

## Production of spherical granule type yogurt with improving convenience and preservation

Myung-Gon Shin\*

*School of Culinary Nutrition, Woosong University, Daejeon 34606, Korea*

### 편리성 및 저장성이 증진된 구형과립 요구르트 제조

신명곤\*

우송대학교 외식조리영양학부

#### Abstract

Yogurt contains many microorganisms that are beneficial to human health, and is a probiotic that supplies many nutrients such as calcium and protein. It is difficult to safety preserve for a long time because it possesses a high content of water. To address this problem, powdered “instant” yogurt has been developed, but it has flaws low flowability and solubility. Therefore, yogurt was granulated using a fluidized bed granulator to increase flowability and solubility. The fluidized bed granulator was designed by using response surface methodology (RSM), whose variables were feeding rate (FR), atomization air pressure (AP) and product temperature (PT). After being granulated, the yogurt was analyzed for yield and lactic acid bacteria count. The maximum yield of yogurt granules was 79.42%, at FR of 0.54 mL/min, AP of 2.64 kPa, and PT of 58.18°C, and the colony count for lactic acid bacteria was more than  $6 \log^{10}$  CFU/g. Therefore, spherical granulation of yogurt using a fluidized bed granulator could be used for making convenient probiotic products with improved flowability and solubility.

**Key words :** spherical granule type yogurt, fluidized bed granulator, convenience and preservation

#### 서 론

유산균은 유제품의 발효과정에 관여하는 안전한 미생물로 장내 상피세포에 부착하여 당류를 에너지원으로 대사 활동을 하며(1), 대사활동에 의해 분비된 물질들은 대장에서 유해균의 증식을 억제하여 소화계의 안정화에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(2,3). 이 외에도 유산균은 다양한 항암활성을 가질 뿐만 아니라(4) 장내에서 젖당의 이용을 증진시켜 주어 영양보충제나 기능성식품으로도 가치가 인정되고 있다(5). 그리고 유산균을 건강기능식품소재로 활용하기 위해서는, 소화과정 중 산이나 담즙액 등의 영향을 최소화하면서 장까지 안전하게 유산균을 전달할 수 있어야

하며(7-10), 특히  $10^6$  CFU/g 이상의 유산균을 제품에 함유하고 있어야 한다(11).

요구르트는 유산균의 probiotics로서의 기능을 살리면서 단백질 및 칼슘의 섭취에 의한 영양보충이 가능한 발효유이다. 발효유 형태인 액상형 요구르트는 영양학적 가치가 높으며 다른 유제품에 비해 수익성이 높아 시장전망은 점점 유리해지고 있다(12). 그러나 액상형 요구르트는 수분을 다량 함유하여 보존기간이 매우 짧은 단점을 갖고 있기 때문에, 요구르트의 보존기간을 연장하면서 부피를 감소시켜 포장과 유통을 유리하게 할 수 있는 분말형 요구르트 제조에 대한 다양한 연구가 시도 되었다(12-15). 그러나 분말형 요구르트 제품들은 저장성이 우수한 반면 분말가루의 유동성이 나빠면서 물에 대한 용해성도 낮아, 사용편리성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 유산균의 probiotics로서의 기능성과 우수한 영양학적 가치를 가진 액상 요구르트를 이용하고, 분말형 요구르트의 단점을 개선한, 유동성 및 용해도가 우수한 구형과립 요구르트 제조를 위한 유동층코팅기의

\*Corresponding author. E-mail : shin@wsu.ac.kr  
Phone : 82-42-630-9741, Fax : 82-42-630-9740  
Received 4 May 2017; Revised 21 June 2017; Accepted 22 June 2017.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

최적 운영조건 확립을 시도하였으며, 제조된 구형과립 요구르트의 편리성 및 저장성을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 액상형 요구르트 제조

액상형 요구르트 제조는 증류수 1,000 mL를 autoclave에서 121°C에서 15분간 멸균시킨 증류수에 탈지분유 300 g을 넣고 잘 녹인 뒤, 혼합유산균(Kookjeayouup, Seoul, Korea)을 넣고 잘 녹여 40°C에서 12시간 발효시켜 starter를 제조하였다. 과립형 요구르트 제조를 위한 액상형 요구르트는 탈지분유의 총 함량이 8, 12, 16, 20, 24%가 되도록 하여 요구르트를 제조하였고, 나머지 제조 방법은 탈지분유의 양만 다르고 starter 제조 방법과 같다.

