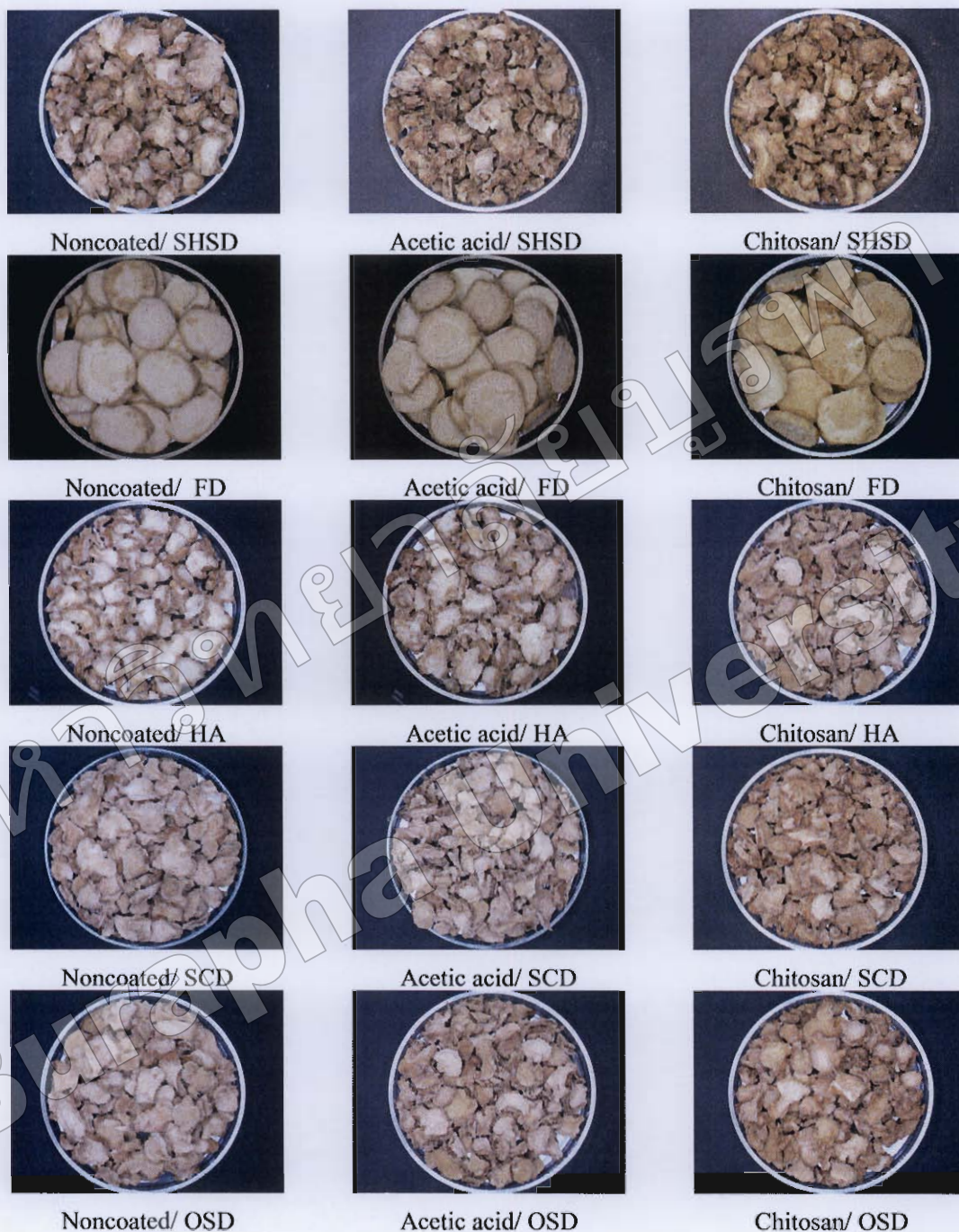




ภาพที่ 4-35 ผลิตภัณฑ์ขี้แห้ง ภายใต้การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

**หมายเหตุ SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด;

HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบล้างงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การทำแห้งด้วยการตากแดด Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว; Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก; Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน



ภาพที่ 4-36 ผลิตภัณฑ์ซ้ำแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

**หมายเหตุ SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด;

HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การทำแห้งด้วยการตากแดด Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว ; Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก ; Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน



ภาพที่ 4-37 ผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

**หมายเหตุ SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด;

HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD

หมายถึง การทำแห้งด้วยการตากแดด Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว; Acetic acid หมายถึง การ

เคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก; Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

ตารางที่ 4-50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	พืชวงศ์	F (p value)		
		การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
L*	ขิง	0.692 (0.508) ^{ns}	937.064 (0.000) *	5.102 (0.000) *
a*		6.639 (0.004) *	358.464 (0.000) *	2.411 (0.038) *
b*		0.253 (0.778) ^{ns}	10.912 (0.000) *	0.392 (0.916) ^{ns}
L*	ข่า	20.783 (0.000) *	41.766 (0.000) *	3.208 (0.009) *
a*		5.808 (0.007) *	35.274 (0.000) *	5.556 (0.000) *
b*		6.607 (0.004) *	9.666 (0.000) *	6.177 (0.000) *
L*	ขมิ้นชัน	2.557 (0.094) ^{ns}	123.071 (0.000) *	2.715 (0.022) *
a*		3.426 (0.046) *	21.371 (0.000) *	2.772 (0.020) *
b*		7.177 (0.003) *	99.463 (0.000) *	2.272 (0.049) *

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-51 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีค่า L* อยู่ในช่วง 36.45 ± 2.09 ถึง 77.39 ± 1.29 ค่า a* อยู่ในช่วง 0.98 ± 1.00 ถึง 11.87 ± 0.20 และค่า b* อยู่ในช่วง 22.26 ± 0.55 ถึง 33.63 ± 1.53 โดยการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการ ไม่เคลือบผิว และการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน มีผลให้ค่า L* สูงสุด (76.46 ± 1.30 และ 77.39 ± 1.29 ตามลำดับ) และ a* ต่ำสุด (1.78 ± 0.68 และ 1.30 ± 0.55 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยังคงร่วมกับการ ไม่เคลือบผิว การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก และการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน มีผลให้ค่า L* ต่ำสุด (38.96 ± 0.65 36.45 ± 2.09 และ 37.13 ± 1.78 ตามลำดับ) และค่า a* สูงสุด (11.38 ± 0.57 11.87 ± 0.20 และ 11.74 ± 0.36 ตามลำดับ) สำหรับผลของวิธีการทำแห้งต่อค่า b* ของผลิตภัณฑ์ขิง แสดงได้ดังตารางที่ 4-52 (ภาพที่ 4-38)

ตารางที่ 4-51 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง
แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ค่าสี		
			L*	a*	b* ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	38.96 $\pm$ 0.65 ^f	11.38 $\pm$ 0.57 ^a	24.30 $\pm$ 0.80
2		Acetic acid	36.45 $\pm$ 2.09 ^f	11.87 $\pm$ 0.20 ^a	22.72 $\pm$ 0.76
3		Chitosan	37.13 $\pm$ 1.78 ^f	11.74 $\pm$ 0.36 ^a	22.26 $\pm$ 0.55
4	FD	Noncoated	76.46 $\pm$ 1.30 ^a	1.78 $\pm$ 0.68 ^f	29.45 $\pm$ 6.19
5		Acetic acid	73.70 $\pm$ 0.81 ^{bc}	0.98 $\pm$ 1.00 ^f	28.64 $\pm$ 4.84
6		Chitosan	77.39 $\pm$ 1.29 ^a	1.30 $\pm$ 0.55 ^f	28.26 $\pm$ 3.83
7	HA	Noncoated	73.88 $\pm$ 0.46 ^b	2.95 $\pm$ 0.51 ^c	32.21 $\pm$ 1.03
8		Acetic acid	71.43 $\pm$ 1.47 ^{bcde}	3.76 $\pm$ 0.88 ^{de}	33.63 $\pm$ 1.53
9		Chitosan	68.67 $\pm$ 1.40 ^c	5.02 $\pm$ 0.64 ^{bc}	31.83 $\pm$ 1.01
10	SCD	Noncoated	68.71 $\pm$ 2.21 ^e	4.72 $\pm$ 0.45 ^{cd}	26.45 $\pm$ 4.11
11		Acetic acid	71.10 $\pm$ 1.44 ^{bcde}	5.03 $\pm$ 0.48 ^{bc}	27.28 $\pm$ 3.65
12		Chitosan	69.59 $\pm$ 0.91 ^{de}	6.05 $\pm$ 0.57 ^b	26.72 $\pm$ 2.77
13	OSD	Noncoated	68.96 $\pm$ 2.23 ^c	5.07 $\pm$ 0.33 ^{bc}	24.59 $\pm$ 1.39
14		Acetic acid	72.25 $\pm$ 2.21 ^{bcd}	4.57 $\pm$ 0.36 ^{cd}	28.00 $\pm$ 3.84
15		Chitosan	70.95 $\pm$ 0.98 ^{cde}	5.40 $\pm$ 0.87 ^{bc}	27.49 $\pm$ 3.28

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดขิง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

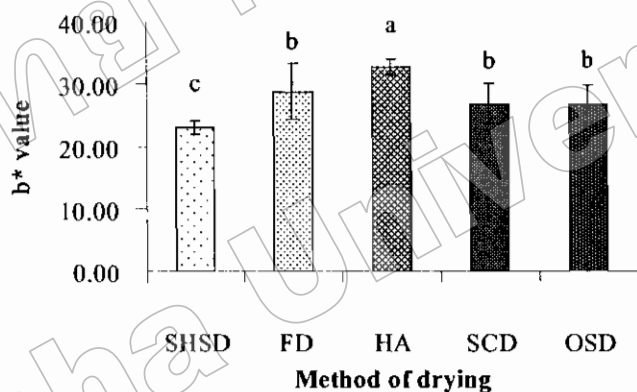
^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4-52 ผลของวิธีการทำแห้ง ต่อค่าสี b^* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ค่าสี b^*
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	23.09 ± 1.11^c
แบบระเหิด	28.79 ± 4.40^b
อากาศร้อน	32.56 ± 1.34^a
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	26.82 ± 3.10^b
ตากแดด	26.69 ± 3.06^b

