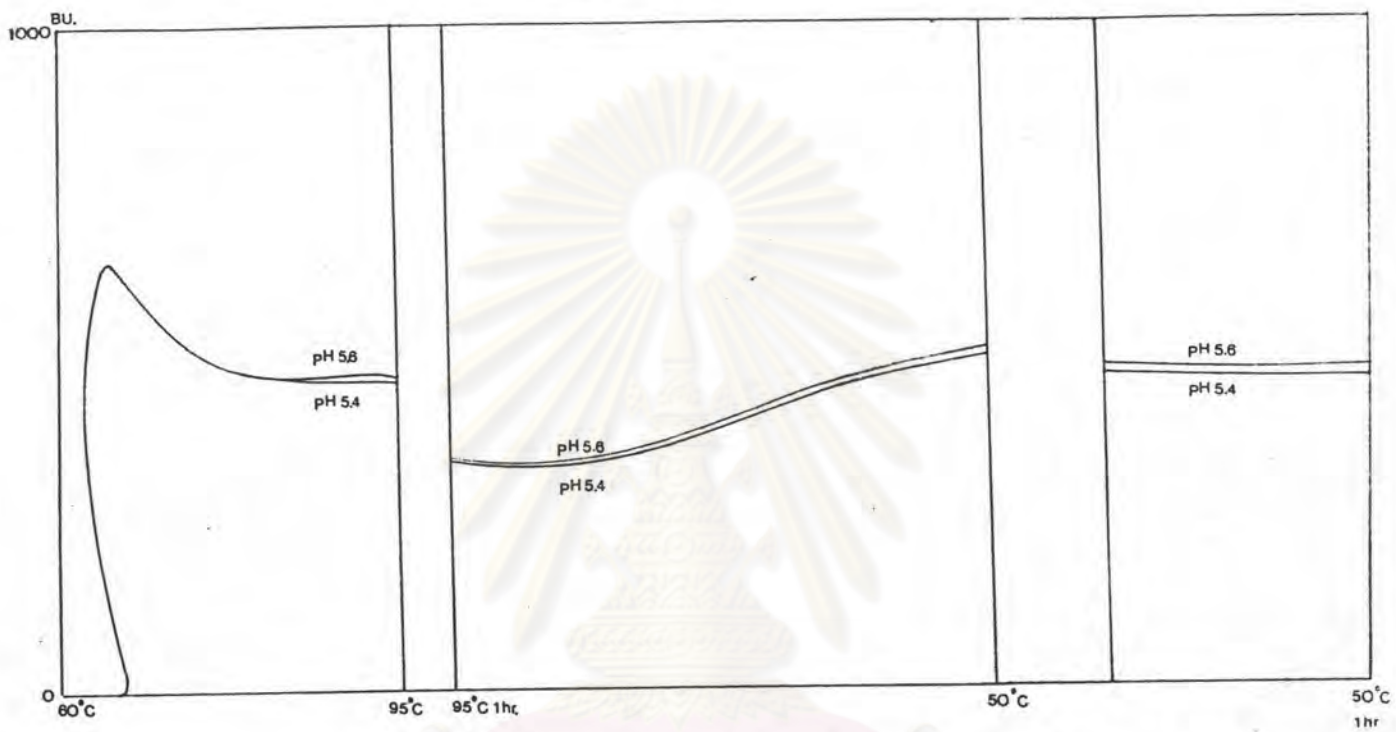


รูปที่ 3.1 : ความสัมพันธ์ระหว่าง log ความเข้มข้นของแป้งข้าวเหนียว(X_T) และ log ความหนืดที่วัดได้ (Y_T) ที่ pH ต่ำ



รูปที่ 3.2 : ความสัมพันธ์ระหว่าง log ความเข้มข้นของแป้งข้าวเหนียว(X_T) และ log ความหนืดที่วัดได้ (Y_T) ที่ pH สูง

3.2.2 ศึกษา Gelatinization pattern ของแป้งข้าวเหนียวที่ pH 5.4 และ 5.6 ซึ่งเป็น pH ของอาหารที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไปโดยใช้ Brabender Viscoamylograph ความเข้มข้นของแป้ง 7 % ได้ viscoamylograph ของแป้งข้าวเหนียว ที่ pH 5.4 และ 5.6 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 : Viscoamylograph ของแป้งข้าวเหนียวความเข้มข้น 7 % ที่ pH 5.4 และ 5.6

ซึ่งค่าต่าง ๆ บนเส้นกราฟมีความหมายดังนี้ (32)

Peak Viscosity - แสดงค่าความหนืดสูงสุด เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพื่อเลือกใช้สภาวะและอุปกรณ์ในการผลิตให้พอเหมาะ และทนต่อความหนืดค่านี้ได้

ความหนืดที่ 95 °ซ - แสดงถึงความยากง่ายในการทำให้สุกเมื่ออุณหภูมิถึง 95 °ซ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนืดสูงสุด

ความหนืดที่ 95 °ซ 1 ชม. - แสดงความทนทานของ paste ต่อความร้อน

ความหนืดหลังจากที่ทำให้เย็นถึง 50 °ซ - แสดงการเกิดการคืนตัวของ paste เมื่อทำให้เย็น

ความหนืดที่ 50 °ซ 1 ชม. - แสดงเสถียรภาพของแป้งในแง่การใช้งาน

จะเห็นว่าแป้งข้าวเหนียวที่ pH ทั้ง 2 ระดับมีลักษณะการเกิด paste คล้ายกัน คือ ช่วง peak viscosity จะสูงมาก ดังนั้นถ้าต้องการค่าความหนืดของ paste ที่ระดับหนึ่ง จะต้องเผื่อให้เครื่องมือที่ใช้สามารถทนต่อความหนืดในช่วง peak ซึ่งมีค่าสูงมาก ได้ เมื่อให้ความร้อนต่อไปความหนืดจะลดลงอย่างเร็ว หมายถึงแป้งข้าวเหนียวนั้นสามารถทำให้สุกได้ง่าย เห็นได้จากความหนืดที่ 95 °ซ มีค่าความหนืดต่ำลงกว่า peak เนื่องจาก ในขณะที่แป้งข้าวเหนียวได้รับความร้อน เม็ดแป้งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็วจนมีความหนืดสูงสุด จากนั้นเม็ดแป้งจะหลุดออกจากกันทำให้ความหนืดลดลงทันที เมื่อให้ความร้อนไปเรื่อย ๆ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ คงเดิม เป็นเวลา 1 ชม. ความหนืดของแป้งข้าวเหนียวลดลงไปมาก แสดงถึงความไม่ทนต่อความร้อนของ paste ในช่วงทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 50 °ซ ไม่พบการเกิด retrogradation นอกจากนี้การกวนนาน 1 ช.ม. ที่ 50 °ซ เกิดการ break-down เล็กน้อย ความหนืดของ paste แป้งลดลงไปบางส่วน นั่นคือ paste ของแป้งข้าวเหนียวไม่ทนต่อความร้อนสูง ๆ และแรงกระทำที่เกิดจากการกวน ดังนั้นถ้าต้องการให้อาหารที่ได้ภายหลังกระบวนการมีความหนืดระดับหนึ่ง จำเป็นต้องเผื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต (เช่น เครื่องที่ใช้กวนอาหารให้สุก) สามารถทนและรับค่าความหนืดที่สูงกว่านั้นมาก ๆ ได้ รวมทั้งยังต้องใช้แป้งข้าวเหนียวปริมาณมากเพื่อให้มีความหนืดเท่าที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ด้วย

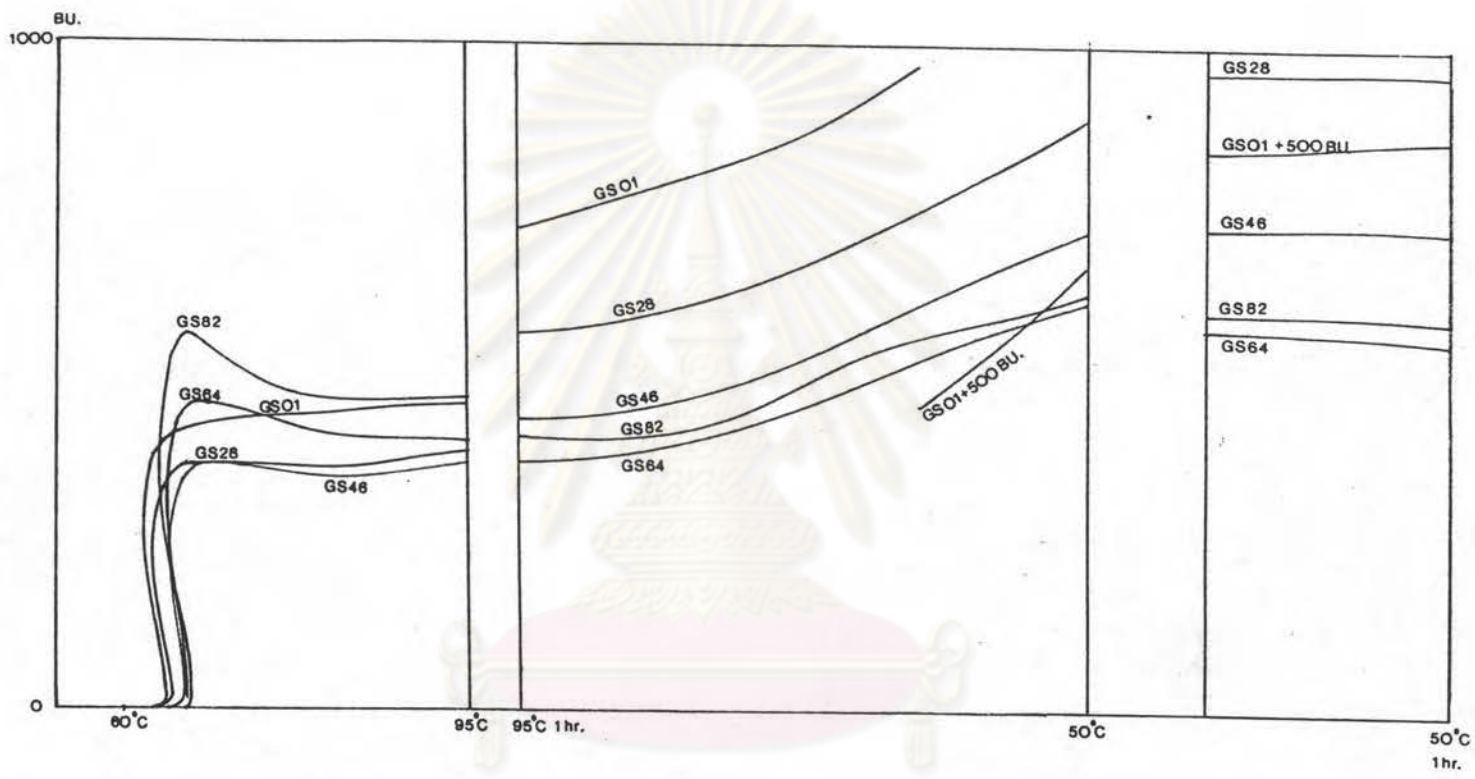
จึงได้ทดลองนำแป้งแปรสภาพ (phosphate cross-linked : Tapfil 8 จากบริษัท สำปะหลังพัฒนา จำกัด) ซึ่งมีข้อดีในแง่ของความทนทานต่อความร้อน มาผสมกับแป้งข้าวเหนียว โดยใช้อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.4 แล้วศึกษา Viscoamylograph ของแป้งผสม (รูปที่ 3.4,3.5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 : อัตราส่วนต่าง ๆ ของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้หา Viscoamylograph

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ	ชื่อที่ใช้เรียกตัวอย่าง
10 : 0	GS 10
8 : 2	GS 82
6 : 4	GS 64
4 : 6	GS 46
2 : 8	GS 28
0 : 10	GS 01

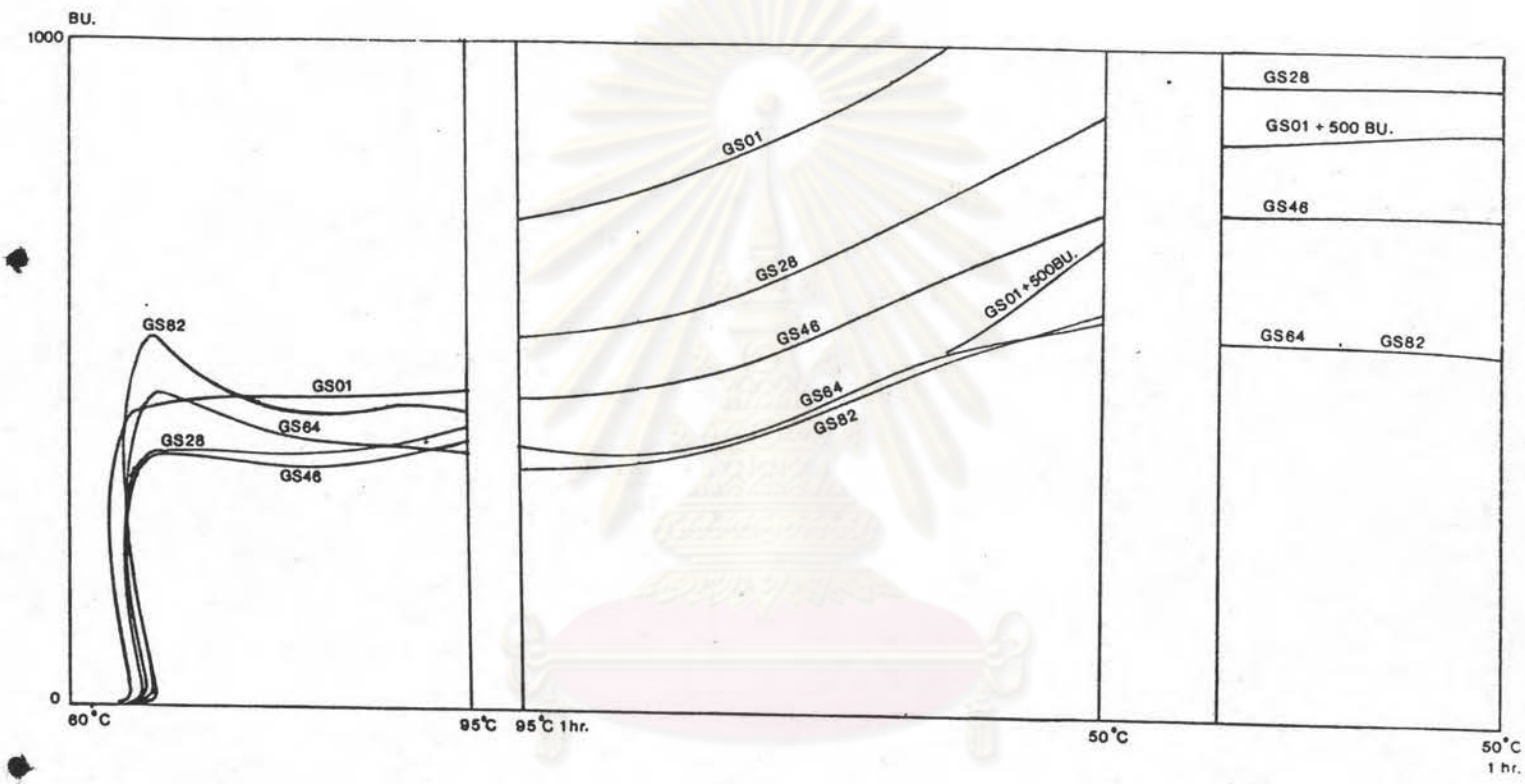
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 : Viscoamylograph ของแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียว และแป้งแปรสภาพ ที่อัตราส่วนต่างๆ ความเข้มข้น 7 % ที่ pH 5.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i17438178



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.5 : Viscoamylograph ของแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียว และแป้งแปรสภาพ ที่อัตราส่วนต่างๆ ความเข้มข้น 7 % ที่ pH 5.6

จากกราฟรูปที่ 3.4,3.5 แป้งชนิด GSØ1 ซึ่งแป้งแปรสภาพที่ใช้ ไม่มี peak viscosity เนื่องจากคุณสมบัติของการเชื่อมข้ามด้วยพันธะโควาเลนท์ จึงดึงเม็ดแป้งไว้ด้วยกัน ไม่มีการแตกออกจากกัน ความหนืดจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีการดูดน้ำมากขึ้น ในขณะที่ให้ความร้อนแป้งแปรสภาพยังคงความหนืดไปเรื่อย ๆ เนื่องจากมี degree การเชื่อมข้ามมาก ดังนั้นอัตราการดูดน้ำจึงต่ำ ดูดน้ำได้ช้า ความหนืดจึงค่อย ๆ ขึ้นไปตลอดการให้ความร้อน เมื่อทำให้เย็นความหนืดของแป้งทุกตัวจะสูงขึ้น แต่ไม่พบว่าแป้งชนิด GS82 , GS64 และ GS46 มีการ set-back เพราะค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่แป้งชนิด GSØ1 และ GS28 มีค่าความหนืดขณะที่ paste เย็น ค่อนข้างสูงคาดว่าอาจเกิดจาก retrogradation ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ

แป้งผสมทั้ง 4 อัตราส่วนที่นำมาทดลองจะมีคุณสมบัติแปรไปตามสัดส่วนของแป้งที่เติม แป้งตัวอย่าง GS28 มีแป้งแปรสภาพผสมอยู่มาก ลักษณะของ amylogram จึงคล้ายกับแป้งแปรสภาพ ขณะที่ตัวอย่าง GS82 ให้ลักษณะการเกิด paste คล้ายแป้งข้าวเหนียว แต่ peak viscosity ลดต่ำลงมาก เมื่อพิจารณาแป้งผสมทั้ง 4 ชนิดแล้ว ชนิด GS46 มีคุณสมบัติที่ดีจะเห็นว่าแทบจะไม่มี peak viscosity เมื่อให้ความร้อนต่อไปความหนืดของแป้งไม่เพิ่มขึ้นมาก ค่อนข้างคงที่ และขณะทำให้เย็น กวนนาน 1ช.ม. ไม่มีการคืนตัว รวมทั้งการแตกออกของ gel ก็น้อยจนเกือบจะไม่ปรากฏว่าความหนืดลดลงเลย นั่นคือมีเสถียรภาพดีเมื่อมีการให้แรงเฉือนกระทำ

สำหรับการเกิด paste ที่ pH 5.4 และ 5.6 นั้น ผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน เนื่องจาก ที่ pH 5 ถึง 7 pH จะไม่มีผลต่อการเกิด paste (26)

3.3. <u>คัดเลือกตัวอย่างอาหารเด็กอ่อนสำเร็จรูป</u>

ได้ซื้ออาหารเด็กอ่อนชนิดเหลวสำเร็จรูป ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดหลายเครื่องหมายการค้า เป็นตัวอย่างที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยอาหารคาว 10 ตัวอย่าง ได้แก่

<u>รหัสตัวอย่าง</u>	<u>อาหาร</u>
420	Dinner vegetables and Liver with Bacon
423	Beef and Egg Noodle with vegetables
711	Split peas Ham Dinner
638	Vegetables and Turkey
202	Spaghetti and tomato sauce and Beef