요구르트의 유산균수 측정은 pour plate method를 이용하여 측정하였다. 각각의 시료를 멸균 유리병으로 잘 혼합한 후 혼합된 시료 10 mL를 멸균용기에 취해 9배량의 멸균생리 식염수와 혼합한 것을 시험용액으로 하였다. 시험용액 1 mL와 멸균 생리 식염수로 희석한 각 단계 희석액 1mL씩을 멸균 페트리접시에 도말하고, 약 43-45°C로 유지한 MRS 배지(Difco, MRS™, Difco, Becton, Dickinson & Co., Sparks, MD, USA)를 분주하고, 냉각 응고된 페트리접시는 거꾸로 하여 35-37°C에서 72±3시간 후 발생한 유산균의 집락으로 계측하였다(5).

pH는 각각의 요구르트 5 g을 취하여 45 mL의 증류수로 희석 한 후 pH meter(Mettler Toledo 340, Postfach, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

점도는 Brookfield rotational viscometer(Brookfield DV-II, Engineering Lab. Inc., USA)를 이용하여 rotational speed 20 rpm 에서 정확도가 50%이상일 때의 겔보기 점도를 centipoise(cP)로 표시하였다(7).

### 분말형 요구르트 제조

액상형 요구르트를 사용하여 분무건조기(500 g/h capacity, L-8 Model, Ohkawara Kohoki 168 Co., Ltd., Yokohama, Japan)를 이용하여, 입구온도 90°C, 출구온도 70°C, 아토마이저 회전속도 20,000 rpm의 분무건조조건하에서 분말형 요구르트를 제조하였다(16,17).

### 유동층코팅기 최적 운영조건 확립

구형과립 요구르트 제조를 위한 유동층코팅기(GRE-Lab 1. GR Engineering, Kyunggido, Korea)의 최적 운영조건을 확립하기 위해 response surface methodology(RSM) 방법을 사용하였으며, 최적화 실험조건은 Table 1에 표시하였다. 구형과립 요구르트 제조에 영향을 미치는 주요인자로는 feeding rate(FR, mL/min), atomization air pressure(AP, kPa)

와 product temperature(PT, °C)를 선정하였으며, 최적 운영조건 확립은 구형과립 요구르트(입자크기: 0.25 mm-0.59 mm)의 회수율로 결정하였다(19).

**Table 1. Yields of spherical granule type yogurt made with RSM experimental design**

Run number	Process variable <sup>1)</sup>			Yields of granules (%)
	FR	AP	PT	
1	0.5	2.0	50	74.27
2	0.5	2.0	70	65.29
3	0.5	3.0	50	72.84
4	0.5	3.0	70	62.95
5	0.7	2.0	50	58.67
6	0.7	2.0	70	59.02
7	0.7	3.0	50	62.30
8	0.7	3.0	70	60.69
9	0.6	2.5	60	82.91
10	0.4	2.5	60	72.51
11	0.8	2.5	60	74.33
12	0.6	1.5	60	56.65
13	0.6	3.5	60	76.41
14	0.6	2.5	40	54.17
15	0.6	2.5	80	56.43

<sup>1)</sup>FR means feeding rate (mL/min), AP means atomization air pressure (kPa), PT means product temperature (°C).

### 구형과립 요구르트 제조

구형과립 요구르트의 물리화학적 특성을 분석하기 위해, 최적화된 유동층코팅기 운영조건(FR 0.5±0.1 mL/min, AP 2.5±0.5 kPa, PT 58.0±2.0°C)하에서 액상형 요구르트를 희석하여 분무용 요구르트액을 제조한 다음, 유동층코팅기 내부에 분무용 요구르트액을 바텀스프레이(bottom spray) 방식으로 분무하면서 반복적인 유동화를 통해 구형과립 요구르트를 제조하였다(18).

