



Shelf life of β -glucan microcapsules from the medicinal mushrooms (*Phellinus baumii* and *Ganoderma lucidum*)

Eun-Ah Ryu¹, Ji-Hye Choi¹, Chang-Jae Kang¹, Ha-Na Kim¹, Gi-Un Seong¹,
 Shin-Kyo Chung^{1,2*}

¹School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Food and Bio-industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 유통기한 설정

류은아¹ · 최지혜¹ · 강창재¹ · 김하나¹ · 성기운¹ · 정신교^{1,2*}

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

This study was conducted to establish the shelf life of β -glucan microcapsules from the medicinal mushrooms (*Phellinus baumii* and *Ganoderma lucidum*). Changes in the quality attributes, including moisture content, color, and total bacterial count, of the β -glucan microcapsules were analyzed during storage for 5 months at 10°C, 25°C, and 40°C. The moisture content of β -glucan microcapsule from *P. baumii* did not show any significant difference during storage at 25°C and 40°C, but decreased after 3 months storage at 10°C. The moisture content of the β -glucan microcapsule from *G. lucidum* showed slight increase and decrease during storage at 25°C and 40°C, but at 10°C, showed an initial decrease for 3 months and then increased. ΔE values of β -glucan microcapsules from *P. baumii* and *G. lucidum* did not change during 5 months at various storage temperatures. The total bacterial count of the microcapsules from both *P. baumii* and *G. lucidum* maintained their initial values without significant changes according to storage period and temperature. Overall, the shelf life of β -glucan microcapsule from *P. baumii* was determined to be 30.11 months according to the moisture content and β -glucan microcapsule from *G. lucidum* was determined to be 24.82 months according to the total bacterial count. Thus, it is desirable to establish the storage period of 24 months at 25°C.

Key words : *Phellinus baumii*, *Ganoderma lucidum*, shelf life, moisture content, total bacterial count

서 론

상황버섯(*Phellinus linteus*)은 소나무비늘버섯과 진흙버섯속에 속하는 백색부후균으로 주로 뽕나무와 활엽수 줄기에 자생하며(1), 영지버섯(*Ganoderma lucidum*)은 담자균류의 구멍장이버섯과 영지속에 속하는 1년생 버섯으로 만년버섯 또는 불로초라 불리며 주로 활엽수 뿌리에서 자란다

(2,3). 상황버섯과 영지버섯은 대표적인 약용버섯으로 항암, 항산화, 항돌연변이 및 면역 증진 등(4-10)의 다양한 약리효과를 가진다고 보고되어 건강기능식품 및 의약품의 소재로 많이 이용되고 있다. 특히 버섯의 약리기능 중 항암활성, 면역 증강 및 항염증 작용은 $\beta(1\rightarrow3)$ 주결합에 $\beta(1\rightarrow6)$ 결합의 곁가지가 있는 β -glucan에 의한 것이다(11). 이는 인간의 정상 세포의 면역 기능을 활성화시켜 암세포의 증식과 재발을 억제하고 혈당강하 및 혈중 콜레스테롤 감소 효과가 우수하며, 지질대사를 개선하여 체지방의 축적을 억제함으로써 항비만 효과를 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(12).

버섯은 저장이나 유통 중에 다양한 변화로 신선도가 급격히 저하되는 식품이다. 버섯은 다른 채소류나 과일보다

*Corresponding author. E-mail : kchung@knu.ac.kr
 Phone : 82-53-950-5778, Fax : 82-53-950-6772
 Received 23 July 2018; Revised 7 September 2018; Accepted 10 September 2018.
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