666	Cream Corn
412	Turkey Rice Dinner
791	Chicken Noodle Dinner
830	Mixed Vegetables
513	Chicken Soup

และ อาหารหวาน 6 ตัวอย่าง ได้แก่

รหัสตัวอย่าง *	อาหาร
694	Vanilla Custard Pudding with pure vanilla
262	Fruit Dessert (Vitamin C added)
519	Vitamin C added Peach Cobbler
794	Orange Pudding
367	Vitamin C added Hawaiian Delight
309	Banana with Tapioca (Vitamin C added)

* เป็นรหัสตัวอย่างที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสในงานวิจัยนี้

นำตัวอย่างเหล่านี้มาใช้เป็นต้นแบบในการคัดเลือกสูตรอาหารที่จะทดลองผลิต เพื่อให้ได้สูตรอาหารที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ได้รับความนิยมมากที่สุด การคัดเลือกใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างตามลำดับความชอบ (Hedonic Test - 9 scales) ของลักษณะต่าง ๆ แล้วจัดอันดับความชอบของทุกตัวอย่าง (Ranking Test) (ภาคผนวก ง) วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ หาความแตกต่างของตัวอย่างด้วย Duncan's multiple range test ร่วมกับการใช้ Scoring method โดยกำหนดน้ำหนักคะแนนตามความสำคัญของลักษณะที่ทดสอบ

3.3.1 อาหารคาว ใช้ผู้ทดสอบ 22 คน

ได้ผลการทดสอบ Hedonic ตามตารางที่ 3.5 และ Ranking test ตามตารางที่ 3.6 และมีการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติในภาคผนวก ค1

ตารางที่ 3.5 : คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างอาหารคาวที่มีจำหน่าย

รหัส	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความข้น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
420	3.55^{cd}	2.36^{f}	2.18^{d}	5.27^{bc}	5.64^{abc}	3.45^{c}
423	6.27^{a}	5.55^{abc}	6.18^{a}	5.45^{abc}	6.18^{ab}	6.45^{a}
711	4.00^{cd}	3.45^{e}	2.45^{d}	5.18^{bc}	5.18^{bc}	3.64^{c}
638	4.45^{cd}	6.09^{a}	5.91^{a}	5.45^{abc}	5.91^{abc}	5.73^{ab}
202	4.91^{bc}	3.73^{e}	4.91^{b}	4.82^{c}	4.91^{c}	5.09^{bc}
666	4.55^{cd}	5.00^{bc}	4.73^{b}	5.82^{ab}	4.91^{c}	5.27^{bc}
412	5.64^{ab}	5.82^{ab}	4.73^{b}	6.27^{a}	5.18^{bc}	5.09^{bc}
791	6.18^{a}	5.73^{ab}	4.82^{b}	5.55^{abc}	5.09^{bc}	5.27^{bc}
830	4.91^{bc}	4.73^{cd}	3.09^{cd}	5.18^{bc}	5.55^{abc}	3.36^{c}
513	6.27^{a}	4.36^{de}	3.73^{c}	5.45^{abc}	6.36^{a}	4.36^{c}

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3.6 : ผลการจัดอันดับของตัวอย่างอาหารคาวที่มีจำหน่าย

อันดับ	รหัสตัวอย่าง									
	420	423	711	638	202	666	412	791	830	513
ผลรวม	169	59	152	94	114	99	106	109	171	137
เฉลี่ย	7.68	2.68	6.91	4.27	5.18	4.50	4.82	4.95	7.77	6.23

ตัวอย่างที่มีค่าอันดับน้อยที่สุดคือ 423 จะเป็นตัวอย่างอาหารคาวที่คัดเลือกไว้เพื่อศึกษาหาสูตรในขั้นต่อไป นอกจากการจัดอันดับนี้แล้ว ยังได้ประเมินผลความเหมาะสมของสูตรอาหารโดยวิธีให้คะแนนตามน้ำหนัก (scoring method) ดังตารางที่ 3.7 เพื่อดูว่าอาหารที่ได้อันดับดีที่สุดนี้ ผู้ทดสอบได้พิจารณาการจัดอันดับตามความสำคัญของลักษณะด้วยและเพื่อช่วยในการตัดสินเลือกชนิดของอาหารที่เหมาะสมที่สุดถูกต้องยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.7 : น้ำหนักคะแนนของลักษณะต่าง ๆ สำหรับอาหารคาวที่มีจำหน่าย

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	20
กลิ่น	25
รส	30
ความข้น	10
เนื้อสัมผัส	15

นำคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสตามตารางที่ 3.5 มาคูณด้วยน้ำหนักของคุณสมบัติต่าง ๆ นำผลที่ได้จากทุก ๆ คุณสมบัติของแต่ละตัวอย่างอาหารมารวมกัน จะได้คะแนนรวมของอาหารชนิดนั้น (ภาคผนวก ข)

คะแนนรวมของทุกตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.8 : คะแนนรวมของตัวอย่างอาหารคาวที่มีจำหน่าย โดยคิดตามน้ำหนักของลักษณะ

ผล	รหัสตัวอย่าง									
	420	423	711	638	202	666	412	791	830	513
คะแนนรวม	323.7	596.8	369.6	561.8	460.4	489.5	540.4	543.2	444.1	496.4
อันดับ	10	1	9	2	7	6	4	3	8	5

ด้วยวิธีนี้ตัวอย่าง 423 ก็ได้อันดับที่ 1 เช่นกัน

ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่าง 423 (Beef and Egg Noodle with Vegetables) เป็นตัวอย่างตั้งต้น เพื่อใช้หาสูตรในการทดลองต่อไป

3.3.2 อาหารหวาน ใช้ผู้ทดสอบ 11 คน

ได้ผลการทดสอบ Hedonic ตามตารางที่ 3.9 และ Raking test ตามตารางที่ 3.10 และมีการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติในภาคผนวก ค2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.9 : คะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างอาหารหวานที่มีจำหน่าย

ลักษณะ	รหัสตัวอย่าง					
	694	262	519	794	367	309
สี*	6.45^{ab}	6.28^{a}	6.36^{ab}	5.91^{abc}	5.18^{bc}	4.45^{c}
กลิ่น^{NS}	4.36	5.36	6.34	6.18	5.09	5.55
รสชาติ*	4.18^{b}	5.64^{ab}	5.55^{ab}	7.00^{a}	4.82^{b}	5.18^{b}
ความข้น^{NS}	6.73	6.36	6.64	6.18	6.00	6.09
เนื้อสัมผัส^{NS}	6.55	6.91	6.36	7.09	6.18	6.73
การยอมรับรวม*	5.00^{ab}	6.27^{a}	5.73^{ab}	6.36^{a}	4.36^{b}	4.91^{ab}

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน แสดงว่าตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากนั้นเป็นการจัดอันดับ ซึ่งมีผลแสดงอันดับของอาหารหวานดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 : ผลการจัดอันดับของตัวอย่างอาหารหวานที่มีจำหน่าย

อันดับ	รหัสตัวอย่าง					
	694	262	519	794	367	309
อันดับรวม	46.5	33	36.5	26	48	41
เฉลี่ย	4.23	3	3.32	2.36	4.36	3.73

ตัวอย่างที่ได้อันดับน้อยที่สุดคือ 794

และจากการคิดคะแนนตาม scoring method โดยมีเกณฑ์การคิดน้ำหนักของคุณสมบัติต่างๆ เช่นเดียวกับอาหารคาว ได้ผลดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 : คะแนนรวมของอาหารหวานที่มีจำหน่าย

ผล	รหัสตัวอย่าง					
	694	262	519	794	367	309
คะแนนรวม	529.09	606.02	621.35	650.92	528.07	544.98
เฉลี่ย	5	3	2	1	6	4

ตัวอย่างที่ได้อันดับ 1 คือ 794 (Orange Pudding) เช่นเดียวกัน

ดังนั้นอาหารที่จะนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือ

อาหารคาวรหัสตัวอย่าง 423 : Beef and Egg noodles with vegetables

อาหารหวานรหัสตัวอย่าง 794 : Orange Pudding

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4. <u>คำนวณหาสูตรและทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับอาหารเด็กอ่อน</u>

เนื่องจากอาหารเด็กอ่อนที่จะผลิตขึ้น ยังไม่มีสูตรส่วนผสมที่จะใช้เป็นต้นแบบ จึงต้องคำนวณหาสูตร และทดลองหาส่วนผสมให้ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ได้รับการคัดเลือกไว้ แยกเป็นกรณีดังนี้

3.4.1 อาหารคาว ชนิดของอาหารที่คัดเลือกได้ คือ Beef and Egg Noodles with Vegetables ซึ่งเมื่อพิจารณาส่วนผสมที่มีทั้งหมดตามที่แจ้งไว้ในฉลาก พบว่า ส่วนผสมที่สำคัญที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาสูตร คือ เนื้อวัว , มะเขือเทศ , แครอท, ถั่วลันเตา, soy protein Isotate, ไข่ และ น้ำ โดยตัดเอาส่วนผสมอื่น ๆ ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบออกไป เพื่อจะได้ศึกษาถึงผลของแป้งข้าวเหนียวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

จากนั้นนำองค์ประกอบที่สำคัญในแง่โภชนาการของส่วนผสมทุกชนิด มาคำนวณหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเป็นอาหารเด็กอ่อนผสม โดยใช้ linear programming (33) และกำหนดสารอาหารที่ใช้ในการคำนวณ ดังตารางที่ 3.12 และ 3.13 เพื่อให้ได้สารอาหารครบตามมาตรฐานสำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี และ มีราคาย่อมเยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.12 : ชนิดของสารอาหารและปริมาณที่กำหนดในการศึกษาสูตรอาหาร สำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี ตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข(34)

สารอาหาร	ปริมาณต่ออาหารที่ให้พลังงาน 100 แคลอรี่	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
โปรตีน (กรัม)	2.5	-
ไขมัน (กรัม)	2.0	-
กรดลิโนลิอิค (มิลลิกรัม)	300.0	-
ไวตามิน เอ (ไมโครกรัม)	75.0	150.0
ไวตามิน บี 1 (ไมโครกรัม)	40.0	-
ไวตามิน บี 2 (ไมโครกรัม)	60.0	-
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	35.0	-
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.0	2
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	760.0	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.13 : ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่กำหนดให้มีในสูตรอาหาร (มิลลิกรัม ต่อ โปรตีน 1 กรัม) สำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี ตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (34)

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ปริมาณที่กำหนด
ไอโซลูซิน	28
ลูซิน	49
ไลซีน	38.5
เมทไธโอนีนและซิสตีน	24.5
เฟนนิลอะลานีนและโทโรซีน	42
ทรีโอนีน	28
ทริพโตฟาน	7
วาลีน	35

เมื่อนำมาเขียนเป็นสมการเพื่อใช้ศึกษาสูตรอาหาร จะได้ดังตารางที่ 3.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.14 : สมการอาหาร (nutritional constraints) ที่ใช้ในการศึกษาสูตรอาหาร(33)

ชื่อสมการ	สมการ
Protein–Cal	Protein – 0.025(Calorie) ⩾ 0
Isoleucine–Protein	Isl – 28(Protein) ⩾ 0
Leucine–Protein	Leu – 49(Protein) ⩾ 0
Lysine–Protein	Lys – 38.5(Protein) ⩾ 0
Methionine+Cystine–Protein	Met + Cys – 24.5(Protein) ⩾ 0
Phenylalanine+Tyrosine–Protein	Phe + Tyr – 42(Protein) ⩾ 0
Threonine–Protein	Thr – 28(Protein) ⩾ 0
Tryptophan–Protein	Trp – 7(Protein) ⩾ 0
Valine–Protein	Val – 35(Protein) ⩾ 0
Fat–Cal	Fat – 0.02(Calorie) ⩾ 0
Linoleic–Cal	Linoleic – 3(Calorie) ⩾ 0
Iron–Cal	Iron – 0.01(Calorie) ⩾ 0
Iron–Cal	Iron – 0.02(Calorie) ⩽ 0
Vitamin A–Cal	Vitamin A – 0.75(Calorie) ⩾ 0
Vitamin A–Cal	Vitamin A – 1.50(Calorie) ⩽ 0
Vitamin B_1–Cal	Vitamin B_1 – 0.0004(calorie) ⩾ 0
Vitamin B_2–Cal	Vitamin B_2 – 0.0006(Calorie) ⩾ 0
Phosphorous–Cal	Phosphorous – 0.35(Calorie) ⩾ 0
Calorie	Calorie ⩾ 760
Objective Function	Minimize

แล้วนำปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ในวัตถุดิบทุกชนิด (ตารางที่ 3.15) แทนค่าในสมการจากตารางที่ 3.14 จะได้ เป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการคำนวณ ตามตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.15 : องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในการหาสูตรอาหารคาว(ต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้) (35,36)

องค์ประกอบ	แครอท	มะเขือเทศ	ถั่วลันเตา	SPI*	ไข่ไก่	เนื้อวัว
Protein (กรัม)	1.1	1.2	3.0	92	12.9	17.2
Isl (มิลลิกรัม)	23	15	205	4232	779	92
Leu (มิลลิกรัม)	26	30	291	6992	1127	1513
Lys (มิลลิกรัม)	34	36	257	4968	859	1568
Met + Cys (มิลลิกรัม)	12	8	54	1840	705	591
Phe + Tyr (มิลลิกรัม)	38	56	239	8372	1211	1375
Thr (มิลลิกรัม)	27	23	125	3220	622	770
Try (มิลลิกรัม)	8	6	35	1172.2	218	190
Val (มิลลิกรัม)	34	17	348	3680	900	935
Fat (มิลลิกรัม)	0.3	0.3	0.2	0.1	11.5	22.1
Linoleic a(มิลลิกรัม)					800	900
Fe (มิลลิกรัม)	1.2	0.6	1.1	6.9	3.2	2.3
Vit.A (ไมโครกรัม)	3500	25.25	122.5		585	20
Vit.B_1 (ไมโครกรัม)	0.060	0.06	0.17		0.10	0.06
Vit.B_2 (ไมโครกรัม)	0.05	0.04	0.10		0.40	0.36
P (มิลลิกรัม)	38	30	54	853	222	130
Cal (กิโลแคลอรี่)	37	20	39	320	163	273
Cost (บาท)	1.5	1.272	2.7	14	2189	5.63

* SPI = soy protein isolate

ตารางที่ 3.16 : สมการที่ใช้คำนวณสูตรอาหาร

ชื่อ	สมการที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารคาว
1.Cost*	$1.5X_1+1.272X_2+2.7X_3+14X_4+2.189X_5+5.63X_6$ min.
2.Prot/Cal	$0.175X_1+19.5X_2+2.025X_3+83.996X_4+8.825X_5+10.375X_6 \geq 0$
3.Isl/Prot	$-78X_1-18.6X_2+121X_3+1656X_4+4178X_5+343.4X_6 \geq 0$
4.Leu/Prot	$-17.9X_1-28.8X_2+144X_3+2484X_4+494.9X_5+670.2X_6 \geq 0$
5.Lys/Prot	$-8.35X_1-10.2X_2+141.5X_3+1426X_4+362.35X_5+905.5X_6 \geq 0$
6.Met+Cys/Prot	$-14.95X_1-21.4X_2-19.5X_3-414X_4+388.95X_5+169.6X_6 \geq 0$
7.Phe+Tyr/Prot	$-8.2X_1+14.6X_2+113X_3+4508X_4+669.2X_5+652.6X_6 \geq 0$
8.Thr/Prot	$-3.8X_1-10.6X_2+41X_3+644X_4+260.8X_5+288.4X_6 \geq 0$
9.Try/Prot	$0.3X_1-2.4X_2+14X_3+528.2X_4+127.2X_5+69.6X_6 \geq 0$
10.Val/Prot	$-4.5X_1-25X_2+243X_3+460X_4+448.5X_5+333X_6 \geq 0$
11.Fat/Cal	$16.64X_1-0.01X_2-0.58X_3-6.303X_4+8.24X_5+16.64X_6 \geq 0$
12.Lino/Cal	$-111X_1-60X_2-117X_3-960.474X_4+311X_5+81X_6 \geq 0$
13.Fe/Cal(1)	$0.83X_1+0.4X_2+0.71X_3+3.698X_4+1.57X_5-0.43X_6 \geq 0$
14.Fe/Cal(2)	$0.46X_1+0.2X_2+0.32X_3+0.497X_4-0.06X_5-3.16X_6 \leq 0$
15.Vit.A/Cal(1)	$3472.25X_1+0.052X_2+93.25X_3-240.119X_4+462.75X_5-184.75X_6 \geq 0$
16.Vit.A/Cal(2)	$3444.5X_1+0.028X_2+64X_3-480.237X_4+340.5X_5-389.5X_6 \leq 0$
17.Vit.B_1/Cal	$0.0452X_1+10.25X_2+0.1544X_3-0.128X_4+0.0348X_5-0.0494X_6 \geq 0$
18.Vit.B_2/Cal	$0.0278X_1-4.75X_2+0.0766X_3-0.192X_4+0.0322X_5+0.1962X_6 \geq 0$
19.P/Cal	$25.05X_1+23X_2+40.35X_3+740.995X_4+164.95X_5+34.45X_6 \geq 0$
20.Cal	$37X_1+20X_2+39X_3+320.158X_4+163X_5+273X_6 \geq 760$

* สมการที่ 1 เป็น Objective function

X_1 = แครอท X_2 = มะเขือเทศ X_3 = ถั่วลันเตา

X_4 = Soy protien isolate X_5 = ไข่ไก่ X_6 = เนื้อวัว

จากผลการคำนวณจะได้สูตรอาหารดังตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 : ปริมาณวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ผสมในอาหารคาวเพื่อให้ได้สารอาหารที่จำเป็นต่อเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี ในเวลา 1 วัน

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
เนื้อวัว	253.319	60.819
แครอท	26.391	6.326
มะเขือเทศ	77.396	18.589
ถั่วลันเตา	43.301	10.396
ไข่ไก่	16.149	3.877
รวม	416.516	100
ราคา	17.381 บาท	

จากสูตรอาหารที่ได้พบว่า soy protein isolate มีค่า = 0 อาจเนื่องจากราคาต้นทุนสูงเกินไป คือ ราคากิโลกรัมละ 140 บาท และเมื่อดูต้นทุนของวัตถุดิบต่ออาหาร 128 กรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักอาหารเด็กอ่อนบรรจุขวดทั่วไป เป็นราคา 5.34 บาท ซึ่งถ้านำไปคิดต้นทุนการผลิตทั้งหมดแล้วควรจะมีราคาต้นทุนประมาณไม่เกิน 15 บาท เปรียบเทียบกับอาหารเด็กอ่อนซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ ที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันมีราคาอยู่ในช่วง 25-30 บาท ต่อ 1 ขวด (128 กรัม) จะเห็นว่าถ้าสามารถผลิตภายในประเทศได้เอง ผู้บริโภคจะสามารถซื้อได้ในราคาที่ถูกลงมาก เพราะประเทศไทยมีผลิตผลทางการเกษตรอยู่มากมาย ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าในประเทศอุตสาหกรรม ซึ่งนอกจากจะทำให้สามารถบริโภคอาหารเด็กอ่อนได้ในราคาที่ต่ำลงแล้ว ยังอาจส่งเป็นสินค้าออกได้อีกด้วย

ตารางที่ 3.18 และ 3.19 ได้แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารและปริมาณกรดอะมิโนในสูตรอาหารที่คำนวณได้ กับมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณทุกอย่างมีค่ามากกว่า หรือ เท่ากับมาตรฐาน