### 구형과립 요구르트 물리화학적 특성분석

요구르트의 색도는 color difference meter(Chroma Meters CR-200, Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값을 측정하였다.

요구르트의 유동성 분석은 평판한 입구의 지름이 150 mm, 출구의 지름이 12 mm인 깔때기를 유리 바닥으로부터 높이 80 mm의 위치에 설치한 후, 분말형 및 구형과립 요구르트 각각 20 g을 취하여 깔때기에 서서히 부은 다음, 바닥에 생기는 원뿔 모양의 지름(R)과 높이(H)를 측정한 후 입사각(angle of repose)을 아래식과 같이 구하였다(19).

$$\text{Angle of repose}(\text{°}) = \text{Arctan} \frac{H(\text{height of cone})}{R(\text{diameter of cone})}$$

요구르트의 용해성 분석은 분말형 및 구형과립 요구르트 각각 1 g을 50 mL 삼각플라스크에 넣은 후 실온의 증류수 10 mL를 첨가한 다음, 교반기(SK 300 model, Jeio Tech, Daejeon, Korea)를 사용하여 분말 및 구형과립의 형태가 완전히 사라져 분산될 때까지의 소요시간을 측정하였다(19).

요구르트의 유산균수 측정은 pour plate method를 이용하여 측정하였다. 유산균수는 분말형 및 구형과립 요구르트는 각각 시료 10 g을 취하여 9배량의 멸균생리 식염수에 분산시킨 것을 시험용액으로 하였으며 배지 및 배양조건은 액상형 요구르트의 유산균 측정방법과 동일하게 실시하였다(5).

#### 구형과립 요구르트 저장성 분석

구형과립 요구르트를 상대습도 75% 및 저장온도 25°C 조건하에서 4개월간 저장하면서 액상형 및 분말형 요구르트와 유산균수의 변화를 비교하였다.

#### 통계분석

결과분석은 SPSS프로그램(v21.0, IBM Company, Chicago, IL, USA)을 사용하여 분산분석 후 최소 유의차 검정 ( $p < 0.05$ )을 실시하였으며, 구형과립 요구르트 제조시 반응 표면분석(RSM)을 이용한 최적화 결과해석은 Minitab 13 statistical software package(Minitab Inc., State College, PA, USA)를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

#### 액상형 요구르트의 특성

요구르트의 구조는 kappa-casein 사이의 disulfide 결합, 유산균의 산생성에 따른 casein 단백질의 등전점 pH까지 낮아짐에 의한 casein 단백질이 엉김현상 및 발효과정 중 protease의 작용에 의한 단백질의 결합 등에 의해 생성되는 구조이다(6). Tamime과 Robinson(20)은 12-20%의 고형분

을 이용하였을 때 요구르트가 잘 형성되었다고 보고하였다. 본 실험에서는 요구르트도 잘 형성 되면서 분말화가 가능한 탈지분유의 농도를 조정하기 위해 탈지분유의 농도를 달리하여 요구르트를 제조하였다. 탈지분유의 농도를 달리하여 요구르트를 제조하여 유산균수를 측정 한 결과는 Table 2에 나타내었으며, 8-24%의 농도에서 요구르트를 제조하였을 때 유산균수는 통계적으로 차이가 없는 것을 알 수 있었다. Damin 등(21)은 skim milk powder, whey powder와 sodium caseinate를 각각 12% 고형분 함량이 되게 하여 요구르트를 제조 하였을 때, 유산균수는 log 8.3-8.9 CFU/mL 이었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

탈지분유의 농도를 달리하여 제조 된 요구르트의 pH는 4.03-4.32 범위로 탈지분유의 농도가 높아질수록 높아짐을 알 수 있었다(Table 2). 탈지분유의 농도를 달리하여 제조 된 요구르트의 pH는 요구르트의 바람직한 pH 범위인 3.27-4.42(22) 안에 포함되어 있어 8-24% 탈지분유 농도의 어떤 것을 사용하여도 바람직한 요구르트를 제조 할 수 있음을 알 수 있었다.