수확 후 호흡과 대사 작용이 왕성하여 이산화탄소 발생량이 높고 중량감소가 빠르게 일어나고, 호흡열로 인한 품온 상승으로 변색 및 미생물의 번식 등으로 인해 품질이 급속히 저하된다(13). 그래서 유통에 많은 제약을 갖고 있으며 이는 과다 생산 시 생산 농가에 있어 큰 문제점으로 지적되고 있으며 소비자에게도 품질 좋은 버섯의 섭취가 제한되고 있다(14). 따라서 약용버섯의 국내 유통 및 소비 형태는 주로 건조제품으로, 열수추출 후 음용하는 것으로 제한되어 있어 다양한 가공제품으로의 개발이 필요하다(15). 미세캡슐은 특정 물질을 외부 환경으로부터 보호하거나 원하는 시점에서 방출시킬 목적으로 피복물질을 사용하여 마이크로미터 크기의 캡슐로 제조하는 기술이다. 식품 분야에서는 첨가물, 유용물질 또는 미생물 등을 캡슐화 하여 식품의 산화 방지 및 보존성 향상, 안정화, 이취 차단, 액상식품의 고형화, 방출 속도 조절 등의 목적으로 활용되어왔다(16). 미세캡슐화 기술은 고체상, 액체상, 기체상의 물질을 피복물질로 포장하는 기술로 불안정한 물질을 외부환경으로부터 보호하여 손실을 줄이고, 향기성분이나 영양성분 등을 외부환경으로부터 분리시키며 고형화시켜 취급의 간편화와 내용물의 용출속도를 조절하는 목적으로 이용되고 있으며(17), 이에 따른 가장 보편적이며 상업화된 방법은 분무건조이다(18). 분무건조는 다양한 피복물질이 이용가능하며, 대량생산이 가능하다는 것이며, 분무건조된 입자는 피복물질은 조성에 의해 특성이 결정된다(19). 다른 건조방식에 비해 용해성, 유동성이 좋은 구상 분말 제품을 제조할 수 있다(18). 이와 같은 건조는 식품 내의 수분을 감소시킴으로써 용질의 상대적 농도를 높여 식품 내의 수분활성도를 저하시켜 미생물 및 효소에 의한 부패나 변패 및 변질을 방지할 수 있다는 장점이 있다. 건조식품의 저장성은 수분활성도, 제품의 종류, 저장 온도 등 다양한 요인들에 영향을 받으며, 특히 수분활성도에 따라 비효소적 갈색 반응, 미생물의 발생 정도가 달라진다(20,21).

식품의 저장기간에 따른 이화학적, 미생물학적인 영향에 의한 품질 변화는 상품가치에 영향을 미치게 되므로 어떤 조건에서 얼마 동안 품질이 유지될 것인가를 예측하는 것은 소비자와 제조업자 모두에게 중요하다. 가장 적절한 저장수명 판단은 실제 저장조건에서 저장시험을 수행하여 저장수명을 설정하는 것이 바람직하다고 할 수 있으나, 이 경우 경제적, 시간적 손실이 크기 때문에 약조건 하에서 단기간에 수행하는 가속저장시험이 널리 이용되고 있다(22).

본 연구에서는 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품을 10°C, 25°C, 40°C에서 저장하며 수분함량, 색도 및 일반세균 변화를 5개월 동안 조사하여 식품 유통기한 설정 프로그램을 통하여 유통기한을 예측하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험재료 및 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제조 및 저장조건

본 실험에 사용한 상황버섯(*Phellinus baumii*)과 영지버섯(*Ganoderma lucidum*)은 경상북도 소재의 (주)류충현 약용버섯과 유학영지버섯농장에서 재배, 수확, 열풍건조된 것을 구입하였으며, 각각 절단한 후 분쇄하여 25 mesh의 체를 통과한 분말을 실험에 사용하였다.

상황버섯 β -glucan은 상황버섯 분말과 증류수를 혼합한 후 0.66%(v/v)의 Viscozyme[®] L(Novozyme Co., Bagsvared, Denmark)을 첨가하고 진탕배양기(50°C, 130 rpm)를 이용하여 6.08시간 동안 반응시킨 후 환류 추출(90°C, 24시간)하였으며, 여기에 1 L의 에탄올을 가해 4°C에서 방치한 후 농축하고 원심분리하여 정제하였다(7). 영지버섯 β -glucan은 영지버섯 분말에 증류수를 가하고 autoclave를 이용하여 고압 증기처리를 거친 후 0.83%(v/v)의 viscozyme을 첨가하고 진탕배양기(50°C, 120 rpm)에서 4.16시간 동안 반응시킨 후 환류 추출(90°C, 6시간)하여 얻은 효소 추출물을 3배량의 에탄올(94%, v/v)을 첨가한 후 4°C에서 24시간 정지하고 원심분리 하여 정제하였다(8). 상황버섯 및 영지버섯 β -glucan에 말토덱스트린(Baolingbao biology Co., Ltd., Shangdong, China)을 가하여 각각 22.2 °Brix, 9 °Brix로 조정하였다. 분무건조기(KL-8 spray dryer, Ohkawara Kakohki Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 inlet temperature 160°C, outlet temperature 100°C에서 미세캡슐화하여 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품을 제조하였다(7,8). 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품은 갈색병(광구, 스크류캡, 100 mL)에 50 g씩 넣고, 질소 충전하였으며 10°C, 25°C, 40°C에서 5개월간 저장하여 한 달 간격으로 실험하였다.

