บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของเม็ดเลือดแดง ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของเม็ดเลือดแดง

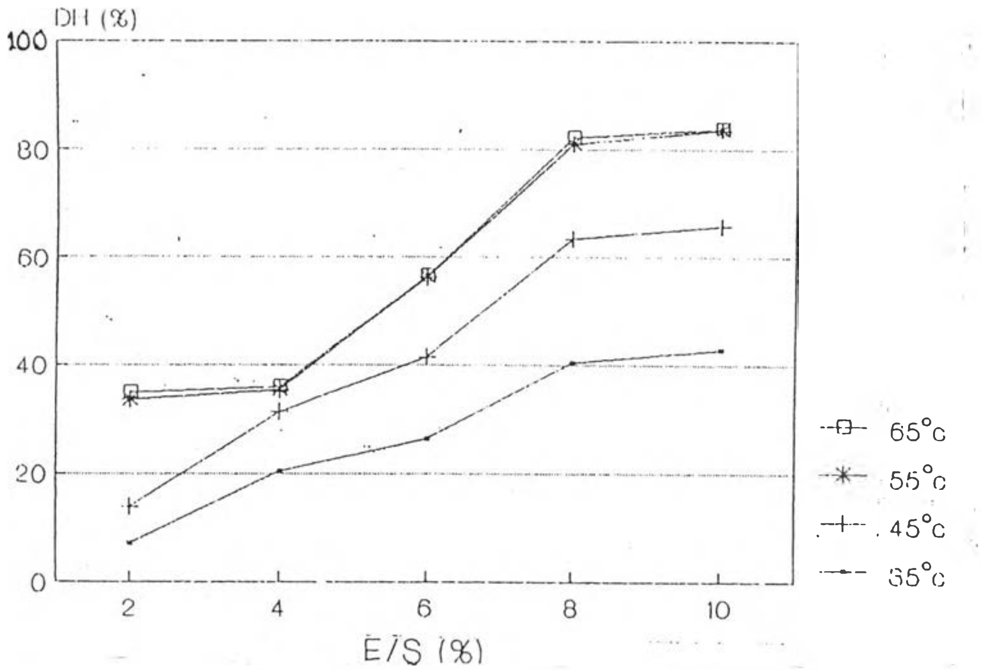
องค์ประกอบ		เม็ดเลือดแดงสุกร
ความชื้น	(% โดยน้ำหนัก)	63.06±2.52
โปรตีน	(% โดยน้ำหนัก)	34.26±1.69
ไขมัน	(% โดยน้ำหนัก)	0.33±0.10
เถ้า	(% โดยน้ำหนัก)	1.29±0.19
เหล็ก	(ppm)	1080±10.39
เกลือ(NaCl)	(% โดยน้ำหนัก)	0.45±0.09
สารอื่นๆ*	(% โดยน้ำหนัก)	1.03±0.15
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	(CFU/ml)	2.0×10^3
จำนวน coliform bacteria	(CFU/ml)	2.5×10^2
จำนวน Escherichia coli	(CFU/ml)	ตรวจไม่พบ

* คำนวณจากผลต่างของ 100% กับปริมาณองค์ประกอบอื่น

4.2 <u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงด้วยเอนไซม์</u>

4.2.1 ปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลาย

นำเม็ดเลือดแดงมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 300 % ปรับ pH เป็น 8.5 ด้วย sodium hydroxide เข้มข้น 4 M. จากนั้นเติมสารละลายเอนไซม์ Alcalase® ในอัตราส่วนปริมาณ E/S 2, 4, 6, 8 และ 10 %โดยน้ำหนัก ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65^{o}C เป็นเวลา 20 นาที ผลการวิเคราะห์ค่า DH ดังแสดงในตารางที่ 4.2-4.3 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DH กับปริมาณเอนไซม์ และ อุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อัตราการย่อยสลายโปรตีนในเม็ดเลือดแดงด้วยเอนไซม์ Alcalase® ที่ปริมาณ E/S ร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า DH ของเม็ดเลือดแดงที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ alcalase® ที่ปริมาณ E/S 2, 4, 6, 8, และ 10 %โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C

SOV	df	MS
%เอนไซม์ต่อซับเสตรท (A)	4	3504.004*
อุณหภูมิ (B)	3	2189.229*
AxB	12	61.547*
error	20	7.75

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 ค่า DH ของเม็ดเลือดแดงที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® ที่ปริมาณ E/S 2, 4, 6, 8 และ 10%โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C

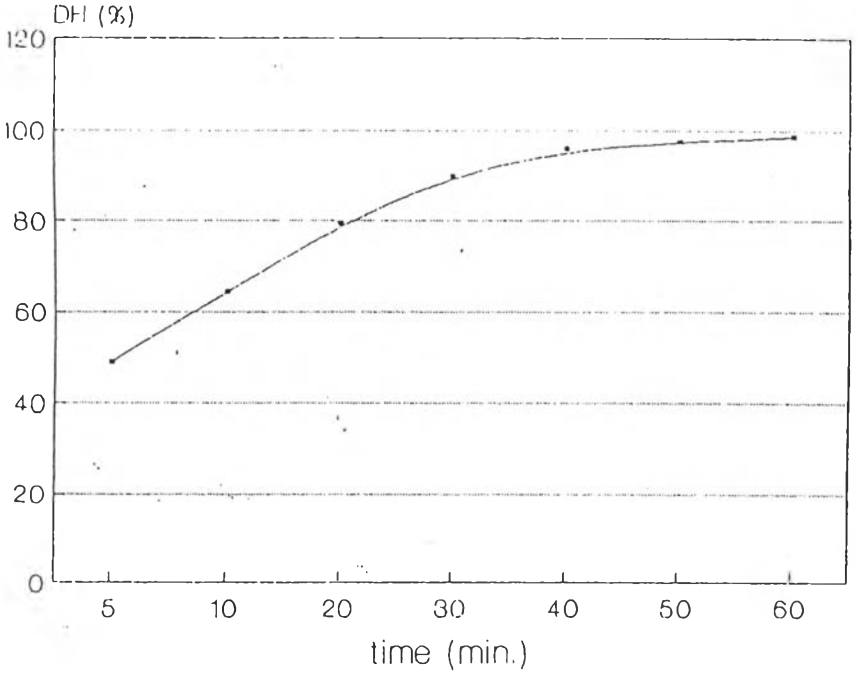
E/S(%)	อุณหภูมิ (°C)	ค่า DH เฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
2	35	7.01[j] ± 1.07
	45	13.80[i] ± 2.37
	55	33.57[ef] ± 3.01
	65	34.91[ef] ± 1.90
4	35	20.44[h] ± 1.82
	45	31.29[f] ± 3.08
	55	35.35[e] ± 1.69
	65	35.97[e] ± 2.59
6	35	26.41[g] ± 3.19
	45	41.48[d] ± 2.88
	55	56.28[c] ± 2.65
	65	56.51[c] ± 1.61
8	35	40.38[d] ± 2.50
	45	63.38[b] ± 0.68
	55	81.12[a] ± 2.86
	65	82.29[a] ± 2.33
10	35	42.76[d] ± 3.37
	45	65.78[b] ± 0.94
	55	83.56[a] ± 1.95
	65	83.93[a] ± 2.10