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4-38 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อค่าสี b^* (b^* value) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน OSD หมายถึง ตากแดด)

จากภาพที่ 4-38 พบว่า การทำแห้งด้วยอากาศร้อนมีผลให้ค่า b^* สูงสุด (32.56 ± 1.34) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลให้ค่า b^* ต่ำสุด (23.09 ± 1.11) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-53 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีค่า L^* อยู่ในช่วง 45.60 ± 1.10 ถึง 79.99 ± 6.39 ค่า a^* อยู่ในช่วง 3.49 ± 2.68 ถึง 13.26 ± 0.90 และค่า b^* อยู่ในช่วง 17.13 ± 2.93 ถึง 27.54 ± 1.52 โดยการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการไมโครเวฟ มีผลให้ค่า L^* สูงสุด (79.99 ± 6.39)

a* และ b* ต่ำสุด (3.49±2.68 และ 17.13±2.93 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยังคงยิ่งร่วมกับ การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก มีผลให้ค่า L* ต่ำสุด (45.60±1.10) การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดดร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลให้ค่า a* สูงสุด (13.26±0.90 และ 13.05±1.05 ตามลำดับ) และการทำแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีผลให้ค่า b* สูงสุด (27.54±1.52) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 4-53 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ค่าสี		
			L*	a*	b*
1	SHSD	Noncoated	52.42±0.38 ^{fg}	12.04±0.61 ^{ab}	23.13±0.70 ^{bcd}
2		Acetic acid	45.60±1.10 ^h	11.63±0.73 ^{abc}	21.58±1.35 ^d
3		Chitosan	46.73±1.18 ^{gh}	11.61±0.39 ^{abc}	22.47±0.76 ^{cd}
4	FD	Noncoated	79.99±6.39 ^a	3.49±2.68 ^e	17.13±2.93 ^c
5		Acetic acid	70.35±4.12 ^b	6.31±1.96 ^d	21.98±2.07 ^d
6		Chitosan	59.30±4.55 ^{def}	10.40±0.95 ^{bc}	25.26±1.34 ^{abc}
7	HA	Noncoated	66.63±1.84 ^{bc}	10.85±1.67 ^{abc}	25.52±1.71 ^{ab}
8		Acetic acid	63.90±2.54 ^{bcd}	9.54±0.50 ^c	23.89±1.38 ^{bcd}
9		Chitosan	58.17±1.89 ^{def}	12.20±0.78 ^{ab}	27.54±1.52 ^a
10	SCD	Noncoated	60.09±2.33 ^{cde}	13.26±0.90 ^a	24.19±0.66 ^{bcd}
11		Acetic acid	55.58±3.04 ^{cf}	12.23±0.40 ^{ab}	21.92±0.77 ^d
12		Chitosan	56.68±5.54 ^{cf}	12.51±1.26 ^{ab}	23.11±2.02 ^{bcd}
13	OSD	Noncoated	60.60±3.83 ^{cde}	13.05±1.05 ^a	24.47±0.10 ^{bcd}
14		Acetic acid	54.84±3.94 ^{cf}	12.37±1.39 ^{ab}	22.02±1.19 ^d
15		Chitosan	56.29±5.97 ^{cf}	12.33±0.89 ^{ab}	22.75±1.62 ^{bcd}

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยังคง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบประเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง ตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-54 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ค่าสี		
			L*	a*	b*
1	SHSD	Noncoated	45.85 $\pm$ 1.34 ^f	24.67 $\pm$ 0.86 ^{dc}	48.30 $\pm$ 3.35 ^f
2		Acetic acid	41.43 $\pm$ 0.87 ^g	22.31 $\pm$ 1.29 ^{cf}	39.48 $\pm$ 2.47 ^g
3		Chitosan	39.53 $\pm$ 0.72 ^g	20.97 $\pm$ 1.57 ^f	36.30 $\pm$ 0.51 ^g
4	FD	Noncoated	64.28 $\pm$ 0.55 ^a	24.96 $\pm$ 0.55 ^{cd}	69.53 $\pm$ 4.15 ^a
5		Acetic acid	62.82 $\pm$ 1.02 ^{ab}	27.47 $\pm$ 1.23 ^{ab}	71.18 $\pm$ 3.07 ^a
6		Chitosan	60.54 $\pm$ 0.75 ^b	27.67 $\pm$ 0.89 ^{ab}	68.90 $\pm$ 1.79 ^a
7	HA	Noncoated	52.93 $\pm$ 1.10 ^{cd}	27.25 $\pm$ 1.93 ^{abc}	59.99 $\pm$ 2.20 ^{bc}
8		Acetic acid	54.09 $\pm$ 1.01 ^{cd}	28.85 $\pm$ 1.84 ^a	62.12 $\pm$ 1.32 ^b
9		Chitosan	55.42 $\pm$ 5.98 ^c	27.84 $\pm$ 1.89 ^{ab}	58.40 $\pm$ 0.53 ^{bcd}
10	SCD	Noncoated	48.02 $\pm$ 0.64 ^{cf}	24.47 $\pm$ 1.31 ^{de}	53.63 $\pm$ 2.22 ^{cf}
11		Acetic acid	50.43 $\pm$ 2.33 ^{dc}	25.47 $\pm$ 1.19 ^{bcd}	55.84 $\pm$ 4.84 ^{cde}
12		Chitosan	48.63 $\pm$ 2.27 ^{cf}	23.42 $\pm$ 0.64 ^{dc}	51.58 $\pm$ 5.15 ^{cf}
13	OSD	Noncoated	49.10 $\pm$ 1.04 ^{cf}	24.92 $\pm$ 1.22 ^{cd}	54.61 $\pm$ 2.59 ^{cde}
14		Acetic acid	50.58 $\pm$ 1.40 ^{de}	25.61 $\pm$ 1.78 ^{bcd}	55.60 $\pm$ 2.87 ^{cde}
15		Chitosan	48.44 $\pm$ 2.16 ^{cf}	23.37 $\pm$ 0.98 ^{dc}	51.26 $\pm$ 4.81 ^{cf}

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยั้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noneoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-54 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีค่า L* อยู่ในช่วง 39.53 $\pm$ 0.72 ถึง 64.28 $\pm$ 0.55 ค่า a* อยู่ในช่วง 20.97 $\pm$ 1.57 ถึง 28.85 $\pm$ 1.84 และค่า b* อยู่ในช่วง 36.30 $\pm$ 0.51 ถึง

71.18±3.07 โดยการทำให้แบบประเหิดร่วมกับการไม่เคลือบผิว มีผลให้ค่า L^* สูงสุด (64.28±0.55) การทำให้ด้วยอากาศร้อนร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก มีผลให้ a^* สูงสุด (28.85±1.84) และการทำให้แบบประเหิดร่วมกับการไม่เคลือบผิว การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก และการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน มีผลให้ค่า b^* สูงสุด (69.53±4.15 71.18±3.07 และ 68.90±1.79 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การทำให้ด้วยไอน้ำร้อนขุดยั้งร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีผลให้ค่า L^* ต่ำสุด (41.43±0.87 และ 39.53±0.72 ตามลำดับ) a^* ต่ำสุด (22.31±1.29 และ 20.97±1.57 ตามลำดับ) และ b^* ต่ำสุด (39.48±2.47 และ 36.30±0.51ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เถ้า (Ash)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำให้แห้งต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-55 (ตารางภาคผนวก ก-45 ถึงภาคผนวกที่ ก-47)

ตารางที่ 4-55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำให้แห้งต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำให้แห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำให้แห้ง
ขิงแห้ง	133.622 (0.000) *	8.442 (0.000) *	3.014 (0.013) *
ข่าแห้ง	90.371 (0.000) *	8.380 (0.000) *	2.318 (0.046) *
ขมิ้นชันแห้ง	1.953 (0.160) ^{ns}	0.558 (0.695) ^{ns}	0.134 (0.997) ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-55 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำให้แห้งมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขิง และข่าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การเคลือบผิวและวิธีการทำให้แห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำให้แห้งต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-56

ตารางที่ 4-56 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อค่าปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และ
ขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การ ทดลองที่	วิธีการ ทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ปริมาณเถ้า(ร้อยละ)		
			ขิง	ข่า	ขมิ้นชัน ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	5.48 $\pm$ 0.40 ^c	11.04 $\pm$ 0.24 ^g	6.20 $\pm$ 1.71
2		Acetic acid	7.08 $\pm$ 0.71 ^d	13.40 $\pm$ 0.77 ^{cf}	7.19 $\pm$ 2.75
3		Chitosan	7.72 $\pm$ 0.48 ^{bcd}	16.45 $\pm$ 1.03 ^{ab}	7.80 $\pm$ 2.76
4	FD	Noncoated	5.60 $\pm$ 0.22 ^c	12.14 $\pm$ 0.78 ^{fg}	6.54 $\pm$ 2.31
5		Acetic acid	8.59 $\pm$ 0.53 ^b	16.83 $\pm$ 0.99 ^a	8.51 $\pm$ 2.76
6		Chitosan	8.93 $\pm$ 0.70 ^a	17.30 $\pm$ 0.67 ^a	8.81 $\pm$ 2.64
7	HA	Noncoated	5.07 $\pm$ 0.28 ^c	11.77 $\pm$ 0.78 ^g	5.83 $\pm$ 2.28
8		Acetic acid	7.82 $\pm$ 0.44 ^{bcd}	14.13 $\pm$ 1.17 ^{de}	6.54 $\pm$ 2.60
9		Chitosan	6.94 $\pm$ 0.69 ^d	14.51 $\pm$ 1.22 ^{cde}	7.00 $\pm$ 2.57
10	SCD	Noncoated	5.74 $\pm$ 0.42 ^c	11.57 $\pm$ 0.20 ^g	6.23 $\pm$ 2.39
11		Acetic acid	8.57 $\pm$ 0.39 ^{ab}	13.93 $\pm$ 1.60 ^{cde}	5.87 $\pm$ 0.82
12		Chitosan	7.56 $\pm$ 0.19 ^{cd}	14.93 $\pm$ 0.70 ^{bde}	7.99 $\pm$ 2.15
13	OSD	Noncoated	5.69 $\pm$ 0.36 ^c	12.01 $\pm$ 0.77 ^{fg}	6.33 $\pm$ 2.30
14		Acetic acid	8.07 $\pm$ 0.50 ^{abc}	15.04 $\pm$ 0.29 ^{bcd}	7.73 $\pm$ 2.38
15		Chitosan	8.57 $\pm$ 0.46 ^{ab}	16.06 $\pm$ 0.58 ^{abc}	8.05 $\pm$ 2.30