ตารางที่ 3.18 : ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหาร เปรียบเทียบกับมาตรฐาน กระทรวงสาธารณสุข (ต่อ 100 กิโลแคลอรี)

สารอาหาร	มาตรฐานกำหนด	ปริมาณที่มีในสูตรอาหาร
โปรตีน (กรัม)	2.5	3.338
ไขมัน (กรัม)	2.0	7.663
กรดลิโนเลอิค (มิลลิกรัม)	300	316.988
ไวตามิน เอ (ไมโครกรัม)	75-150	150
ไวตามิน บี 1 (มิลลิกรัม)	0.04	0.04
ไวตามิน บี 2 (มิลลิกรัม)	0.06	0.14
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1-2	1
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	35	55.497

ตารางที่ 3.19 : ปริมาณกรดอะมิโนในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับมาตรฐาน กระทรวงสาธารณสุข(ต่อ โปรตีน 1 กรัม)

ชนิดของกรดอะมิโน	มาตรฐานกำหนด (มก.)	ปริมาณที่มีในสูตร (มก.)
ไอโซลูซีน	28	48.208
ลูซีน	49	86.587
ไลซิน	38.5	88.415
เมไธโอนีนและซิสตีน	24.5	34.124
เฟนนิลอาลานีน ไทโรซีน	42	79.772
ทรีโอนีน	28	44.220
ทริบโตฟาน	7	11.178
วาลีน	35	55.776

3.4.2 อาหารหวาน หาส่วนผสมและทดลองสูตร โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากฉลากที่แจ้งไว้ที่ขวดอาหาร Orange Pudding ส่วนผสมที่มีคือ

น้ำส้ม, น้ำมะนาว, น้ำ, นมผงขาดมันเนย, น้ำตาล, ไข่แดง, กรดซิตริก

ซึ่งไม่ได้บอกปริมาณของส่วนผสมแต่ละชนิดไว้ด้วย ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณส่วนผสมโดยเปรียบเทียบกับสูตรพุดดิ้งที่มีลักษณะคล้ายกัน คือ พุดดิ้งมะนาว (40) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

แป้ง	6	%
ส่วนที่เป็นน้ำ	68	%
น้ำตาล	16	%
ไข่แดง	2	%
นมผงขาดมันเนย	8	%

ในการทดลองขั้นต่อไปใช้สูตรของพุดดิ้งมะนาวเป็นสูตรตั้งต้น แล้วศึกษาการแปรอัตราส่วนของน้ำผลไม้ทั้ง 2 ชนิดที่มีในสูตรอาหาร ปริมาณน้ำตาล และ นมผงขาดมันเนย ทีละอย่างโดยให้ปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ใน 100 กรัม คงที่ ให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนตัวอย่างตามลำดับความชอบ (Hedonic test - 9 scales) วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ (ภาคผนวก ค3) หาความแตกต่างของตัวอย่างด้วย Duncan's Multiple Range Test

3.4.2.1 ทดลองแปรอัตราส่วนของน้ำส้มและน้ำมะนาวเป็น 3 ค่า คือ น้ำส้ม (pH 3.4, 12 Brix) : น้ำมะนาว (pH 2.0, 7 Brix) = 6:1 , 7:1 , และ 8:1 โดยใช้น้ำผลไม้ 25 % ของส่วนที่เป็นน้ำ ใช้ผู้ทดสอบ 12 คน วิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ (ภาคผนวก ค3) ได้ผลการทดสอบ Hedonic ดังตารางที่ 3.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.20: คะแนนเฉลี่ยในการแปรอัตราส่วนน้ำส้ม: น้ำมะนาวในอาหารหวาน

ลักษณะ	อัตราส่วนน้ำส้ม: น้ำมะนาว		
	6:1	7:1	8:1
สี ^{NS}	6.94^{a}	6.88^{a}	6.88^{a}
กลิ่น *	5.41^{b}	5.24^{b}	5.88^{a}
รสชาติ *	6.41^{b}	6.53^{b}	7.35^{a}
ความข้น ^{NS}	6.59^{a}	6.65^{a}	6.59^{a}
เนื้อสัมผัส ^{NS}	5.29^{a}	6.00^{a}	5.75^{a}
การยอมรับรวม *	5.82^{b}	6.00^{b}	6.85^{a}

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อพิจารณาจากการยอมรับรวม พบว่าสูตรที่ใช้ น้ำส้ม: น้ำมะนาวอัตราส่วน 8:1 ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด ซึ่งได้พิจารณาจากลักษณะอื่น ๆ ประกอบกันโดยให้น้ำหนักคะแนน (Scoring test) ดังที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.21 แล้ว จะได้คะแนนรวมดังแสดงในตารางที่ 3.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.21 : น้ำหนักคะแนนของลักษณะต่าง ๆ ของอาหารหวานที่ผสมน้ำผลไม้อัตราส่วนต่าง ๆ

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	20
กลิ่น	25
รสชาติ	30
ความข้น	15
เนื้อสัมผัส	10

ตารางที่ 3.22 : คะแนนรวมในการแปรอัตราส่วนน้ำส้ม : น้ำมะนาวในอาหารหวาน

ผล	อัตราส่วนน้ำส้ม : น้ำมะนาว		
	6:1	7:1	8:1
คะแนนรวม	615.1	624.25	657.45
อันดับ	3	2	1

พบว่าอัตราส่วนของน้ำส้ม : น้ำมะนาว = 8 : 1 ได้คะแนนดีที่สุด

3.4.2.2 ทดลองแปรปริมาณน้ำตาล ใช้ผู้ทดสอบ 12 คน

เนื่องจากการทดลองสูตรในข้อ 3.4.2.1 ได้ใช้น้ำตาล 16 % ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าหวานมากเกินไป จึงทดลองแปรปริมาณน้ำตาลเป็น 9 , 11 และ 13 % โดยกำหนดให้ส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่จากสูตรที่ได้ในข้อ 3.4.2.1 จากการทดสอบ

ทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ (ภาคผนวก ค4) ได้ผลการทดสอบ Hedonic ดังตารางที่ 3.23

ตารางที่ 3.23 : คะแนนเฉลี่ยของอาหารหวานที่ปริมาณน้ำตาลต่าง ๆ

ลักษณะ	ปริมาณน้ำตาล(กรัม)		
	9	11	13
สี NS	6.75[a]	7.08[a]	6.92[a]
กลิ่น NS	6.00[a]	5.92[a]	6.08[a]
รสชาติ *	5.75[c]	7.33[a]	6.33[b]
ความข้น NS	6.58[a]	6.92[a]	6.71[a]
เนื้อสัมผัส NS	6.08[a]	6.54[a]	6.33[a]
การยอมรับรวม *	5.79[b]	6.71[a]	6.42[a]

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างอาหารที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การให้คะแนนตามน้ำหนักโดยมีน้ำหนักคะแนนของลักษณะตามที่กำหนดในตารางที่ 3.24 ได้ผลตามตารางที่ 3.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.24 : น้ำหนักคะแนนของลักษณะต่าง ๆ ของอาหารหวานเมื่อแปรปริมาณน้ำตาล

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	10
กลิ่น	5
รสชาติ	45
ความข้น	25
เนื้อสัมผัส	15

ตารางที่ 3.25 : คะแนนรวมในอาหารหวานที่ปริมาณน้ำตาลต่าง ๆ

ผล	ปริมาณน้ำตาล(กรัม)		
	9	11	13
คะแนนรวม	611.95	701.35	647.15
อันดับ	3	1	2

จากคะแนนทั้งหมด จึงเลือกตัวอย่างที่ผสมด้วยน้ำตาล 11 กรัม โดยปริมาณ ส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่จาก 100 กรัม ของสูตรพุดดิ้งมะนาวที่ใช้เป็นสูตรตั้งต้น

3.4.2.3 ทดลองแปรปริมาณนมผงขาดมันเนย ใช้ผู้ทดสอบ 11 คน ให้ส่วนประกอบอื่นคงที่ แปร 3 ค่า คือ 8 , 10 และ 12 กรัมโดยใช้สูตรที่ได้จากข้อ 3.4.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติแสดงในภาคผนวก ค5 ได้ผลการทดสอบ Hedonic ดังตารางที่ 3.26

ตารางที่ 3.26 : คะแนนเฉลี่ยของอาหารหวานที่ปริมาณนมผงขาดมันเนยต่าง ๆ

ลักษณะ	ปริมาณนมผงขาดมันเนย(กรัม)		
	8	10	12
สี NS	7.18[a]	7.18[a]	7.18[a]
กลิ่น *	7.27[a]	6.36[b]	6.36[b]
รสชาติ NS	6.27[a]	6.55[a]	5.90[a]
ความข้น *	7.18[a]	6.27[b]	6.36[b]
เนื้อสัมผัส *	6.91[a]	5.73[b]	5.82[b]
การยอมรับรวม *	7.18[a]	6.27[b]	6.09[b]

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างอาหารที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากนั้นให้คะแนนตามน้ำหนัก โดยมีน้ำหนักคะแนนของลักษณะต่าง ๆ ดังกำหนดในตารางที่ 3.27 เพื่อคิดเป็นคะแนนรวม ดังตารางที่ 3.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.27 : น้ำหนักคะแนนของอาหารหวานที่ผสมด้วยนมผงขาดมันเนย ปริมาณต่าง ๆ

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	10
กลิ่น	30
รสชาติ	25
ความข้น	20
เนื้อสัมผัส	15

ตารางที่ 3.28 : คะแนนรวมของอาหารหวานที่แปรปริมาณนมผงขาดมันเนย 3 ตัวอย่าง

ผล	ปริมาณนมผงขาดมันเนย(กรัม)		
	8	10	12
คะแนนรวม	693.95	637.75	624.65
อันดับ	1	2	3

จากคะแนนการยอมรับรวมและคะแนนรวมจากลักษณะต่าง ๆ ผลที่ได้ตรงกันคือ ตัวอย่างอาหารที่ผสมด้วยนมผงขาดมันเนย 8 กรัม ได้คะแนนดีที่สุด ดังนั้นสูตรอาหารหวานที่ได้จึงเป็นดังตารางที่ 3.29

ตารางที่ 3.29 : ส่วนประกอบของอาหารหวานที่ศึกษาได้

วัตถุดิบ	บริมาณที่ใช้(กรัม)
น้ำตาล	11
นมผงขาดมันเนย	8
น้ำผลไม้ (น้ำส้ม : น้ำมะนาว = 8 : 1)	17
ไข่แดง	2
น้ำ	51
แป้งข้าวเหนียว	6

3.5. <u>ทดลองหาปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการทำให้อาหารมีความหนืดพอเหมาะ</u>

จากสูตรอาหารเด็กอ่อนที่คัดเลือกและศึกษาส่วนผสม ได้ทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน ได้นำมาศึกษาหาปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่ต้องใช้ในการทำให้อาหารมีความหนืดพอเหมาะ โดยทดลองแปรปริมาณแป้งข้าวเหนียวในแต่ละตัวอย่างอาหาร ให้ผู้ทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้ Hedonic test - 9 scales วางแผนการทดลองแบบ RCBD ร่วมกับการทำ Scoring method และหาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's Multiple Range Test ได้ผลการทดลองดังนี้

3.5.1 อาหารคาว เตรียมตัวอย่างอาหารตามสูตรที่ได้จากข้อ 3.4.1 แล้วแปรปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่ใช้เป็น 5 ระดับ คือ 5 , 6 , 7 , 8 และ 9 % ใช้ผู้ทดสอบ 14 คน วิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติแสดงในภาคผนวก ค6 ผลการทดสอบ Hedonic แสดงในตารางที่ 3.30 แล้ววัดค่า pH ของอาหารไว้ ซึ่งพบว่าทุกตัวอย่างอาหารมี pH อยู่ในช่วง 5.39-5.41

ตารางที่ 3.30 : คะแนนเฉลี่ยของอาหารคาว ที่แปรปริมาณแป้งข้าวเหนียว

ลักษณะ	ปริมาณแป้งข้าวเหนียว (เปอร์เซนต์)				
	5	6	7	8	9
สี NS	5.29^{a}	5.57^{a}	5.68^{a}	5.64^{a}	5.79^{a}
กลิ่น *	5.36^{b}	$5.71^{a}b$	6.14^{a}	6.21^{a}	6.00^{a}
ความข้น *	5.36^{b}	6.07^{b}	7.42^{a}	6.07^{b}	5.86^{b}
เนื้อสัมผัส *	4.79^{cd}	4.43^{d}	5.39^{bc}	5.64^{b}	6.50^{a}
การยอมรับรวม *	5.96^{a}	5.29^{c}	6.96^{b}	5.86^{bc}	5.96^{b}

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างอาหารที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

แล้วให้คะแนนตามน้ำหนัก โดยมีน้ำหนักคะแนนของลักษณะต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.31 คิดแนนคะแนนรวมได้ดังตารางที่ 3.32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.31 : น้ำหนักคะแนนของอาหารคาวที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวปริมาณต่าง ๆ

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	15
กลิ่น	10
ความข้น	55
เนื้อสัมผัส	20

ตารางที่ 3.32 : คะแนนรวมของอาหารคาวที่แปรปริมาณแป้งข้าวเหนียว

ผล	ปริมาณแป้งข้าวเหนียว (เปอร์เซนต์)				
	5	6	7	8	9
คะแนนรวม	523.22	563.1	662.5	593.35	599.15
อันดับ	5	4	1	3	2

จากคะแนนทั้ง 2 ชุด ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวเหนียว 7 % ได้คะแนนความชอบสูงที่สุดเหมือน ๆ กัน

ดังนั้นสูตรอาหารคาวที่ได้ จึงเป็น

เนื้อวัว	56.56 %
แครอท	5.88 %
มะเขือเทศ (paste)	17.29 %
ถั่วลันเตา	9.67 %
ไข่ไก่	3.61 %
แป้งข้าวเหนียว	7.00 %

3.5.2 อาหารหวาน เตรียมตัวอย่างอาหารตามสูตรที่ได้จากข้อ 3.4.2 แล้วแปรปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่ใช้เป็น 3 ระดับ คือ 8,7 และ 6 กรัม ใช้ผู้ทดสอบ 12 คน โดยให้ปริมาณของส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่ ตามตารางที่ 3.28 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติแสดงในภาคผนวก ค7 ได้ผลการทดสอบ Hedonic ดังตารางที่ 3.33 โดยได้วัด pH ของอาหารไว้ พบว่ามีค่า 5.6 ทุกตัวอย่างอาหาร

ตารางที่ 3.33 : คะแนนเฉลี่ยของอาหารหวานที่แปรปริมาณแป้งข้าวเหนียว 3 ระดับ

ลักษณะ	ปริมาณแป้ง(กรัม)		
	6	7	8
สี *	6.50^{b}	6.50^{b}	7.42^{a}
กลิ่น NS	6.08^{a}	5.83^{a}	5.50^{a}
รสชาติ NS	6.17^{a}	6.08^{a}	6.33^{a}
ความข้น *	6.92^{a}	5.67^{b}	5.50^{b}
เนื้อสัมผัส NS	5.75^{a}	5.92^{a}	5.92^{a}
การยอมรับรวม *	6.83^{a}	5.75^{b}	5.92^{b}

ตัวอักษรเล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างอาหารที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากนั้นนำไปหาคะแนนรวม ให้คะแนนตามน้ำหนัก โดยกำหนดน้ำหนักคะแนนของลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.34 คิดแนนคะแนนรวมได้ดัง ตารางที่ 3.35

ตารางที่ 3.34 : น้ำหนักคะแนนของอาหารหวานที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวปริมาณต่าง ๆ

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	15
กลิ่น	10
รสชาติ	10
ความข้น	50
เนื้อสัมผัส	15

ตารางที่ 3.35 : คะแนนรวมของอาหารหวาน ที่แปรผันปริมาณแป้งข้าวเหนียว

ผล	ปริมาณแป้ง(กรัม)		
	6	7	8
คะแนนรวม	625.25	588.9	593.40
อันดับ	1	3	2

จากคะแนนการยอมรับรวมและคะแนนรวมแสดงว่าตัวอย่างซึ่งมี แป้งข้าวเหนียว 6 ส่วนมีระดับความชอบมากที่สุด ดังนั้น สูตรอาหารหวานที่ได้ คือ (คิดเป็นเปอร์เซนต์)

น้ำตาล	12.03 %
นมผงขาดมันเนย	8.75 %
น้ำส้ม : น้ำมะนาว = 8:1	17.62 %
ไข่แดง	2.19 %
น้ำ	52.86 %
แป้งข้าวเหนียว	6.56 %

3.6. <u>ทดลองใช้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับแป้งแปรสภาพเป็นตัวให้ความหนืดในอาหาร</u>

นำแป้งที่ได้ศึกษา Viscoamylograph ไว้แล้วมาใช้เป็นตัวให้ความหนืดในสูตรอาหารที่ได้ แทนแป้งข้าวเหนียว โดยวัดความหนืดของตัวอย่างอาหารคาวและหวานซึ่งผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว 7 % และ 6.56 % ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ดังผลในตารางที่ 3.36

ตารางที่ 3.36 : ค่าที่อ่านได้จาก Brookfield viscometer ของอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว

ตัวอย่าง	ค่าที่อ่านได้ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ					
	100 rpm.		50 rpm.		20 rpm.	
	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2
อาหารคาว	13.2	12.8	9.8	9.6	6.6	6.6
อาหารหวาน	17.0	16.8	12.6	12.6	8.6	8.6

จากค่าที่อ่านได้ที่ ความเร็วรอบของการหมุนเข็มทั้ง 3 ค่า เมื่อนำมาคำนวณกลับเป็นค่า centipoise แล้วปรากฏว่าค่าที่ได้ต่างกันมาก จึงพิจารณาความหนืดที่ความเร็วทั้ง 3 ค่า ตามตารางที่ 3.37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.37 : ค่าความหนืด ของอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว

ตัวอย่าง	ค่าความหนืดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ (centipoise)					
	100 rpm.		50 rpm.		20 rpm.	
	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2
อาหารคาว	5280	5120	7840	7680	13200	13200
อาหารหวาน	6800	6720	10080	10080	17200	17200

จากนั้นทดลองเปลี่ยนแป้งข้าวเหนียวเป็นแป้งผสมที่ได้หา Viscoamylograph ไว้แล้ว โดยแปรความเข้มข้นของแป้งทั้ง 5 ชนิด คือ GS01 , GS28 , GS46 , GS64 และ GS82 แต่ละชนิดเป็น 3, 4.5, 6, 7.5 และ 9 % ตามลำดับในอาหารทั้งชนิดคาวและหวาน อ่านค่าจาก Brookfield viscometer ได้ผลดังตารางที่ 3.38 สำหรับอาหารคาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.38 : ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Brookfield viscometer เมื่อใช้แป้งผสมทั้ง 5 อัตราส่วน และปริมาณต่าง ๆ กัน ในอาหารคาว