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณ E/S อุณหภูมิ และ อิทธิพลร่วมระหว่าง E/S กับอุณหภูมิ มีผลต่อค่า DH ของโปรตีนไฮโดรไลเซท อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DH ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ดังตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อใช้เอนไซม์ที่ E/S 8 และ 10 % ย่อยสลายโปรตีนในเม็ดเลือดแดงที่อุณหภูมิ 55 และ 65 ^{o}C เป็นเวลา 20 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า DH สูงสุด และไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) จึงเลือกปริมาณ E/S ที่ 8% โดยน้ำหนัก เนื่องจากใช้เอนไซม์น้อยกว่า และเลือกอุณหภูมิ 55 ^{o}C เพื่อประหยัดพลังงาน สำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

4.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์สมการ regression ของ DH กับเวลา

ปรับ pH ของเม็ดเลือดแดงที่เจือจางด้วยน้ำ 300 % เป็น 8.5 ด้วย sodium hydroxide เข้มข้น 4 M. ย่อยสลายโปรตีนในเม็ดเลือดแดงที่เจือจางแล้วด้วยเอนไซม์ alcalase^{R} ปริมาณ E/S 8 %โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 55^{o}C วัดค่า DH ของไฮโดรไลเซท ทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชม. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DH กับเวลา มีดังรูปที่ 4.2 และผลของเวลาต่อความแตกต่างของค่า DH แสดงในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของค่า DH และเวลาในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase®
ที่อุณหภูมิ 55°C วัดทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชม.

ตารางที่ 4.4 ค่า DH ของเม็ดเลือดแดงที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase®
ที่อุณหภูมิ 55°C วัดทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชม.

เวลา(นาที)	DH (%) ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
5	$49.04^{a} \pm 0.38$
10	$64.49^{b} \pm 1.21$
20	$79.31^{c} \pm 2.73$
30	$89.99^{d} \pm 0.73$
40	$96.02^{e} \pm 0.42$
50	$97.57^{ef} \pm 0.33$
60	$98.72^{f} \pm 0.14$

a,b,c,d,e,f ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

I17002849

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยหาความสัมพันธ์ สมการ regression ของ DH กับเวลา ที่เวลา 5, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ได้ความสัมพันธ์เป็น logarithmic regression ซึ่งมีค่า correlation (r^2) = 0.985 และมีนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่า a_1 (regression coefficient) ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (เวลา) และตัวแปรตาม (DH) พบว่ามีค่า +20.897 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกจริงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รูปแบบสมการมีดังนี้

$$y = 16.473 + 20.897 \ln x \,, \quad r^2 = 0.985$$

$$y = a_o + a_1 \ln x$$

a_o = ค่า y-intercept หรือ คือค่า y เมื่อ x = 0

a_1 = เป็นความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด y ซึ่งหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ y ต่อการเปลี่ยนแปลงของ x 1 หน่วย

4.3 <u>ศึกษาสมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH ที่กำหนด</u>

ปรับ pH ของเม็ดเลือดแดงที่เจือจางด้วยน้ำ 300 % เป็น 8.5 ด้วย sodium hydroxide เข้มข้น 4 M ย่อยสลายโปรตีนในเม็ดเลือดแดงด้วยเอนไซม์ Alcalase® ปริมาณ E/S 8 % โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 55°C ให้มีค่า DH สุดท้ายที่ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 ตามลำดับ โดยการย่อยสลายตามเวลาที่สรุปได้จากสมการในข้อ 4.2 ดังนี้; DH 50 ใช้เวลา 4 นาที 58 วินาที, DH 60 เวลาย่อยสลาย 8 นาที 2 วินาที, DH 70 เวลาย่อยสลาย 12 นาที 57 วินาที, DH 80 เวลาย่อยสลาย 20 นาที 54 วินาที, DH 90 เวลาย่อยสลาย 33 นาที 44 วินาที และ DH 100 เวลาย่อยสลาย 54 นาที 26 วินาที ผลการวิเคราะห์ค่า yield, protein recovery และ heme content recovery ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และผลการวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารเชื่อมในลูกชิ้นไก่ โดยวัดค่าแรงตัดขาด และ ค่า yield แสดงในตารางที่ 4.6

<u>ตารางที่ 4.5</u> ค่า yield, protein recovery และ heme content recovery ของไฮโดรไลเซท ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® ที่อุณหภูมิ 55°C E/S 8% โดยน้ำหนัก จนถึง DH 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 %

DH (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	yield(%)	protein recovery(%)	heme content recovery(%)
50	$97.35^{d} \pm 0.65$	$96.74^{d} \pm 0.19$	$39.56^{e} \pm 2.08$
60	$96.01^{d} \pm 0.82$	$95.02^{cd} \pm 1.63$	$41.46^{de} \pm 1.85$
70	$95.69^{d} \pm 1.26$	$93.38^{c} \pm 2.41$	$37.94^{d} \pm 1.75$
80	$91.48^{c} \pm 0.94$	$92.75^{bc} \pm 0.11$	$35.51^{c} \pm 0.90$
90	$85.77^{b} \pm 1.66$	$90.38^{b} \pm 0.25$	$17.34^{b} \pm 1.73$
100	$78.21^{a} \pm 1.07$	$87.38^{a} \pm 0.83$	$2.25^{a} \pm 0.28$

a,b,c,d,e ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ค่าแรงตัดขาด และการสูญเสียน้ำหนักหลังสุก ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท 3 %โดยน้ำหนัก เป็นสารเชื่อม ไฮโดรไลเซทได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase®, ที่อุณหภูมิ 55° E/S 8 %โดยน้ำหนัก จนถึงค่า DH 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 %