수분함량

수분함량은 적외선수분계(FD-720, Kett, Tokyo, Japan)를 이용하였으며, 3회 반복하여 측정 후 백분율(%)로 나타내었다.

색도

색도는 Hunter 색차계(CM-700d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 표준 백색판(L=99.49, a=-0.12, b=-0.14)으로 보정하였다. L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 5회 반복하여 측정하였으며, 전반적인 색차는 $\Delta E(\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2})$ 값으로 나타내었다.

일반세균

일반세균은 시료에 멸균한 peptone water(Difco Inc., Sparks, MD, USA)를 가하여 10배 희석한 후 10-fold 희석법

으로 단계적으로 희석하였다. 각 단계별 희석액 100 μ L를 취하여 tryptic soy agar(TSA, Difco Inc., Sparks, MD, USA) 배지에 접종한 후 도말하였다. 37°C에서 24시간 배양하여 생성된 colony를 계수한 후 log CFU/g으로 나타내었다.

유통기한 설정

유통기한 설정은 식품의약품안전처 식품 유통기한 설정 프로그램(<http://www.foodnara.go.kr/foodshelf>)을 이용하여 측정하였다. 이화학적 성분과 미생물의 변화 측정값을 통해 선형회귀방정식과 이에 따른 slope, intercept 및 피어슨의 곱 모멘트 상관계수의 제품값을 구하였다. 그리고 $1/T \cdot \ln(K)$ 에 대해 다시 적용하여 기울기, 절편, R^2 및 활성화 에너지를 계산하였다. 고정온도유통방식에 대한 연간 변화량을 계산하고, 최초값과 하한선, 최종 연간변화량으로부터 유통기한을 산출하였다. 그리고 위의 모든 ln 값에 대해 ln 값을 취하여 위의 모든 과정을 다시 한 번 더 수행하였다. 0차와 1차 반응식의 산출 유통기한 중 작은 값을 유통기한 값으로 사용하였다(22).

결과 및 고찰

수분함량 변화

약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 저장 5개월 동안 수분함량 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 수분함량은 건조식품 안정에 중요한 요소로서 수분함량이 증가할 경우 품질저하의 원인으로 작용하기 때문에(23,24) 중요한 유통기한 설정지표로 판단된다. 상황버섯 및 영지버섯 β -glucan 미세캡슐의 초기 수분함량은 각각 4.03%, 5.70%이었다. 상황버섯 β -glucan 미세캡슐은 25°C와 40°C에서는 저장 5개월째까지 변화가 거의 없었으며, 10°C에서는 저장 3개월째에서 8.10%로 증가한 후 다시 감소하였다. 영지버섯 β -glucan 미세캡슐은 25°C와 40°C에서 저장 5개월째까지 약간의 증가 및 감소가 있었으며, 10°C에서는 저장 3개월째에서 4.23%로 초기값보다 감소한 후 증가하였다. Kim 등(24)의 연구에서 저장기간이 길어질수록 모든 구의 수분함량이 증가하는 경향을 나타낸 결과와 비교하였을 때 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐은 저장기간 동안 수분함량의 변화가 거의 없는 것으로 보아 분무건조 분말이 내부 결정을 견고하게 잘 이루어서 수분흡수가 낮은 것으로 사료된다(18).

색도 변화

색도는 식품의 이화학적인 품질을 외관적으로 판단하는 기준이 되며 건조 제품의 색도는 중요한 품질 지표로 작용하여 품질의 상품성을 좌우한다(25,26). 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 저장 5개월 동안 색도 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 상황버섯 β -glucan 미세캡슐의 ΔE 값은 저장 5개월 뒤 10°C, 25°C, 40°C에서 각각 2.91, 6.47, 4.47이었으며, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐의 ΔE 값은 저장 5개월 뒤 10°C, 25°C, 40°C에서 각각 1.52, 4.58, 1.52를 나타내었다. 상황버섯, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐은 저장기간 동안 저장 온도에 따라 ΔE 값은 약간의 차이는 있었지만 큰 변화를 나타내지 않았다. 한편 Kang 등(27)은 분무건조한 미세캡슐이 저장 온도에 따라 변색 방지 효과가 나타난다고 보고한 바 있다.