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งแปรสภาพ	ปริมาณแป้งที่ใช้ %	ค่าที่อ่านได้ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ					
		100 rpm.		50 rpm.		20 rpm.	
		ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2
8:2 (GS82)	3	2.9	2.9	2.2	2.3	1.5	1.5
	4.5	6.4	6.0	4.8	5.0	3.1	3.2
	6	13.5	13.2	9.7	10.1	6.2	6.2
	7.5	16.8	17.6	12.6	13.1	8.3	8.8
	9	28.4	27.6	21.9	22.8	13.9	13.5
6:4 (GS64)	3	3.7	3.8	3.1	3.3	2.5	2.3
	4.5	8.9	9.1	7.4	7.7	5.6	5.5
	6	12.1	12.4	9.2	9.7	6.3	6.1
	7.5	20.1	18.1	15.1	13.6	9.2	9.2
	9	28.4	30.2	21.5	22.0	14.9	14.6
4:6 (GS46)	3	3.9	3.9	3.0	3.1	2.0	2.1
	4.5	8.6	8.8	7.1	6.9	5.3	5.1
	6	13.5	13.4	11.2	10.7	8.0	7.9
	7.5	20.8	21.8	17.0	17.8	10.2	10.0
	9	28.5	29.7	21.2	22.3	14.1	12.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.38 (ต่อ)

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งแปรสภาพ	ปริมาณแป้งที่ใช้ %	ค่าที่อ่านได้ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ					
		100 rpm.		50 rpm.		20 rpm.	
		ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2
2:8 (GS28)	3	3.4	3.5	2.8	2.8	2.0	2.0
	4.5	7.8	7.9	6.6	6.5	4.5	4.6
	6	11.9	12.2	10.3	9.9	6.8	6.9
	7.5	25.8	27.7	22.2	21.6	15.9	15.5
	9	36.4	38.8	31.2	32.1	20.4	20.9
0:10 (GS01)	3	5.9	5.9	5.1	5.2	3.9	3.9
	4.5	12.6	12.8	10.2	10.3	6.8	6.9
	6	15.4	15.6	10.4	10.4	8.2	8.1
	7.5	21.8	22.4	17.4	17.0	11.0	10.8
	9	38.5	40.7	32.1	33.3	23.1	22.6

จากตารางที่ 3.38 พบว่า แป้งที่ใช้กับค่าที่อ่านได้ จะมีความสัมพันธ์แบบ exponential function มีสมการเป็น $Y = aX^n + c$

$\log(Y-c) = \log a + n\log X \Rightarrow Y_T = nX_T + a_T$

เมื่อ Y = ค่าที่อ่านได้ที่แป้ง % ต่าง ๆ

c = ค่าที่อ่านได้ที่แป้ง 0 % (ตัวอย่างอาหารที่ไม่ใส่แป้ง)

X = เปอร์เซนต์แป้งที่ใช้

โดยมีค่า c ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กัน คือ

ที่ความเร็วรอบ 100 rpm. ค่า c = 0.25

50 rpm. ค่า c = 0.20

20 rpm. ค่า c = 0.15

ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง log(Y-c) และ log X แล้วหาปริมาณแป้งที่ต้องใช้ได้ผลดังตารางที่ 3.39

ตารางที่ 3.39 : ความสัมพันธ์ระหว่าง log(Y-c) และ log X ของอาหารคาว

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว:แป้งแปรสภาพ	ความเร็วรอบของการหมุนเข็ม(rpm)	สมการเส้นตรงที่ได้	ปริมาณแป้งที่ต้องใช้(กรัม)	เฉลี่ย (กรัม)
8:2(GS82)	100	$Y_T=2.1333X_T-0.5977$	6.2855	6.2853
	50	$Y_T=2.1087X_T-0.6921$	6.1938	
	20	$Y_T=2.0829X_T-0.8661$	6.3769	
6:4(GS64)	100	$Y_T=1.8475X_T-0.3200$	5.9092	5.7769
	50	$Y_T=1.6993X_T-0.3107$	5.7321	
	20	$Y_T=1.5658X_T-0.3725$	5.6895	
4:6(GS46)	100	$Y_T=1.8692X_T-0.3181$	5.7750	5.6775
	50	$Y_T=1.8577X_T-0.4102$	5.5916	
	20	$Y_T=1.7165X_T-0.4832$	5.6660	
2:8(GS28)	100	$Y_T=2.2563X_T-0.5963$	5.6781	5.4809
	50	$Y_T=2.2680X_T-0.6526$	5.3969	
	20	$Y_T=2.2142X_T-0.8061$	5.3677	
0:10(GS01)	100	$Y_T=1.6218X_T-0.0190$	4.9352	4.7395
	50	$Y_T=1.5337X_T-0.0562$	4.7234	
	20	$Y_T=1.4552X_T-0.1491$	4.5598	

ในทำนองเดียวกันกับอาหารคาว ค่าที่อ่านได้จาก Brookfield viscometer สำหรับอาหารหวาน ได้ผลดังตารางที่ 3.40

ตารางที่ 3.40 : ค่าที่อ่านได้จาก viscometerของแป้งทั้ง 5 ชนิดที่ปริมาณต่าง ๆ กันในอาหารหวาน

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ	ปริมาณแป้งที่ใช้ %	ค่าที่อ่านได้ที่ความเร็วต่าง ๆ					
		100 rpm.		50 rpm.		20 rpm.	
		ค่าที่1	ค่าที่2	ค่าที่1	ค่าที่2	ค่าที่1	ค่าที่2
8 : 2 (GS82)	3	6.1	6.0	4.6	4.7	2.2	2.2
	4.5	12.8	13.2	10.9	10.3	6.6	6.5
	6	15.7	16.6	14.1	13.8	8.8	9.1
	7.5	24.8	23.3	19.7	9.2	13.0	12.4
	9	36.8	39.0	27.4	29.2	18.6	17.8
6 : 4 (GS64)	3	6.0	6.1	5.3	5.5	3.8	3.9
	4.5	13.1	13.3	12.2	12.1	8.0	8.1
	6	26.3	25.4	17.5	16.8	13.2	13.5
	7.5	34.8	35.9	29.3	33.2	17.5	16.5
	9	44.2	43.7	43.6	39.1	14.1	13.3
4 : 6 (GS46)	3	7.7	7.8	6.8	6.9	4.5	4.6
	4.5	16.7	17.0	14.5	14.2	11.8	11.7
	6	25.9	26.3	24.0	22.9	14.9	14.4
	7.5	38.2	35.1	33.4	31.7	20.1	19.4
	9	59.1	56.4	51.8	49.1	34.7	32.4

ตารางที่ 3.40 (ต่อ)

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ	ปริมาณแป้งที่ใช้ %	ค่าที่อ่านได้ที่ความเร็วต่าง ๆ					
		100 rpm.		50 rpm.		20 rpm.	
		ค่าที่1	ค่าที่2	ค่าที่1	ค่าที่2	ค่าที่1	ค่าที่2
2 : 8 (GS28)	3	9.1	9.0	6.7	6.8	4.7	4.5
	4.5	18.9	18.7	13.9	13.8	9.5	9.4
	6	31.5	32.8	23.3	23.1	15.3	15.7
	7.5	56.8	50.0	34.8	35.1	24.4	23.6
	9	86.8	83.1	59.3	55.8	42.1	38.0
0 : 10 (GS01)	3	9.3	9.6	6.9	6.9	5.0	5.0
	4.5	21.0	20.5	14.9	15.1	10.4	10.5
	6	34.8	37.2	24.1	25.8	17.5	17.3
	7.5	69.3	65.4	45.2	43.0	30.5	30.2
	9	106.8	110.4	75.4	80.1	52.4	51.5

ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง log(Y-c) กับ log X และปริมาณแป้งผสมที่ต้องใช้ ดังตารางที่ 3.41 โดยใช้ค่า c ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ดังนี้

ที่ความเร็วรอบ 100 rpm. ค่า c = 0.22

50 rpm. ค่า c = 0.12

20 rpm. ค่า c = 0.07

ตารางที่ 3.41:ความสัมพันธ์ระหว่าง log(Y-c) และ log X ของอาหารหวาน

อัตราส่วนของแป้งข้าว-เหนียว:แป้งแปรสภาพ	ความเร็วรอบของการหมุนเข็ม(rpm)	สมการเส้นตรงที่ได้	ปริมาณแป้งที่ต้องใช้(กรัม)	เฉลี่ย (กรัม)
8:2(GS82)	100	$Y_T=1.9958X_T-0.0249$	5.7189	5.6879
	50	$Y_T=1.9204X_T-0.1105$	5.4655	
	20	$Y_T=1.9273X_T-0.2800$	5.8793	
6:4(GS64)	100	$Y_T=1.5926X_T-0.0163$	5.109	4.8904
	50	$Y_T=1.5802X_T-0.0695$	4.7461	
	20	$Y_T=1.8589X_T-0.4993$	4.8162	
4:6(GS46)	100	$Y_T=1.8792X_T-0.1087$	4.6396	4.3517
	50	$Y_T=1.8649X_T-0.1652$	4.2181	
	20	$Y_T=1.5878X_T-0.1532$	4.1973	
2:8(GS28)	100	$Y_T=1.7933X_T-0.0272$	4.2166	4.2381
	50	$Y_T=1.7792X_T-0.0161$	4.2492	
	20	$Y_T=1.6842X_T-0.1184$	4.2485	
0:10(GS01)	100	$Y_T=2.2263X_T-0.1249$	4.0288	4.0425
	50	$Y_T=2.1945X_T-0.2438$	4.0792	
	20	$Y_T=2.2972X_T-0.3381$	4.0276	

จากตารางที่ 3.39 และ 3.41 จะเห็นว่าปริมาณแป้งที่ใช้ในอาหารหวานและคาวมีแนวโน้มในการใช้คล้ายกัน กล่าวคือ ถ้าแป้งผสมมีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวมากกว่า จะต้องใช้ปริมาณแป้งผสมมากกว่าเช่นกัน เนื่องจากเมื่อผ่านการให้ความร้อนและการกวนขณะทำให้สุก โครงสร้างของแป้งข้าวเหนียวจะถูกทำลายไปด้วยความร้อนและแรงเฉือนได้ ในขณะที่แป้งแปรสภาพที่ใช้จะมีความทนทานต่อสภาวะเหล่านี้

3.7. <u>หาเวลาที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารเด็กอ่อนบรรจุกระป๋องทั้งชนิดคาวและหวาน</u>
(37) ใช้อาหารเด็กอ่อนซึ่งผสมแป้งชนิดที่ใช้ปริมาณมากที่สุดเป็นเกณฑ์

อาหารเด็กอ่อนชนิดเหลวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดใช้ภาชนะบรรจุเป็นขวดแก้ว มีฝาปิด โดยภายในขวดเป็นสูญญากาศ แต่ในการวิจัยใช้กระป๋องแทนขวดแก้วเนื่องจากขาดเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุแบบสูญญากาศ และหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ใช้สำหรับขวดแก้วโดยเฉพาะ

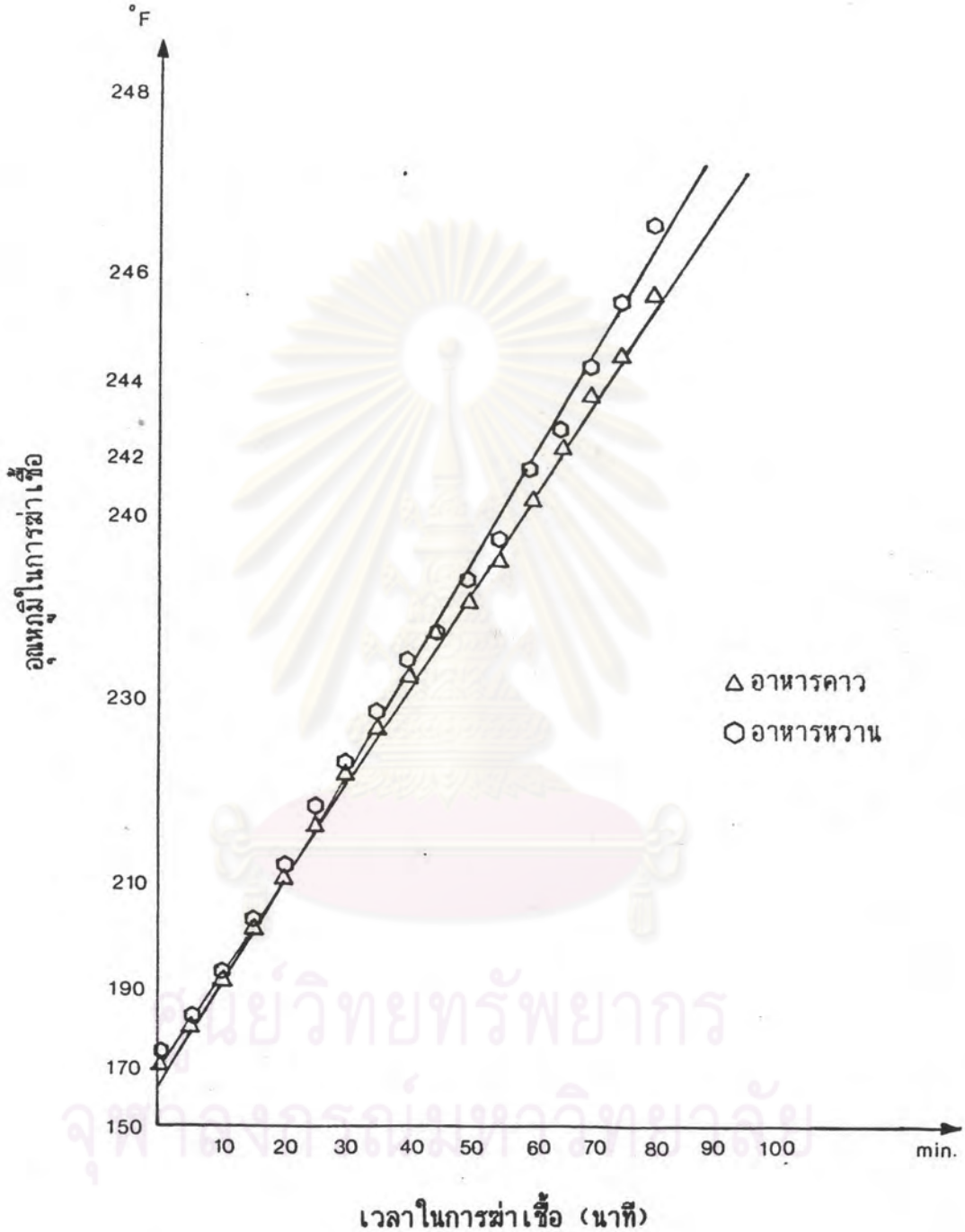
จากข้อ 3.6 ตัวอย่างอาหารเด็กอ่อนที่ผสมแป้งที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ตัวอย่างอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวล้วน ดังนั้นจึงใช้เป็นตัวอย่างอาหารในการนำไปหาเวลาในการฆ่าเชื้อ โดยบรรจุอาหารลงกระป๋องขนาด 211 x 400 ปิดผนึก นึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน อุณหภูมิ 121 °ซ ติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางของกระป๋องโดยใช้ thermocouple เริ่มจับเวลาเมื่อไล่อากาศออกจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อหมดแล้ว ได้ผลดังตารางที่ 3.42 แล้วเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารเด็กอ่อนบรรจุกระป๋อง ดังรูปที่ 3.6 , 3.7 , 3.8 และ 3.9

ตารางที่ 3.42 : การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของกระป๋องตามเวลาในการหาเวลาฆ่าเชื้อ

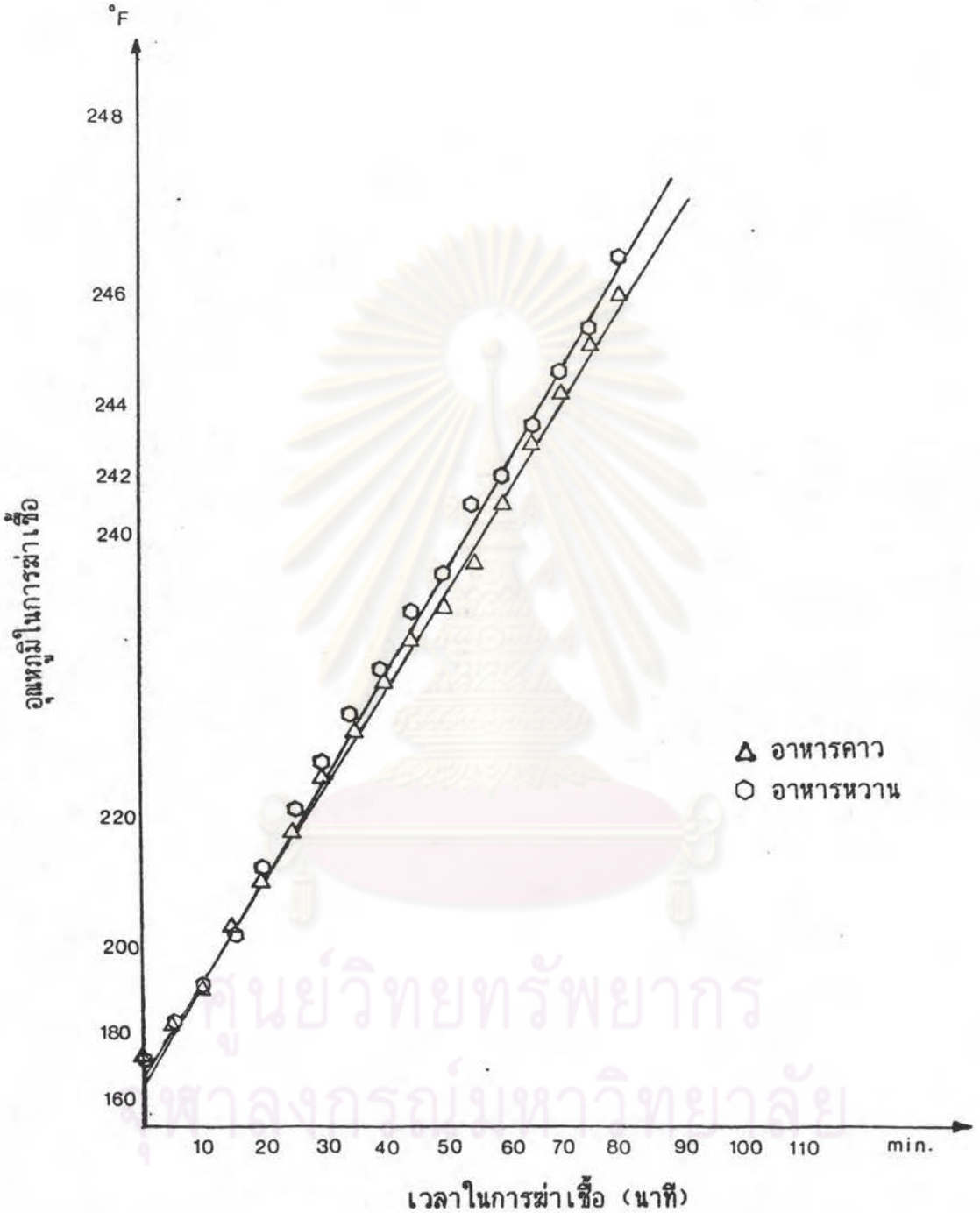
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางกระป๋อง(°F)			
	อาหารหวาน		อาหารคาว	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
0	174.74	173.6	174.02	174.18
5	183.02	183.43	180.13	181.24
10	194	193.17	192.58	193.46
15	204.26	204.64	202.63	203.53
20	212.72	214.21	210.91	211.62
25	220.1	221.38	217.82	218.54
30	224.96	226.07	223.64	224.36
35	229.1	229.86	227.83	228.55
40	232.34	232.87	231.78	232.32