탈지분유의 농도를 달리하여 제조 된 요구르트의 점도를 측정 한 결과는 Table 2에 표시하였으며 탈지분유의 농도가 높아질수록 점도는 점점 강해지는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 요구르트의 저장성과 편리성을 증진시키기 위해 요구르트를 분말화 한 후 과립화하는 것이 목적이기 때문에 탈지분유의 농도를 달리하여 제조 된 요구르트를 혼합 한 후 분무건조를 실시하였다. 요구르트는 전단응력을 높이면 흐름에 대한 저항성이 감소되는 pseudoplastic 특성(21)을 가지므로 24% 농도의 요구르트를 혼합하면서 분무건조기에 분무하였을 때 충분히 분무가 가능하였다.

#### 분말 요구르트의 특성

분무건조 시 너무 낮은 농도를 분무할 경우에는 시간 및 비용이 높아지므로 조해성이 높지 않은 용액의 경우 고형분 함량이 약 30% 수준이면 분무가 가능하다(23). 예비 실험 결과 24% 이상 농도에서는 분무가 어려워 요구르트가 형성될 수 있는 최대 탈지분유 양을 24%로 조정하여 분무 건조하여 요구르트 분말을 제조 하였다. 분무건조 후 요구르트의 색도를 측정 한 결과는 Table 3에 표시하였다. 액상형 요구르트를 분말화하였을 때 L 값과 a 값은 낮아지는

**Table 2. Lactic acid bacteria colony number, pH and viscosity in the yogurt according to different addition amount of skim milk powder**

	Concentration (%)				
	8	12	16	20	24
Lactic acid bacteria colony number (CFU/g)	8.67±0.02 <sup>1a2)</sup>	9.00±0.00 <sup>a</sup>	9.48±0.01 <sup>a</sup>	9.60±0.01 <sup>a</sup>	9.64±0.02 <sup>a</sup>
pH	4.03±0.02 <sup>c</sup>	4.09±0.01 <sup>d</sup>	4.19±0.01 <sup>c</sup>	4.28±0.06 <sup>b</sup>	4.32±0.02 <sup>a</sup>
Viscosity (cP)	2,500±200 <sup>c</sup>	5,300±608 <sup>d</sup>	10,000±820 <sup>c</sup>	12,667±1,154 <sup>b</sup>	19,333±1,145 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values represented the mean (n=3).

<sup>2)</sup>Any means in the same row followed by the same letter are not significance ( $p < 0.05$ ).

**Table 3. Comparison of Hunter L, a, b values among fluid type, powder type, and spherical granule type yogurt**

Variety of yogurt	Fluid type yogurt	Powder type yogurt	Spherical granule type yogurt
L value	90.41±0.00 <sup>a1)</sup>	87.77±0.00 <sup>ab</sup>	84.22±0.00 <sup>b</sup>
a value	6.63±0.00 <sup>a</sup>	5.90±0.22 <sup>a</sup>	4.67±0.00 <sup>b</sup>
b value	-5.21±0.00 <sup>b</sup>	-4.42±0.04 <sup>ab</sup>	-3.30±0.00 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means±SD (n=3) within each column followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) at same column.

경향을 나타내었고 b 값은 높아지는 경향을 나타내었으나 통계적으로 유의차는 나타내지 않았다. 분말형 요구르트의 용해성, 유동성 및 유산균수를 측정된 결과(Table 4) 유산균수는 7.41 log CFU/g이었다. Bielecka와 Majkowska(18)가 요구르트의 분무건조 시 출구온도를 70°C로 하였을 때 *S. thermophilus*는 생존수가 9.32 log CFU/g 이었고, *L. delbrueckii sub sp. bulgaricus*는 생존수가 8.77 log CFU/g 이었다고 보고하여 본 실험결과가 이들 연구 결과에 비해 낮은 생존수를 나타내었으나 이는 균의 종류에 의한 것으로 판단된다. 그러나 액상형 요구르트를 분무건조한 후에도 상당히 높은 수의 유산균이 생존함을 알 수 있었다.