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-56 พบว่า ผลผลิตกษัตริ์จึงแห้งมีปริมาณเฝ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 5.07±0.28 ถึง 8.93±0.70 ผลผลิตกษัตริ์ข้าแห้งมีปริมาณเฝ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 11.04±0.24 ถึง 17.30±0.67 และ ผลผลิตกษัตริ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณเฝ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 5.83±2.28 ถึง 8.81±2.64 โดยการทำแห้งแบบ ระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโดซานมีผลปริมาณเฝ้าของผลผลิตกษัตริ์จึง และข้าแห้งสูงสุด (ร้อยละ 8.93±0.70 และ 17.30±0.67 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่การทำแห้ง ด้วยไอน้ำร้อนขุดยิ่ง การทำแห้งแบบระเหิด การทำแห้งด้วยอากาศร้อน การทำแห้งด้วยตู้อบ พลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดด ร่วมกับการไม่เคลือบผิว มีผลให้ปริมาณเฝ้าของผลผลิตกษัตริ์จึง (ร้อยละ 5.48±0.40 5.60±0.22 5.07±0.28 5.74±0.42 และ 5.69±0.36 ตามลำดับ) และข้าแห้ง (ร้อยละ 11.04±0.24 12.14±0.78 11.77±0.78 11.57±0.20 และ 12.01±0.77 ตามลำดับ) ต่ำสุด อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

เฝ้าที่ไม่ละลายในกรด (Ash insoluble in acid)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเฝ้าที่ ไม่ละลายในกรดของผลผลิตกษัตริ์จึง ข้า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐาน แห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-57 (ตารางภาคผนวก จ-48 ถึงภาคผนวกที่ จ-50)

ตารางที่ 4-57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเฝ้าที่ ไม่ละลายในกรดของผลผลิตกษัตริ์จึง ข้า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
จึงแห้ง	6.993 (0.003) *	0.696 (0.600) ^{ns}	0.695 (0.693) ^{ns}
ข้าแห้ง	343.404 (0.000) *	12.579 (0.000) *	2.584 (0.028) *
ขมิ้นชันแห้ง	0.057 (0.945) ^{ns}	0.061 (0.993) ^{ns}	0.164 (0.994) ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)
^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≥ 0.05)

จากตารางที่ 4-57 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณ เฝ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลผลิตกษัตริ์ข้าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่การ เคลือบผิวและวิธีการทำแห้ง ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณเฝ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลผลิตกษัตริ์จึง และขมิ้นชันแห้ง (p≥0.05) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว พบว่า การเคลือบผิวมีผลต่อปริมาณ

เห็ดที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์จึงแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเห็ดที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-58

ตารางที่ 4-58 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเห็ดที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้งแสดงในรูปค่าเฉลี่ย+ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ปริมาณเห็ดที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละ)		
			จึง ^{ns}	ขำ	ขมิ้นชัน ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	0.23±0.07	2.45±0.20 ^{ab}	0.14±0.08
2		Acetic acid	0.09±0.06	1.40±0.04 ^{cf}	0.13±0.07
3		Chitosan	0.10±0.08	1.66±0.14 ^d	0.16±0.09
4	FD	Noncoated	0.17±0.07	2.11±0.05 ^c	0.13±0.10
5		Acetic acid	0.08±0.06	0.97±0.09 ^b	0.12±0.08
6		Chitosan	0.04±0.05	1.20±0.12 ^{fgh}	0.11±0.10
7	HA	Noncoated	0.16±0.09	2.48±0.20 ^{ab}	0.11±0.10
8		Acetic acid	0.18±0.20	1.36±0.13 ^{cf}	0.16±0.11
9		Chitosan	0.05±0.04	1.43±0.12 ^{def}	0.13±0.08
10	SCD	Noncoated	0.17±0.09	2.66±0.18 ^a	0.15±0.10
11		Acetic acid	0.13±0.03	1.05±0.04 ^{gh}	0.14±0.09
12		Chitosan	0.09±0.07	1.58±0.13 ^{de}	0.11±0.08
13	OSD	Noncoated	0.22±0.05	2.39±0.05 ^b	0.16±0.14
14		Acetic acid	0.11±0.01	1.22±0.16 ^{fe}	0.11±0.10
15		Chitosan	0.14±0.04	1.41±0.18 ^{ef}	0.13±0.01

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

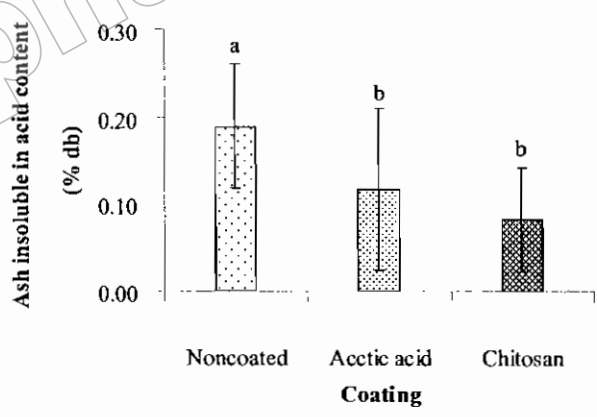
^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-58 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.04±0.05 ถึง 0.23±0.07 ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.97±0.09 ถึง 2.66±0.18 และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.11±0.10 ถึง 0.16±0.14 โดยการทำแห้งแบบระเหิดการทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง สูงสุด (ร้อยละ 2.66±0.18) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การทำแห้งแบบระเหิด ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก มีผลให้ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งต่ำสุด (ร้อยละ 0.97±0.09) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับผลของการเคลือบผิวต่อปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ขิง แสดงได้ดังตารางที่ 4-59 (ภาพที่ 4-39)

ตารางที่ 4-59 ผลของการเคลือบผิว ต่อปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเคลือบผิว	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละ)
ไม่เคลือบผิว	0.19±0.07 ^a
กรดอะซิติก	0.12±0.09 ^b
ไคโตซาน	0.08±0.06 ^b

a, b, c, ... หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4-39 ผลของการเคลือบผิว (Coating) ต่อปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Ash insoluble in acid content) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน)

จากตารางที่ 4-59 (ภาพที่ 4-39) พบว่า การไม่เคลือบผิวมีผลให้ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การเคลือบผิวด้วยโคโคซานมีผลให้ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-60 (ตารางภาคผนวก ก-51 ถึงภาคผนวกที่ ก-53)

ตารางที่ 4-60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
ขิงแห้ง	0.067 (0.936) ^{ns}	9.752 (0.000) *	0.317 (0.953) ^{ns}
ข่าแห้ง	0.001 (0.999) ^{ns}	95.671 (0.000) *	0.397 (0.914) ^{ns}
ขมิ้นชันแห้ง	4.862 (0.015) *	6.825 (0.000) *	2.348 (0.043) *

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-60 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิง และข่าแห้ง ($p\geq0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว พบว่า วิธีการทำแห้งมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิง และข่าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-61

ตารางที่ 4-61 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์
ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การ ทดลองที่	วิธีการ ทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ร้อยละ)		
			ขิง ^{ns}	ข่า ^{ns}	ขมิ้นชัน
1	SHSD	Noncoated	1.25±0.00	0.33±0.14	6.66±0.77 ^{bcdef}
2		Acetic acid	1.25±0.00	0.58±0.29	6.92±0.38 ^{abcde}
3		Chitosan	1.17±0.14	0.50±0.25	6.66±0.76 ^{bcdef}
4	FD	Noncoated	2.33±0.14	2.25±0.00	7.92±0.38 ^a
5		Acetic acid	2.42±0.14	2.25±0.25	7.58±0.63 ^{ab}
6		Chitosan	2.25±0.00	2.33±0.14	7.42±0.76 ^{abc}
7	HA	Noncoated	1.67±0.72	1.42±0.29	7.18±0.41 ^{abcd}
8		Acetic acid	1.83±0.52	1.33±0.29	6.92±0.76 ^{abcde}
9		Chitosan	1.83±0.52	1.25±0.43	7.58±0.62 ^{ab}
10	SCD	Noncoated	2.08±0.38	0.75±0.25	7.83±0.76 ^{ab}
11		Acetic acid	1.75±0.50	0.67±0.14	5.67±0.76 ^f
12		Chitosan	1.83±0.52	0.67±0.14	5.83±0.63 ^{ef}
13	OSD	Noncoated	1.75±0.50	0.50±0.25	6.83±0.38 ^{abcdef}
14		Acetic acid	2.00±0.25	0.42±0.14	6.00±0.50 ^{dcf}
15		Chitosan	1.92±0.29	0.48±0.23	6.25±0.50 ^{cdcf}

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดแห้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบล้างงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