ตารางที่ 3.42 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ (°F)			
	อาหารหวาน		อาหารคาว	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
45	234.32	235.69	234.39	234.93
50	239.44	238.16	236.17	236.53
55	239.12	240.54	238.43	238.76
60	241.65	241.73	240.62	241.16
65	242.83	243.36	242.34	243.88
70	244.39	244.62	243.66	244.20
75	245.61	245.48	244.55	245.13
80	246.68	246.59	245.67	246.02
85	220.28	185.56	234.68	226.22
90	205.52	178.52	214.7	208.58
95	193.28	163.04	198.86	197.06
100	179.96	151.16	181.4	180.68
105	166.28	141.44	165.02	164.66
110	153.68	132.98	150.8	150.8
115	141.98	125.78	138.74	138.74
120	132.62	119.84	129.56	129.74
125	124.7	114.44	122.18	122.36
130	118.94	110.12	116.24	116.24
135	113.72	106.7	111.38	111.74
140	109.58	102.92	107.6	107.6
145	105.8	100.22	104.18	104.54
150	102.56	98.06	101.12	101.48

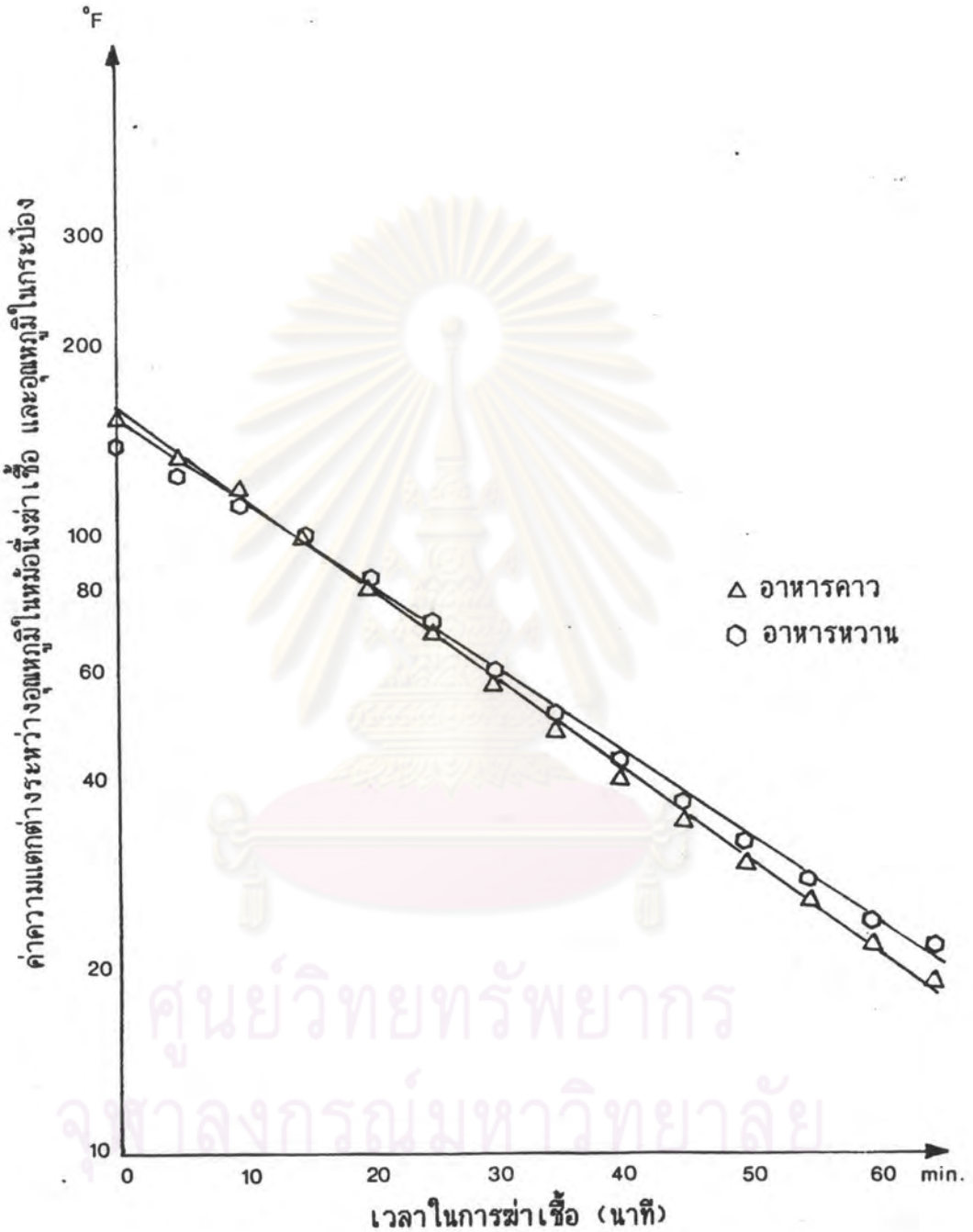


รูปที่ 3.6 : ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารบรรจุกระป๋อง ช่วงให้ความร้อน (ชุดที่ 1)



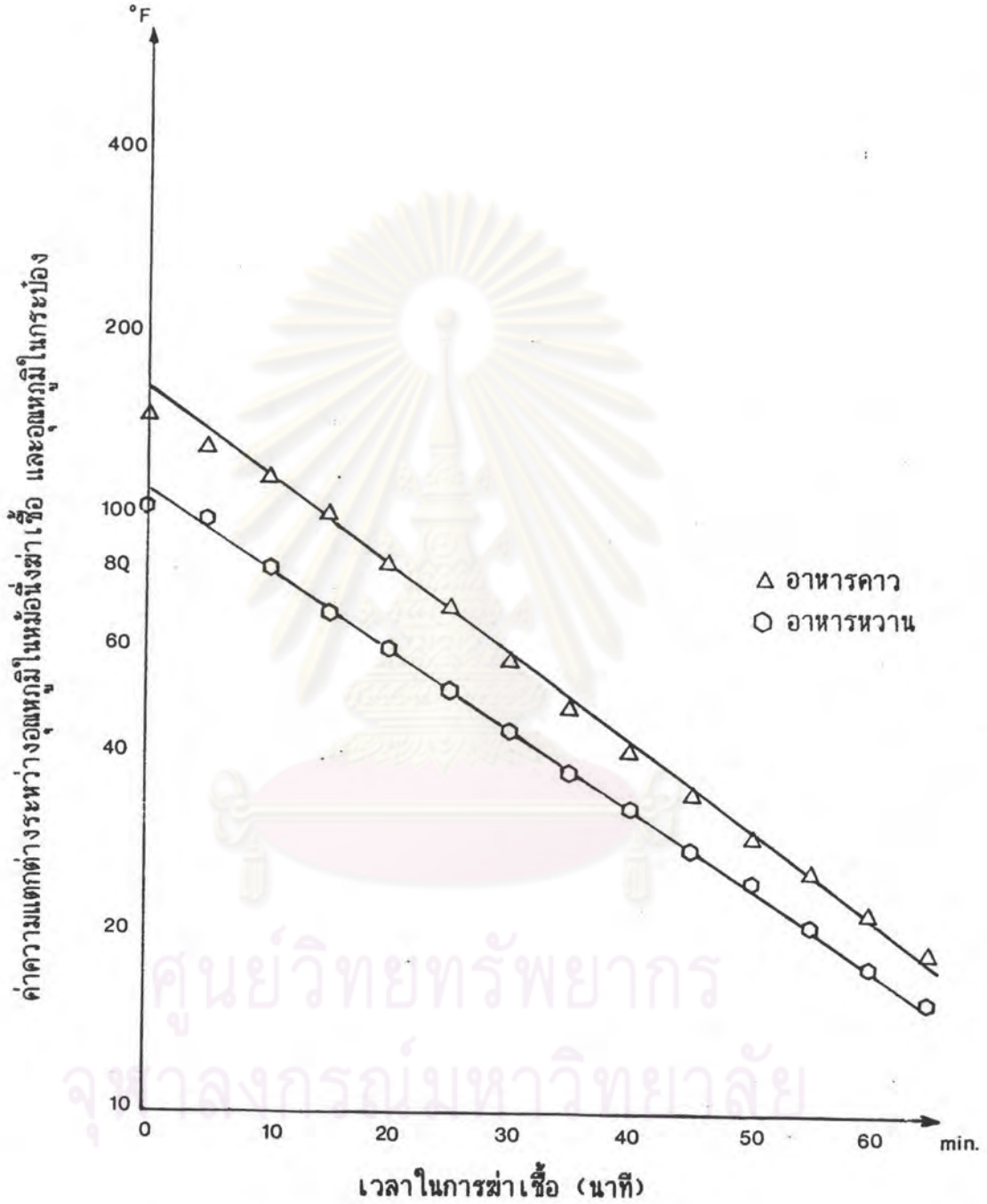
รูปที่ 3.7 : ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารบรรจุกระป๋อง ช่วงให้ความร้อน (ชุดที่ 2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 : ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิในกระป๋อง กับเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง ช่วงทำให้เย็น (ชุดที่ 1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 : ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิในกระป๋อง กับเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง ช่วงทำให้เย็น (ชุดที่ 2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณหาเวลาในการฆ่าเชื้อ (ภาคผนวก ข2) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.43

ตารางที่ 3.43 : ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อ

ค่าในการคำนวณ	อาหารหวาน		อาหารคาว	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
T_{pih} (°F)	165.4	164.8	169.2	168.8
T_{ih} (°F)	174.74	173.97	174.02	174.18
T_h (°F)	1.1241	1.1206	1.0634	1.071
J_h	58	57	64.2	63
f_h (นาที)	220.28	185.56	234.68	226.22
T_{ic} (°F)	236.78	189.62	241.11	238.64
T_{pic} (°F)	1.1197	1.0394	1.0422	1.0864
J_c	19.33	19.0	21.4	21
f_h / U	12.6993	12.2595	12.926	13.024
B (นาที)	47.768	47.992	51.099	50.074

การคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อ ใช้วิธี Formula method (37) จากสูตร

$B = f_h \log \{(J_h I_h)/g\}$

B = เวลาที่ใช้ทั้งหมด ตั้งแต่เปิด - ปิด steam

สำหรับอาหารคาว ตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลา 51.099 นาที

ตัวอย่างที่ 2 ใช้เวลา 50.074 นาที

เวลาฆ่าเชื้อที่นำไปใช้งานจริง 53 นาที

อาหารหวาน ตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลา 47.768 นาที

ตัวอย่างที่ 2 ใช้เวลา 47.992 นาที

เวลาฆ่าเชื้อที่นำไปใช้งานจริง 50 นาที

พบว่าอาหารคาวต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อมากกว่าอาหารหวาน เนื่องจากอาหารคาวมีปริมาณของแข็งในอาหารอยู่มาก ทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้ช้า ซึ่งในการทดลองจริงต้องเผื่อเวลาไว้เพิ่มจากค่าที่หาได้จริงเล็กน้อย เป็นการป้องกันความผิดพลาดซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในการผลิตอาหารกระป๋องโดยทั่วไป

3.8. <u>ผลิตอาหารเด็กอ่อนบรรจุกระป๋อง</u> เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอาหารเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน และเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 10 °ซ ขั้นตอนการผลิตอาหารคาวเป็นไปตามแผนภาพนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการผลิตอาหารหวาน

* ปรับ pH ด้วยกรดซิตริก และ
ปรับความหวานด้วยน้ำตาลซูโครส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.9. ตรวจสอบคุณสมบัติของอาหารเด็กอ่อนที่ได้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการ sterilize แล้วอาจทำให้อาหารมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป จึงได้ศึกษาคุณสมบัติของอาหารที่ได้จากกระบวนการ คือ

3.9.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

อาหารคาว และหวานผ่านกระบวนการ มีค่า pH ดังแสดงในตารางที่ 3.44 และ ค่าความหนืด แสดงในตารางที่ 3.45

ตารางที่ 3.44 : ค่า pH ของอาหารหลังผ่านกระบวนการ sterilize

ตัวอย่างอาหารซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ	ค่า pH	
	อาหารคาว	อาหารหวาน
10:0	5.41	5.60
8:2	5.39	5.60
6:4	5.40	5.60
4:6	5.42	5.60
2:8	5.41	5.60
0:10	5.39	5.60

พบว่าค่า pH ของทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกับ pH ของอาหารก่อนผ่านกระบวนการ sterilize ซึ่งได้วัด pH ไว้ในข้อ 3.5 เพราะมีส่วนประกอบต่าง ๆ เหมือน ๆ กัน pH ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งแปรสภาพโดยลำพังมีค่าต่างกัน แต่ก็ไม่มีผลเปลี่ยนแปลง pH ของอาหารเนื่องจากโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติโดยเฉพาะผักและผลไม้ มักจะมีความเป็นสารละลาย buffer อยู่แล้ว (41) และอาหารทั้งชนิดคาวและหวานที่ผลิตขึ้นในการทดลองนี้มีส่วนประกอบเป็นผักและผลไม้มากพอควร

ตารางที่ 3.45 : ค่าความหนืด (Viscosity) ที่ความเร็วรอบ 50 rpm

ตัวอย่างอาหาร ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ	ค่าความหนืด (centipoise)			
	อาหารคาว		อาหารหวาน	
	ก่อนการsterilize	หลังการsterilize	ก่อนการsterilize	หลังการsterilize
10:0	7760	2600	10160	1240
8:2	7920	2800	10000	1760
6:4	7760	3960	10080	3280
4:6	7840	4960	9920	3960
2:8	7760	5920	10160	4080
0:10	7920	7000	10080	4520

จากผลการทดลองที่ได้นี้พบว่าแป้งแปรสภาพล้วน ๆ มีความคงทนต่อความร้อนในอาหารทั้ง 2 ชนิด มากที่สุด เนื่องจากแป้งแปรสภาพ (phosphate cross-linked) มีพันธะระหว่างโมเลกุลแป้งที่แข็งแรงกว่าแป้งในธรรมชาติ แป้งข้าวเหนียวซึ่งเป็นแป้งจากธรรมชาติมีโครงสร้างประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อได้รับความร้อนก็จะสลายโครงสร้างได้ง่ายดังนั้นความหนืดจะลดลงมาก ดังนั้นจะเห็นว่าอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวอัตราส่วนมากขึ้น จะมีความคงทนต่อความร้อนน้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างอาหารคาวและอาหารหวาน พบว่าอาหารหวานมีความหนืดลดลงไปมากกว่าอาหารคาว ทั้งนี้น่าจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหารเป็นหลัก กล่าวคือ ในอาหารหวานมีน้ำตาลอยู่พอสมควรมีผลให้ความหนืดตั้งต้นสูง ตัวน้ำตาลเองนั้นเมื่อถูกความร้อนสูง ๆ ก็มีการสลายพันธะเช่นกัน และยังมีผลต่อโครงสร้างของแป้งทำให้ความแข็งแรงลดไปด้วย นอกจากนี้ยังปรากฏว่า อาหารที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้วมีสีคล้ำลง เนื่องมาจากการเกิด browning ของตัวน้ำตาลเอง รวมทั้งเกิดจากน้ำตาลทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนมด้วย ส่วนอาหารคาวนั้นองค์ประกอบอื่น ๆ เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำจึงไม่ค่อยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดก่อนและหลังการ sterilize ความหนืดที่

เปลี่ยนไปจะเกิดเนื่องมาจากแป้งอย่างเดียว นอกจากนี้ เส้นใย(fiber) ที่มีอยู่ในอาหารคาว ยังอาจมีการดูดน้ำไว้ เป็นการเพิ่มความหนืดของอาหารผ่านการฆ่าเชื้อนี้ได้ด้วย

กรณีของอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวล้วน ซึ่งให้ลักษณะของ paste ที่ดีคือเป็นแบบ long textured ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวในอาหารให้มากขึ้น จะทำให้ความหนืดของ อาหารภายหลังการผ่านกระบวนการ เพิ่มขึ้นได้ แต่ในขณะเดียวกันการเพิ่มความเข้มข้นของแป้งข้าวเหนียวในอาหาร ทำให้มีความหนืดตั้งต้นก่อนผ่านกระบวนการ sterilize สูง ไม่เหมาะในการใช้งาน การกวนให้สุกอาจทำได้ยากขึ้น และยังทำให้การถ่ายเทความร้อนขณะการ sterilize เป็นไปได้ช้าลงด้วย อย่างไรก็ดีอาจแก้ไขได้โดยการใช้แป้งที่สกัดจากข้าวเหนียว (starch) แทนแป้งข้าวเหนียว (flour) เพราะใน flour มีโปรตีน (glutelin) (21,22,23) จับเม็ดแป้งเอาไว้ ซึ่งอาจทำให้การทำงานของ starch มีประสิทธิภาพต่ำลง ถ้าใช้ starch อย่างเดียวก็สามารถใช้ปริมาณแป้งได้น้อยลงกว่าเดิม หรือในขั้นตอนที่กวนอาหารให้สุกนั้นอาจกวนเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ยังไม่ต้องให้อาหารสุกเต็มที่ ให้ความร้อนเพื่อให้แป้งบางส่วนเกิดเป็นเจลพอที่จะไม่ให้ แป้งส่วนที่เหลือ และส่วนประกอบอื่น ๆ ตกตะกอน วิธีนี้ก็จะทำให้อาหารมีความหนืดก่อนการฆ่าเชื้อไม่สูงมากนัก

3.9.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ Hedonic test - 9 scales โดยทดสอบทางด้าน สี เนื้อสัมผัส ความข้นและการไหล และ การยอมรับรวม ในการทดสอบนี้ไม่ได้ทดสอบการยอมรับด้านรสชาติด้วย เนื่องจากได้ทดสอบการยอมรับด้านรสชาติมาแล้วในข้อ 3.5 จึงพิจารณาเฉพาะลักษณะที่คาดว่าจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากชนิดของแป้ง โดยในการทดสอบวางแผนการทดลองแบบ RCBD ใช้ผู้ทดสอบ 16 คน วิเคราะห์ผลโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ แล้วหาความแตกต่างด้วย Duncan's Multiple Range Test

3.9.2.1 อาหารคาว : มีผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังแสดงในภาคผนวก ค8 การทดสอบ Hedonic แสดงผลในตารางที่ 3.46

ตารางที่ 3.46 : คะแนนเฉลี่ยของอาหารคาวผ่านการ sterilize ที่ผสมด้วยแป้งผสมอัตราส่วนต่าง ๆ

ลักษณะ	อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ					
	10:0	8:2	6:4	4:6	2:8	0:10
สี NS	5.94[a]	5.75[a]	6.13[a]	6.00[a]	6.34[a]	5.94[a]
เนื้อสัมผัส NS	6.56[a]	6.50[a]	6.44[a]	6.59[a]	6.56[a]	6.81[a]
ความข้นและการไหล *	4.19[d]	4.81[c]	5.97[b]	6.75[a]	6.59[a]	5.91[b]
การยอมรับรวม *	4.84[d]	4.94[d]	6.25[b]	6.78[a]	6.38[b]	5.31[c]

ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อพิจารณาในด้านการยอมรับสำหรับอาหารคาวตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ เป็น 0:10, 2:8, 4:6 และ 6:4 มีคะแนนอยู่ในช่วง " ชอบ " (ภาคผนวก ง) ถือว่ายอมรับได้ ส่วนตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 8:2 และ 10:0 ได้คะแนนน้อยอยู่ในช่วงที่ไม่ชอบ เนื่องมาจากประกอบด้วยแป้งข้าวเหนียวเป็นส่วนใหญ่ เมื่อผ่านการ sterilize ความหนืดจิงลดลงมาก และจากการเปรียบเทียบการยอมรับรวมของทุกตัวอย่าง ตัวอย่าง 4:6 เป็นตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การพิจารณาการยอมรับนั้นอาจดิดได้จากคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบกันโดยมีน้ำหนักการให้คะแนนดังตารางที่ 3.47