일반세균 변화

약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 저장 5개월 동안 일반세균 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 상황버섯, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐의 초기 일반세균수는 각각 3.25 log CFU/g, 2.69 log CFU/g이었다. Kim 등의 연구(28)와 비교하였을 때 건조분말 시료인 선식의 초기 일반세균수는 3.59-3.60 log CFU/g으로 본 연구와 유사하였다. 저장 5개월 뒤 10°C, 25°C, 40°C에서 상황버섯 β -glucan 미세캡슐의 일반세균수는 각각 3.04 log CFU/g, 3.05 log CFU/g, 2.90 log CFU/g이었으며, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐 일반

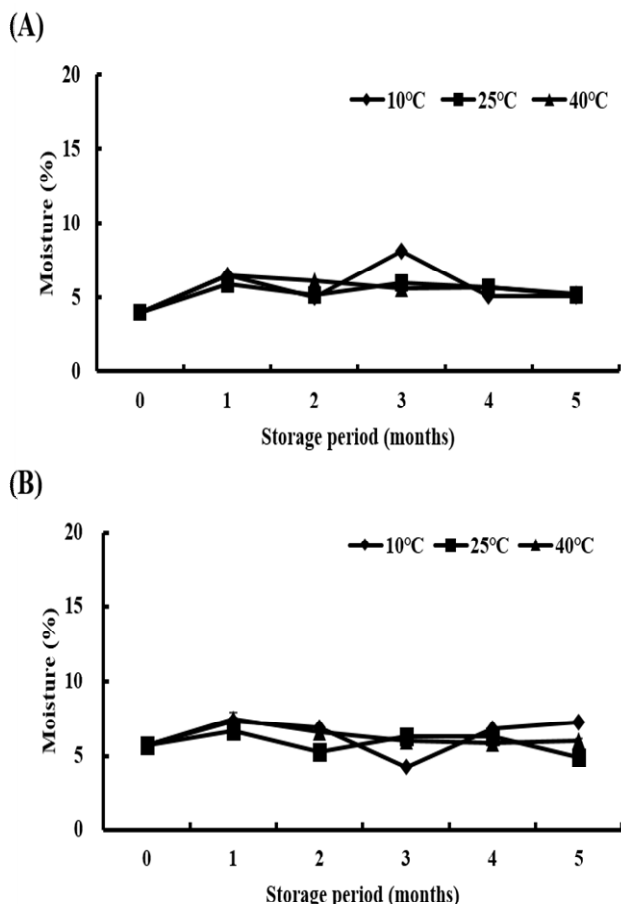


Fig. 1. Changes in moisture contents of β -glucan microcapsules from medicinal mushrooms during 5 months of storage at 10, 25, and 40°C.

(A), *P. baumii*, (B), *G. lucidum*.

세균수는 각각 2.30 log CFU/g, 2.00 log CFU/g, 2.35 log CFU/g으로 초기 일반세균수를 유지하였다. 이는 상황버섯 추출물의 항균성을 나타낸다는 보고(29)와 상황버섯, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐의 낮은 수분함량(4-8%)으로 인해 저장기간 중 일반세균수 변화가 크지 않은 것(30)으로 사료된다.