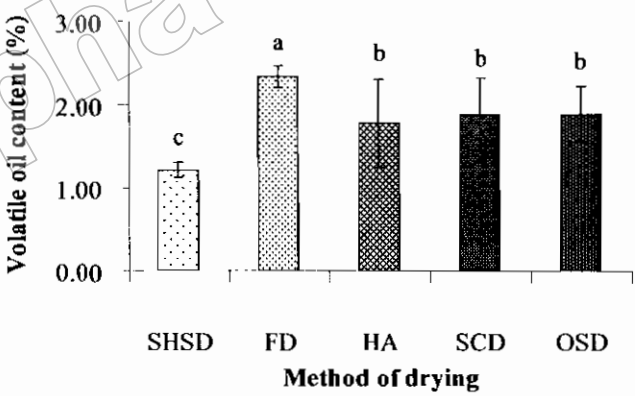
จากตารางที่ 4-61 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วงร้อยละ 1.17±0.14 ถึง 2.42±0.14 ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.33±0.14 ถึง 2.33±0.14 และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วงร้อยละ

5.67±0.76 ถึง 7.92±0.38 โดยการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการไม่เคลือบผิว มีผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งสูงสุด (ร้อยละ 7.92±0.38) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก มีผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งต่ำสุด (ร้อยละ 5.67±0.76) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับผลของวิธีการทำแห้งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-62 และตารางที่ 4-63 (ภาพที่ 4-40 และภาพที่ 4-41)

ตารางที่ 4-62 ผลของการทำแห้ง ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ร้อยละ)
ไอน้ำร้อนขวดอึ้ง	1.22±0.08 ^c
แบบระเหิด	2.33±0.13 ^a
อากาศร้อน	1.78±0.52 ^b
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	1.89±0.44 ^b
ตากแดด	1.89±0.33 ^b

a, b, c, ... หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



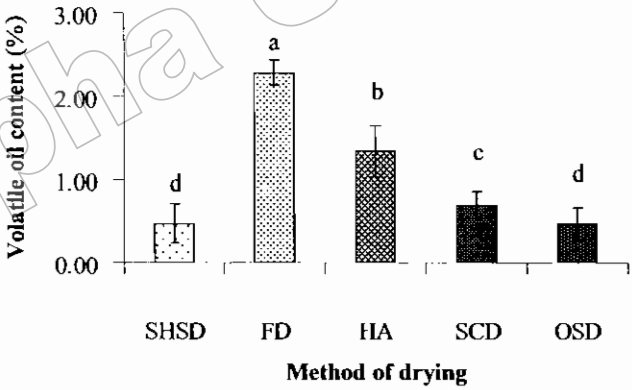
ภาพที่ 4-40 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil content) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดอึ้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน; OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-62 (ภาพที่ 4-40) พบว่า การทำแห้งแบบระเหิดมีผลให้ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขุดยังมีผลให้ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-63 ผลของการทำแห้ง ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ร้อยละ)
ไอน้ำร้อนขุด	0.47 ± 0.23^d
แบบระเหิด	2.28 ± 0.15^a
อากาศร้อน	1.33 ± 0.31^b
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	0.69 ± 0.17^c
ตากแดด	0.47 ± 0.19^d

a, b, c, ... หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4-41 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil content) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขุด; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน; OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-63 (ภาพที่ 4-41) พบว่า การทำแห้งแบบระเหยมีผลให้ผลิตภัณฑ์ชำแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขจัดยิ่งและการตากแดดมีผลให้ผลิตภัณฑ์ชำแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-64 (ตารางภาคผนวก ฉ-54 ถึงภาคผนวกที่ ฉ-56)

ตารางที่ 4-64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
จึงแห้ง	1.505 (0.238) ^{ns}	55.505 (0.000)*	1.960 (0.087) ^{ns}
ชำแห้ง	0.644 (0.532) ^{ns}	30.717 (0.000)*	0.911 (0.520) ^{ns}
ขมิ้นชันแห้ง	0.133 (0.876) ^{ns}	146.482 (0.000)*	0.414 (0.903) ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-64 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้ง ($p\geq0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว พบว่า วิธีการทำแห้งมีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง ขำ และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-65

ตารางที่ 4-65 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ชিং ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		
			ชিং ^{ns}	ข่า ^{ns}	ขมิ้นชัน ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	7.08 $\pm$ 0.36	15.20 $\pm$ 0.95	11.00 $\pm$ 0.11
2		Acetic acid	8.95 $\pm$ 1.44	14.57 $\pm$ 1.91	10.87 $\pm$ 0.43
3		Chitosan	7.81 $\pm$ 0.54	14.99 $\pm$ 1.09	10.89 $\pm$ 0.03
4	FD	Noncoated	5.83 $\pm$ 0.36	10.41 $\pm$ 0.96	8.18 $\pm$ 0.41
5		Acetic acid	6.04 $\pm$ 0.95	10.41 $\pm$ 0.95	8.06 $\pm$ 0.49
6		Chitosan	5.83 $\pm$ 0.36	10.20 $\pm$ 0.95	8.31 $\pm$ 0.51
7	HA	Noncoated	7.60 $\pm$ 0.18	12.28 $\pm$ 0.18	8.96 $\pm$ 0.79
8		Acetic acid	7.50 $\pm$ 0.63	12.39 $\pm$ 0.36	9.27 $\pm$ 0.48
9		Chitosan	7.39 $\pm$ 0.48	12.29 $\pm$ 0.18	9.16 $\pm$ 0.36
10	SCD	Noncoated	9.16 $\pm$ 0.36	13.64 $\pm$ 0.72	11.87 $\pm$ 0.00
11		Acetic acid	9.16 $\pm$ 0.18	14.58 $\pm$ 0.36	11.99 $\pm$ 0.16
12		Chitosan	9.48 $\pm$ 0.36	14.26 $\pm$ 1.41	11.56 $\pm$ 0.01
13	OSD	Noncoated	9.26 $\pm$ 0.18	14.58 $\pm$ 0.37	11.87 $\pm$ 0.54
14		Acetic acid	9.06 $\pm$ 0.00	14.05 $\pm$ 1.13	12.03 $\pm$ 0.43
15		Chitosan	9.48 $\pm$ 0.36	16.24 $\pm$ 2.16	11.97 $\pm$ 0.47

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดย้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noneoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

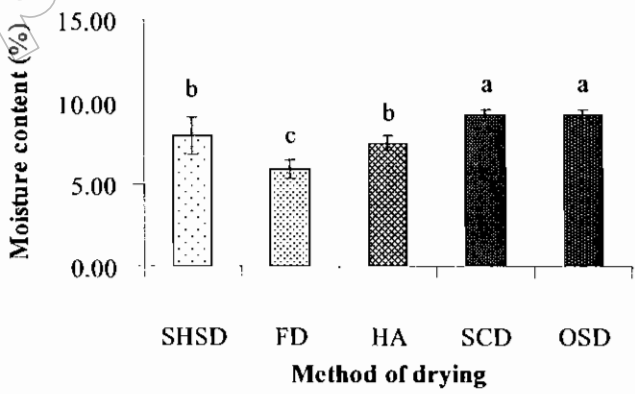
จากตารางที่ 4-65 พบว่า ผลิตภัณฑ์ชিংแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.83 $\pm$ 0.36 ถึง 9.48 $\pm$ 0.36 ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.20 $\pm$ 0.95 ถึง 16.24 $\pm$ 2.16 และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8.06 $\pm$ 0.49 ถึง 12.03 $\pm$ 0.43 โดยการตากแดดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีผลให้ปริมาณความชื้นของ

ผลิตภัณฑ์จึง และค่าแห้งสูงสุด (ร้อยละ 9.48 ± 0.36 และ 16.24 ± 2.16 ตามลำดับ) ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง และค่าแห้งต่ำสุด (ร้อยละ 5.83 ± 0.36 และ 10.20 ± 0.95 ตามลำดับ) ($p \geq 0.05$) และการตากแดดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติกมีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นสูงสุด (ร้อยละ 12.03 ± 0.43) ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติกมีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้งต่ำสุด (ร้อยละ 8.06 ± 0.49) ($p \geq 0.05$) สำหรับผลของวิธีการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึง ไขมัน และไขมันชั้นแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-66 ถึงตารางที่ 4-68 (ภาพที่ 4-42 ถึงภาพที่ 4-44)

ตารางที่ 4-66 ผลของการทำแห้ง ต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จึงแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
ไอน้ำร้อนขวดขิง	7.95 ± 1.14^b
แบบระเหิด	5.90 ± 0.55^c
อากาศร้อน	7.50 ± 0.41^b
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	9.27 ± 0.31^a
ตากแดด	9.27 ± 0.27^a

a, b, c... หมายถึงตัวอักษรในแนวดังเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



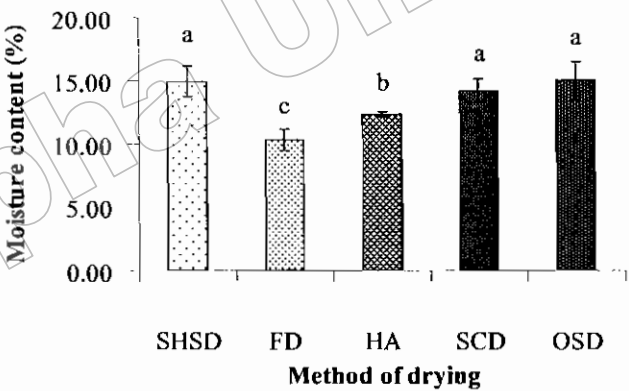
ภาพที่ 4-42 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อปริมาณความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์จึงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดขิง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน; OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-66 (ภาพที่ 4-42) พบว่า การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และตากแดด มีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ทำแห้งแบบระเหิดมีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-67 ผลของการทำแห้ง ต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	14.92 $\pm$ 1.23 ^a
แบบระเหิด	10.34 $\pm$ 0.83 ^c
อากาศร้อน	12.32 $\pm$ 0.23 ^b
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	14.16 $\pm$ 0.91 ^a
ตากแดด	14.96 $\pm$ 1.58 ^a

^{a, b, c} หมายถึงตัวอักษรในแนวดังเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