DH (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ค่าแรงตัดขาด (นิวตัน)	yield (%)
0	2.34[a] ± 0.19	95.67[a] ± 0.81
50	2.86[b] ± 0.08	97.28[a] ± 1.91
60	2.81[b] ± 0.16	95.66[a] ± 0.55
70	2.90[b] ± 0.17	95.18[a] ± 2.55
80	2.85[b] ± 0.12	95.76[a] ± 2.01
90	3.18[c] ± 0.01	96.68[a] ± 2.45
100	3.46[d] ± 0.08	98.68[a] ± 1.82

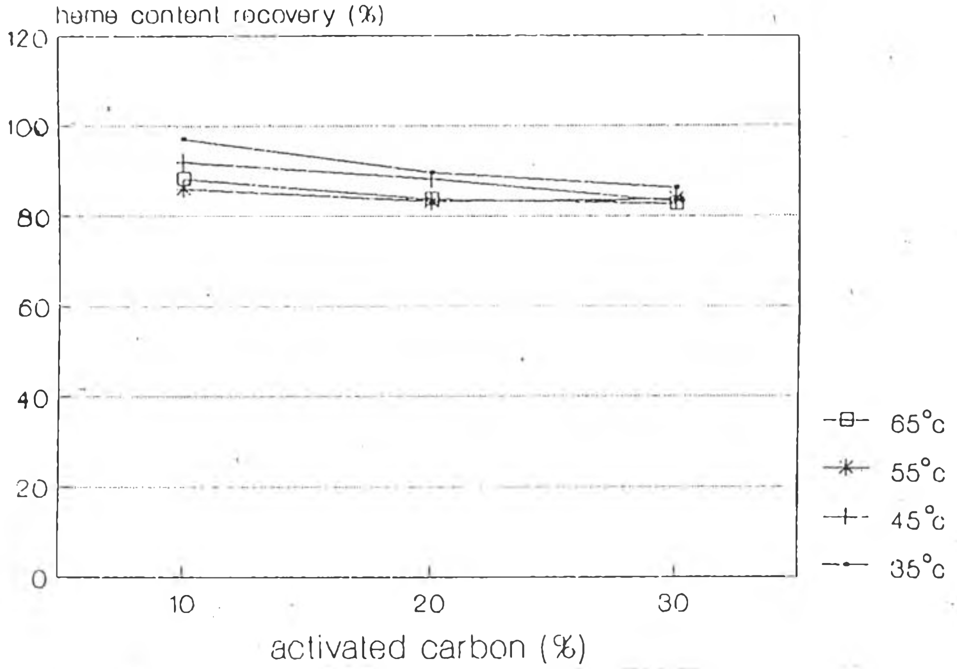
a,b,c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า DH ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ yield, protein recovery และ heme content recovery ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำไฮโดรไลเซทมาใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ พบว่า DH ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า แรงตัดขาดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลกับค่า yield เกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการคัดเลือก คือ ค่าแรงตัดขาด และ heme content recovery ดังนั้นจึงได้เลือกโปรตีนไฮโดรไลเซท ที่มีค่า DH 90 และ 100 เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

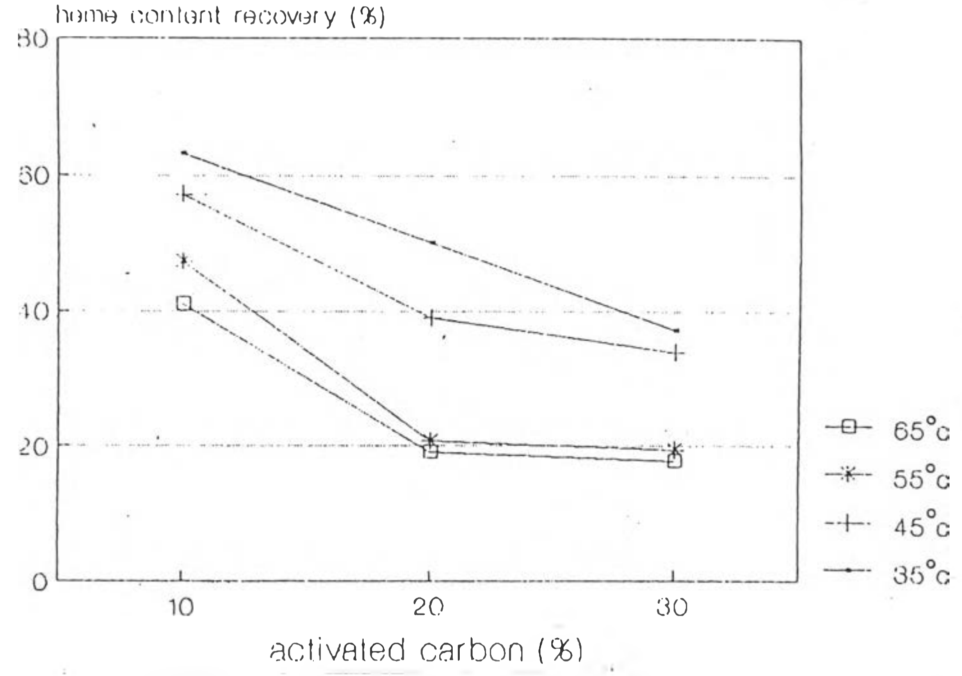
4.4 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีไฮโดรไลเซท

4.4.1 ปริมาณ activated carbon powder และอุณหภูมิ

กำจัดสีของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 90 และ 100 ด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10, 20 และ 30 % โดยน้ำหนักโปรตีน แปรอุณหภูมิขณะกำจัดสีเป็น 35, 45, 55 และ 65 ^{o}C กำหนดเวลาในการดูดซับ 60 นาที กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า protein recovery และค่า heme content recovery กับปริมาณเอนไซม์ และอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 4.3-4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ protein recovery และ heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่ผ่านการกำจัดสีแล้ว แสดงในตารางที่ 4.7-4.10



<u>รูปที่ 4.3</u> ค่า heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 90 หลังกำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10, 20 และ 30 %โดยน้ำหนักโปรตีน ที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C



<u>รูปที่ 4.4</u> ค่า heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 100 หลังกำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10, 20 และ 30 %โดยน้ำหนักโปรตีน ที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่า protein recovery และ heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 90 หลังกำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10,20 และ 30%โดยน้ำหนักโปรตีน ที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C

SOV	df	MS	
		protein recovery	heme content recovery
อุณหภูมิ (A)	3	1.10	36.554*
activated carbon powder (B)	2	0.02	63.982*
AxB	6	2.26	3.878*
error	12	1.80	1.634

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย protein recovery และ heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 90 หลังกำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10,20 และ 30%โดยน้ำหนักโปรตีน ที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65^{o}C