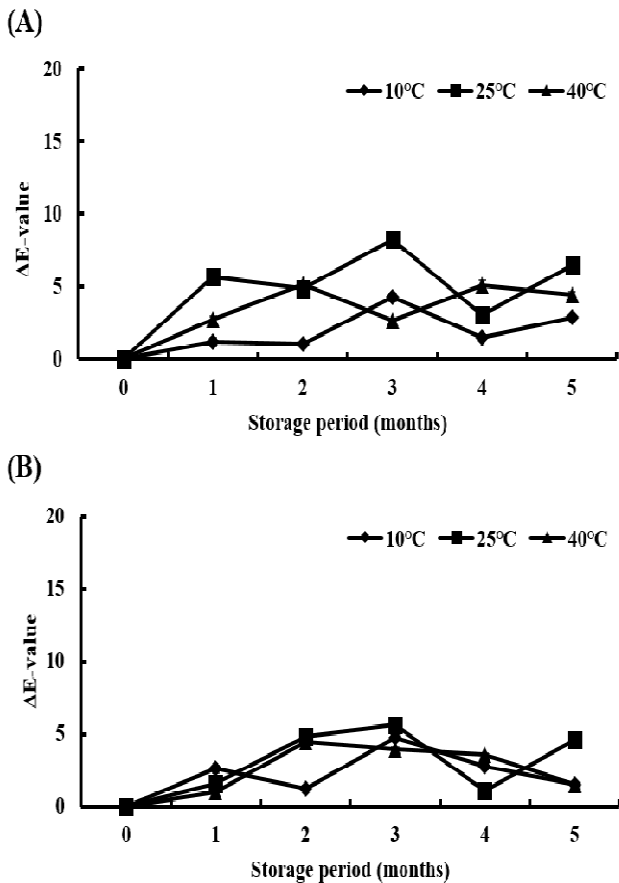


Fig. 2. Changes in ΔE -values of β -glucan microcapsules from medicinal mushrooms during 5 months of storage at 10, 25, and 40°C.

(A), *P. baumii*, (B), *G. lucidum*.

약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 유통기한 설정

약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 유통기한을 설정하기 위해 수분, 색도, 일반세균을 품질지표로 사용하였으며, 저장온도별 품질지표의 반응속도 상수 결과는 Table 1, 2와 같다. 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐의 유통기한 설정은 Kim(31)의 연구 결과를 바탕으로 해석하였다. 0차 반응식은 품질 저하속도가 품질특성에 관계없이 일정한 반응을 나타내고, 1차 반응식은 품질 저하속도가 품질특성에 따라 지수적으로 감소하는 반응을 의미한다. 따라서 0차 및 1차 반응식의 상관계수 분석 결과 수분과 색도는 0차 반응식을, 일반세균은 1차 반응식을 따르는 것

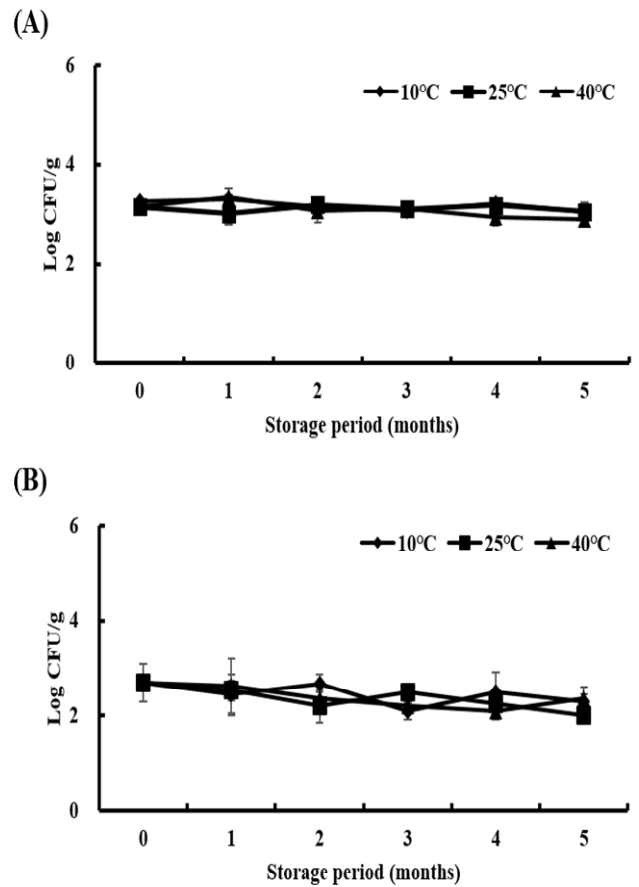


Fig. 3. Changes in total bacterial count of β -glucan microcapsules from medicinal mushrooms during 5 months of storage at 10, 25, and 40°C.

(A), *P. baumii*, (B), *G. lucidum*.