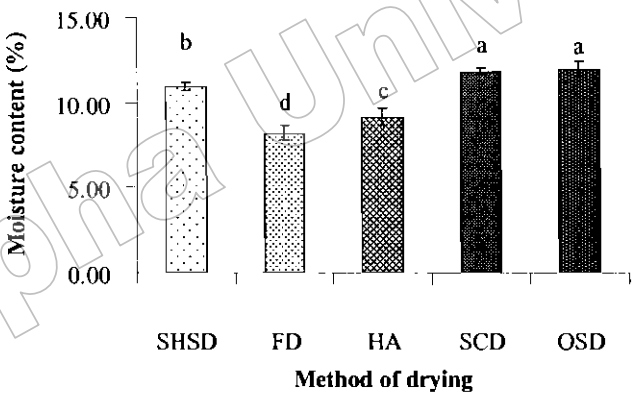
ภาพที่ 4-43 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อปริมาณความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน; OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-67 (ภาพที่ 4-43) พบว่า การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้ง มีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ชำแห้งสูงสุด ($p<0.05$) ในขณะที่ การทำแห้งแบบระเหิดมีผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ชำแห้งต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-68 ผลของการทำแห้ง ต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
ไอน้ำร้อนขวดย้ง	10.92 $\pm$ 0.23 ^b
แบบระเหิด	8.18 $\pm$ 0.42 ^d
อากาศร้อน	9.13 $\pm$ 0.51 ^c
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	11.81 $\pm$ 0.21 ^a
ตากแดด	11.96 $\pm$ 0.42 ^a

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4-44 ผลของวิธีการทำแห้ง(Method of drying) ต่อปริมาณความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน; OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-68 (ภาพที่ 4-44) พบว่า การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดด มีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้งสูงสุด ($p<0.05$) ในขณะที่ การทำ

แห้งแบบประเห็ดมีผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้งต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด (Total curcuminoids)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-69 (ตารางภาคผนวก จ-57)

ตารางที่ 4-69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p-value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
ไขมันชั้นแห้ง	51.210 (0.000) *	244..547 (0.000) *	2.887 (0.016) *

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-69 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-70

จากตารางที่ 4-70 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้งมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 13.91 ± 0.48 ถึง 20.92 ± 0.41 โดยการทำแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับการไม่เคลือบผิว มีผลให้ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดสูงสุด (ร้อยละ 20.92 ± 0.41) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งโดยการตากแดดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน มีผลให้ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดต่ำสุด (ร้อยละ 13.91 ± 0.48) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-70 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด (ร้อยละ)
1	SHSD	Noncoated	19.75±0.41 ^b
2		Acetic acid	18.07±0.44 ^{cd}
3		Chitosan	17.52±0.51 ^d
4	FD	Noncoated	15.41±0.22 ^e
5		Acetic acid	14.32±0.57 ^{gh}
6		Chitosan	14.58±0.60 ^{gh}
7	HA	Noncoated	20.92±0.41 ^a
8		Acetic acid	18.60±0.43 ^c
9		Chitosan	18.48±0.51 ^c
10	SCD	Noncoated	15.02±0.44 ^{efg}
11		Acetic acid	14.11±0.53 ^h
12		Chitosan	14.38±0.20 ^{gh}
13	OSD	Noncoated	15.35±0.41 ^{ef}
14		Acetic acid	14.44±0.46 ^{gh}
15		Chitosan	13.91±0.48 ^h

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดทิ้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2. การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content) และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (DPPH Radical-scavenging Activity) ของ

ผลิตภัณฑ์ ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-71 (ตารางภาคผนวก ก-58 ถึงตารางภาคผนวก ก-60)

ตารางที่ 4-71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
ขิงแห้ง	4.182 (0.008) *	1.517 (0.236) ^{ns}	0.727 (0.666) ^{ns}
ข่าแห้ง	4.025 (0.010) *	14.460 (0.000) *	2.308 (0.046) *
ขมิ้นชันแห้ง	0.249 (0.908) ^{ns}	0.548 (0.584) ^{ns}	1.094 (0.394) ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4-71 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงและขมิ้นชันแห้ง ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว พบว่า การเคลือบผิวมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-72

ตารางที่ 4-72 ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ จิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg of gallic acid/g sample)		
			จิง ^{ns}	ข่า	ขมิ้นชัน ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	6.54 $\pm$ 1.05	1.70 $\pm$ 0.04 ^c	16.99 $\pm$ 4.28
2		Acetic acid	5.23 $\pm$ 0.59	2.06 $\pm$ 0.42 ^c	22.07 $\pm$ 4.46
3		Chitosan	5.66 $\pm$ 1.30	2.50 $\pm$ 0.06 ^{bc}	19.16 $\pm$ 5.34
4	FD	Noncoated	6.84 $\pm$ 0.64	1.77 $\pm$ 0.50 ^c	18.21 $\pm$ 4.60
5		Acetic acid	6.84 $\pm$ 0.52	2.27 $\pm$ 0.38 ^c	18.59 $\pm$ 2.92
6		Chitosan	6.77 $\pm$ 1.00	2.06 $\pm$ 0.09 ^c	20.95 $\pm$ 4.79
7	HA	Noncoated	6.40 $\pm$ 0.74	1.98 $\pm$ 0.17 ^c	19.38 $\pm$ 5.36
8		Acetic acid	6.48 $\pm$ 0.47	2.58 $\pm$ 1.14 ^{bc}	24.35 $\pm$ 1.69
9		Chitosan	6.11 $\pm$ 0.60	3.94 $\pm$ 1.22 ^a	18.12 $\pm$ 4.89
10	SCD	Noncoated	6.58 $\pm$ 0.80	2.21 $\pm$ 0.43 ^c	22.66 $\pm$ 2.50
11		Acetic acid	5.75 $\pm$ 0.33	1.75 $\pm$ 0.51 ^c	19.67 $\pm$ 5.35
12		Chitosan	5.50 $\pm$ 0.96	4.13 $\pm$ 1.23 ^a	19.42 $\pm$ 3.26
13	OSD	Noncoated	5.38 $\pm$ 0.28	1.82 $\pm$ 0.48 ^c	21.56 $\pm$ 0.43
14		Acetic acid	5.67 $\pm$ 0.49	3.68 $\pm$ 0.98 ^a	18.86 $\pm$ 3.10
15		Chitosan	5.42 $\pm$ 0.73	3.94 $\pm$ 1.18 ^a	18.44 $\pm$ 2.04

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดแห้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

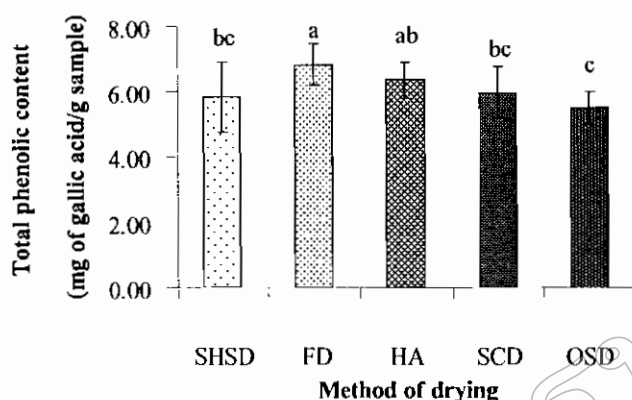
จากตารางที่ 4-72 พบว่า ผลิตภัณฑ์จิงแห้งมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.23 $\pm$ 0.59 ถึง 6.84 $\pm$ 0.64 mg of gallic acid/g sample ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.70 $\pm$ 0.04 ถึง 4.13 $\pm$ 1.23 mg of gallic acid/g sample และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณ

ฟีนอลทั้งหมดอยู่ในช่วง 16.99 ± 4.28 ถึง 24.35 ± 1.69 mg of gallic acid/g sample โดยการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งสูงสุด (6.84 ± 0.64 mg of gallic acid/g sample) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยังคงร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติกมีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งต่ำสุด (5.23 ± 0.59 mg of gallic acid/g sample) ($p \geq 0.05$) การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยโคโคซานมีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งสูงสุด (4.13 ± 1.23 mg of gallic acid/g sample) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยังคงร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งต่ำสุด (1.70 ± 0.04 mg of gallic acid/g sample) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก มีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งสูงสุด (24.35 ± 1.69 mg of gallic acid/g sample) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยังคงร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งต่ำสุด (16.99 ± 4.28 mg of gallic acid/g sample) ($p \geq 0.05$) สำหรับผลของการเคลือบผิวต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-73 (ภาพที่ 4-45)

ตารางที่ 4-73 ผลของการทำแห้ง ต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (mg of gallic acid/g sample)
ไอน้ำร้อนยังคง	5.81 ± 1.06^{bc}
แบบระเหิด	6.82 ± 0.65^a
อากาศร้อน	6.33 ± 0.56^{ab}
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	5.95 ± 0.81^{bc}
ตากแดด	5.49 ± 0.48^c

a, b, c, ... หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4-45 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงาน; OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-73 (ภาพที่ 4-45) พบว่า การทำแห้งแบบระเหิด มีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งสูงสุด (6.82 ± 0.65 mg of gallic acid/g sample) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งโดยการตากแดดมีผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดต่ำสุด (5.49 ± 0.48 mg of gallic acid/g sample) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (DPPH Radical-scavenging Activity)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-74 (ตารางภาคผนวก ฉ-61 ถึงตารางภาคผนวก ฉ-63)

จากตารางที่ 4-74 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยเดียว พบว่า วิธีการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิง และข่าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการเคลือบผิวมีผลต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-75

ตารางที่ 4-74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อ
ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง
ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

ตัวแปรตาม	F (p value)		
	การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
ขิงแห้ง	1.717 (0.197) ^{ns}	3.088 (0.030) *	0.767 (0.634) ^{ns}
ข่าแห้ง	0.907 (0.415) ^{ns}	3.279 (0.024) *	1.179 (0.344) ^{ns}
ขมิ้นชันแห้ง	3.387 (0.047) *	1.199 (0.332) ^{ns}	1.135 (0.369) ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≥ 0.05)