ปริมาณ activated carbon powder (% น้ำหนักโปรตีน)	อุณหภูมิ (^{o}C)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน protein recovery(%)	heme content recovery (%)
10	35	$99.12^{a} \pm 1.53$	$97.05^{a} \pm 1.05$
	45	$98.55^{a} \pm 1.95$	$92.08^{b} \pm 2.65$
	55	$99.25^{a} \pm 0.39$	$86.15^{cd} \pm 0.61$
	65	$101.10^{a} \pm 1.02$	$88.34^{cd} \pm 1.14$
20	35	$101.08^{a} \pm 0.69$	$89.75^{bc} \pm 0.07$
	45	$99.09^{a} \pm 0.99$	$88.35^{c} \pm 0.07$
	55	$98.56^{a} \pm 1.06$	$83.27^{ef} \pm 1.64$
	65	$99.32^{a} \pm 0.68$	$83.80^{ef} \pm 0.98$
30	35	$98.68^{a} \pm 1.73$	$86.31^{de} \pm 0.86$
	45	$99.26^{a} \pm 1.69$	$84.88^{e} \pm 1.68$
	55	$100.21^{a} \pm 1.14$	$83.80^{f} \pm 0.92$
	65	$99.52^{a} \pm 2.03$	$82.73^{f} \pm 1.28$

a,b,c,d,e,f ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณ activated carbon powder อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดสี และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ activated carbon powder กับอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อ protein recovery ของไฮโดรไลเซท ที่มีค่า DH 90 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่มีผลต่อ heme content recovery อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ heme content recovery พบว่า เมื่อใช้ activated carbon powder 20% และ 30% อุณหภูมิ 55°c และ 65°c ได้ไฮโดรไลเซทที่มีค่า heme content recovery ต่ำที่สุด และไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) จึงได้เลือกปริมาณ activated carbon powder 20% โดยน้ำหนักโปรตีน และอุณหภูมิ 55°C สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่า protein recovery และ heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 100 หลังกำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10,20 และ 30%โดยน้ำหนักโปรตีน ที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65°C

SOV	df	MS	
		protein recovery	heme content recovery
อุณหภูมิ (A)	3	20.656*	796.566*
activated carbon powder (B)	2	26.101*	1411.203*
AxB	6	9.622*	22.842*
error	12	0.847	0.847

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย protein recovery และ heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 100 หลังการจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 10,20 และ 30%โดยน้ำหนักโปรตีน ที่อุณหภูมิ 35, 45, 55 และ 65^{o}C

ปริมาณ activated carbon powder (% น้ำหนักโปรตีน)	อุณหภูมิ (^{o}c)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน protein recovery(%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน heme content recovery(%)
10	35	$97.55^{a} \pm 1.49$	$63.16^{a} \pm 1.32$
	45	$97.99^{a} \pm 0.49$	$57.20^{b} \pm 0.08$
	55	$99.04^{a} \pm 0.39$	$47.45^{d} \pm 2.10$
	65	$97.79^{a} \pm 0.93$	$41.06^{e} \pm 1.24$
20	35	$98.00^{a} \pm 0.86$	$50.12^{c} \pm 0.08$
	45	$98.11^{a} \pm 0.34$	$39.01^{f} \pm 0.17$
	55	$97.14^{a} \pm 0.17$	$20.70^{h} \pm 0.14$
	65	$92.94^{b} \pm 0.42$	$19.06^{hi} \pm 0.03$
30	35	$97.85^{a} \pm 1.27$	$37.26^{f} \pm 0.35$
	45	$97.51^{a} \pm 0.19$	$33.99^{g} \pm 1.29$
	55	$91.46^{b} \pm 1.42$	$19.36^{hi} \pm 0.68$
	65	$91.16^{b} \pm 1.39$	$17.69^{i} \pm 0.12$

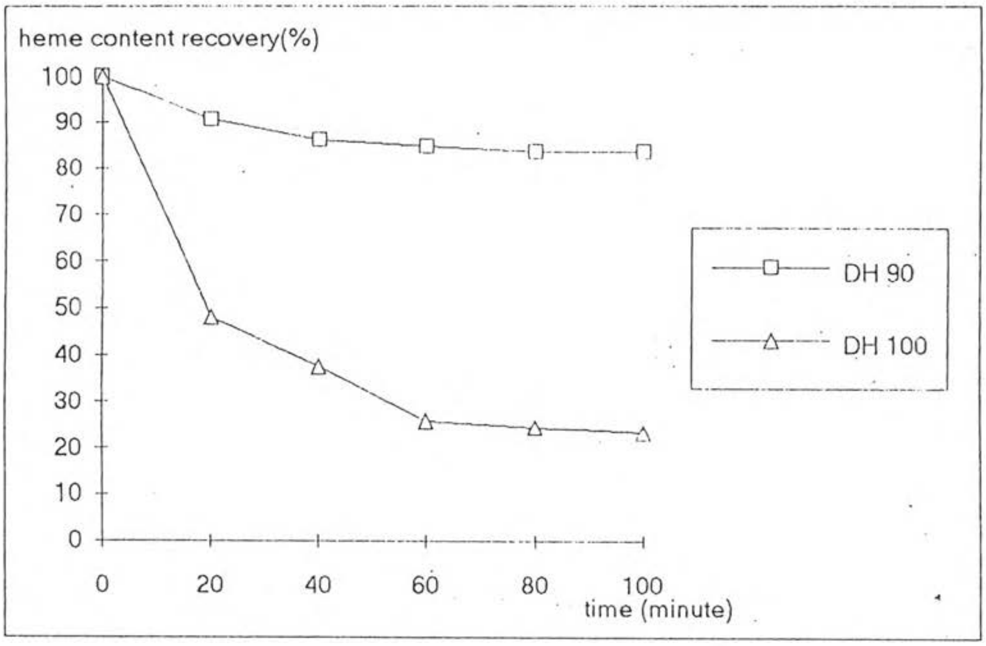
a,b,c,d,e,f,g,h,i ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า activated carbon powder อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดสี และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ activated carbon powder กับอุณหภูมิ มีผลต่อสี และ protein recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 100 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า activated carbon powder 20 และ 30%โดยน้ำหนักโปรตีน อุณหภูมิ 55 และ 65^{o}C มีค่า heme content recovery ต่ำที่สุด และไม่แตกต่างกัน($p \geq 0.05$) activated carbon powder 20%โดยน้ำหนักโปรตีน อุณหภูมิ 55^{o}c ให้ไฮโดรไลเซทที่มีค่า protein recovery สูงสุด ($p \leq 0.05$) จากภาวะดังกล่าวข้างต้น เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการคัดเลือกคือ ภาวะที่กำจัดสีได้มาก และมี protein recovery สูง จึงเลือก activated carbon powder 20%โดยน้ำหนักโปรตีน อุณหภูมิ 55^{o}C สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