ตารางที่ 3.47 : น้ำหนักคะแนนในลักษณะต่าง ๆ ของอาหารคาวผ่านกระบวนการ sterilize

ลักษณะ	น้ำหนักของคะแนน
สี	15
เนื้อสัมผัส	25
ความข้นและการไหล	60

ซึ่งเมื่อนำมาคิดเป็นคะแนนรวมแล้วจะได้ดังตารางที่ 3.48

ตารางที่ 3.48 : คะแนนรวมของอาหารคาวผ่านกระบวนการ sterilize ที่ผสมด้วยแป้งผสมอัตราส่วนต่าง ๆ

ผล	คะแนนของตัวอย่างที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ					
	10:0	8:2	6:4	4:6	2:8	0:10
คะแนนรวม	504.5	537.35	611.15	659.75	654.5	613.95
อันดับ	6	5	4	1	2	3

ผลที่ได้รับเป็นการยืนยันว่าแป้งที่มีอัตราส่วน 4:6 ซึ่งประกอบด้วย แป้งข้าวเหนียว 4 ส่วน และแป้งแปรสภาพ 6 ส่วน มีคุณสมบัติที่ดีเนื่องจากแป้งทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติที่ดีต่างกัน กล่าวคือแป้งแปรสภาพ (phosphate cross-linked) สามารถทนต่อสภาวะรุนแรง เช่น การให้ความร้อนสูงในการ sterilize เป็นต้น แต่ขณะเดียวกันแป้งแปรสภาพที่ใช้นี้มีลักษณะ short texture ซึ่งมีการไหลที่ไม่เป็นที่ต้องการ ส่วนแป้งข้าวเหนียวนั้นจะให้ paste แบบ long texture ซึ่งเหมาะจะใช้เป็นสารให้ความหนืดในอาหาร (6) แต่ก็ไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ ทำให้ต้องใช้แป้งทั้งสองชนิด

ร่วมกัน ในการใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในอาหารเด็กอ่อนที่ทดลองนี้

3.9.2.2 อาหารหวาน : มีผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังภาคผนวก ค9 ผลการทดสอบ Hedonic แสดงในตารางที่ 3.49

ตารางที่ 3.49 : คะแนนเฉลี่ยของอาหารหวาน sterilize ที่ผสมด้วยแป้งผสมอัตราส่วนต่าง ๆ

ลักษณะ	คะแนนเฉลี่ยของอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ					
	10:0	8:2	6:4	4:6	2:8	0:10
สี *	5.34^{b}	6.06^{a}	6.00^{a}	6.47^{a}	6.41^{a}	5.97^{a}
เนื้อสัมผัส *	6.44^{c}	$6.72^{b,c}$	$6.94^{b,c}$	7.56^{a}	$7.28^{a,b}$	$7.19^{a,b}$
ความข้นและการไหล *	5.47^{c}	5.81^{c}	5.08^{c}	7.06^{a}	$6.94^{a,b}$	$6.22^{b,c}$
การยอมรับรวม NS	5.84^{a}	5.78^{a}	6.02^{a}	6.47^{a}	6.19^{a}	6.31^{a}

ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อพิจารณาด้านการยอมรับรวมของอาหารหวานคะแนนที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับทุกตัวอย่างและไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างทั้งหมด อาจเนื่องจากความหนืดของน้ำตาลในตัวอย่างอาหารที่ทำให้เห็นความแตกต่างน้อยลง อย่างไรก็ดี ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน 4:6 ก็ยังสูงสุดเช่นกัน และถ้าพิจารณาคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบกันโดยใช้เกณฑ์เดียวกับอาหารคาวจะได้คะแนนรวมดังตารางที่ 3.50

ตารางที่ 3.50 : คะแนนรวมของอาหารหวาน sterilized ที่ผสมด้วยแป้งผสมอัตราส่วนต่าง ๆ

ผล	คะแนนของตัวอย่างที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ					
	10:0	8:2	6:4	4:6	2:8	0:10
คะแนนรวม	565.7	599.75	608.5	709.65	694.55	642.5
อันดับ	6	5	4	1	2	3

ซึ่งแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งแปรสภาพ (phosphate cross-linked) อัตราส่วน 4:6 ก็ได้คะแนนรวมสูงสุดเช่นเดียวกับอาหารคาว

3.9.3 องค์ประกอบทางเคมี

อาหารเด็กอ่อนบรรจุกระป๋องที่ได้ ตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งชนิดคาวและชนิดหวาน มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 3.51 สำหรับอาหารคาวมีปริมาณสารอาหารเปรียบเทียบกับที่ได้จากการคำนวณจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ในอาหารก่อนผ่านกระบวนการ sterilize ดังแสดงในตารางที่ 3.52 และ 3.53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.51 : องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเด็กอ่อนบรรจุกระป๋อง ผ่านกระบวนการ sterilize (เปอร์เซนต์)

องค์ประกอบ	อาหารคาว	อาหารหวาน
โปรตีน	7.19	4.40
ไขมัน	0.52	0.79
คาร์โบไฮเดรต	5.99	24.92
เส้นใย	0.12	0.03
เถ้า	0.49	1.00
ความชื้น	85.69	68.86
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	57.40	124.39

ตารางที่ 3.52 : ปริมาณสารอาหารในอาหารคาวที่ผ่านกระบวนการ sterilize เปรียบเทียบกับมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (ต่อ 100 กิโลแคลอรี) (34)

สารอาหาร	หลังกระบวนการ	มาตรฐาน
โปรตีน (กรัม)	12.53	2.5
ไขมัน (กรัม)	0.91	2.0
กรดลิโนเลอิค(มก.)	78.45	300
ไวตามิน เอ(มคก.)	77.43	75-150
ไวตามิน บี1 (มก.)	0.051	0.04
ไวตามิน บี2 (มก.)	0.214	0.06
เหล็ก (มก.)	2.35	1-2
ฟอสฟอรัส (มก.)	95.63	35

ตารางที่ 3.53 : ปริมาณกรดอะมิโนในอาหารคาวที่ผ่านกระบวนการ sterilize เปรียบเทียบกับมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (มก.ต่อโปรตีน 1 กรัม) (34)

ชนิดของกรดอะมิโน	หลังกระบวนการ	มาตรฐาน
ไอโซลูซีน	43.59	28
ลูซีน	77.40	49
ไลซีน	52.28	38.5
เมไธโอนีนและซิสตีน	38.37	24.5
เฟนนิลอาลานีน ไทโรซีน	63.34	42
ทรีโอนีน	40.87	28
ทริพโตฟาน	-	7
วาลีน	45.71	35

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า สารอาหารในอาหารคาวเกือบทุกชนิดมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข สำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี แต่พบว่ามีปริมาณไขมัน และ กรดลิโนเลอิค ต่ำกว่ามาตรฐาน อาจเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าค่าที่เปิดจากตารางสารอาหาร (35) และเนื่องจากกรดลิโนเลอิค เป็นกรดไขมันจึงมีปริมาณกรดลิโนเลอิคต่ำกว่ามาตรฐานด้วย ส่วนค่าของกรดอะมิโน ทริพโตฟาน ซึ่งไม่ปรากฏค่าในตารางนั้น เนื่องจากกรรมวิธีในการย่อยโปรตีนซึ่งในการที่จะได้ค่าของกรดอะมิโนชนิดที่มีซัลเฟอร์ จำเป็นต้องนำสารละลายโปรตีนที่ย่อยแล้ว มาผ่านการ acid hydrolysis อีกขั้นหนึ่ง ซึ่งการใช้วิธีนี้จะทำให้ไม่ได้ค่าของทริพโตฟานออกมาด้วย เพราะ acid hydrolysis จะทำลายทริพโตฟาน การหาปริมาณทริพโตฟานต้องใช้วิธี alkali hydrolysis เช่น ใช้ NaOH และใช้ colorimetric method วัดสีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

3.10. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บ

ได้นำอาหารคาวและหวานที่ผ่านการ sterilize มาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแช่เย็น (10 ซ) โดยสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลาประมาณ 3 เดือน ตัวอย่างที่จะนำไปตรวจสอบจะทำให้มีอุณหภูมิประมาณ 25 °ซ ก่อน โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงทางด้าน

3.10.1 ความหนืด วัดด้วย Brookfield viscometer

3.10.2 การแผ่กระจาย โดยใช้ Spread-O-meter

3.10.3 การแยกตัวของน้ำ โดยการ centrifuge

3.10.4 ลักษณะปรากฏด้านต่างๆ

โดยในข้อ 3.10.1 - 3.10.4 ใช้แผนการทดลองแบบ (6 x 2 x 7) asymmetric factorial design ซึ่งมีตัวแปรในระดับต่าง ๆ เป็นดังนี้

ระดับที่ 1 (A) เป็นตัวอย่างอาหารคาวหรือหวานที่ผสมด้วยแป้งผสม 6 ชนิด คือ

A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 และ A_6 ซึ่งผสมด้วยแป้งที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเหนียวและแป้งแปรสภาพ เป็น 10:0(GS10),8:2(GS82), 6:4(GS64),4:6(GS46),2:8(GS28) และ 0:10(GS01) ตามลำดับ

ระดับที่ 2 (B) เป็นอุณหภูมิการเก็บรักษา 2 อุณหภูมิ คือ B_1 อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 25 °ซ) และ B_2 10 °ซ

ระดับที่ 3 (C) เป็นเวลาในการเก็บรักษา คือ 0,2,4,6,8,10 และ 12 สัปดาห์

3.10.5 นำอาหารที่ผ่านการเก็บมาแล้วประมาณ 3 เดือน มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ Hedonic test - 9 scales วางแผนการทดลองแบบ RCBD และหาความแตกต่างของตัวอย่างด้วย Duncan's Multiple Range Test

3.10.1 การวัดความหนืดด้วย Brookfield viscometer (ภาคผนวก ก2) โดยใช้เข็มเบอร์ 7 ที่ความเร็วรอบ 50 rpm.ซึ่งเป็นค่าความเร็วรอบที่ได้ทำการทดลองมาก่อนแล้วว่า ค่าที่วัดได้จากตัวอย่างหนึ่ง ๆ หลาย ๆ ซ้ำ ใกล้เคียงกันมากกว่าที่ค่าที่วัดได้จากความเร็วรอบ 100 rpm.และ 20 rpm. โดยวัดความหนืดของตัวอย่างอาหารหวานและคาว อย่างละ 6 ชนิด ได้ค่าเฉลี่ยจากอาหารคาวและอาหารหวานเป็นดัง

ตารางที่ 3.54 และ 3.55 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติแสดงในภาคผนวก ค10 และ ค11 ตามลำดับเช่นกัน

ตารางที่ 3.54:ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้จาก Brookfield viscometer สำหรับอาหารคาว

B	C	ค่าที่วัดได้จาก viscometer					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_E3.25^a$	$_E3.50^a$	$_D4.95^a$	$_C6.20^a$	$_B7.40^b$	$_A8.75^b$
	2	3.25^a	3.50^a	4.95^a	6.30^a	8.25^a	$9.85^{a,b}$
	4	3.20^a	3.70^a	5.05^a	6.40^a	8.45^a	10.85^a
	6	3.20^a	3.55^a	4.65^a	6.20^a	8.50^a	10.75^a
	8	3.40^a	3.40^a	4.90^a	6.10^a	8.50^a	10.35^a
	10	3.10^a	3.55^a	4.95^a	5.90^a	8.30^a	10.85^a
	12	$_E3.30^a$	$_E3.75^a$	$_D5.00^a$	$_C6.30^a$	$_B8.25^a$	$_A10.65^a$
B_2	0	$_E3.25^a$	$_E3.50^a$	$_D4.95^a$	$_C6.20^a$	$_B7.40^a$	$_A8.75^b$
	2	3.20^a	3.45^a	5.10^a	6.45^a	8.15^a	10.20^b
	4	3.25^a	3.50^a	5.20^a	6.25^a	8.40^a	10.70^a
	6	3.20^a	3.65^a	5.25^a	6.10^a	8.20^a	10.20^a
	8	3.10^a	3.75^a	5.10^a	6.10^a	8.25^a	10.55^a
	10	3.25^a	3.45^a	5.05^a	6.00^a	8.00^a	10.20^a
	12	$_D3.15^a$	$_D3.40^a$	$_C5.00^a$	$_C6.40^a$	$_B8.00^a$	$_A10.35^a$

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างแป้งผสมต่างชนิดกัน

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างเวลาการเก็บ ที่อุณหภูมิที่เก็บหนึ่งๆ

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติในภาคผนวก ค10 และผลการทดลองในตารางที่ 3.54 พบว่า ชนิดของแป้ง และ อายุการเก็บ มีผลต่อความหนืดของอาหารคาว ส่วนอุณหภูมิที่เก็บนั้นไม่มีผล เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างของแต่ละค่า ผลของเวลาในการเก็บที่ทั้งสองอุณหภูมิ ทำให้อาหารคาวชนิด A_6 มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ ซึ่งเกิดเนื่องจาก retrogradation(26) ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพหลังจากนั้นก็ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง ส่วนชนิด A_5 ที่อุณหภูมิห้องพบว่าเริ่มมีการเพิ่มขึ้นของความหนืดบ้าง เมื่อเวลา 2 สัปดาห์ แต่ที่ 10 °ซ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัด แต่เมื่อลองพิจารณาค่าที่วัดได้จริง และ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติขั้นต้นก็แสดงให้เห็นว่า ทั้งสองอุณหภูมิที่เก็บนั้นไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับชนิด A_1-A_4 ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง

ส่วนชนิดของแป้งที่ใช้ผสม เมื่อพิจารณาทั้งเมื่อเริ่มต้นเก็บ และ ที่เวลา 12 สัปดาห์ก็พอจะสรุปได้ว่า อัตราส่วนของแป้งผสมมีผลให้ความหนืดแตกต่างกัน โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งแปรสภาพที่เพิ่มขึ้น เพราะแป้งแปรสภาพที่ใช้เป็นแป้ง cross-linked ซึ่งเม็ดแป้งมีความแข็งแรง ดูดน้ำได้ช้า การเกิด gelatinization เป็นไปได้ยาก(42) ดังนั้นในระหว่างการเก็บเม็ดแป้งที่ยังไม่เกิดgelatinization หรือเกิดเพียงบางส่วน อาจมีการดูดน้ำเข้าไปในระหว่างการเก็บทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากการดูดน้ำของของแข็งอื่น ๆ ในอาหารเช่น cellulose เป็นต้น นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากแป้งแปรสภาพที่ใช้ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณ amylose อยู่มากจึงมีผลให้เกิด retrogradation ได้มาก ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แต่สำหรับชนิด A_1 และ A_2 ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากชนิดหลังผสมแป้งแปรสภาพปริมาณน้อย รวมทั้งความหนืดที่เกิดจากส่วนประกอบอื่น ๆ ของอาหารคาว ทำให้ไม่เห็นความแตกต่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.55: ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้จาก Brookfield viscometer สำหรับอาหารหวาน

B	C	ค่าที่วัดได้จาก viscometer					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_F1.55^a$	$_E2.20^a$	$_D4.10^a$	$_C4.95^a$	$_B5.10^b$	$_A5.65^c$
	2	1.50^a	2.30^a	4.10^a	5.10^a	5.65^{ab}	7.75^b
	4	1.50^a	2.25^a	4.00^a	4.85^a	5.85^a	10.65^a
	6	1.55^a	2.30^a	4.30^a	4.95^a	5.75^{ab}	10.75^a
	8	1.50^a	2.25^a	4.15^a	4.80^a	5.70^{ab}	10.50^a
	10	1.45^a	2.35^a	4.20^a	5.05^a	5.70^{ab}	10.65^a
	12	$_D1.45^a$	$_D2.15^a$	$_C4.15^a$	$_B5.05^a$	$_B5.90^a$	$_A10.40^a$
B_2	0	$_F1.55^a$	$_E2.20^a$	$_D4.10^a$	$_C4.95^a$	$_B5.10^b$	$_A5.65^b$
	2	1.65^a	2.35^a	4.05^a	5.05^a	5.35^{ab}	10.45^a
	4	1.45^a	2.30^a	4.00^a	5.00^a	5.45^{ab}	10.70^a
	6	1.65^a	2.40^a	4.30^a	5.05^a	5.55^{ab}	10.65^a
	8	1.45^a	2.20^a	4.25^a	5.15^a	5.65^a	10.85^a
	10	1.50^a	2.40^a	4.10^a	4.90^a	5.35^{ab}	10.75^a
	12	$_E1.55^a$	$_E2.20^a$	$_D4.15^a$	$_C4.95^a$	$_B5.85^a$	$_A10.80^a$

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างแป้งผสมต่างชนิดกัน

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในระหว่างเวลาการเก็บ ที่อุณหภูมิที่เก็บหนึ่งๆ

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติในภาคผนวก ค11 และผลการทดลองในตารางที่ 3.55 พบว่า ชนิดของแป้ง และ อายุการเก็บ มีผลต่อความหนืดของอาหารหวาน ส่วนอุณหภูมิที่เก็บนั้นไม่มีผลเช่นเดียวกับในอาหารคาว เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างต่อไปนั้น ผลของเวลาในการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ทำให้อาหารหวานชนิด A_5 มีความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากการดูดน้ำในระหว่างการเก็บ และ การเกิด retrogradation ของแป้งแปรสภาพอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นก็ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัด สำหรับอุณหภูมิ 10 °ซ ยังมีการเพิ่มความหนืดจนถึงสัปดาห์ที่ 4 ส่วนชนิด A_5 มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน แต่ก็พบว่าเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง เมื่อเวลา 2 สัปดาห์ อย่างไรก็ดี จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติขั้นต้นก็แสดงให้เห็นว่า ทั้งสองอุณหภูมิที่เก็บนั้นไม่มีความแตกต่างกัน และเช่นเดียวกับอาหารคาว พบว่าชนิด A_1-A_4 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน

ส่วนชนิดของแป้งที่ใช้ผสม เมื่อพิจารณาทั้งเมื่อเริ่มต้นเก็บ และ ที่เวลา 12 สัปดาห์ ก็พอจะสรุปได้ว่า แป้งผสมทั้ง 6 สัดส่วน ให้ความหนืดที่แตกต่างกัน โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งแปรสภาพที่เพิ่มขึ้น

3.10.2 การแผ่กระจาย วัดด้วย Spread-O-meter

ค่าการกระจายของอาหารคาว ในด้านความสูง และ เส้นผ่าศูนย์กลาง แสดงในตารางที่ 3.56 และ 3.57 ตามลำดับการทดลองวิเคราะห์ผลโดยการทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ แสดงในภาคผนวก ค12 และ ค13 ส่วนอาหารหวานแสดงในตารางที่ 3.58 และ 3.59 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงในภาคผนวก ค14 และ ค15 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.56: ค่าเฉลี่ยของความสูงที่วัดได้จาก Spread-O-meter สำหรับอาหารคาว