(31)으로 보고하였다. 상황버섯 β -glucan 미세캡슐에서 0차 반응식을 따르는 수분 반응속도상수는 $K_{10^\circ\text{C}}=0.1138$, $K_{25^\circ\text{C}}=0.1681$, $K_{40^\circ\text{C}}=0.0957$, 색도 반응속도상수는 $K_{10^\circ\text{C}}=0.2528$, $K_{25^\circ\text{C}}=0.7703$, $K_{40^\circ\text{C}}=0.5419$, 1차 반응식을 따르는 일반세균 반응속도상수는 $K_{10^\circ\text{C}}=-0.0128$, $K_{25^\circ\text{C}}=-0.0054$, $K_{40^\circ\text{C}}=-0.0267$ 이었으며, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐에서 0차 반응식을 따르는 수분 반응속도상수는 $K_{10^\circ\text{C}}=0.1029$, $K_{25^\circ\text{C}}=-0.1210$, $K_{40^\circ\text{C}}=-0.1200$, 색도 반응속도상수는 $K_{10^\circ\text{C}}=0.1769$, $K_{25^\circ\text{C}}=0.4837$, $K_{40^\circ\text{C}}=0.2789$, 1차 반응식을 따르는 일반세균 반응속도상수는 $K_{10^\circ\text{C}}=-0.0276$, $K_{25^\circ\text{C}}=-0.0487$, $K_{40^\circ\text{C}}=-0.0400$ 을 이용하여 품질지표에 따른 활성화에너지를 산출하여 Table 1, 2에 나타내었다. 실험하지 않은 구간은 우리나라 월별 평균온도를 고려하여 적용하였으며 실온 유통 시 1년간 온도별 예상 유통일수는 10°C(121일), 15°C(60일), 20°C(62일), 25°C(60일), 30°C(62일)로 유통기한 산출의 근거로 사용하였다. 따라서 상황버섯 β -glucan 미세캡슐의 유통기한은 수분함량 37.64개월, 색도 69.96개월, 일반세균 53.03개월로 산출되었고, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐의 유통기한은 수분함량 37.43개월, 색도 69.28개월, 일반세균 31.02개

Table 1. Rate constant of quality index of β -glucan microcapsule from *P. baumii*

	Quality index	Temperature (°C)	Regression equation	R ²	Activation energy (Ea)	Shelf life (months)
Moisture	Zero order	10	Y=0.1138X+5.3427	0.0217	921.30	37.64
		25	Y=0.1681X+4.9125	0.1870		
		40	Y=0.0957X+5.2935	0.0446		
	First order	10	Y=0.0251X+1.6392	0.0372	-1.21	32.04
		25	Y=0.0366X+1.5737	0.2170		
		40	Y=0.0248X+1.6378	0.0780		
Color (ΔE -value)	Zero order	10	Y=0.2528X+1.4737	0.2532	-4,614.74	69.96
		25	Y=0.7703X+1.7698	0.4731		
		40	Y=0.5419X+0.9552	0.4471		
	First order	10	Y=0.1536X+0.2559	0.2941	-4,291.90	32.25
		25	Y=0.2820X+0.4372	0.6078		
		40	Y=0.3168X-0.2070	0.4878		
Total bacterial count	Zero order	10	Y=-0.0404X+3.2736	0.5091	-3,959.50	58.90
		25	Y=-0.0172X+3.1739	0.1229		
		40	Y=-0.0828X+3.3128	0.8223		
	First order	10	Y=-0.0128X+1.1860	0.5093	-4,071.03	53.03
		25	Y=-0.0054X+1.1544	0.1176		
		40	Y=-0.0267X+1.1988	0.8293		

Table 2. Rate constant of quality index of β -glucan microcapsule from *G. lucidum*

	Quality index	Temperature (°C)	Regression equation	R ²	Activation energy (Ea)	Shelf life (months)
Moisture	Zero order	10	Y=0.1029X+6.1095	0.0258	-920.34	37.43
		25	Y=-0.1210X+6.1302	0.1100		
		40	Y=-0.1200X+6.5667	0.1099		
	First order	10	Y=0.0144X+1.7978	0.0162	-1,178.56	35.88
		25	Y=-0.0223X+1.8125	0.1215		
		40	Y=-0.0174X+1.8742	0.1099		
Color (ΔE -value)	Zero order	10	Y=0.1769X+1.8640	0.0587	-2,822.41	69.28
		25	Y=0.4837X+1.9068	0.1907		
		40	Y=0.2789X+1.8717	0.1044		
	First order	10	Y=0.1042X+0.4342	0.1130	-2,972.57	35.42
		25	Y=0.1906X+0.4287	0.2092		
		40	Y=0.1710X+0.3152	0.1951		
Total bacterial count	Zero order	10	Y=-0.0680X+2.6201	0.3164	-2,170.40	46.74
		25	Y=-0.1140X+2.6497	0.6965		
		40	Y=-0.0973X+2.6334	0.6147		
	First order	10	Y=-0.0276X+0.9615	0.2993	-2,262.32	31.02
		25	Y=-0.0487X+0.9774	0.6908		
		40	Y=-0.0400X+0.9675	0.5981		