4.4.2 เวลาที่ใช้ในการกำจัดสี

กำจัดสีของโปรตีนไฮโดรไลเซท ที่มีค่า DH 90 และ 100 โดยใช้ activated carbon powder 20% โดยน้ำหนักโปรตีน อุณหภูมิ 55^{o}C แปรเวลาในการดูดซับเป็น 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่าDH 90 และ 100 กับเวลา แสดงดังรูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ heme content recovery ของไฮโดรไลเซทมีค่า DH 90 และ 100 แสดงในตารางที่ 4.11



รูปที่ 4.5 ค่า heme content recovery ของไฮโดรไลเซท ที่ DH 90 และ 100 หลังกำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 20%โดยน้ำหนักโปรตีน อุณหภูมิ 55°C ที่เวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่ DH 90 และ 100 กำจัดสีด้วย activated carbon powder ปริมาณ 20%โดยน้ำหนักโปรตีน อุณหภูมิ 55^{o}C ที่เวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 นาที

เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย heme content recovery ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน DH 90	DH 100
0	100.00^{a} ± 0.06	100.00^{a} ± 0.08
20	90.66^{b} ± 1.26	48.10^{b} ± 0.51
40	86.27^{c} ± 1.08	37.53^{c} ± 1.10
60	84.78^{d} ± 0.95	25.79^{d} ± 1.43
80	83.65^{e} ± 1.03	24.47^{de} ± 1.02
100	83.60^{e} ± 1.11	23.28^{e} ± 0.68

a,b,c,d,e ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เวลาที่ใช้ในการกำจัดสี มีผลต่อค่า heme content recovery ของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 90 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า เมื่อกำจัดสีเป็นเวลา 80 และ 100 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่า heme content recovery ต่ำที่สุด และไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) จึงเลือกเวลา 80 นาที สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

4.4.3 สมบัติการเป็นสารเชื่อมและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

โปรตีนไฮโดรไลเซทที่กำจัดสีแล้วจากภาวะที่สรุปได้จาก 4.4.2 นำมาใช้เป็นสารเชื่อมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ ในปริมาณ 3 %โดยน้ำหนักเนื้อ เปรียบเทียบกับไฮโดรไลเซทที่ไม่ผ่านการกำจัดสี ผลการวัดค่าแรงตัดขาด แสดงในตารางที่ 4.12-4.14 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำ แสดงในตารางที่ 4.15-4.16

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท (DH 90 และ100) ที่ผ่าน และไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม

ชนิดของโปรตีนไฮโดรไลเซท	ค่าแรงตัดขาด(นิวตัน)เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
DH 90 ไม่กำจัดสี	$2.99^{a} \pm 0.01$
DH 90 กำจัดสี	$3.08^{a} \pm 0.02$
DH 100 ไม่กำจัดสี	$3.32^{b} \pm 0.02$
DH 100 กำจัดสี	$3.47^{b} \pm 0.09$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท(DH 90 และ 100)ที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม

SOV	df	MS
DH ของโปรตีนไฮโดรไลเซท (A)	1	0.192*
ภาวะกำจัดสี (B)	1	0.009
AxB	1	0.001
error	8	0.001

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเฉพาะค่า DH ของไฮโดรไลเซท มีผลต่อแรงตัดขาดของลูกชิ้นไก่ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จึงเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ค่าแรงตัดขาดของของไฮโดรไลเซทที่มีค่า DH 90 และ 100 ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท (DH 90 และ 100) ที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของ DH

DH (%)	ค่าแรงตัดขาด(นิวตัน)เฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
90	$3.035^{b} \pm 0.02$
100	$3.395^{a} \pm 0.07$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.15 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำ ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท(DH 90 และ 100)ที่ผ่าน และไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม

DH (%)	ภาวะกำจัดสี	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ
90	ไม่กำจัดสี	$5.67^{c} \pm 1.23$	$6.66^{b} \pm 1.23$	$7.25^{b} \pm 1.14$	$6.45^{a} \pm 1.56$	$6.33^{a} \pm 1.36$
	กำจัดสี	$5.75^{c} \pm 1.05$	$8.25^{a} \pm 1.36$	$8.00^{a} \pm 1.47$	$6.08^{a} \pm 1.50$	$6.75^{a} \pm 1.61$
100	ไม่กำจัดสี	$8.00^{b} \pm 1.04$	$7.75^{a} \pm 0.75$	$7.00^{b} \pm 1.77$	$6.79^{a} \pm 1.75$	$6.21^{a} \pm 1.53$
	กำจัดสี	$9.29^{a} \pm 0.45$	$8.50^{a} \pm 0.90$	$8.62^{a} \pm 0.71$	$6.66^{a} \pm 1.32$	$7.70^{a} \pm 0.92$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำ ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท(DH 90 และ 100)ที่ผ่านและไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม

SOV	df	MS				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ
DHของไฮโดรไลเซท(A)	1	103.546*	5.333*	0.421	2.520	2.083
ภาวะกำจัดสี(B)	1	5.672*	16.333*	16.920*	0.750	3.520
AxB	1	4.380*	2.083	2.296	0.185	1.021
panelist	11	1.255	1.402	2.456	2.327	1.989
error	33	0.889	1.185	1.054	2.327	1.879

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า DH ของไฮโดรไลเซท ปริมาณ activated carbon powder และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัย มีผลต่อคะแนนสีของลูกชิ้นไก่ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย จึงแยกวิเคราะห์คะแนนสี โดยพิจารณาทุกอิทธิพล ผลดังแสดงในตาราง 4.15 ส่วนคะแนนกลิ่นและรสชาติ แยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยที่มีนัยสำคัญแต่ละปัจจัย ผลแสดงในตาราง 4.17-4.18

ตารางที่ 4.17 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท(DH 90 และ 100)ที่ผ่าน และไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของ activated carbon

ภาวะในการกำจัดสี	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กลิ่น	รสชาติ
ไม่กำจัดสี	$7.20^{b}\pm1.12$	$7.13^{b}\pm1.04$
กำจัดสี	$8.38^{a}\pm1.22$	$8.31^{a}\pm1.26$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซท(DH 90 และ 100)ที่ผ่าน และไม่ผ่านการกำจัดสี เป็นสารเชื่อม เมื่อพิจารณาเฉพาะ DH ของไฮโดรไลเซท