จากตารางที่ 4-75 พบว่าผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• อยู่ในช่วง 19.80±5.30 ถึง 33.46±4.88 mg ascorbic acid/ 100 g sample ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• อยู่ในช่วง 185.48±31.25 ถึง 390.10±90.58 mg ascorbic acid/ 100 g sample และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• อยู่ในช่วง 24.67±1.92 ถึง 31.22±1.15 mg ascorbic acid/ 100 g sample โดยการตากแดดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิดิกมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งสูงสุด (33.46±4.88 mg ascorbic acid/ 100 g sample) ในขณะที่การทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งต่ำสุด (19.80±5.30 mg ascorbic acid/ 100 g sample) (p≥0.05) การทำแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิดิกมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ข่า และขมิ้นชันแห้งสูงสุด (390.10±90.58 และ 31.22±1.15 mg ascorbic acid/ 100 g sample ตามลำดับ) ในขณะที่การทำแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับการไม่เคลือบผิวมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งต่ำสุด (185.48±31.25 mg ascorbic acid/ 100 g sample) (p≥0.05) และการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิดิกมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งต่ำสุด (24.67±1.92 mg ascorbic acid/ 100 g sample) (p≥0.05) สำหรับผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขิง และข่าแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-76 ถึง

ตารางที่ 4-77 (ภาพที่ 4-46 และภาพที่ 4-47) และผลของการเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-78 (ภาพที่ 4-48)

ตารางที่ 4-75 ผลของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (mg ascorbic acid/ 100 g sample)		
			ขิง ^{ns}	ข่า ^{ns}	ขมิ้นชัน ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	26.83 $\pm$ 3.34	189.31 $\pm$ 61.51	27.38 $\pm$ 3.93
2		Acetic acid	25.00 $\pm$ 2.47	255.14 $\pm$ 47.81	30.44 $\pm$ 1.47
3		Chitosan	26.84 $\pm$ 5.68	263.58 $\pm$ 47.29	27.45 $\pm$ 3.62
4	FD	Noncoated	19.80 $\pm$ 5.30	238.80 $\pm$ 77.44	25.89 $\pm$ 5.34
5		Acetic acid	21.42 $\pm$ 2.04	215.41 $\pm$ 16.13	24.67 $\pm$ 1.92
6		Chitosan	22.74 $\pm$ 4.07	246.16 $\pm$ 40.00	29.77 $\pm$ 2.91
7	HA	Noncoated	23.30 $\pm$ 2.23	185.48 $\pm$ 31.25	28.30 $\pm$ 1.90
8		Acetic acid	26.18 $\pm$ 4.18	390.10 $\pm$ 90.58	31.22 $\pm$ 1.15
9		Chitosan	20.74 $\pm$ 1.10	236.27 $\pm$ 36.04	29.05 $\pm$ 0.71
10	SCD	Noncoated	24.63 $\pm$ 3.81	335.58 $\pm$ 27.05	25.71 $\pm$ 0.51
11		Acetic acid	31.21 $\pm$ 9.36	357.92 $\pm$ 191.91	29.42 $\pm$ 2.90
12		Chitosan	29.11 $\pm$ 6.49	306.71 $\pm$ 130.13	29.65 $\pm$ 3.97
13	OSD	Noncoated	25.75 $\pm$ 3.77	372.10 $\pm$ 77.93	26.97 $\pm$ 2.09
14		Acetic acid	33.46 $\pm$ 4.88	318.03 $\pm$ 68.29	29.16 $\pm$ 2.06
15		Chitosan	25.21 $\pm$ 10.15	349.73 $\pm$ 159.58	30.35 $\pm$ 2.29

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

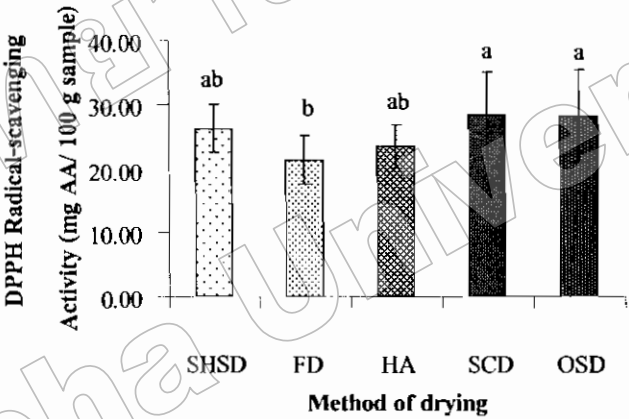
***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4-76 ผลของการทำแห้ง ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH•ของผลิตภัณฑ์
ขิงแห้งแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (mg ascorbic acid/ 100 g sample)
ไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง	26.23 $\pm$ 3.64 ^{ab}
แบบระเหิด	21.32 $\pm$ 3.72 ^b
อากาศร้อน	23.41 $\pm$ 3.39 ^{ab}
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	28.32 $\pm$ 6.67 ^a
ตากแดด	28.14 $\pm$ 7.16 ^a

a, b, c, ... หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



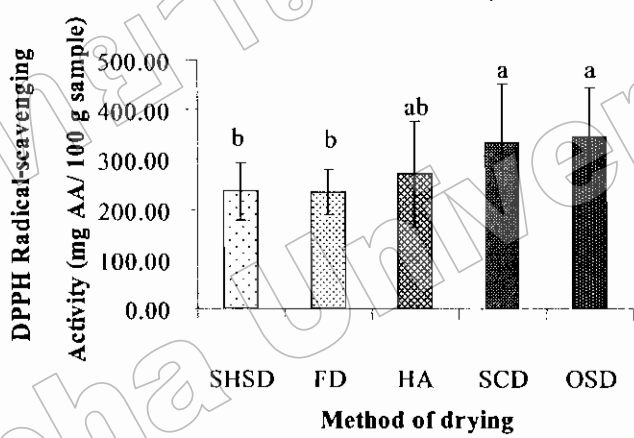
ภาพที่ 4-46 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (DPPH Radical-scavenging Activity) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การ ทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-76 (ภาพที่ 4-46) พบว่า การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแดดมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• สูงสุด (28.32 $\pm$ 6.67 และ 28.14 $\pm$ 7.16 mg ascorbic acid/ 100 g sample ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่การทำแห้งแบบระเหิดมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ต่ำสุด (21.32 $\pm$ 3.72 mg ascorbic acid/ 100 g sample) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 4-77 ผลของการทำแห้ง ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH•ของผลิตภัณฑ์
ชำแห้งแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (mg ascorbic acid/ 100 g sample)
ไอน้ำร้อนหยดยิ่ง	236.01 $\pm$ 57.59 ^b
แบบระเหิด	233.45 $\pm$ 46.45 ^b
อากาศร้อน	270.62 $\pm$ 105.52 ^{ab}
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	333.40 $\pm$ 118.82 ^a
ตากแดด	346.62 $\pm$ 98.00 ^a

a, b, c, ... หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 4-47 ผลของวิธีการทำแห้ง (Method of drying) ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (DPPH Radical-scavenging Activity) ของผลิตภัณฑ์ชำแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนหยดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การ ทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน OSD หมายถึง การตากแดด)

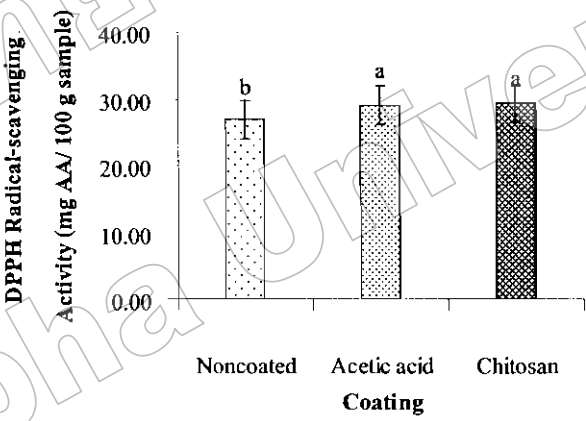
จากตารางที่ 4-77 (ภาพที่ 4-47) พบว่า การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดดมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• สูงสุด (333.40 $\pm$ 118.82 และ 346.62 $\pm$ 98.00 mg ascorbic acid/ 100 g sample ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนหยดยิ่งและแบบระเหิดมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล

DPPH• ต่ำสุด (236.01 ± 57.59 และ 233.45 ± 46.45 mg ascorbic acid/ 100 g sample ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-78 ผลของการเคลือบผิว ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเคลือบผิว	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (mg ascorbic acid/ 100 g sample)
ไม่เคลือบผิว	26.85 ± 2.91^b
กรดอะซิติก	28.98 ± 2.90^a
ไคโตซาน	29.25 ± 2.68^a

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4-48 ผลของการเคลือบผิว (Coating) ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (DPPH Radical-scavenging Activity) ของผลิตภัณฑ์ไขมันชั้นแห้ง ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อน ชนิดที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน)

จากตารางที่ 4-78 (ภาพที่ 4-48) พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน และกรดอะซิติกมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• สูงสุด (29.25 ± 2.68 และ 28.98 ± 2.90 mg ascorbic acid/ 100 g sample ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การไม่เคลือบผิวมีผลให้

ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ต่ำสุด (26.85±2.91 mg ascorbic acid/ 100 g sample) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3. การวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์โดยวิธี Disc diffusion method

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-79 (ตารางภาคผนวก ฉ-64 ถึงตารางภาคผนวก ฉ-67)

ตารางที่ 4-79 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งต่อการยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ *S. aureus* และ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