월로 산출되었다. 산출된 유통기한에 안전계수 0.8을 고려한 결과는 Table 3과 같다. 품질지표 중 가장 짧은 산출 유통기한을 사용하였으며 상황버섯 β -glucan 미세캡슐은 수분함량에서 30.11개월이었고, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐은 일반세균에서 24.82개월의 유통기한을 최종적으로 산출하였다. 따라서 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품은 25°C에서 24개월로 설정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

Table 3. Predicted shelf life of β -glucan microcapsules from medicinal mushrooms (*P. baumii*, *G. lucidum*)

	Shelf life (months)	
	<i>P. baumii</i>	<i>G. lucidum</i>
Moisture	30.11	29.94
Color (ΔE -value)	55.97	55.42
Total bacterial count	42.42	24.82

요 약

약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품을 10°C, 25°C, 40°C에서 5개월 동안 저장하며 한 달 간격으로 수분함량, 색도 및 일반세균 변화를 조사하고 식품 유통기한 설정 프로그램을 이용하여 유통기한을 예측하였다. 수분함량 변화 결과 상황버섯 β -glucan 미세캡슐은 저장기간 동안 25°C와 40°C에서는 변화가 없었으나 10°C에서는 3개월째에서 증가한 후 감소하였고, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐은 저장기간 동안 25°C와 40°C에서 약간의 증가 및 감소가 있었으나 10°C에서는 저장 3개월째에서 초기값보다 감소한 후 증가하였다. 색도 변화는 상황버섯, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐 모두 10°C, 25°C, 40°C에서 저장 5개월째까지 큰 차이를 나타내지 않았다. 일반세균은 상황버섯, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐의 저장기간 및 저장온도에 따른 큰 변화 없이 초기값을 유지하였다. 이들 결과를 바탕으로 상황버섯 β -glucan 미세캡슐은 30.11개월이었고, 영지버섯 β -glucan 미세캡슐은 24.82개월의 유통기한을 최종적으로 산출하였다. 따라서 약용버섯(상황·영지) β -glucan 미세캡슐 제품의 유통기한을 각각 24개월로 설정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품 기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 314070-3).

References

- Hong SS, Jung EK, Kim AJ (2013) Quality characteristics of *Yanggaeng* supplemented with *Sanghwang* mushroom (*Phellinus linteus*) mycelia. J Korean Diet Assoc, 19, 253-264
- Cha JY, Jin JS, Cho YS (2011) Biological activity of methanolic extract from *Ganoderma lucidum*, *Momordica charantia*, *Fagopyrum tataricum*, and their mixtures. J Life Sci, 21, 1016-1024
- Joo OS, Hwang CE, Hong SY, Sin EC, Nam SH, Cho KM (2018) Antioxidative and digestion enzyme inhibitory activity of *Ganoderma lucidum* depends on the extraction solvent. Korean J Food Preserv, 25, 124-135
- Kim SH, Cha EJ, Hwang YJ (2004) Studies on antitumor activity and antimicrobial activity of *Coriolus versicolor* (Fr.) Quel and *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. Korean J Hum Ecol, 7, 49-58
- Kim JO, Jung MJ, Choi HJ, Lee JT, Lim AK, Hong JH, Kim DI (2008) Antioxidative and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 684-690
- Bae HK, Hwang IW, Hong HD, Chung SK (2015) Antioxidant capacities and β -glucan content of ethanol extract from *Phellinus baumii*. Korean J Food Preserv, 22, 721-726
- Son EJ, Ryu EA, Lee SH, Kim YC, Hwang IW, Chung SK (2018) Characteristics of mushroom *Phellinus baumii* extracts with enzyme pretreatment. J Appl Biol Chem, 61, 101-108
- Hwang IW, Kim BM, Kim YC, Lee SH, Chung SK (2018) Improvement in β -glucan extraction from *Ganoderma lucidum* with high-pressure steaming and enzymatic pre-treatment. Appl Biol Chem, 61, 235-242
- Oh SI, Lee MS (2005) Antioxidative and antimutagenic of *Ganoderma lucidum* Krast extracts. Korean J Food Nutr, 18, 54-62
- Lee BE, Ryu SY, Kim EH, Kim YH, Kwak KA, Song HY (2012) Immunostimulating effect of mycelium extract of *Phellinus linteus*. Korean J Pharmacogn, 43, 157-162
- Kim HM, Lee DH (2012) Effect of beta-glucans extracted from *Phellinus baumii* on the growth of *Caenorhabditis elegans*. Korean J Mycol, 40, 54-59
- Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH, Jhune CS (2013) Comparative analysis of useful β -glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp.. J Mushroom Sci Prod, 11, 164-170