DH (%)	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
90	$7.45^{b}\pm1.32$
100	$8.13^{a}\pm0.87$

a,b,....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่เติมโปรตีนไฮโดรไลเซท ที่มีค่า DH 100 และกำจัดสีด้วย activated carbon powder 20% น้ำหนักโปรตีน มีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี และแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์สูงสุด ($p \leq 0.05$) จึงเลือกภาวะดังกล่าวเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.5 ศึกษาภาวะในการทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซท

นำตัวอย่างโปรตีนไฮโดรไลเซท DH 100 ที่ผ่านการกำจัดสีด้วย activated carbon powder 20%โดยน้ำหนักโปรตีน มาทำแห้งด้วยวิธี spray drying ใช้อุณหภูมิลมเข้า 190°C อุณหภูมิลมออก 90°C ความดันลม 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อัตราการป้อน 300 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง หรือทำแห้งด้วยวิธี freeze drying ที่อุณหภูมิสุดท้าย shelf plate 35°C อุณหภูมิ condensor -30°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้วัดค่าสี, solid recovery, protien recovery องค์ประกอบทางเคมี จำนวนจุลินทรีย์ สมบัติของโปรตีนด้านการละลายน้ำ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.19-4.25 และรูปที่ 4.6 และนำไฮโดรไลเซทที่ได้มาใช้เป็นสารเชื่อมในลูกชิ้นไก่ในปริมาณ 3 % เปรียบเทียบค่าแรงตัดขาด และ yieldของผลิตภัณฑ์ที่ได้กับตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเชื่อม หรือใช้สารเชื่อม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.19 ค่า solid และ protein recoveries ของโปรตีนไฮโดรไลเซท DH 100 หลังกำจัดสีและทำแห้งโดยวิธี spray drying หรือ freeze drying เปรียบเทียบกับตัวอย่างเม็ดเลือดแดงปรับภาวะ ตัวอย่างหลังการย่อยสลาย และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการทำแห้ง

กระบวนการ	solid recovery(%)	protein recovery(%)
-เม็ดเลือดแดงปรับภาวะ*1	100.00	100.00
-หลังจากย่อยด้วยเอนไซม์และแยกตะกอนออก*2	77.75	67.63
-หลังจากกำจัดสีด้วยactivated carbon	70.24	58.93
-ทำแห้งด้วย freeze drier	66.79	48.31
-ทำแห้งด้วย spray drier	26.48	19.12

*1 เม็ดเลือดแดงที่เจือจางด้วยน้ำ 300% ปรับ pH เป็น 8.5 และเติมเอนไซม์เรียบร้อยแล้ว

*2 ไฮโดรไลเซทที่ได้จากการย่อยสลายและปั่นแยกตะกอนออกไป

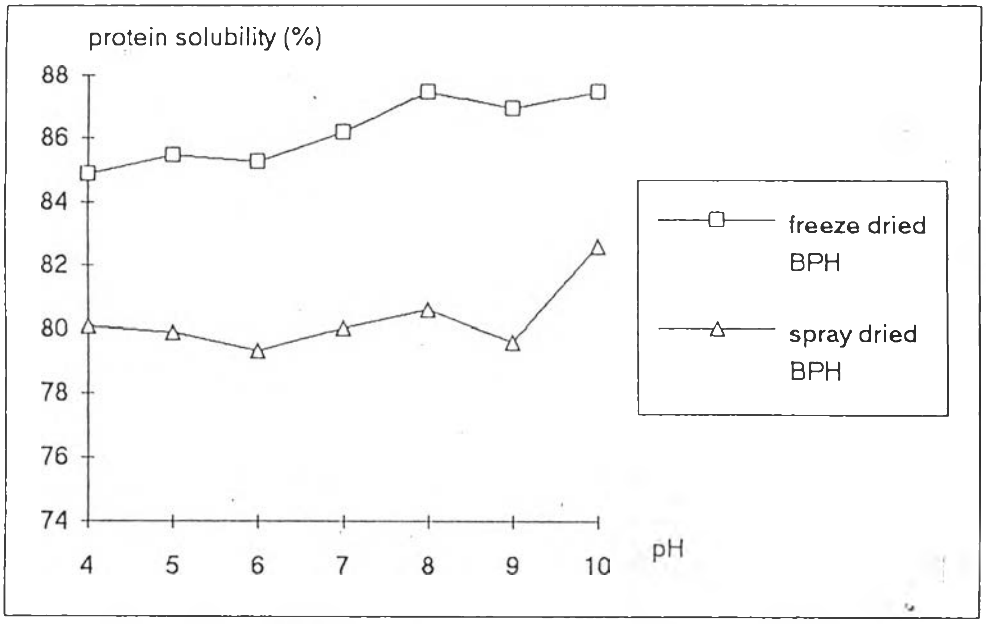
ตารางที่ 4.20 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซท DH 100 หลังกำจัดสี และทำแห้งด้วยวิธี spray drying หรือ freeze drying เปรียบเทียบกับเม็ดเลือดแดงที่ทำแห้งด้วยวิธี freeze drying

องค์ประกอบ (% โดยน้ำหนัก)	เม็ดเลือดแดง freeze drying	ไฮโดรไลเซท freeze drying	ไฮโดรไลเซท spray drying
ความชื้น (%โดยน้ำหนัก)	6.42	6.49	5.26
โปรตีน (%โดยน้ำหนัก)	89.42	81.68	81.37
ไขมัน (%โดยน้ำหนัก)	0.86	0.18	0.15
เถ้า (%โดยน้ำหนัก)	2.91	4.09	4.11
เกลือ (%โดยน้ำหนัก)	0.31	1.01	1.06
เหล็ก (%โดยน้ำหนัก)	0.11	0.0035	0.0036
สารอื่นๆ* (%โดยน้ำหนัก)	0.39	7.56	9.11

* คำนวณจากผลต่างของ 100% กับปริมาณองค์ประกอบอื่น

ตารางที่ 4.21 องค์ประกอบทางจุลินทรีย์ของโปรตีนไฮโดรไลเซท DH 100 หลังกำจัดสี และทำแห้งด้วยวิธี spray drying หรือ freeze drying เปรียบเทียบกับไฮโดรไลเซทสด