พืชวงศ์	ตัวแปรตาม	F (p value)		
		การเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	การเคลือบผิว x วิธีการทำแห้ง
ขิง	<i>S. aureus</i>	18.889 (0.000) *	214.737 (0.000) *	0.180 (0.992) ^{ns}
	<i>E. coli</i>	-	-	-
ข่า	<i>S. aureus</i>	5.547 (0.009) *	75.704 (0.000) *	0.153 (0.995) ^{ns}
	<i>E. coli</i>	-	-	-
ขมิ้นชัน	<i>S. aureus</i>	18.506 (0.000) *	12.401 (0.000) *	0.113 (0.998) ^{ns}
	<i>E. coli</i>	22.586 (0.000) *	12.707 (0.000) *	3.320 (0.008) *

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)
^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≥ 0.05)

จากตารางที่ 4-79 พบว่า การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งมีอิทธิพลร่วมกันต่อการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่การเคลือบผิวและวิธีการทำแห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ของ

ผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว พบว่า การเคลือบผิวมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และวิธีการทำแห้งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้งต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-80 และตารางที่ 4-87

จากตารางที่ 4-80 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขิงแห้งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณวงใสในการยับยั้ง *S. aureus* อยู่ในช่วง 10.38 ± 0.76 ถึง 12.42 ± 0.20 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณวงใสในการยับยั้ง *S. aureus* อยู่ในช่วง 11.88 ± 0.34 ถึง 15.85 ± 0.68 มิลลิเมตร และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณวงใสในการยับยั้ง *S. aureus* อยู่ในช่วง 9.62 ± 1.42 ถึง 12.88 ± 0.16 มิลลิเมตร โดยการทำให้แห้งแบบระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยโคโคซาน มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้งสูงสุด (12.42 ± 0.20 ถึง 15.85 ± 0.68 และ 12.88 ± 0.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ในขณะที่การทำแห้งด้วยการตากแดดร่วมกับการไม่เคลือบผิว มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสของผลิตภัณฑ์ขิง และขมิ้นชันแห้งต่ำสุด (10.32 ± 0.10 และ 9.62 ± 1.42 มิลลิเมตรตามลำดับ) ($p \geq 0.05$) และการทำให้แห้งด้วยไอน้ำร้อนขยวดยิ่งร่วมกับการไม่เคลือบผิว มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งต่ำสุด (11.88 ± 0.34 มิลลิเมตร) ($p \geq 0.05$) สำหรับผลของการเคลือบผิวต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-81 ถึงตารางที่ 4-83 (ภาพที่ 4-49 ถึงภาพที่ 4-51) และผลของวิธีการทำแห้งต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4-84 ถึงตารางที่ 4-86 (ภาพที่ 4-52 ถึงภาพที่ 4-54)

ตารางที่ 4-80 ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งต่อการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ จิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)		
			จิง ^{ns}	ข่า ^{ns}	ขมิ้นชัน ^{ns}
1	SHSD	Noncoated	10.40 $\pm$ 0.13	11.88 $\pm$ 0.34	9.98 $\pm$ 0.47
2		Acetic acid	10.55 $\pm$ 0.17	12.57 $\pm$ 0.24	10.67 $\pm$ 0.60
3		Chitosan	10.72 $\pm$ 0.12	12.63 $\pm$ 0.20	11.33 $\pm$ 0.81
4	FD	Noncoated	12.08 $\pm$ 0.06	15.27 $\pm$ 0.42	11.15 $\pm$ 0.09
5		Acetic acid	12.27 $\pm$ 0.10	15.58 $\pm$ 0.57	11.85 $\pm$ 0.46
6		Chitosan	12.42 $\pm$ 0.20	15.85 $\pm$ 0.68	12.88 $\pm$ 0.16
7	HA	Noncoated	11.08 $\pm$ 0.03	13.50 $\pm$ 0.63	10.97 $\pm$ 0.28
8		Acetic acid	11.22 $\pm$ 0.03	13.97 $\pm$ 0.86	11.57 $\pm$ 0.33
9		Chitosan	11.33 $\pm$ 0.10	14.22 $\pm$ 0.92	12.16 $\pm$ 0.18
10	SCD	Noncoated	10.52 $\pm$ 0.21	12.28 $\pm$ 0.13	9.97 $\pm$ 0.64
11		Acetic acid	10.77 $\pm$ 0.25	12.50 $\pm$ 0.26	10.47 $\pm$ 0.06
12		Chitosan	10.90 $\pm$ 0.28	12.70 $\pm$ 0.13	11.15 $\pm$ 0.36
13	OSD	Noncoated	10.32 $\pm$ 0.10	12.18 $\pm$ 0.37	9.62 $\pm$ 1.42
14		Acetic acid	10.60 $\pm$ 0.05	12.50 $\pm$ 0.13	10.27 $\pm$ 1.04
15		Chitosan	10.68 $\pm$ 0.06	12.57 $\pm$ 0.26	10.98 $\pm$ 0.58

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนหยดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

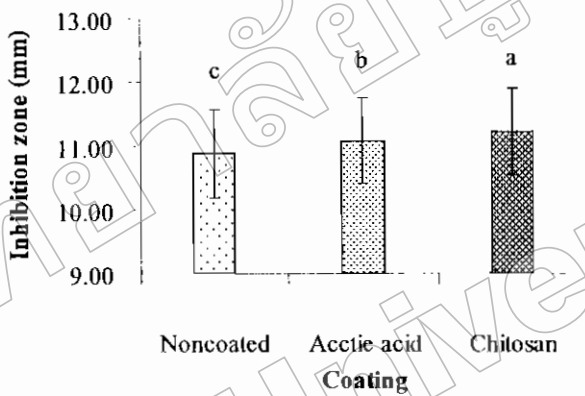
***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4-81 ผลของการเคลือบผิว ต่อการยับยั้ง *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเคลือบผิว	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)
ไม่เคลือบผิว	10.88 ± 0.69^c
กรดอะซิติก	11.08 ± 0.67^b
ไคโตซาน	11.21 ± 0.68^a

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4-49 ผลของการเคลือบผิว (Coating) ต่อการยับยั้ง *S. aureus* (Inhibition zone) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิ่งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

(Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน)

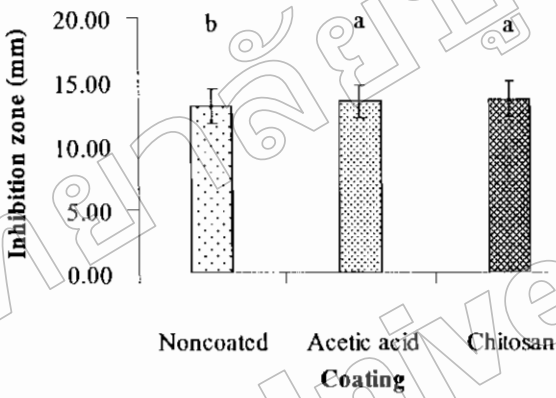
จากตารางที่ 4-81 (ภาพที่ 4-49) พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สูงสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 11.21 ± 0.68 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ การไม่เคลือบผิวมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ต่ำสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 10.88 ± 0.69 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-82 (ภาพที่ 4-50) พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและกรดอะซิติกมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สูงสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 13.59 ± 1.40 และ 13.42 ± 1.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ การไม่เคลือบผิวมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ต่ำสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 13.02 ± 1.34 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-82 ผลของการเคลือบผิว ต่อการยับยั้ง *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ฆ่าเหียง แสดงในรูป
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเคลือบผิว	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)
ไม่เคลือบผิว	13.02 $\pm$ 1.34 ^b
กรดอะซิติก	13.42 $\pm$ 1.33 ^a
ไคโตซาน	13.59 $\pm$ 1.40 ^a

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

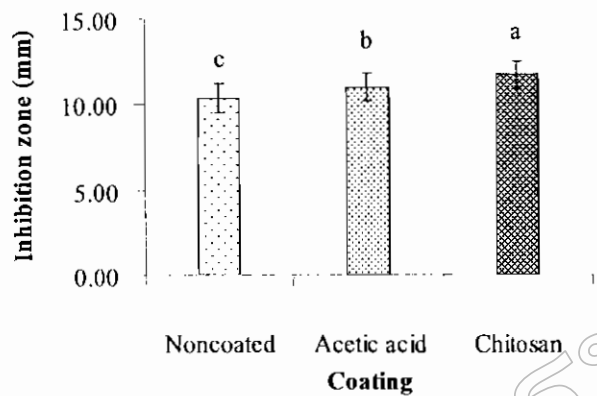


ภาพที่ 4-50 ผลของการเคลือบผิว (Coating) ต่อการยับยั้ง *S. aureus* (Inhibition zone) ของ
ผลิตภัณฑ์ฆ่าเหียง ทำเหียงด้วยไอน้ำร้อนขุดยั้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.
(Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบ
ผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน)

ตารางที่ 4-83 ผลของการเคลือบผิว ต่อการยับยั้ง *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันเหียง แสดงในรูป
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเคลือบผิว	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)
ไม่เคลือบผิว	10.34 $\pm$ 0.89 ^c
กรดอะซิติก	10.96 $\pm$ 0.82 ^b
ไคโตซาน	11.70 $\pm$ 0.85 ^a

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



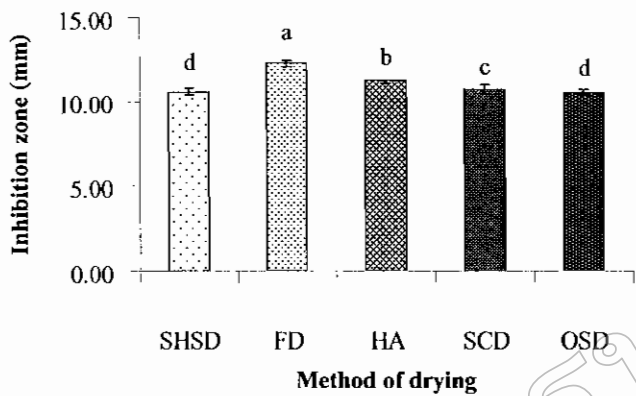
ภาพที่ 4-51 ผลของการเคลือบผิว (Coating) ต่อการยับยั้ง *S. aureus* (Inhibition zone) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดยิ่งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน)