13. Kim KJ, Jin SW, Choi BS, Kim JK, Koh YW, Kim ARC, Seo KS (2015) Organic acid and quality change in *Flammulina velutipes* fruit body by various storage temperature treatments and packaging films application. *J Mushrooms*, 13, 119-124
14. Kim, BS, Nahmgung B, Kim OW, Kim DC (1995) Freshness keeping of Shiitake mushroom by vacuum cooling. *Korean J Food Sci Technol*, 27, 852-859
15. Park SJ, Honh JH, Youn KS, Choi YH (2006) Form manufacturing and quality characteristics using extracts from *Hericium erinaceus*. *Korean J Food Preserv*, 13, 569-573
16. Park MH, Kim MJ, Cho WI, Chang PS, Lee JH (2011) Volatile changes in beverages and encapsulated powders containing an *Artemisia* extract during production and storage. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 271-276
17. Lim HJ, Park SK, Kim MJ, Lee WK, Min JK, Cho YJ (2015) Quality characteristic salmon oil microencapsulated with various wall materials. *JFMSE*, 27, 1334-1342
18. Chae HY, Hong JH (2016) Quality characteristics of spray dried powder from unripe fig extract. *Korean J Food Preserv*, 23, 355-360
19. Bae EK, Kim GH (2008) Encapsulation of avocado oil using spray drying. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 303-310
20. Kim SJ, Lee SY, Han JK, Lee JK, Choi MJ (2015) Effect of coating materials on the stability of spray-dried *Lactobacillus* powder during storage. *Korean J Food Sci Technol*, 47, 633-638
21. Lee SD, Kim JS, Kim JH, Ha YS (2004) Adsorption characteristics of soybean curd powder prepared with various drying methods during storage. *J East Asian Soc Dietary Life*, 14, 457-462
22. Park JH, An DS, Lee DS, Park EJ (2014) Prediction of shelf-life of sea tangle drink. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 784-790
23. Kim DH, Kim EM, Chang YJ, Ahn MY, Lee YH, Park JJ, Lim JH (2016) Determination of the shelf life of cricket powder and effects of storage on its quality characteristics. *Korean J Food Preserv*, 23, 211-217
24. Kwon OH, Ryu JA, Kang DK, Choe SY, Lee HR (2010) Effect of packaging materials and storage temperature on the quality of dried lotus root (*Nelumbo nucifera* G.). *Korean J Food Preserv*, 17, 777-783
25. Kim BM, Jung ES, Aan YH, Hwang IW, Chung SK (2016) Drying characteristics and physical properties of medicinal and edible mushrooms. *Korean J Food Preserv*, 23, 689-695
26. Sun SH, Kim SJ, Kim GC, Kim HR, Yoon KS (2011) Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 495-503
27. Kang YC, Choi KK, Kim KH, Kim HK (2002) Microcapsulation of *Aster scaber* and *Aster glehni* by spary drying. *Korean J Food Preserv*, 9, 212-220
28. Kim JY, Bae YM, Hyun JE, Kim EM, Kim JC, Lee SY (2017) Microbiological quality of dried and powdered foods stored at various relative humidities. *J East Asian Soc Diet Life*, 27, 576-582
29. Kim IH, Jin EJ, Lee JH (2006) Antioxidant and antimicrobial activities of Cambodian mushroom, *Phellinus linteus*. *Environ Mutagens Carcinog*, 26, 41-44
30. Jeong JW, Park GJ, Kim MH, Kim DS (2006) Changes in quality spray-dried and freeze-dried *Takju* powder durig storage. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 513-520
31. Kim WS (2008) Development of guideline for establishment of shelf-life of foods. *Korea Health Industry Development Institute*, Osong, Korea, p 80-139