จำนวน	ไฮโดรไลเซทสด (CFU/ml)	ไฮโดรไลเซท freeze drying(CFU/g)	ไฮโดรไลเซท spray drying(CFU/g)
จุลินทรีย์ทั้งหมด	9.0×10^3	35.0×10^3	22.5×10^3
coliform bacteria	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
<u>Escherichia coli</u>	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ



รูปที่ 4.6 % การละลายของโปรตีนไฮโดรไลเซท DH 100 หลังกำจัดสีและทำแห้งด้วยวิธี spray drying หรือ freeze drying ที่ pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, และ 10

ตารางที่ 4.22 ค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลเซท DH 100 หลังกำจัดสี และ ทำแห้งด้วยวิธี spray drying หรือ freeze drying

ตัวอย่าง	ค่าสี			
	แดง	เหลือง	น้ำเงิน	brightness(%)
-โปรตีนไฮโดรไลเซท ทำแห้งด้วยวิธี freeze drying	1.2	2.4	1.2	55
-โปรตีนไฮโดรไลเซท ทำแห้งด้วยวิธี spray drying	0.8	1.3	0.8	55

ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย % การละลายของโปรตีนไฮโดรไลเซท spray dying หรือไฮโดรไลเซท freeze drying ที่ pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, และ 10

pH	% การละลายเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ไฮโดรไลเซท freeze drying	ไฮโดรไลเซท spray drying
pH 4	$84.89^{a} \pm 0.60$	$80.11^{b} \pm 2.26$
pH 5	$85.47^{a} \pm 1.59$	$79.89^{b} \pm 1.96$
pH 6	$85.24^{a} \pm 0.95$	$79.31^{b} \pm 2.08$
pH 7	$86.15^{a} \pm 1.16$	$80.02^{b} \pm 2.32$
pH 8	$87.45^{a} \pm 1.97$	$80.59^{b} \pm 1.82$
pH 9	$86.92^{a} \pm 2.05$	$79.58^{b} \pm 0.96$
pH 10	$87.45^{a} \pm 2.67$	$82.61^{b} \pm 0.66$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยแรงตัดขาดและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซททำแห้งด้วย freeze drying(FD-BPH), spray drying(SP-BPH),ไฮโดรไลเซทไม่ผ่านการทำแห้ง(F-BPH) และ ตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเชื่อม

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
ผลิตภัณฑ์	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ	แรงตัดขาด(นิวตัน)
ไม่ใช้สารเชื่อม	$8.70^{a}\pm0.67$	$8.40^{a}\pm1.07$	$6.20^{c}\pm1.23$	$7.60^{a}\pm1.07$	$2.10^{c}\pm0.20$
F-BPH	$8.20^{a}\pm0.79$	$8.00^{a}\pm0.94$	$8.40^{a}\pm0.84$	$7.80^{a}\pm1.03$	$3.75^{a}\pm0.59$
FD-BPH	$8.20^{a}\pm1.03$	$7.90^{a}\pm1.10$	$7.10^{b}\pm0.87$	$7.10^{a}\pm1.29$	$2.85^{b}\pm0.19$
SP-BPH	$8.20^{a}\pm0.79$	$8.00^{a}\pm0.94$	$7.40^{b}\pm0.52$	$7.60^{a}\pm1.03$	$2.72^{b}\pm0.22$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองพบว่า การทำแห้งด้วยวิธี freeze drying ให้ผลผลิตที่สูงกว่าวิธี spray drying เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า เม็ดเลือดแดงและโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ทำแห้งด้วยวิธี freeze drying มีความชื้นสูงกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วย spray drying เม็ดเลือดแดงที่ทำแห้งด้วย freeze drying มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ต่ำกว่า แต่มีเถ้า และเกลือสูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ทำแห้งทั้ง 2 วิธี เมื่อเปรียบเทียบสีของตัวอย่างที่ทำแห้งทั้ง 2 วิธีจากการวัดด้วยเครื่อง Lovibond Tintometer พบว่าไฮโดรไลเซทที่ทำแห้งด้วย freeze drying มีสีแดง เหลือง และน้ำเงินเข้มกว่า พวกที่ทำแห้งด้วยวิธี spray drying

จากการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้ มีการปนเปื้อนระหว่างการผลิตมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำมาทำแห้งแล้วจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง โดยตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธี spray drying มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า freeze drying

เมื่อพิจารณาเฉพาะ coliform แบคทีเรียพบว่ากระบวนการผลิตสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ชนิดนี้ได้เพราะตรวจไม่พบในโปรตีนไฮโดรไลเซท

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ สมบัติของโปรตีนด้านการละลายพบว่า ไฮโดรไลเซทที่ทำแห้งด้วยวิธี freeze drying ดีกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วย spray drying ในช่วง pH 4-10 อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนทางประสาทสัมผัส และความสามารถในการเป็นสารเชื่อม พบว่าตัวอย่างที่ใช้ไฮโดรไลเซทซึ่งทำแห้งแบบ freeze drying มีค่าแรงตัดขาด และคะแนนทางลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธี spray drying และตัวอย่างที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซททุกชนิดมีค่าแรงตัดขาด และคะแนนทางลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.6 เปรียบเทียบคุณภาพของลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทผง หรือโปรตีนชนิดอื่นเป็นสารเชื่อม

ผลิตลูกชิ้นไก่ใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตตามข้อ 3.3.2 ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทแห้งตัวอย่างที่ดีที่สุด ที่สรุปได้จากข้อ 3.6 เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 3 %โดยน้ำหนักเปรียบเทียบกับเมื่อใช้ไข่ขาวผง ISP และ sodium caseinate ในปริมาณเท่ากัน ค่าแรงตัดขาด และyieldของผลิตภัณฑ์มีดังแสดงในตารางที่ 4.25 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำ แสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.25 ค่าแรงตัดขาด และ yield ของลูกชิ้นไก่ ที่ใช้ไฮโดรไลเซทจากเม็ดเลือดแดงในปริมาณ 3%โดยน้ำหนัก เป็นสารเชื่อม เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้หรือใช้สารเชื่อมชนิดอื่น

ชนิดของสารเชื่อม ในลูกชิ้นไก่	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าแรงตัดขาด (นิวตัน)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน yield (%)
ไม่ใช้สารเชื่อม	$2.15^{e}\pm0.05$	$95.18^{c}\pm3.02$
ไข่ขาวผง	$2.30^{d}\pm0.07$	$102.51^{a}\pm2.67$
ไฮโดรไลเซท	$2.55^{c}\pm0.14$	$98.56^{b}\pm1.52$
ISP	$2.85^{b}\pm0.03$	$99.28^{b}\pm1.93$
caseinate	$3.36^{a}\pm0.11$	$99.19^{b}\pm3.33$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.26 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำ ของลูกชิ้นไก่ที่ใช้ไฮโดรไลเซทจากเม็ดเลือดแดงปริมาณ 3%โดยน้ำหนัก เป็นสารเชื่อม เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้หรือใช้สารเชื่อมชนิดอื่น