**Table 4. Solubility, flowability and lactic acid bacteria colony count number among fluid type, powder type, and spherical granule type yogurt**

	Fluid type yogurt	Powder type yogurt	Spherical granule type yogurt
Solubility (Second)	-	18.24±2.11 <sup>a1)</sup>	6.28±1.18 <sup>b</sup>
Flowability (Arctan °)	-	12.34±0.28 <sup>a</sup>	9.02±0.71 <sup>b</sup>
Lactic acid bacteria colony number (log CFU/g)	9.64±0.02 <sup>a</sup>	7.41±0.01 <sup>b</sup>	6.21±0.01 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Means±SD (n=3) within each column followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) at same column.

#### 유동충코팅기에 의한 구형과립 요구르트 최적 제조조건

본 실험에서 제조한 구형과립 요구르트는, 유동충과립기 내부에서 요구르트분말을 유동화하면서 바인더액을 탑스프레이(top-spray) 방식으로 분무하여 과립화하는 일반적인 방법과는 달리, Lee와 Shin(18)이 개발한 홍삼농축액을 희석한 분무용 홍삼액을 유동충코팅기 내부에 바텀스프레이(bottom spray) 방식으로 분무하면서 반복적인 유동화를 통해 홍삼농축액 알갱이를 제조하는 홍삼농축액분말의 구형과립화 기술을 응용하여 제조하였다. 즉 액상형 요구르트를 희석하여 분무용 요구르트액을 제조한 다음, 유동충코팅기 내부로 분무용 요구르트액을 바텀스프레이(bottom spray) 방식으로 분무하면서 반복적인 유동화를 통해 구형과립 요구르트를 제조하였다.

구형과립 요구르트의 유동충코팅기 최적 제조조건은

반응표면분석방법(RSM design)을 이용하여 설정하였으며 (Table 1), 그 결과는 Table 5와 같다. Table 5에서 보는 바와 같이 feeding rate(FR) 0.54 mL/min, atomization air pressure (AP) 2.64 bar, product temperature(PT) 58.18°C의 유동충코팅기 운영조건하에서 최대회수율은 79.42%로 예측되었다.

**Table 5. Predicted levels of optimum preparation conditions for the maximized yields of the spherical granule type yogurt by the ridge analysis and superimposing of their response surfaces**

Preparation conditions	Levels for the maximum response surfaces	Significance
Feeding rate	0.54	0.68
Atomization air pressure	2.64	0.47
Product temperature	58.18	0.23
R <sup>2</sup>	0.71	-
Morphology	Maximum	-
Predicted value	79.42	-

#### 구형과립 요구르트 물리화학적 특성

구형과립, 액상형 및 분말형 요구르트의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 유동충코팅기를 이용해 제조된 구형과립 요구르트의 색상은 분말형 요구르트에 비해 색이 약간 노랗게 변한 것을 볼 수 있었는데, 이는 구형과립 요구르트의 제조시간이 분말형 요구르트보다 길어, 제조과정 중 casein 단백질과 lactose 등 당류와의 비효소적 갈변반응이 더 많이 일어난 것으로 판단된다(24).

구형과립 요구르트의 용해성, 유동성 및 유산균수를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 구형과립 요구르트는 분말형 요구르트에 비해 용해성이 아주 우수함을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 분말형 요구르트는 체표면적이 적어 물과 결합할 수 있는 공간이 작을 뿐만 아니라 입자사이로 물이 침투하기 어렵지만, 구형과립은 입자사이에 공극이 존재하여 입자사이로 물분자가 침투하기 쉽기 때문에 용해성이 좋은 것으로 알려져 있다(25).

입자의 유동성 정도는 입사각의 크기로 측정하고 있으며, 입사각이 작을수록 유동성이 좋음을 의미하는데(26), Table 4에서 보는 바와 같이 구형과립 요구르트 입사각은 분말형 요구르트보다 훨씬 작은 값을 보여주어 유동성이 아주 우수함을 알 수 있었다.

특히, 구형과립 요구르트의 유산균수는 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup> log CFU/g으로, 유동충코팅 제조공정을 거치면서 액상형 요구르트와 비교하면 약 30% 정도 감소하였지만 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup> log CFU/g의 상당히 많은 유산균이 잔존함을 알 수 있었다 (Table 4).

#### 구형과립 요구르트 저장성

구형과립 요구르트의 저장중 유산균수 변화는 Table 6에 표시하였다. 일반조건에서 장기저장이 어려운 액상형 요구

르트와는 달리, 상대습도 75% 및 저장온도 25℃ 조건하에서 4개월 동안 저장 시, 구형과립 요구르트의 유산균수 감소는 아주 미미한 것으로 측정되었으며, 이는 분말형 요구르트와 함께 저장성이 아주 우수함을 알 수 있었다. Schell와 Beerman(8)은 유산균을 과립화하여 저장하였을 때 유산균수의 변화는 통계적으로 유의차가 없었다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사함을 알 수 있었다.

**Table 6. Changes of colony count number of lactic acid bacteria during storage of fluid type, powder type, and spherical granule type yogurt at 75% RH<sup>1)</sup> & 25℃**

	(unit: log CFU/g)				
	Storage period (month)				
	0	1	2	3	4
Fluid type yogurt	9.64±0.02 <sup>2)</sup>	-	-	-	-
Powder type yogurt	7.41±0.01 <sup>bNS3)</sup>	7.31±0.01 <sup>a</sup>	7.18±0.01 <sup>a</sup>	7.11±0.01 <sup>a</sup>	7.07±0.01 <sup>a</sup>
Granule type yogurt	6.21±0.01 <sup>bNS</sup>	6.14±0.00 <sup>b</sup>	6.09±0.01 <sup>b</sup>	6.07±0.00 <sup>b</sup>	6.00±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>RH means relative humidity

<sup>2)</sup>Means±SD (n=3) within each column followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) at same column.

<sup>3)</sup>NS means not significantly different during storage.

## 요 약

Probiotics로 알려진 유산균을 다량 포함하고 있으며 우유가 가지고 있는 영양성분을 함유한 액상형 요구르트를 사용하여, 저장성은 높지만 편리성이 낮은 분말형 요구르트의 단점을 개선한, 유동성 및 용해성이 우수한 구형과립 요구르트를 제조하였다. 구형과립 요구르트의 유동충코팅기 최적 제조조건은 반응표면분석방법(RSM design)을 이용하여 설정하였으며, feeding rate(FR) 0.54 mL/min, atomization air pressure(AP) 2.64 bar, product temperature (PT) 58.18℃의 유동충코팅기 운영조건하에서 최대회수율은 79.42%로 예측되었다. 유동충코팅기의 버텀스프레이 방식으로 제조된 구형과립 요구르트는 6-7 log CFU/g의 많은 유산균을 가지고 있었으며, 특히 상대습도 75% 및 저장온도 25℃ 조건하에서 4개월 동안 유산균수의 감소가 아주 미미하여, 저장성 및 편리성이 증진된 새로운 형태의 유산균 제품 개발에 대한 가능성을 보여주었다.

## References

1. Yang SH, Seo SH, Kim SW, Choi SK, Kim DH (2006) Effect of ginseng polysaccharide on the stability of lactic acid bacteria during freeze-drying process and storage. Arch Pharmacol Res, 29, 735-740
2. Giulio BD, Orlando P, Barba G, Coppola R, Rosa MD, Sada A, Prisco PP, Nazzaro F (2005) Use of alginate and cryo-protective sugars to improve the viability of lactic acid bacteria after freezing and freeze-drying. World J. Microbiol Biotechnol, 21, 739-746
3. Taranto MP, Medici M, Perdigon G, Ruiz Holgado AP, Valdez GF (1998) Evidence for hypocholesterolemic effect of *Lactobacillus reuteri* in hypercholesterolemic mice. J Dairy Sci, 81, 2336-2340
4. Lee JW, Shin JG, Kim EH, Kang HE, Yim IB, Kim JY, Joo HG, Woo HJ (2004) Immunomodulatory and antitumor effects *in vivo* by the cytoplasmic fraction of *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium longum*. J Vet Sci, 5, 41-48
5. Guo ZG, Wang JC, Yan L, Chen W, Liu XM, Zhang HP (2009) *In vitro* comparison of probiotic properties of *Lactobacillus casei* Zhang, a potential new probiotics, with selected probiotic strains. LWT-Food Sci Tech, 42, 1640-1646
6. Sodini I, Montella J, Tong PS (2005) Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. J Sci Food Agric, 85, 853-859
7. Shori AB (2017) Microencapsulation improved probiotics survival during gastric transit. HAYATI Biosciences, 24, 1-5
8. Schell D, Beermann C (2014) Fluidized bed microencapsulation of *Lactobacillus reuteri* with sweet whey and shellac for improved acid resistance and *in vitro* gastro-intestinal survival. Food Res Int, 62, 308-314
9. Semyonov D, Ramon O, Kovacs A, Friedlander L, Shimoni E (2012) Air-suspension fluidized-bed microencapsulation of probiotics. Drying Technol, 30, 1918-1930
10. Vinderola CG, Bailo N, Reinheimer JA (2000) Survival of probiotic microflora in Argentinean yogurts during refrigerated storage. Food Res Int, 33, 97-102
11. Kim SJ, Cho SY, Kim SH, Song OJ, Shin IS, Cha DS, Park HJ (2008) Effect of microencapsulation on viability and other characteristics in *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121. LWT-Food Sci Technol, 41, 493-500
12. Kumar P, Mishra HN (2004) Yoghurt powder: A review of process technology, storage and utilization. Food Bioprod Process, 82, 133-142
13. Tymczynsyn EE, Sosa N, Gerbino E, Hugo A, Gomez-Zavaglia A, Schebor C (2012) Effect of physical properties on the stability of *Lactobacillus bulgaricus* in a freeze-dried galacto-oligosaccharides matrix. Int J

- Food Microbiol, 155, 217-221
14. Seo JG, Lee GS, Kim JE, Chung MJ (2010) Development of probiotic products and challenges. *KSBB J*, 25, 303-310
  15. Venir E, Torre MD, Stecchino ML, Maltini E, Nardo PD (2007) Preparation of freeze-dried yogurt as a space food. *J Food Eng*, 80, 402-407
  16. Koc B, Sakin-Yilmazer M, Kaymak-Ertekin F, Balkir P (2014) Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. *J Food Sci Technol*, 51, 1377-1383
  17. Bielecka M, Majkowska A (2000) Effect of spray drying temperature of yoghurt on the survival of starter cultures, moisture content and sensoric properties of yoghurt powder. *Nahrung*, 44, 257-260
  18. Lee GH, Shin MG (2009) Production of spherical granule from viscous red ginseng extracts for improving product fluency and preservation and its physicochemical properties. *J Food Sci*, 74, E519-E525
  19. Wright BJ, Zevchak SE, Wright JM, Drake MA (2009) The impact of agglomeration and storage on flavor and flavor stability of whey protein concentrate 80% and whey protein isolate. *J Food Sci*, 74, S17-S29
  20. Tamime YA, Robinson RK, Latriille E (2001) Yoghurt and Other Fermented Milks. In: *Mechanization and Automation in Dairy Technology*. Tamime YA, Law BA (Editor), Blackwell Publisher, Hoboken, NJ, USA, p 152-203
  21. Damin MR, Alcantara MR, Nunes AP, Oliveira MN (2009) Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT-Food Sci Technol*, 42, 1744-1750
  22. Lee YJ, Kim SI, Han YS (2008) Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added *Yüza (Citrus junos* Seib ex Tanaka) extract. *Korean J Food Nutr*, 21, 135-142
  23. Shiga H, Yoshii H, Ohe H, Yasuda M, Furuta T, Kuwahara H, Ohkawara M, Linko P (2004) Encapsulation of shiitake (*Lenthinus Edodes*) flavors by spray drying. *Biosci Biotechnol Biochem*, 68, 66-71
  24. Choi KO, Ryu J, Kwak HS, Ko S (2010) Spray-dried conjugated linoleic acid encapsulated with Maillard reaction products of whey proteins and maltodextrin. *Food Sci Biotechnol*, 19, 957-965
  25. Pietsch W (2005) *Agglomeration in Industry: Occurrence and Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim, Germany, p 207-246
  26. Maulny APE, Beckett ST, Mackenzie G (2005) Physical properties of co-crystalline sugar and honey. *J Food Sci*, 70, E567-E572