B	C	ความสูง (มิลลิเมตร)					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_{E}5.24^{hi}$	$_{D}6.56^{a}$	$_{D}6.15^{cd}$	$_{C}7.89^{cd}$	$_{B}8.54^{f}$	$_{A}9.58^{fg}$
	2	7.47^{a}	5.84^{b-d}	5.56^{a}	8.74^{a}	9.21^{de}	$9.85^{ef g}$
	4	6.31^{b-e}	5.08^{ef}	6.63^{a}	7.84^{cd}	8.93^{ef}	10.40^{de}
	6	5.87^{def}	5.45^{de}	5.93^{cde}	7.62^{d}	9.63^{b-e}	$10.00^{def g}$
	8	5.06^{i}	5.92^{b-e}	5.74^{e}	7.75^{cd}	9.58^{b-d}	10.20^{def}
	10	5.76^{ef}	5.86^{b-e}	5.98^{cde}	7.52^{d}	10.14^{a}	12.94^{a}
	12	$_{F}5.43^{gh}$	$_{E}5.76^{b-d}$	$_{D}6.25^{b-e}$	$_{C}7.61^{d}$	$_{B}9.24^{cde}$	$_{A}12.40^{b}$
B_2	0	$_{E}5.24^{hi}$	$_{D}6.56^{a}$	$_{D}6.15^{cd}$	$_{C}7.89^{cd}$	$_{B}8.54^{f}$	$_{A}9.58^{fg}$
	2	6.16^{b-d}	6.23^{ab}	6.48^{ab}	8.07^{b-d}	9.95^{ab}	10.63^{d}
	4	5.62^{fg}	4.89^{f}	5.87^{de}	8.56^{ab}	9.09^{e}	9.48^{g}
	6	6.35^{b}	5.26^{ef}	5.76^{e}	7.76^{cd}	9.27^{e}	10.26^{de}
	8	5.43^{gh}	5.75^{cd}	5.94^{cde}	8.31^{a-c}	9.72^{b}	10.13^{def}
	10	6.01^{cde}	5.17^{ef}	6.14^{cd}	7.82^{cd}	7.64^{g}	6.95^{h}
	12	$_{DE}6.08^{b-d}$	$_{E}5.35^{e}$	$_{D}6.60^{a}$	$_{C}8.06^{b-d}$	$_{B}9.18^{de}$	$_{A}11.39^{c}$

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างแป้งผสมต่างชนิดกัน

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างเวลาการเก็บ และอุณหภูมิที่เก็บต่าง ๆ กัน

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติในภาคผนวก ค12 และะผลการทดลองในตารางที่ 3.56 พบว่าปัจจัยทุก ๆ ชนิด คือ อัตราส่วนของแป้ง อุณหภูมิที่เก็บ และ อายุการเก็บ มีผลต่อความสูงของ paste อาหารที่กระจายออกจากทรงกระบอก ซึ่งบอกถึงความอยู่ตัวของอาหารด้วย

ปัจจัยแรกที่พิจารณา คือ อุณหภูมิในการเก็บ ในแป้งชนิดหนึ่ง ๆ นั้น เมื่อแยกพิจารณาเปรียบเทียบ ด้านอุณหภูมิการเก็บในแต่ละเวลาที่เก็บ พบว่าต่างกันแต่ไม่สามารถสรุปผลได้ว่าที่อุณหภูมิใดมีความสูงมากกว่า เพราะผลที่ได้จากแต่ละเวลานั้น ไม่เหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ที่แต่ละอุณหภูมิที่เก็บนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง อันที่จริงแล้วอาจจะสรุปผลของอุณหภูมิการเก็บว่าที่เวลาการเก็บส่วนใหญ่ อุณหภูมิใดจะมีความอยู่ตัว ไม่ไหลออกไปมากกว่า แต่เมื่อพิจารณาจากแป้งทุก ๆ ชนิดมาเปรียบเทียบกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้น ไม่มีแนวโน้มสัมพันธ์กับปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่เพิ่มขึ้น จึงสรุปว่าที่อุณหภูมิที่เก็บทั้งสอง และเวลาในการเก็บไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความอยู่ตัวของ paste ของอาหารคาวที่แผ่กระจายออกมาจาก Spread-O-meter

สำหรับอัตราส่วนของแป้งนั้น พบว่าอัตราส่วนที่มีแป้งแปรสภาพมากขึ้นจะทำให้ความอยู่ตัวเพิ่มขึ้น เพราะความข้นตั้งต้นที่แตกต่างกัน รวมทั้งแป้งแปรสภาพที่ใช้มีลักษณะอยู่ตัว ไหลได้ยาก(42) และพบว่าชนิด A_1 , A_2 และ A_3 ความสูงไม่ต่างกันมากนัก นั่นคือมีความอยู่ตัวใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.57:ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้จาก Spread-O-meter สำหรับอาหารคาว

B	C	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_{A}6.22^{a}$	$_{B}6.43^{cd}$	$_{B}6.19^{c}$	$_{C}5.48^{ef}$	$_{D}4.83^{cd}$	$_{D}4.23^{f}$
	2	5.86^{h}	6.16^{f}	6.04^{ef}	5.43^{fg}	5.02^{a}	4.41^{d}
	4	6.08^{f}	6.66^{a}	5.95^{g}	5.49^{ef}	4.93^{ab}	4.35^{a}
	6	6.24^{a}	6.61^{ab}	6.16^{cd}	5.52^{de}	4.92^{bc}	4.22^{f}
	8	6.45^{b}	6.40^{d}	6.08^{a}	5.59^{bc}	4.92^{b}	4.33^{a}
	10	6.38^{cd}	6.20^{ef}	6.03^{f}	5.56^{cd}	4.90^{bc}	4.06^{f}
	12	$_{A}6.66^{a}$	$_{AB}6.52^{bc}$	$_{B}6.23^{b}$	$_{C}5.74^{a}$	$_{D}4.80^{d}$	$_{D}4.31^{a}$
B_2	0	$_{A}6.22^{a}$	$_{B}6.43^{cd}$	$_{B}6.19^{c}$	$_{C}5.48^{ef}$	$_{D}4.83^{cd}$	$_{D}4.23^{f}$
	2	5.98^{g}	6.01^{g}	5.96^{g}	5.47^{ef}	4.94^{ab}	4.33^{a}
	4	6.42^{bc}	6.62^{ab}	6.13^{d}	5.27^{h}	4.92^{bc}	4.30^{a}
	6	5.95^{g}	5.88^{h}	6.07^{a}	5.51^{de}	4.94^{ab}	4.31^{a}
	8	6.34^{d}	6.49^{cd}	6.28^{a}	5.40^{g}	4.90^{bc}	4.56^{c}
	10	6.22^{a}	6.60^{ab}	5.94^{g}	5.76^{a}	4.99^{ab}	6.19^{a}
	12	$_{A}6.64^{bc}$	$_{B}6.28^{a}$	$_{C}6.01^{f}$	$_{D}5.64^{b}$	$_{E}4.97^{ab}$	$_{F}4.84^{b}$

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างแป้งผสมต่างชนิดกัน

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างเวลาการเก็บ ที่อุณหภูมิที่เก็บหนึ่งๆ

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ค13 และการพิจารณาผลการทดลองจากตาราง ที่ 3.57 พบว่าผลของอัตราส่วนของแป้ง อุณหภูมิ และเวลา ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของ paste ของอาหารคาวที่กระจายออกจากทรงกระบอกกลวงเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความสูงของ paste กล่าวคือมีเพียงอัตราส่วนของแป้งเท่านั้นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ชนิด A_1,A_2 และ A_3 ส่วน A_4 และA_5 ก็ไม่ต่างกันมากนัก แต่ก็มีแนวโน้มของความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจน คือ อาหารที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวมากขึ้น จะมีค่าของเส้นผ่าศูนย์กลางมากขึ้น คือไหลออกไปได้มากขึ้น

ซึ่งสามารถจะสรุปผลจากตารางที่ 3.56 และ 3.57 ได้ผลของการแผ่กระจายจาก Spread-O-meter คือ อาหารที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวมากขึ้น จะแผ่กระจายออกไปได้มากขึ้น การที่ผลการแผ่กระจายของอาหารเป็นไปดังที่กล่าวมานี้ ก็เนื่องมาจากความข้นของอาหาร เมื่อเริ่มต้นการเก็บที่แตกต่างกันอยู่แล้ว แต่เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้นี้ กับการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดซึ่งพบว่ามีการเกิด retrogradation และการดูดน้ำของส่วนประกอบต่าง ๆ ในอาหาร A_4 และ A_5 แต่ไม่พบว่าทั้งสองชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในการแผ่กระจาย อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของแป้งแปรสภาพที่ใช้ซึ่งแต่เดิมก็มีลักษณะ short paste อยู่ตัวและไม่ค่อยจะมีการแผ่กระจาย เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารขึ้น การแผ่กระจายจึงไม่เปลี่ยนแปลงไป เห็นได้ว่าการใช้ Spread-O-meter เป็นเครื่องมือในการติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บอาหารเด็กอ่อนนั้น ยังไม่เหมาะสมนักเพราะเครื่องมือนี้ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเท่าที่ควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.58: ค่าเฉลี่ยของความสูงที่วัดได้จาก Spread-O-meter สำหรับอาหารหวาน

B	C	ความสูง (มิลลิเมตร)					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_F2.78^{b}$	$_E3.20^{b}$	$_D3.92^{b}$	$_C4.45^{a}$	$_B5.19^{d}$	$_A4.71^{a}$
	2	2.54^{c}	3.02^{c}	4.11^{a}	4.64^{cd}	5.78^{b}	5.01^{f}
	4	1.82^{f}	2.58^{a}	3.57^{a}	4.15^{f}	4.82^{a}	7.51^{a}
	6	2.08^{a}	2.58^{a}	3.36^{g}	4.53^{da}	5.48^{c}	6.34^{cd}
	8	2.54^{c}	2.78^{d}	3.69^{d}	4.86^{b}	4.64^{a}	5.42^{a}
	10	2.39^{cd}	2.74^{d}	3.40^{fg}	5.04^{a}	5.19^{d}	7.14^{b}
	12	$_E2.49^{c}$	$_D2.98^{c}$	$_D4.12^{a}$	$_C4.54^{da}$	$_B5.08^{da}$	$_A6.30^{cd}$
B_2	0	$_F2.78^{b}$	$_E3.20^{bc}$	$_D3.92^{b}$	$_C4.45^{a}$	$_B5.19^{d}$	$_A4.71^{a}$
	2	3.18^{a}	3.50^{a}	3.46^{f}	4.87^{b}	5.84^{b}	6.46^{c}
	4	2.30^{d}	2.56^{a}	3.56^{a}	4.74^{bc}	5.12^{d}	5.47^{a}
	6	2.08^{a}	2.83^{d}	3.41^{fg}	4.34^{da}	5.08^{d}	6.15^{d}
	8	2.52^{c}	3.24^{b}	3.41^{c}	4.71^{c}	5.83^{b}	5.59^{a}
	10	2.43^{cd}	2.59^{a}	3.80^{cd}	4.63^{c}	5.08^{d}	5.60^{a}
	12	$_F2.37^{cd}$	$_E2.80^{d}$	$_D3.71^{b}$	$_C4.55^{da}$	$_B6.70^{a}$	$_A6.34^{cd}$

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างแป้งผสมต่างชนิดกัน

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในระหว่างเวลาการเก็บที่อุณหภูมิที่เก็บหนึ่งๆ

ตารางที่ 3.59: ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้จาก Spread-O-meter สำหรับอาหารหวาน

B	C	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)					
		ชนิดของอาหาร					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
B_1	0	$_A9.63^{d}$	$_B8.29^{i}$	$_C7.83^{cd}$	$_D7.21^{cd}$	$_E6.60^{d}$	$_F6.31^{c}$
	2	8.94^{e}	8.53^{h}	7.35^{f}	6.77^{f}	6.36^{f}	6.07^{d}
	4	10.14^{abc}	8.88^{f}	7.34^{f}	7.16^{d}	6.40^{f}	5.29^{h}
	6	9.95^{c}	9.12^{e}	7.93^{bc}	7.25^{c}	6.23^{g}	5.74^{f}
	8	9.53^{d}	8.75^{g}	7.59^{e}	6.86^{e}	6.56^{d}	6.39^{ab}
	10	10.25^{ab}	9.49^{ab}	7.89^{bc}	6.58^{g}	6.21^{g}	5.88^{e}
	12	$_A10.30^{ab}$	$_B9.58^{a}$	$_C7.92^{bc}$	$_D7.19^{cd}$	$_D7.26^{a}$	$_E6.39^{ab}$
B_2	0	$_A9.27^{d}$	$_B8.29^{i}$	$_C7.83^{cd}$	$_D7.21^{cd}$	$_E6.60^{d}$	$_F6.31^{c}$
	2	9.20^{e}	8.67^{h}	7.24^{f}	6.51^{g}	6.09^{h}	5.65^{g}
	4	9.69^{d}	9.31^{d}	7.79^{cde}	8.66^{a}	6.19^{g}	6.03^{d}
	6	9.20^{e}	8.94^{f}	7.87^{bc}	7.35^{b}	6.50^{e}	5.89^{e}
	8	10.23^{abc}	9.28^{d}	7.73^{d}	7.29^{c}	6.76^{b}	6.45^{a}
	10	10.02^{bc}	9.36^{cd}	8.44^{a}	7.21^{cd}	6.67^{c}	6.03^{d}
	12	$_A10.37^{a}$	$_B9.43^{bc}$	$_C8.00^{b}$	$_D7.34^{b}$	$_E5.84^{i}$	$_F6.33^{bc}$

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในระหว่างแป้งผสมต่างชนิดกัน

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในระหว่างเวลาการเก็บที่อุณหภูมิที่เก็บหนึ่งๆ

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านการแผ่กระจายของอาหารหวาน ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค14 และ ค15 และผลการทดลองตามตารางที่ 3.58 สำหรับความสูงจากการแผ่กระจายของอาหารหวาน และ ตารางที่ 3.59 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ได้จากการทดลองเดียวกันนี้ นำมาพิจารณาความแตกต่างเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ สำหรับอาหารหวาน ได้ผลในทำนองเดียวกันกับอาหารคาว คือ เวลา และ อุณหภูมิในการเก็บ ไม่มีผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงการแผ่กระจายของอาหารหวาน และ สัดส่วนที่ต่างกันของแป้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการแผ่กระจายอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่มากขึ้นจะมีผลถึงการแผ่กระจายที่มากขึ้นด้วยเหตุผลเดียวกันกับอาหารคาว

เมื่อเปรียบเทียบผลจากการติดตามความเปลี่ยนแปลงด้านการแผ่กระจาย กับผลจากการวัดความหนืด ซึ่งวิธีหลังสามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงของอาหารเมื่อเวลาเปลี่ยนไปได้ ส่วนการวัดการแผ่กระจายนั้นไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอาหารตามเวลา จะเห็นว่าวิธีการวัดการแผ่กระจายนี้ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บอาหารเด็กอ่อน ดังนั้นการใช้ Spread-O-meter จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้สังเกตการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษาของอาหารชนิดที่ศึกษา เพราะไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้

3.10.3 การแยกตัวของน้ำออกจากอาหาร โดยการ centrifuge สำหรับอาหารคาว และหวานได้ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของปริมาณน้ำที่แยกตัว แสดงในตารางที่ 3.60 และ 3.61 ตามลำดับ การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ ในภาคผนวก ค16 และ ค17 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.60 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่แยกออกจากการ Centrifuge สำหรับ อาหารคาว

B^1	C^2	น้ำที่แยกตัว (%)					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_A54.4^{de}$	$_B48.7^{de}$	$_C35.4^{bcd}$	$_D31.0^{b}$	$_D28.5^{fg}$	$_E4.7^{f}$
	2	55.7^{bcde}	53.1^{ab}	37.4^{abc}	34.0^{a}	21.3^{h}	17.6^{ab}
	4	55.6^{bcde}	48.0^{e}	35.4^{bcd}	32.2^{b}	30.4^{ef}	14.0^{bcde}
	6	57.8^{abcd}	49.3^{cde}	38.2^{ab}	31.2^{b}	27.3^{g}	15.2^{abc}
	8	58.9^{a}	52.2^{ab}	38.4^{ab}	31.6^{b}	32.0^{bcde}	15.0^{abcd}
	10	56.7^{ab}	53.0^{ab}	40.1^{a}	34.1^{a}	31.5^{cde}	13.1^{cd}
	12	$_A58.5^{ab}$	$_B51.8^{abc}$	$_C38.4^{ab}$	$_D35.3^{a}$	$_D34.3^{a}$	$_E11.5^{d}$
B_2	0	$_A54.4^{de}$	$_B48.7^{de}$	$_C35.4^{bcd}$	$_D31.0^{b}$	$_D28.5^{fg}$	$_E4.7^{f}$
	2	55.9^{abcd}	48.4^{de}	35.9^{bcd}	32.2^{b}	32.8^{abcd}	17.9^{a}
	4	55.7^{bcde}	53.8^{a}	33.4^{de}	27.5^{c}	32.7^{abcd}	11.3^{e}
	6	52.9^{e}	48.1^{de}	34.1^{cd}	28.9^{c}	30.1^{ef}	15.9^{abc}
	8	58.0^{abc}	50.7^{bcd}	35.9^{bcd}	31.2^{b}	30.8^{def}	10.8^{e}
	10	54.9^{cde}	51.6^{abc}	37.0^{abcd}	34.2^{a}	34.2^{ab}	15.9^{abc}
	12	$_A55.6^{bcde}$	$_B49.3^{cde}$	$_C30.7^{e}$	$_C30.4^{b}$	$_C33.2^{abc}$	$_D14.9^{abc}$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3.61 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่แยกออกจากการ Centrifuge สำหรับอาหารหวาน