ชนิดของสารเชื่อม	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ
ไม่ใช้สารเชื่อม	$8.30^{ab}\pm1.33$	$8.30^{a}\pm1.42$	$8.50^{a}\pm1.17$	$5.50^{b}\pm1.84$	$6.20^{a}\pm2.01$
ไข่ขาวผง	$8.75^{a}\pm1.03$	$8.00^{a}\pm1.56$	$8.50^{a}\pm0.97$	$6.00^{b}\pm1.05$	$7.65^{a}\pm1.67$
ไฮโดรไลเซท	$7.90^{b}\pm0.87$	$7.40^{a}\pm1.57$	$7.40^{b}\pm1.17$	$6.40^{ab}\pm2.06$	$6.40^{a}\pm2.17$
ISP	$8.05^{b}\pm0.95$	$8.20^{a}\pm1.03$	$8.40^{a}\pm0.96$	$6.60^{ab}\pm0.96$	$6.15^{a}\pm2.05$
caseinate	$7.90^{b}\pm0.99$	$7.85^{a}\pm1.76$	$7.90^{ab}\pm1.45$	$7.66^{a}\pm1.80$	$7.30^{a}\pm1.70$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงตัดขาด และ yield ของลูกชิ้นไก่พบว่าตัวอย่างที่ใช้ caseinate เป็นสารเชื่อมมีค่าแรงตัดขาดสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ตัวอย่างที่ใช้ ISP ไฮโดรไลเซท ไข่ขาวผง และที่ไม่ใช้สารเชื่อมตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) และพบว่า yield ของตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวผงมีค่าสูงที่สุดโดยตัวอย่างที่ใช้ไฮโดรไลเซท ISP และ caseinate มีค่าไม่แตกต่างกัน($p \geq 0.05$) อย่างไรก็พบว่าตามตัวอย่างที่ใช้สารเชื่อมทั้งหมดให้ yield ที่สูงกว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเชื่อม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนทางประสาทสัมผัส พบว่าลูกชิ้นไก่ที่ใช้ caseinate ให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด โดยไม่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่ใช้ ไฮโดรไลเซท และ ISP และพบว่าตัวอย่างที่ใช้สารเชื่อมทั้งหมดยกเว้น caseinate มีคะแนนทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเชื่อม และพบว่าลูกชิ้นไก่ที่ใช้ไฮโดรไลเซทมีคะแนนด้านรสชาติที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้สารเชื่อมอื่นๆ และตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.7 ศึกษาอายุการเก็บของไฮโดรไลเซทผง

บรรจุโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธี spray drying ในถุง LDPE และ ถุง aluminium foil laminate ปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 30±1°C ระหว่างเก็บสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์มา วิเคราะห์ปริมาณความชื้น การละลาย และจำนวนจุลินทรีย์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.27-4.29

<u>ตารางที่ 4.27</u> ปริมาณความชื้นและการละลายของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่บรรจุในถุง LDPE และ aluminium foil laminate ที่ความดันบรรยากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 29-31^{o}C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	ชนิดภาชนะบรรจุ	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน ความชื้น(%)	การละลาย(%)
	aluminium foil laminate		
0		$3.80^{a}\pm0.35$	$85.86^{a}\pm2.89$
2		$3.89^{a}\pm0.57$	$86.52^{a}\pm3.15$
4		$3.82^{a}\pm0.95$	$87.10^{a}\pm1.92$
6		$3.90^{a}\pm0.80$	$86.79^{a}\pm3.01$
8		$3.86^{a}\pm0.52$	$86.64^{a}\pm1.88$
10		$3.84^{a}\pm0.29$	$87.01^{a}\pm1.21$
12		$3.86^{a}\pm0.73$	$86.99^{a}\pm2.38$
	LDPE		
0		$3.80^{c}\pm0.35$	$85.86^{a}\pm2.89$
4		$7.60^{b}\pm0.78$	$86.83^{a}\pm2.88$
6		$10.03^{ab}\pm0.93$	$83.91^{a}\pm2.93$
8		$12.25^{a}\pm0.72^{*}$	$75.68^{a}\pm3.72^{*}$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างมีลักษณะเยิ้มเหลว

ตารางที่ 4.28 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่บรรจุในถุง LDPE และ aluminium foil laminate ที่ความดันบรรยากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 29-31°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

เวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย log ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน ถุง aluminium foil laminate	ถุง LDPE^{ns}
0	$3.92^{ab} \pm 0.16$	$3.92^{a} \pm 0.16$
2	$3.86^{ab} \pm 0.12$	$3.96^{a} \pm 0.33$
4	$3.93^{a} \pm 0.29$	$3.81^{a} \pm 0.21$
6	$3.98^{a} \pm 0.11$	$3.90^{a} \pm 0.28^{*}$
8	$3.84^{ab} \pm 0.14$	-
10	$3.88^{ab} \pm 0.21$	-
12	$3.76^{b} \pm 0.15$	-

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ตัวอย่างมีลักษณะเยิ้มเหลว

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณความชื้น % การละลาย และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่บรรจุในถุง LDPE และ aluminium foil laminate ที่ความดันบรรยากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 29-31°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

SOV	ชนิดภาชนะบรรจุ	df	F
	aluminium foil laminate		
ปริมาณความชื้น		6	0.01
% การละลาย		6	0.06
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด		6	0.32
error		7	
	LDPE		
ปริมาณความชื้น		3	48.57*
% การละลาย		3	5.27
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด		3	0.12
error		4	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาอายุการเก็บของไฮโดรไลเซทผงพบว่า ถุง LDPE ไม่เหมาะสมที่จะนำมาบรรจุเนื่องจากมีค่า % ความชื้น สูงขึ้นรวดเร็วและสูงเกินกว่า 12 % ซึ่งเป็นมาตรฐานของ สมอ. หลังจากเก็บไว้ 8 สัปดาห์ และลักษณะปรากฏเยิ้มเหลวไม่เป็นที่ยอมรับ ขณะที่ตัวอย่างที่บรรจุในถุง aluminium foil laminate มีค่า % ความชื้น % การละลาย และค่าเฉลี่ย log ของจำนวนจุลินทรีย์ ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)หลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์