จากตารางที่ 4-83 (ภาพที่ 4-51) พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สูงสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 11.70 ± 0.85 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ การไม่เคลือบผิวมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ต่ำสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 10.34 ± 0.89 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-84 ผลของการทำแห้ง ต่อการยับยั้ง *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งแสดงในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)
ไอน้ำร้อนขวดยิ่ง	10.56 ± 0.18^d
แบบระเหิด	12.26 ± 0.19^a
อากาศร้อน	11.21 ± 0.12^b
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	10.73 ± 0.27^c
ตากแดด	10.53 ± 0.18^d

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



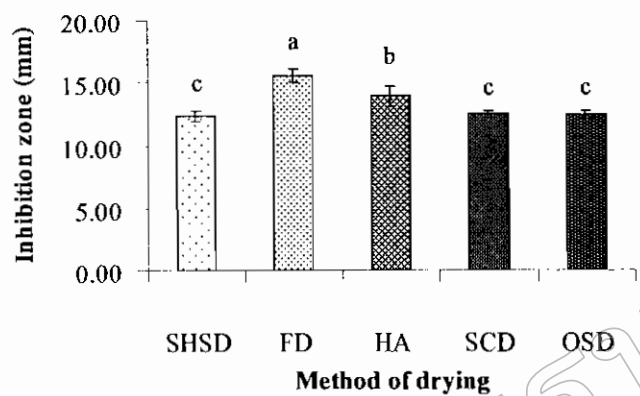
ภาพที่ 4-52 ผลของการทำแห้ง (Method of drying) ต่อการยับยั้ง *S. aureus* (Inhibition zone) ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขุดยั้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การ ทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-84 (ภาพที่ 4-52) พบว่าวิธีการทำแห้งแบบระเหิดมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สูงสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 12.26±0.19 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขุดยั้งและการตากแดดมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ต่ำสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 10.56±0.18 และ 10.53±0.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-85 ผลของการทำแห้ง ต่อการยับยั้ง *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)
ไอน้ำร้อนขุดยั้ง	12.36±0.43 ^c
แบบระเหิด	15.57±0.55 ^a
อากาศร้อน	13.89±0.77 ^b
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	12.49±0.24 ^c
ตากแดด	12.42±0.29 ^c

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวดิ่งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



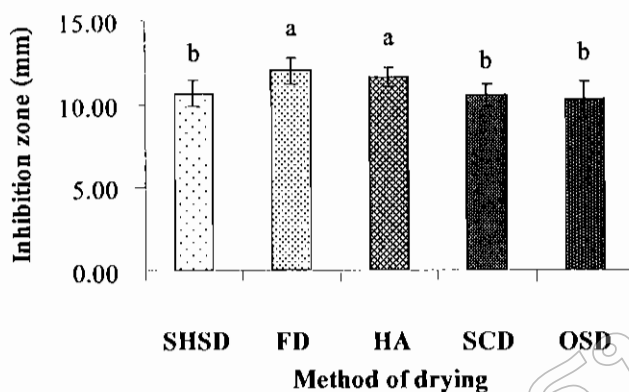
ภาพที่ 4-53 ผลของการทำแห้ง (Method of drying) ต่อการยับยั้ง *S. aureus* (Inhibition zone) ของผลิตภัณฑ์ข้าวแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การ ทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-85 (ภาพที่ 4-53) พบว่าวิธีการทำแห้งแบบระเหิดมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สูงสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 15.57 ± 0.55 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้ง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแดด มีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ต่ำสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 12.36 ± 0.43 12.49 ± 0.24 และ 12.42 ± 0.29 มิลลิเมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-86 ผลของการทำแห้ง ต่อการยับยั้ง *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทำแห้ง	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)
ไอน้ำร้อนขวดย้ง	10.66 ± 0.81^b
แบบระเหิด	11.96 ± 0.79^a
อากาศร้อน	11.56 ± 0.57^a
ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	10.53 ± 0.63^b
ตากแดด	10.29 ± 1.10^b

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4-54 ผลของการทำแห้ง (Method of drying) ต่อการยับยั้ง *S. aureus* (Inhibition zone) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b. (SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดขิง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศ ร้อน; SCD หมายถึง การ ทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน OSD หมายถึง การตากแดด)

จากตารางที่ 4-86 (ภาพที่ 4-54) พบว่าวิธีการทำแห้งแบบระเหิด และอากาศร้อนมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* สูงสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 11.96 ± 0.79 และ 11.56 ± 0.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดขิง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแดดมีผลให้ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ต่ำสุด (เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 10.66 ± 0.81 10.53 ± 0.63 และ 10.29 ± 1.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4-87 ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณวงใสในการยับยั้ง *E. coli* อยู่ในช่วง 7.28 ± 0.12 ถึง 10.25 ± 0.95 มิลลิเมตร โดยการทำแห้งแบบระเหิดร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโดซานมีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสในการยับยั้ง *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งสูงสุด (10.25 ± 0.95 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติกมีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสในการยับยั้ง *E. coli* ของสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งต่ำสุด (7.28 ± 0.12 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ขิง และข่าแห้งไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* โดยไม่พบบริเวณวงใส

ตารางที่ 4-87 ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งต่อการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ จิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองที่	วิธีการทำแห้ง**	การเคลือบผิว***	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (มิลลิเมตร)		
			จิง	ข่า	ขมิ้นชัน
1	SHSD	Noncoated	-	-	7.43 $\pm$ 0.08 ^d
2		Acetic acid	-	-	7.95 $\pm$ 0.53 ^{cd}
3		Chitosan	-	-	8.12 $\pm$ 0.29 ^{cd}
4	FD	Noncoated	-	-	7.77 $\pm$ 0.26 ^{cd}
5		Acetic acid	-	-	8.40 $\pm$ 0.23 ^{bc}
6		Chitosan	-	-	10.25 $\pm$ 0.95 ^a
7	HA	Noncoated	-	-	7.63 $\pm$ 0.26 ^c
8		Acetic acid	-	-	8.05 $\pm$ 0.35 ^{cd}
9		Chitosan	-	-	8.90 $\pm$ 0.88 ^b
10	SCD	Noncoated	-	-	7.42 $\pm$ 0.28 ^d
11		Acetic acid	-	-	7.28 $\pm$ 0.12 ^d
12		Chitosan	-	-	7.62 $\pm$ 0.21 ^{cd}
13	OSD	Noncoated	-	-	7.35 $\pm$ 0.00 ^d
14		Acetic acid	-	-	7.65 $\pm$ 0.44 ^{cd}
15		Chitosan	-	-	8.07 $\pm$ 0.55 ^{cd}

**SHSD หมายถึง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง; FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด; HA หมายถึง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน; SCD หมายถึง การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์; OSD หมายถึง การตากแดด

***Noncoated หมายถึง ไม่เคลือบผิว (ตัวอย่างควบคุม); Acetic acid หมายถึง การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก (ตัวอย่างควบคุม); Chitosan หมายถึง การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

^{a, b, c, ...} หมายถึงตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- หมายถึง ไม่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

4. สหสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

การศึกษาสหสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ขิง ข่า และขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน ดังนี้ สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยเลือกสมบัติที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กันประกอบด้วย ปริมาณน้ำมันหอมระเหย ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์มีรายละเอียดดังนี้

สหสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-88

ตารางที่ 4-88 สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	น้ำมันหอม ระเหย	ปริมาณฟีนอล ทั้งหมด	ความสามารถกำจัด อนุมูล DPPH•	การยับยั้ง <i>S. aureus</i>
น้ำมันหอมระเหย	1	0.218	-0.062	0.564**
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด		1	-0.319*	0.500**
ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH•			1	-0.353*
การยับยั้ง <i>S. aureus</i>				1

* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

จากตารางที่ 4-88 ผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหย มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยับยั้ง *S. aureus* ($r = 0.564, p<0.01$)
ปริมาณฟีนอลทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยับยั้ง *S. aureus* ($r = 0.500, p<0.01$) เชิงลบกับความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH• ($r = -0.319, p<0.05$)

ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH• มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการยับยั้ง *S. aureus*
($r = -0.353, p < 0.05$)

สหสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-89

ตารางที่ 4-89 สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน และวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	น้ำมันหอม ระเหย	ปริมาณฟีนอล ทั้งหมด	ความสามารถกำจัด อนุมูล DPPH•	การยับยั้ง <i>S. aureus</i>
น้ำมันหอมระเหย	1	-0.201	-0.226	0.899**
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด		1	-0.094	-0.071
ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH•			1	-0.219
การยับยั้ง <i>S. aureus</i>				1

** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

จากตารางที่ 4-89 ผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหย มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยับยั้ง *S. aureus* ($r = 0.899, p < 0.01$)

สหสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งแสดงได้ดังตารางที่ 4-90

ตารางที่ 4-90 สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และ สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ภายใต้การเคลือบผิวด้วย ไคโตซานและวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	น้ำมัน หอม ระเหย	เคอร์คู มินอยด์ ทั้งหมด	ปริมาณ ฟีนอล ทั้งหมด	ความสามารถ กำจัดอนุมูล DPPH•	การยับยั้ง <i>S. aureus</i>	การยับยั้ง <i>E. coli</i>
น้ำมันหอมระเหย	1	0.207	0.400**	-0.091	0.354*	0.135
เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด		1	0.025	0.063	0.006	-0.090
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด			1	0.260	0.115	-0.194
ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH•				1	0.269	0.055
การยับยั้ง <i>S. aureus</i>					1	0.604**
การยับยั้ง <i>E. coli</i>						1

* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

จากตารางที่ 4-90 ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหย มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ($r = 0.400, p < 0.01$) และการยับยั้ง *S. aureus* ($r = 0.354, p < 0.05$)

การยับยั้ง *S. aureus* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ การยับยั้ง *E. coli* ($r = 0.604, p < 0.01$)