B^1	C^2	น้ำที่แยกตัว (%)					
		ชนิดของอาหาร					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0	$_A68.3^{cd}$	$_B63.2^{e}$	$_B60.8^{d}$	$_C52.7^{d}$	$_C54.7^{f}$	$_D22.4^{d}$
	2	69.8^{bc}	63.7^{de}	64.9^{ab}	61.1^{ab}	57.9^{def}	48.2^{bc}
	4	69.3^{ab}	64.7^{cde}	61.2^{cd}	55.6^{cd}	56.7^{ef}	43.3^{c}
	6	71.2^{ab}	71.4^{a}	65.2^{ab}	60.0^{ab}	59.8^{bcde}	46.6^{bc}
	8	71.6^{ab}	69.6^{ab}	65.6^{a}	60.1^{ab}	61.7^{abcd}	50.0^{abc}
	10	70.0^{bc}	68.5^{abc}	61.4^{cd}	56.9^{c}	58.7^{cde}	48.6^{abc}
	12	$_A66.9^{d}$	$_{AB}64.9^{cde}$	$_B63.3^{abcd}$	$_C60.6^{ab}$	$_C60.9^{abcd}$	$_D49.0^{abc}$
B_2	0	$_A68.3^{cd}$	$_B63.2^{e}$	$_B60.8^{d}$	$_C52.7^{d}$	$_C54.7^{f}$	$_D22.4^{d}$
	2	73.3^{a}	67.6^{abcd}	64.1^{abc}	61.0^{ab}	63.6^{a}	56.9^{a}
	4	66.7^{d}	66.4^{bcde}	62.8^{abde}	60.3^{ab}	63.0^{ab}	54.0^{ab}
	6	70.1^{bc}	65.3^{cde}	62.0^{bcd}	58.2^{bc}	59.4^{bcde}	51.2^{abc}
	8	70.9^{ab}	67.1^{bcde}	65.1^{ab}	60.2^{ab}	62.3^{abc}	49.6^{abc}
	10	69.8^{bc}	64.2^{de}	63.5^{abcd}	60.3^{ab}	60.0^{abcd}	51.4^{abc}
	12	$_A71.4^{ab}$	$_A68.4^{abc}$	$_B63.2^{abcd}$	$_B61.7^{a}$	$_C49.1^{d}$	$_D52.3^{ab}$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้านการแยกตัวของน้ำจากการ centrifuge ของอาหารคาว ในภาคผนวก ค16 และผลการทดลองในตารางที่ 3.60 และผลวิเคราะห์ทางสถิติของอาหารหวานในภาคผนวก ค17 โดยมีผลการทดลองตามตารางที่ 3.61 พบว่าทุกปัจจัยมีผลต่อการแยกตัวของน้ำออกจากอาหารทั้งชนิดคาว และชนิดหวาน แต่เมื่อแยกพิจารณาเช่นเดียวกับการแผ่กระจาย พบว่า การเก็บอาหารที่อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 10 °ซ จะให้คุณภาพของอาหารที่ใกล้เคียงกัน สำหรับอาหารที่ผสมด้วยแป้งแต่ละชนิดนั้น A_1-A_8 เมื่อเปรียบเทียบแป้งชนิดหนึ่ง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ แล้ว พบว่าการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนเมื่อเวลาผ่านไป ไม่มีแนวโน้มที่จะมากขึ้นหรือน้อยลง สรุปได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวเป็นแป้งที่มี amylopectin อยู่มากไม่มีการเกิด retrogradation(24) รวมทั้งจะมีผลเจือจางปริมาณ amylose ในแป้งแปรสภาพ และขัดขวางการเกิดเจลของ amylose ในแป้งแปรสภาพด้วย (9) ส่วนชนิด A6 เริ่มพบความเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นค่าที่ได้ไม่มีแนวโน้มว่าจะมีน้ำแยกตัวเพิ่มขึ้นอีก การแยกตัวของน้ำที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องมาจากการเกิด retrogradation ของแป้งแปรสภาพแบบเชื่อมข้ามในอาหาร A_6 นั่นเอง

การเปรียบเทียบระหว่างชนิดแป้งที่ผสมพบว่าชนิดที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวล้วน (A_1) มีการแยกตัวของน้ำมากที่สุด ซึ่งเนื่องมาจากเมื่อ paste ของอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวได้รับความร้อนสูง ๆ จะทำให้โครงสร้างบางส่วนถูกทำลายไปไม่สามารถจับกับน้ำและอุ้มส่วนประกอบอื่น ๆ ไว้ได้ เป็นสาเหตุให้อาหารเหลวลงและมีน้ำแยกตัวออกมาในลักษณะตกตะกอน(9,24) สำหรับอาหารที่ผสมด้วยแป้งแปรสภาพจะเกิดretrogradation มีผลให้น้ำแยกตัวเช่นกัน แต่พบการแยกตัวน้อยกว่า เนื่องจากแป้งแปรสภาพแบบเชื่อมข้ามที่ใช้มีโครงสร้างของเม็ดแป้งที่แข็งแรง ดูดน้ำได้ช้า ในระหว่างการเก็บเม็ดแป้งยังมีการดูดน้ำเข้าไปอยู่ มีผลให้อาหารที่ผสมด้วยแป้งแปรสภาพมากขึ้นมีการแยกตัวของน้ำน้อยกว่าด้วย

จะเห็นว่าอาหารที่มีแป้งทั้งสองชนิดผสมกัน แป้งแปรสภาพช่วยไม่ให้ความหนืดเปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อได้รับความร้อน ในขณะที่แป้งข้าวเหนียวขัดขวางการเกิด retrogradation จะเห็นได้จากการทดลองในการวัดความหนืดว่าอาหารชนิด A_1-A_4 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก retrogradation ส่วนอาหารชนิด A_5 ยังมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแป้งที่ใช้มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวอยู่น้อย แต่ขณะเดียวกันก็ยังช่วยไม่ให้มีน้ำแยกตัวเพิ่มขึ้นในตัวอย่างนี้

3.10.4 ลักษณะปรากฏ พิจารณาโดยผู้ทำการทดลองคนเดียวกันตลอดระยะเวลาในการเก็บ สำหรับอาหารคาวแสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.62 อาหารหวานแสดงในตารางที่ 3.63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.62 : ลักษณะปรากฏของอาหารคาวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิที่เก็บ	เวลาในการเก็บ (สัปดาห์)	ลักษณะปรากฏของอาหารชนิดต่าง ๆ					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
ห้อง	0	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	++s
	4	++p	-	-	-	+s	++s
	6	++p	+p	-	-	+s	++s
	8	++p	+p	-	-	+s	++s
	10	++p	+p	-	-	+s	++s
	12	++p	+p	-	-	+s	++s
10 ซ	0	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	++s
	4	++p	-	-	-	+s	++s
	6	++p	+p	-	-	+s	++s
	8	++p	+p	-	-	+s	++s
	10	++p	+p	-	-	+s	++s
	12	++p	+p	-	-	+s	++s

- หมายถึง ไม่มีน้ำแยกตัวออกจากอาหาร

+ ที่มากขึ้น หมายถึง มีน้ำแยกออกมามากขึ้น

s หมายถึง มีการแยกตัวของน้ำแบบ Syneresis

p หมายถึง มีการแยกตัวของน้ำแบบตกตะกอน

ตารางที่ 3.63 : ลักษณะปรากฏของอาหารหวานที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิที่เก็บ	เวลาในการเก็บ (สัปดาห์)	ลักษณะปรากฏของอาหารชนิดต่าง ๆ					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
ห้อง	0	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	4	++p	-	-	-	-	-
	6	++p	-	-	-	-	-
	8*	++p	-	-	-	-	-
	10**	++p	-	-	-	-	-
	12***	++p	-	-	-	-	-
10 ซ	0	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-
	6*	+p	-	-	-	-	-
	8**	++p	-	-	-	-	-
	10***	++p	-	-	-	-	-
	12****	++p	-	-	-	-	-

- หมายถึง ไม่มีน้ำแยกตัวออกจากอาหาร

+ ที่มากขึ้น หมายถึง มีน้ำแยกออกมามากขึ้น

* ที่มากขึ้น หมายถึง สีที่คล้ำลง

s หมายถึง มีการแยกตัวของน้ำแบบ Syneresis

p หมายถึง มีการแยกตัวของน้ำแบบตกตะกอน

จากผลการทดลองในตารางที่ 3.62 พบการแยกตัวของน้ำจากอาหารคาว แบบ syneresis ที่เห็นได้ในอาหาร A_6 เมื่อเก็บไว้ 2 สัปดาห์ จากนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก ส่วน A_5 มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อผ่านไป 4 สัปดาห์ แล้วคงที่ และพบการตกตะกอนในชนิด A_1 และ A_2 ที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ ซึ่งก็เนื่องมาจากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 3.10.3

อาหารหวาน ซึ่งมีผลการทดลองตามตารางที่ 3.63 เนื่องจากมีน้ำตาลอยู่ในอาหารด้วยเป็นการช่วยลดลักษณะการแยกตัวที่อาจมองเห็นได้ ลงไป อย่างไรก็ดี ยังพบว่ามีการแยกตัวแบบตกตะกอนของอาหาร A_1 อยู่

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้นี้กับการแยกตัวจากการ centrifuge ซึ่งพบการแยกตัวในอาหารทุกชนิด และพบการเปลี่ยนแปลงในการแยกตัวได้ชัดเจน เป็นเพราะว่า ลักษณะที่ปรากฏนั้นเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของอาหารตามธรรมชาติ ส่วนการ centrifuge นั้น มีแรงเหวี่ยงมากระทำต่ออาหารซึ่งผลที่ได้บ่งบอกถึงการอุ้มน้ำของแป้งในอาหารด้วย

อย่างไรก็ดี จะเห็นว่าอาหารชนิดที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏนั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้ขวดแก้วเป็นภาชนะบรรจุได้ เพราะผู้บริโภคจะเห็นได้ทันทีว่าอาหารบรรจุขวดนี้มียังคุณภาพดีอยู่

3.10.5. การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้การทดสอบแบบ Hedonic test - 9 scales แผนการทดลองแบบRCBD ผู้ทดสอบ 12 คน ได้ผลการทดสอบ Hedonic ดังแสดงในตารางที่ 3.64 สำหรับอาหารคาว การทดลองวิเคราะห์ผลโดยทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติในภาคผนวก ค18-ค21 สำหรับอาหารหวานแสดงในตารางที่ 3.65 และภาคผนวก ค22-ค25 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.64 : ค่าเฉลี่ยของการยอมรับ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารคาว ซึ่งเก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้องและ 10 ซ เปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บ

ลักษณะ	อุณหภูมิและเวลาที่เก็บ*	คะแนนเฉลี่ยของอาหารชนิดต่าง ๆ					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
สี	B_0	$_{B}6.00^{a}$	$_{B}5.58^{a}$	$_{A}5.92^{a}$	$_{B}5.75^{a}$	$_{A}6.21^{a}$	$_{A}5.83^{a}$
	B_1	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}6.50^{a}$	$_{A}6.58^{a}$	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}6.58^{a}$	$_{A}6.33^{a}$
	B_2	$_{A}6.79^{a}$	$_{A}6.43^{a}$	$_{A}6.63^{a}$	$_{A}6.75^{a}$	$_{A}6.79^{a}$	$_{A}6.38^{a}$
กลิ่น	B_0	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}6.58^{a}$	$_{A}6.58^{a}$	$_{A}6.79^{a}$	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}7.00^{a}$
	B_1	$_{A}6.54^{a}$	$_{A}6.25^{a}$	$_{A}6.25^{a}$	$_{A}6.54^{a}$	$_{A}6.46^{a}$	$_{B}6.54^{a}$
	B_2	$_{A}6.54^{a}$	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}6.13^{a}$	$_{A}6.54^{a}$	$_{A}6.67^{a}$	$_{B}6.50^{a}$
ความข้นและการไหล	B_0	$_{A}4.00^{d}$	$_{A}4.75^{c}$	$_{A}5.88^{b}$	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}6.88^{a}$	$_{A}6.08^{b}$
	B_1	$_{A}3.92^{a}$	$_{A}4.79^{c}$	$_{A}6.13^{c}$	$_{A}6.75^{a}$	$_{B}6.42^{a b}$	$_{B}5.29^{c}$
	B_2	$_{A}4.29^{c}$	$_{A}4.71^{c}$	$_{A}6.29^{a}$	$_{A}6.88^{a}$	$_{B}6.88^{a}$	$_{B}5.08^{b}$
การยอมรับรวม	B_0	$_{A}4.71^{d}$	$_{A}4.75^{d}$	6.17^{c}	$_{A}6.63^{a}$	$_{A}6.50^{b}$	$_{A}6.13^{c}$
	B_1	$_{A}4.79^{d}$	$_{A}4.92^{d}$	6.38^{b}	$_{A}6.79^{a}$	$_{AB}6.13^{b}$	$_{B}5.50^{c}$
	B_2	$_{A}4.50^{d}$	$_{A}4.88^{d}$	$_{A}6.50^{d}$	$_{A}6.83^{a}$	$_{B}5.79^{c}$	$_{B}5.38^{c}$

* อุณหภูมิและเวลาที่เก็บ B0 เมื่อเริ่มต้นเก็บ

B1 เก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่อุณภูมิห้อง

B2 เก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 10 °ซ

ตัวอักษรเล็กเหมือนกันหมายความว่าไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% ระหว่างอาหารชนิดต่างๆในลักษณะหนึ่งๆ

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันหมายความว่าไม่มีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่เก็บ สำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ ในลักษณะหนึ่งๆ

ตารางที่ 3.65 : ค่าเฉลี่ยของการยอมรับ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารหวานซึ่งเก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้องและ 10 ซ เปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บ

ลักษณะ	อุณหภูมิและเวลาที่เก็บ*	คะแนนเฉลี่ยของอาหารชนิดต่าง ๆ					
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
สี	B_0	$_{A}5.88^{b}$	$_{A}6.08^{a}$	$_{A}6.08^{a}$	$_{A}6.46^{a}$	$_{A}6.46^{a}$	$_{A}6.29^{a}$
	B_1	$_{A}5.58^{a}$	$_{A}5.88^{a}$	$_{A}6.00^{a}$	$_{A}5.96^{a}$	$_{B}5.67^{a}$	$_{B}5.42^{a}$
	B_2	$_{A}5.30^{a}$	$_{A}5.51^{a}$	$_{A}5.83^{a}$	$_{A}5.75^{a}$	$_{B}5.42^{a}$	$_{B}5.05^{a}$
กลิ่น	B_0	$_{A}6.17^{c}$	$_{A}6.38^{b,c}$	$_{A}6.75^{b,c}$	$_{A}7.58^{a}$	$_{A}7.21^{a,b}$	$_{A}7.08^{a,b}$
	B_1	$_{A}6.58^{a}$	$_{A}6.83^{a}$	$_{A}6.83^{a}$	$_{A}7.38^{a}$	$_{A}7.04^{a}$	$_{A}6.83^{a}$
	B_2	$_{A}6.42^{a}$	$_{A}6.50^{a}$	$_{A}6.67^{a}$	$_{A}7.17^{a}$	$_{A}6.92^{a}$	$_{A}6.92^{a}$
ความข้นและการไหล	B_0	$_{A}5.88^{c}$	$_{A}5.92^{c}$	$_{A}6.50^{c}$	$_{A}7.08^{a}$	$_{A}7.46^{a,b}$	$_{A}6.75^{b,c}$
	B_1	$_{AB}5.54^{c}$	$_{A}5.88^{b,c}$	$_{A}6.25^{b}$	$_{A}7.17^{a}$	$_{B}6.79^{a}$	$_{B}5.96^{b,c}$
	B_2	$_{B}5.29^{d}$	$_{A}5.88^{c}$	$_{A}6.08^{c}$	$_{A}7.38^{a}$	$_{B}6.75^{b}$	$_{B}6.13^{c}$
การยอมรับรวม	B_0	$_{A}5.46^{a}$	$_{A}5.54^{a}$	$_{A}5.92^{a}$	$_{A}6.88^{a}$	$_{A}6.75^{a}$	$_{A}6.46^{a}$
	B_1	$_{A}5.17^{c}$	$_{A}5.54^{b,c}$	$_{A}5.98^{b,c}$	$_{A}6.96^{a}$	$_{A}6.04^{b}$	$_{B}5.83^{b,c}$
	B_2	$_{A}5.21^{c}$	$_{A}5.46^{b,c}$	$_{A}5.92^{b}$	$_{A}6.92^{a}$	$_{A}6.04^{b}$	$_{B}5.75^{b,c}$

* อุณหภูมิและเวลาที่เก็บ B0 เมื่อเริ่มต้นเก็บ
B1 เก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่อุณภูมิห้อง
B2 เก็บไว้นาน 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 10 °ซ

ตัวอักษรเล็กเหมือนกันหมายความว่าไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% ระหว่างอาหารชนิดต่างๆในลักษณะหนึ่งๆ

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันหมายความว่าไม่มีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่เก็บ สำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ ในลักษณะหนึ่งๆ

อาหารคาว

จากผลการทดลองตามตารางที่ 3.64 การทดสอบด้านสีและกลิ่น เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บ สรุปได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านการยอมรับด้านสี และ กลิ่น ในตัวอย่างที่พบการเปลี่ยนแปลงการยอมรับนั้นในด้านสีและกลิ่นนั้น อาจเนื่องมาจากตัวผู้ทดสอบมีความรู้สึกเปลี่ยนไป และพบว่าที่สภาวะการเก็บเดียวกันทุกตัวอย่างมีการยอมรับเท่ากัน

ด้านความข้นและการไหล ที่ทั้ง 3 สภาวะ คือ เมื่อเริ่มต้นการเก็บ และภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 10 °ซ พบว่าตัวอย่าง A_4 และ A_5 มีคะแนนการยอมรับในลักษณะนี้ สูง ใกล้เคียงกัน ตัวอย่าง A_3 , A_6 , A_2 และ A_1 มีคะแนนการยอมรับน้อยลงตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง A_5 และ A_6 มีการยอมรับด้านความข้นและการไหลน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน

ด้านการยอมรับรวม ส่วนใหญ่มีผลมาจากความข้นและการไหลตามน้ำหนักคะแนนที่ให้ในข้อ 3.9.2 ผลการทดลองจึงสรุปได้เช่นเดียวกัน แต่พบว่าตัวอย่าง A_1 และ A_2 มีการยอมรับรวมที่ไม่ต่างกัน และตัวอย่าง A_4 มีการยอมรับรวมสูงสุด มากกว่าตัวอย่างA_5 ซึ่งก็เนื่องจากลักษณะ paste ที่เหมาะสม ด้านความข้นซึ่งส่วนใหญ่น่าจะเป็นผลจากแป้งแปรสภาพ และลักษณะการไหลที่ดีของแป้งข้าวเหนียว

อาหารหวาน

ผลการทดลองตามตารางที่ 3.65 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสีซึ่งพบว่าส่วนใหญ่แล้วอาหารที่ผสมด้วยแป้งอัตราส่วนต่าง ๆ จะมีคะแนนการยอมรับด้านสีลดต่ำลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น โดยอาหารหวานซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีคะแนนการยอมรับน้อยกว่าอาหารซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 °ซ สอดคล้องกับลักษณะปรากฏในตารางที่ 3.63 ซึ่งพบว่าอาหารที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีสีเข้มขึ้นมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเกิด browning (39) ซึ่งได้เกิดขึ้นมาก่อนแล้วบางส่วนเมื่ออาหารผ่านการฆ่าเชื้อ และเมื่อเก็บไว้ ส่วนประกอบของอาหารหวาน คือ โปรตีนในนม และน้ำตาล ก็มีการเกิด browning ด้วย

ด้านกลิ่นไม่พบการเปลี่ยนแปลง และไม่มีกลิ่นโลหะ ไม่มีกลิ่นกระป๋อง เนื่องจากอาหารที่บรรจุเป็นอาหารที่มีค่าความเป็นกรดปานกลาง และกระป๋องที่ใช้ก็เป็นกระป๋องเคลือบแลคเกอร์สามารถป้องกันการกัดกร่อนที่เกิดจากอาหารได้

ด้านความข้นและการไหล พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่าง A_5 และ A_6 ซึ่งน่าจะเนื่องจาก retrogradation และการพองตัวของเม็ดแป้ง ส่วนความ

แตกต่างที่ปรากฏในตัวอย่าง A_1 นั้น อาจเป็นผลจากการตกตะกอนที่เห็นชัดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เพราะในอาหารหวานมีส่วนที่ทำให้เกิดตะกอนอยู่น้อยทำให้ไม่พบว่ามีการตกตะกอนในช่วงแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นจึงพบว่ามีการตกตะกอนเกิดขึ้นบ้าง และพบว่าตัวอย่าง A_4 มีคะแนนการยอมรับด้านความข้นและการไหลสูงสุด เช่นเดียวกับในอาหารคาว ซึ่งจากการยอมรับรวมก็ให้ผลการทดลองเป็นเช่นเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย