

## 냉동건조를 이용한 쌀기본 이유식 제조에 있어서 건조조건을 최적화

김광옥 · 최호정

이화여자대학교 식품영양학과

### Optimization of the Preparation of Rice-based Infant Foods Using Freeze Drying Process

Kwang Ok Kim and Ho-Jung Choi

Department of Foods and Nutrition, Ewha Woman's University

#### Abstract

Rice based infant foods of carrot, of beef, and of egg for 4-6 month old infants were prepared using freeze drying (FD) process. The optimum moisture content prior to FD and the plate temperature in the drier were determined with the use of response surface methodology. For all the infant foods under this study, FD time was longer as the initial moisture content was higher and the plate temperature was lower. Brittleness of the dried infant foods increased as the moisture content decreased and the plate temperature increased. Among the sensory attributes, hydration rate, uniformity, and smoothness were greater with increased moisture content and with decreased plate temperature. Ease to spoon increased as moisture content increased and mouthcoating increased as both the moisture content and the plate temperature increased. Optimum moisture content and plate temperature for the FD of carrot, beef and egg foods were 88.5% and 34°C, 88.5% and 28°C, and 87.3% and 39°C, respectively.

Key words: infant food, freeze drying, optimization

#### 서 론

영유아기는 일생을 통하여 신체적 및 정신적 발달이 가장 빠르게 진행되는 중요한 시기이다. 따라서 이 시기에 적절한 영양을 공급하는 것은 정상적인 신체 성장과 발육 뿐 아니라, 성인이 된 후의 건강, 체력, 지적능력, 작업능력 등에 계속 영향을 미치게 된다<sup>(1)</sup>.

현재까지 우리나라에서는 이유기 어린이들의 발육 상태 및 영양 섭취에 관한 많은 연구<sup>(1-6)</sup>가 보고되었으나 이유식 제조 및 개발에 관한 연구는 미비한 편이다. 단지 최와 권<sup>(7)</sup>, 호와 김<sup>(8)</sup>, 이<sup>(9)</sup>, 안 등<sup>(10)</sup>에 의한 분말형 이유식에 대한 연구와 윤과 이<sup>(11-13)</sup>에 의한 반고체 이유식에 대한 연구가 있을 뿐이다. 외국에서도 이유보충식에 관한 제조방법<sup>(14-16)</sup> 및 가정에서 만드는 이유식<sup>(17,18)</sup> 등의 연구가 이루어졌으나 이러한 연구들을 우리나라의 실정에 적용시키기에는 다소 무리가 있다.

이유식은 어른 식사의 일부이거나 우유에 준하는 형태이기보다는 숟가락으로 떠먹일 수 있고, 가능하면 각

각의 식품을 맛볼 수 있어 결국은 어른 음식으로 자연스럽게 이행될 수 있는 것이라야 바람직하다. 따라서 여러가지 식품이 혼합된 분말 형태가 아니라, 각 식품의 맛을 알 수 있고 숟가락으로 떠 먹일 수 있으며, 종류가 다양한 이유식의 개발이 이루어져야 한다.

식품공업에 있어서 효율적인 건조방법으로 알려져 있는 냉동건조방법은 건조 중에 발생할 수 있는 여러가지 파괴적 부작용을 최소화할 수 있고 건조후에도 원형을 유지할 수 있으며 조직내의 고형분 이동을 최소한으로 줄일 수 있다<sup>(19,20)</sup>. 또한 건조된 제품이 다공성 조직을 가질 수 있어서 재수화가 비교적 완전히 될 수 있으며 휘발성 향미물질의 손실을 적게할 수 있는 등의 장점을 가지고 있다. 최근들어 여러가지 식품의 제조시에 식품의 향미를 보존하고 영양소의 손실을 최소화하기 위하여 냉동건조방법을 도입하고 있다. 그러나 다른 기술에 비해 건조에 드는 비용이 높기 때문에 실제 이용되는 데는 많은 제한이 따른다. 따라서 건조비용을 최소화하면서도 양질의 제품을 생산할 수 있는 냉동건조를 이용한 즉석 쌀 기본 이유식개발의 최적조건을 확립하는 일은 특히 우리 농산물의 다양한 이용 방안이 검토되고 있는 현 시점에서 볼 때, 중요한 과제라 아니할 수 없다.

본 연구는 이유를 시작하는 4~6개월의 유아들에게

Corresponding author: Kwang Ok Kim, Department of Foods & Nutrition, Ewha Woman's University, Seodaemun-gu, Seoul 120-750, Korea

각 식품의 맛을 익히게 하고 재수화시킨 후 숟가락으로 떠먹일 수 있도록 쌀을 기본으로 하고 당근, 쇠고기 및 계란을 각각 주재료로 혼합한 새가지 냉동건조 이유식의 최적 제조조건을 제시하기 위하여 수행되었다.

**재료 및 방법**

**재료**

본 실험에 사용된 쌀은 통일계 품종으로 전량을 한번에 구입하였다. 당근, 대두, 계란 및 양파는 서울의 대현동 시장에서 구입하여 사용하였으며, 쇠고기는 우둔살부위로 실험에 필요한 전체량을 한번에 구입하여 1회 실험분으로 나눈 후 냉동고에 보관하면서 사용하였다. 말토덱스트린은 DE가 9인 제품(Glucidex D.E. 9, Roquette Co., France)을 사용하였다.

**실험설계**

냉동건조 이유식의 최적 제조조건을 결정하기 위하여 이유식의 품질특성에 영향을 미치는 주요 처리요인중 건조전 이유식의 수분함량(이하 수분함량이라 함)과 냉동건조시에 승화열로 투입되는 선반의 가열판 온도(이하 가열판 온도라 함)를 선정하였다. 처리요인의 수준은 수분함량의 경우 86, 88 및 90%, 그리고 가열판온도는 20, 35 및 50℃로 하여 3<sup>2</sup>요인 실험법에 따라 이유식 종류별로 각각 9가지 이유식을 제조하였다.

**이유식의 제조 및 냉동건조기의 조건**

이유식은 Fig. 1에 나타나 있는 방법으로 제조하였다. 이러한 과정을 동시에 두번 반복하여 제조한 각각의 이유식을 혼합한 후, 3개의 냉동건조용 용기에 나누어 담고 1시간 동안 실온에서 냉각시켰다. 이때 수분함량이 다른 시료(3수준)들로 제조된 이유식의 고형분 함량(150g)이 모두 동일하도록 조정하여 용기에 담았다. 사용된 냉동건조용 용기는 가로 5등분, 세로 6등분의 30칸으로 나뉘어진 알루미늄 용기(28×31×4 cm<sup>3</sup>)였다. 냉각된 시료는 냉동고(-18℃)에서 예비 동결시킨 후 냉동건조기(일신 엔지니어링)를 사용하여 건조시켰다. 냉동건조기의 chamber 압력은 5 micron 이하였고 trap온도는 -50℃ 이하였으며 가열온도는 위에서 언급한 바와 같이 3 온도로 책정하였다. 건조가 끝난 시료는 실험용도별로 적당량을 실리카겔과 함께 비닐 지퍼백에 넣고 밀봉한 후 실온에서 보관하였다.

**냉동건조시간, 밀도 및 수분흡수력 측정**

냉동건조시간은 냉동건조기의 기록계에 나타난 건조기 내의 온도, 선반온도, 시료온도가 일정한 온도를 유지하기 시작한 다음 2시간이 지난 시간으로 하였다. 이유식의 밀도는 건조된 이유식 시료의 무게와 부피를 측정하여 그 비(g/cc)로 나타내었고 이때 부피는 종자치환법<sup>(21)</sup>을 사용하여 측정하였다. 수분흡수력은 Anderson의 방법<sup>(22)</sup>을 일부 수정하여 측정하였다. 즉, 건조된 이유식시료 2.5g을 취하여 원심분리기 용기에 넣은 후 80℃ 증류수 12 ml를 넣고 1분간 놓아두었다가 3,000 rpm에서 1분 30초간 원심분리하여 상등액을 제거하고 남은 시료의 무

	Rice-based carrot food				Rice-based beef food				Rice-based egg food		
Materials	rice (200g)	soybean (32g)	carrot (128g)	malto-dextrin (40g)	rice (200g)	beef (120g)	carrot (40g)	onion (40g)	rice (200g)	egg (160g)	onion (40g)
Preparation	washing 6 times	washing 5 times		cutting	washing 6 times		cutting	cutting	washing 6 times		cutting
Soaking (15℃)	50 mins	20 hrs			50 mins				50 mins		
Bolling (98℃)		high stage : 15 mins							medium stage : 5-6 mins		
(Magic Chef E1021-31AM, U.S.A.)									low stage : 20 mins		
Blending			adding water to 700g			adding water to 650g			removing shell and egg white		
(MJ 310G, National, Japan)		2nd stage : 5 mins			2nd stage : 5 mins			2nd stage : 5 mins			
Cooking			adding water to moisture content of 90, 88, or 86%			adding water to moisture content of 90, 88, or 86%			adding water to moisture content of 90, 88, or 86%		
(Magic Chef E1021-31AM, U.S.A.)		high stage : 9 mins(90%) 8 mins(88%) 6 mins(86%)			high stage : 9 mins(90%) 8 mins(88%) 6 mins(86%)			high stage : 9 mins(90%) 8 mins(88%) 6 mins(86%)			
		low stage : 3 mins			low stage : 3 mins			low stage : 3 mins			
		standing : 2 mins			standing : 2 mins			standing : 2 mins			

Fig. 1. Preparation of the rice-based infant foods

게를 측정하여 건조이유식 1g에 의해 흡수된 수분의 무게로 계산한 값(g/g)을 이유식의 수분흡수력으로 나타내었다. 냉동건조시간, 밀도 및 수분흡수력은 각 실험군 당 3회 측정하였다.

### 건조된 이유식의 파쇄성 및 경도 측정

건조된 이유식의 파쇄성 및 경도를 측정하기 위하여 Instron Universal Testing Machine(Instron Model 10 11, Instron Co. USA)을 사용하여 단순압착실험을 실시하였다. 단면적이 45 mm×30 mm가 되도록 자른 시료를 압착하였을 때 얻어지는 force distance curve로부터 파쇄성과 경도를 구하였다<sup>(23)</sup>. 이때 Instron의 조건으로 weight of load cell은 5 kg, cross head speed는 50 mm/min, chart speed는 200 mm/min, plunger diameter는 13 mm, 그리고 clearance는 3 mm였다. 이러한 측정은 각 실험군당 10개의 시료에 대해 수행되었다.

### 관능검사

수분함량과 가열판온도를 달리한 9종류의 이유식 시료를 한번에 평가할 때 발생할 수 있는 둔화현상의 문제를 해결하기 위해서 3<sup>2</sup>-요인실험에 대하여 블럭부분 교락반복실험계획을 사용하였다. 즉, 두 요인간의 이차 교호효과 중 일부를 블럭과 교락시켜 실험을 실시하였다. 식품학전공 대학원생 8명으로 구성된 관능검사패널에게 실험계획에 따라 각각 무작위로 추출된 3개의 시료를 제시하였으며 3회에 걸친 관능검사를 통해 관능검사원들이 모든 시료를 1회씩 평가하도록 하였으며 결과적으로 각 시료는 8번 평가되었다. 이 실험에서 사용된 통계모형은 다음과 같다.

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + \beta_j + (R\beta)_{ij} + A_k + B_l + (AB)_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

여기서 Y는 반응값,  $\mu$ 는 총평균, R은 반복효과,  $\beta$ 는 블럭효과,  $R\beta$ 는 이들의 교호효과이다. 또한 A는 수분함량효과,  $\beta$ 는 가열판 온도효과, AB는 두요인의 교호효과이며,  $\epsilon$ 는 오차항이다.

건조시료를 일정무게(4.5g)로 자른 후 흰색 플라스틱 내열성용기에 담아 간막이가 되어있는 개인검사대 위에 입의의 순서로 제시하였다. 시료를 재수화하기 위하여 가열한 종류수를 23 ml씩 vial에 담아 80°C의 항온수조에 넣어두고 각 시료를 평가할 때 마다 하나씩 제시하였다. 시료에는 난수표를 사용하여 선택한 세자리 숫자를 표시하였고, 시료의 평가 사이사이에 입을 행굴수 있도록 종류수를 제공하였다. 관능검사원들은 먼저 주어진 시료에 물을 부은 후 1분 10초동안 가만히 놓아두어 물이 시료에 젖어드는 수화속도(hydration rate)를 관찰한 다음, 1분 10초간 차순가락을 사용하여 시료를 잘 저어서 반고체 상태가 되게한 후 수화된 시료의 균질성(uniformity, 이하 균질성이라 칭함) 및 순가락으로 뜨기 쉬운 정도(ease to spoon, 이하 뜨기 쉬운 정도라 칭함)를 평가하였다. 그리고 순가락으로 시료를 떠 먹어 본 후

매끄러운 정도(smoothness)와 입안에 남아 피막을 형성하는 정도(mouth coating, 이하 피막 형성성이라 칭함)를 평가하였다. 모든 특성은 9점 척도를 이용하여 평가되었으며 숫자가 클수록 특성의 강도가 강해지는 것을 나타내었다.

### 통계분석 및 이유식의 최적조건 결정

실험결과는 통계소프트웨어 SAS<sup>(24)</sup>의 GLM절차를 이용하여 분산분석 및 Tukey test를 수행하였다. 또한 냉동건조시간, Instron으로 측정된 파쇄성 및 관능검사 결과에 대해서는 독립변수와 종속변수의 회귀관계에 대한 유의성을 검정하고( $\alpha=0.05$ ), 2차반응표면모형을 적합하여 이유식 제조시의 수분함량 및 가열판온도에 대한 최적조건을 결정하였다.

## 결과 및 고찰

### 냉동건조시간, 밀도 및 수분흡수력

Table 1에 나타난 바와 같이 냉동건조에 걸리는 시간은 세가지 이유식에서 모두 건조 전 이유식의 수분함량이 높을수록 증가하였고, 가열판온도가 높을수록 감소하였다. 이유식 제조조건을 최적화를 위해 냉동건조시간에 대해 반응표면분석을 실시하고 얻은 이차다항회귀식은 Table 2와 같다. 추정된 반응표면모형에 대하여 회귀관계의 유의성을 검정한 결과(Table 3), 수분함량 및 가열판온도에 대해 모두 일차 및 이차회귀관계가 유의하다고 판정되었고, 교호작용효과도 나타났다. 또한 모형에 대한 설명력(% variability explained,  $R^2$ )은 당근, 쇠고기 및 계란 이유식에서 모두 매우 높게 나타나 분석결과로 얻은 회귀모형이 적합함을 알 수 있었다.

수분함량과 가열판온도를 달리한 이유식의 밀도(Table 1)는 모든 이유식에서 수분함량이 증가할수록 감소하였고 가열판온도가 증가함에 따라 증가하였으며, 가열판온도에 비해 수분함량이 훨씬 큰 영향을 미친 것으로 나타났다. 수분함량이 증가할수록 밀도가 감소하는 것은 냉동건조시 시료내에서 수분의 이동이 많이 일어나지 않은 상태에서 부피가 큰 형태를 유지하면서 건조가 진행되었기 때문으로 생각된다<sup>(19)</sup>. 또한 가열판온도가 높아지면서 밀도가 약간 증가하는 것은 높은 온도가 투입되었을 때 시료의 표면에서 약한 융해현상이 일어나 건조중 시료가 수축되었을 것으로 추측된다.

수분흡수력(Table 1)은 건조된 이유식의 수분함량이 높아짐에 따라 수분흡수력은 증가했으나, 가열판온도에 의해서는 별로 영향을 받지 않았다. 이유식의 종류에 따라 수분흡수력은 당근, 쇠고기, 계란의 순으로 약간 증가하였다.

### 파쇄성 및 경도

Table 4에 나타난 바와같이 파쇄성은 모든 이유식에서 수분함량이 감소함에 따라 현저하게 증가하였고, 가열

**Table 1. Physical properties<sup>1)</sup> of dried infant foods**

MC <sup>2)</sup> coded(actual)	PT <sup>3)</sup> coded(actual)	Drying time (hr:min)	Density (g/cc)	Hydration capacity(g/g)
Carrot <sup>4)</sup>				
-1 (86)	-1 (20)	22:30	0.182 ± 0.0026 <sup>e</sup>	4.79 ± 0.0026 <sup>a</sup>
-1 (86)	0 (35)	21:00	0.184 ± 0.0058 <sup>ef</sup>	4.80 ± 0.017 <sup>a</sup>
-1 (86)	+1 (50)	20:00	0.187 ± 0.0015 <sup>f</sup>	4.72 ± 0.015 <sup>a</sup>
0 (88)	-1 (20)	24:00	0.134 ± 0.0015 <sup>c</sup>	5.45 ± 0.02 <sup>c</sup>
0 (88)	0 (35)	22:30	0.137 ± 0.0010 <sup>cd</sup>	5.43 ± 0.09 <sup>c</sup>
0 (88)	+1 (50)	21:00	0.139 ± 0.0015 <sup>d</sup>	5.31 ± 0.05 <sup>b</sup>
+1 (90)	-1 (20)	24:30	0.122 ± 0.0025 <sup>a</sup>	5.62 ± 0.06 <sup>d</sup>
+1 (90)	0 (35)	23:30	0.127 ± 0.0010 <sup>b</sup>	5.60 ± 0.21 <sup>d</sup>
+1 (90)	+1 (50)	22:30	0.129 ± 0.0010 <sup>b</sup>	5.59 ± 0.21 <sup>d</sup>
Beef <sup>4)</sup>				
-1 (86)	-1 (20)	21:00	0.168 ± 0.0015 <sup>d</sup>	5.03 ± 0.133 <sup>ab</sup>
-1 (86)	0 (35)	20:00	0.169 ± 0.0005 <sup>d</sup>	5.07 ± 0.130 <sup>abc</sup>
-1 (86)	+1 (50)	19:30	0.173 ± 0.0015 <sup>d</sup>	4.98 ± 0.129 <sup>a</sup>
0 (88)	-1 (20)	24:00	0.146 ± 0.0043 <sup>bc</sup>	5.45 ± 0.216 <sup>bcd</sup>
0 (88)	0 (35)	22:30	0.148 ± 0.0081 <sup>c</sup>	5.38 ± 0.095 <sup>abcd</sup>
0 (88)	+1 (50)	21:00	0.152 ± 0.0047 <sup>c</sup>	5.43 ± 0.115 <sup>bcd</sup>
+1 (90)	-1 (20)	27:00	0.126 ± 0.0032 <sup>a</sup>	5.68 ± 0.073 <sup>d</sup>
+1 (90)	0 (35)	24:00	0.131 ± 0.0021 <sup>a</sup>	5.56 ± 0.140 <sup>d</sup>
+1 (90)	+1 (50)	22:30	0.135 ± 0.0031 <sup>ab</sup>	5.42 ± 0.182 <sup>bcd</sup>
Egg <sup>4)</sup>				
-1 (86)	-1 (20)	21:30	0.173 ± 0.0074 <sup>c</sup>	5.12 ± 0.074 <sup>a</sup>
-1 (86)	0 (35)	20:00	0.175 ± 0.0055 <sup>c</sup>	5.11 ± 0.093 <sup>a</sup>
-1 (86)	+1 (50)	19:00	0.177 ± 0.0037 <sup>c</sup>	5.11 ± 0.036 <sup>a</sup>
0 (88)	-1 (20)	23:00	0.141 ± 0.0035 <sup>b</sup>	5.67 ± 0.044 <sup>bc</sup>
0 (88)	0 (35)	21:30	0.142 ± 0.0031 <sup>b</sup>	5.67 ± 0.026 <sup>bc</sup>
0 (88)	+1 (50)	20:00	0.140 ± 0.0021 <sup>b</sup>	5.63 ± 0.045 <sup>b</sup>
+1 (90)	-1 (20)	26:00	0.121 ± 0.0025 <sup>a</sup>	5.72 ± 0.021 <sup>cd</sup>
+1 (90)	0 (35)	24:00	0.123 ± 0.0031 <sup>a</sup>	5.70 ± 0.028 <sup>bcd</sup>
+1 (90)	+1 (50)	22:30	0.124 ± 0.0031 <sup>a</sup>	5.68 ± 0.031 <sup>bcd</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± S.D.(n=3); Means not followed by the same letter in the same column differ significantly from one another(p<0.05)

<sup>2)</sup>Moisture content(%)

<sup>3)</sup>Plate temperature(C)

<sup>4)</sup>Major ingredients of the each rice-based infant foods

**Table 2. Regression coefficients<sup>1)</sup> of the second degree polynomials for drying time and brittleness of dried infant foods**

Coefficients	Carrot <sup>2)</sup>		Beef <sup>2)</sup>		Egg <sup>2)</sup>	
	Drying time	Brittleness	Drying time	Brittleness	Drying time	Brittleness
β <sub>0</sub>	-20121.0000	43.8503	-28044.0000	292.1340	72168.0000	-7.2418
β <sub>1</sub>	466.2500	-0.8392	557.5000	-6.4547	-1682.5000	0.3321
β <sub>2</sub>	-28.5556	0.0413	119.7778	0.0743	34.8889	0.0179
β <sub>11</sub>	-2.5000	0.0039	-2.5000	0.0357	10.0000	-0.0027
β <sub>22</sub>	0.0222	0.0000	0.0889	0.0000	0.0444	0.0000
β <sub>12</sub>	0.2500	-0.0004	-0.1500	-0.0007	-0.5000	-0.0001
% Variability explained(R <sup>2</sup> )	99	97	100	97	100	96

<sup>1)</sup>Y = β<sub>0</sub> + β<sub>1</sub>X<sub>1</sub> + β<sub>2</sub>X<sub>2</sub> + β<sub>11</sub>X<sub>1</sub><sup>2</sup> + β<sub>22</sub>X<sub>2</sub><sup>2</sup> + β<sub>12</sub>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>

<sup>2)</sup>Major ingredients of the each rice-based infant foods

**Table 3. Analysis of variance table showing the effects of treatment variables on drying time and brittleness of dried infant foods**

Source	DF	Sum of square		
		Carrot <sup>1)</sup>	Beef <sup>1)</sup>	Egg <sup>1)</sup>
Drying time				
MC <sup>2)</sup>	2	29600.00**	101600.00**	89600.00***
PT <sup>3)</sup>	2	33800.00***	49400.00*	48800.00***
Error	4	1000.00	8800.00	1000.00
% Variability explained(R <sup>2</sup> )		98	94	99
Brittleness				
MC <sup>2)</sup>	2	6.57***	10.51***	6.58***
Linear	1	6.56***	10.10***	6.58***
Quadratic	1	0.00	0.41***	0.00
PT <sup>3)</sup>	2	0.04*	0.03*	0.01
Linear	1	0.04*	0.03**	0.01
Quadratic	1	0.00	0.00	0.00
MC*PT	4	0.03	0.06**	0.01
Error	81	0.48	0.27	0.29
% Variability explained(R <sup>2</sup> )		93	98	96

<sup>1)</sup>Major ingredients of the each rice-based infant foods  
<sup>2)</sup>MC=Moisture content  
<sup>3)</sup>PT=Plate temperature  
 \*, \*\*, \*\*\* significant at 5%, 1%, and 0.1% level respectively

관온도의 증가에 따라 약간 증가하였다. 이는 수분함량이 많고 건조온도가 낮은 시료일수록 밀도가 낮았던 앞의 결과와 연관이 있는 것으로 보아진다. 파쇄성에 대해 반응표면 분석을 실시하여 구한 이차다항회귀식은 Table 2에 나타나 있다. 추정된 반응표면모형에 대한 회귀관계의 유의성을 검정한 결과(Table 3), 당근이유식에서는 수분함량과 가열관온도에 대해서 모두 일차회귀관계만 유의하였다. 쇠고기이유식에서는 수분함량에 대해서 일차 및 이차회귀관계가 나타났으며 가열관 온도에 대해서는 일차회귀관계만 유의하였다. 또한 이 두요인에 대한 교호작용효과도 나타났다. 계란이유식에서는 수분함량에 대한 일차회귀관계만 있었을 뿐 다른 관계는 유의하지 않았다. 모형에 대한 설명력은 모든 이유식에서 높게 나타났다.

경도(Table 4)는 3가지 이유식에서 모두 수분함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈고 가열관온도에 의해서는 별로 영향을 받지 않았다. 이것도 파쇄성과 마찬가지로 조직의 다공질 형성 정도와 관련이 있다고 사료된다.

**이유식의 관능적 특성**

수분함량과 가열관온도를 변화시킨 당근, 쇠고기 및

**Table 4. Textural properties<sup>1)</sup> of dried infant foods**

MC <sup>2)</sup> coded (actual)	PT <sup>3)</sup> coded (actual)	Brittleness (kg/cm <sup>2</sup> )	Hardness (kg/cm <sup>2</sup> )
Carrot <sup>4)</sup>			
-1 (86)	-1 (20)	0.720±0.0918 <sup>a</sup>	1.529±0.1111 <sup>a</sup>
-1 (86)	0 (35)	0.747±0.1240 <sup>a</sup>	1.539±0.1404 <sup>a</sup>
-1 (86)	+1 (50)	0.777±0.0680 <sup>b</sup>	1.681±0.2065 <sup>a</sup>
0 (88)	-1 (20)	0.345±0.0990 <sup>b</sup>	0.756±0.0658 <sup>b</sup>
0 (88)	0 (35)	0.422±0.0501 <sup>b</sup>	0.821±0.0814 <sup>b</sup>
0 (88)	+1 (50)	0.438±0.0444 <sup>b</sup>	0.826±0.0856 <sup>b</sup>
+1 (90)	-1 (20)	0.092±0.0884 <sup>c</sup>	0.691±0.0755 <sup>b</sup>
+1 (90)	0 (35)	0.072±0.0319 <sup>c</sup>	0.733±0.0855 <sup>b</sup>
+1 (90)	+1 (50)	0.096±0.0420 <sup>c</sup>	0.794±0.0725 <sup>b</sup>
Beef <sup>4)</sup>			
-1 (86)	-1 (20)	0.895±0.0829 <sup>a</sup>	1.681±0.0942 <sup>c</sup>
-1 (86)	0 (35)	0.997±0.0501 <sup>a</sup>	1.796±0.0967 <sup>c</sup>
-1 (86)	+1 (50)	1.012±0.0990 <sup>b</sup>	1.964±0.0999 <sup>d</sup>
0 (88)	-1 (20)	0.429±0.0504 <sup>c</sup>	1.006±0.0718 <sup>c</sup>
0 (88)	0 (35)	0.396±0.0455 <sup>c</sup>	1.064±0.1217 <sup>c,d</sup>
0 (88)	+1 (50)	0.420±0.0316 <sup>c</sup>	1.163±0.1175 <sup>d</sup>
+1 (90)	-1 (20)	0.131±0.0409 <sup>d</sup>	0.759±0.1554 <sup>a</sup>
+1 (90)	0 (35)	0.158±0.0349 <sup>d</sup>	0.749±0.0797 <sup>a</sup>
+1 (90)	+1 (50)	0.153±0.0481 <sup>d</sup>	0.856±0.1078 <sup>b</sup>
Egg <sup>4)</sup>			
-1 (86)	-1 (20)	0.724±0.0829 <sup>a</sup>	1.564±0.1226 <sup>a</sup>
-1 (86)	0 (35)	0.726±0.0111 <sup>a</sup>	1.568±0.1535 <sup>a</sup>
-1 (86)	+1 (50)	0.751±0.0601 <sup>a</sup>	1.764±0.3357 <sup>a</sup>
0 (88)	-1 (20)	0.389±0.0482 <sup>b</sup>	0.838±0.1087 <sup>b</sup>
0 (88)	0 (35)	0.422±0.0449 <sup>b</sup>	0.885±0.1072 <sup>b</sup>
0 (88)	+1 (50)	0.430±0.0476 <sup>b</sup>	0.880±0.1251 <sup>b</sup>
+1 (90)	-1 (20)	0.066±0.0347 <sup>c</sup>	0.686±0.0847 <sup>b</sup>
+1 (90)	0 (35)	0.077±0.0226 <sup>c</sup>	0.747±0.0797 <sup>b</sup>
+1 (90)	+1 (50)	0.071±0.0307 <sup>c</sup>	0.732±0.0899 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean±S.D.(n=10); Means not followed by the same letter in the same column differ significantly from one another(p<0.05)

<sup>2)</sup>Moisture content(%)

<sup>3)</sup>Plate temperature(°C)

<sup>4)</sup>Major ingredients of the each rice-based infant foods

계란이유식 시료의 관능적 특성에 대한 평가결과는 Table 5에 나타나 있다. 수화속도, 균질성, 매끄러운 정도는 수분함량이 증가함에 따라 증가하였고 가열관온도가 높아짐에 따라 감소하였다. 뜨기 쉬운 정도는 수분함량이 증가함에 따라 높은 값을 나타내었고, 가열관온도에 의해서는 큰 영향을 받지 않았다. 피막형성성은 수분함량과 가열관온도가 증가할수록 모두 증가하였다. 이들 특성에 대한 이차다항회귀식은 Table 6에 제시하였다.

분산분석 결과(Table 7), 세가지 이유식에서 모두 수분함량에 대해 모든 관능적 특성에 있어서 일차회귀관계에 유의성이 있었다. 그리고 당근이유식에서는 균질성과 뜨기 쉬운 정도에 있어서, 쇠고기이유식에서는 균

**Table 5. Sensory values<sup>1)</sup> for rehydrated infant foods**

MC <sup>2)</sup> coded(actual)	PT <sup>3)</sup> coded(actual)	Hydration rate	Uniformity	Ease to spoon	Smoothness	Mouth coating
Carrot <sup>4)</sup>						
-1 (86)	-1 (20)	3.8±0.13	7.1±0.23	3.2±0.25	4.6±0.32	2.3±0.18
-1 (86)	0 (35)	3.5±0.19	4.5±0.19	3.7±0.16	4.3±0.42	3.0±0.19
-1 (86)	+1 (50)	2.5±0.19	3.1±0.23	3.6±0.26	4.0±0.33	2.8±0.23
0 (88)	-1 (20)	6.5±0.19	6.5±0.33	6.2±0.16	6.2±0.16	3.7±0.16
0 (88)	0 (35)	6.0±0.19	5.0±0.19	6.0±0.27	5.6±0.18	4.2±0.25
0 (88)	+1 (50)	5.0±0.19	4.2±0.25	6.0±0.35	5.1±0.13	4.5±0.33
+1 (90)	-1 (20)	8.5±0.19	8.1±0.23	7.6±0.18	8.1±0.23	5.7±0.25
+1 (90)	0 (35)	8.0±0.19	7.5±0.19	7.3±0.18	7.1±0.30	6.3±0.26
+1 (90)	+1 (50)	7.5±0.19	7.0±0.33	7.5±0.19	7.0±0.19	6.5±0.50
Beef <sup>4)</sup>						
-1 (86)	-1 (20)	4.5±0.19	3.8±0.23	5.6±0.18	3.2±0.16	2.7±0.16
-1 (86)	0 (35)	3.9±0.23	3.6±0.18	5.2±0.25	2.6±0.18	2.6±0.26
-1 (86)	+1 (50)	3.8±0.25	3.3±0.18	5.3±0.32	3.0±0.27	3.5±0.27
0 (88)	-1 (20)	5.7±0.25	5.7±0.25	6.8±0.30	4.3±0.18	4.1±0.23
0 (88)	0 (35)	5.6±0.26	5.5±0.33	6.8±0.23	4.6±0.38	5.2±0.25
0 (88)	+1 (50)	5.6±0.26	5.1±0.23	6.7±0.16	4.0±0.33	4.8±0.30
+1 (90)	-1 (20)	7.3±0.18	6.5±0.19	8.0±0.27	5.2±0.25	4.7±0.25
+1 (90)	0 (35)	7.1±0.23	5.7±0.25	7.3±0.18	4.3±0.26	4.8±0.30
+1 (90)	+1 (50)	6.7±0.16	5.8±0.23	7.6±0.18	4.8±0.30	5.3±0.26
Egg <sup>4)</sup>						
-1 (86)	-1 (20)	5.2±0.31	5.0±0.19	5.8±0.35	6.6±0.18	2.8±0.44
-1 (86)	0 (35)	4.7±0.45	4.8±0.30	6.3±0.26	7.0±0.27	3.2±0.16
-1 (86)	+1 (50)	4.6±0.38	4.2±0.16	6.3±0.18	5.7±0.25	2.8±0.23
0 (88)	-1 (20)	7.0±0.33	7.3±0.32	7.3±0.26	8.0±0.00	4.5±0.33
0 (88)	0 (35)	7.1±0.13	7.3±0.32	7.1±0.23	7.5±0.19	4.3±0.26
0 (88)	+1 (50)	6.1±0.35	6.0±0.33	7.2±0.25	7.3±0.18	4.5±0.46
+1 (90)	-1 (20)	8.7±0.16	8.2±0.25	8.3±0.18	8.6±0.18	5.3±0.46
+1 (90)	0 (35)	8.1±0.35	7.3±0.32	7.7±0.25	8.1±0.13	4.7±0.45
+1 (90)	+1 (50)	8.0±0.19	6.5±0.27	7.8±0.13	7.7±0.16	5.2±0.37

<sup>1)</sup>Mean± S.D.(n=8): As the response value increases from 1 to 9, the intensity of sensory attributes increases.

<sup>2)</sup>Moisture content(%)

<sup>3)</sup>Plate temperature(°C)

<sup>4)</sup>Major ingredients of the each rice-based infant foods

질성, 매끄러운 정도 및 피막형성에 있어서, 그리고 계란이유식에서는 균질성과 매끄러운 정도에 있어서 수분함량에 대해 이차회귀관계도 나타났다. 가열판 온도에 대해 당근이유식에서는 수화속도, 균질성, 매끄러운 정도 및 피막형성에 있어서, 쇠고기 이유식에서는 수화속도, 균질성 및 피막형성에 있어서, 그리고 계란이유식에서는 수화속도, 균질성 및 매끄러운 정도에 있어서 일차회귀관계가 유의하였다. 그러나 세가지 이유식의 모든 특성에 있어서 가열판온도에 대한 이차회귀관계는 유의하지 않았다. 또한 당근이유식에서는 균질성에 있어서 수분함량과 가열판온도 사이에 교호효과가 유의하게 나타났다. 각 모형으로 설명된 변량은 모두 높은 수준을 나타내어 각 특성에 대한 회귀모형이 모두 적합함을 알 수 있었다.

**이유식의 최적조건 결정**

냉동건조시간, 파쇄성 및 5가지 관능적 특성을 고려하여 냉동건조의 최적조건을 결정하기 위하여 모델식을 사용하여 기대값을 구한 결과, 위에서도 이미 설명한 바와 같이 냉동건조시간, 수화속도, 균질성 및 매끄러운 정도는 수분함량이 증가하고 가열판온도가 감소함에 따라 증가하였다. 또한 파쇄성은 수분함량이 감소하고 가열판 온도가 증가함에 따라 증가하였고, 뜨기쉬운 정도는 수분함량이 증가할수록 증가하였으나 가열판 온도의 영향은 거의 받지 않았으며, 피막형성은 수분함량과 가열판온도가 증가함에 따라 증가하였다. 이러한 특성들 중에서 냉동건조시간은 짧을수록 경비 절감의 효과가 있고 파쇄성은 그 값이 커질수록 부서지는데 드는 힘이 크므로 운반과 보관이 용이해지는 이점이 있다. 또한

**Table 6. Regression coefficients<sup>1)</sup> of the second degree polynomials for sensory attributes of rehydrated infant foods**

Coefficients	Hydration rate	Uniformity	Ease to spoon	Smoothness	Mouth coating
Carrot <sup>2)</sup>					
$\beta_0$	-450.5138	1921.5185	-1182.8333	330.1481	537.5277
$\beta_1$	9.3177	-43.2656	25.8854	-8.2500	12.9583
$\beta_2$	-0.2597	-2.3004	0.3666	0.2893	-0.0833
$\beta_{11}$	-0.0468	0.2447	-0.1406	0.0520	0.0781
$\beta_{22}$	-0.0008	0.0015	0.0000	0.0006	-0.0011
$\beta_{12}$	0.0031	0.0239	-0.0010	-0.0041	0.0020
% Variability explained(R <sup>2</sup> )	97	91	93	93	92
Beef <sup>2)</sup>					
$\beta_0$	-258.7268	-1259.6388	-609.2546	-885.5416	1536.6342
$\beta_1$	5.3072	28.1406	13.4322	19.7552	34.4635
$\beta_2$	-0.1346	0.0333	0.0185	0.0027	0.1217
$\beta_{11}$	-0.0260	-0.1562	-0.0729	-0.1093	-0.1927
$\beta_{22}$	0.0003	0.0005	0.0009	0.0011	-0.0001
$\beta_{12}$	0.0010	-0.0010	-0.0010	-0.0010	-0.0010
% Variability explained(R <sup>2</sup> )	86	83	83	75	83
Egg <sup>2)</sup>					
$\beta_0$	-393.6125	-1771.4025	-339.6203	-634.9305	-811.2870
$\beta_1$	8.2239	39.4583	7.1562	14.1770	17.9843
$\beta_2$	0.0796	0.7875	0.6995	0.0319	0.0578
$\beta_{11}$	-0.0416	-0.2187	-0.0364	-0.0781	-0.0989
$\beta_{22}$	-0.0001	0.0013	0.0004	0.0008	0.0004
$\beta_{12}$	-0.0010	-0.0083	-0.0083	0	-0.001
% Variability explained(R <sup>2</sup> )	89	88	83	82	84

$$^1) Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2$$

<sup>2)</sup> Major ingredients of the each rice-based infant foods

관능적특성 중 수화속도, 균질성, 뜨기 쉬운 정도 및 매킨러운 정도는 강할수록 바람직한 이유식의 특성을 나타내는 반면 피막형성성은 반올값이 낮을수록 바람직한 이유식의 특성을 나타낸다. 그러나 이유식의 바람직한 특성은 최대를 하면서 바람직하지 않은 특성은 최소로 할 수 있는 처리요인의 최적수준이 3차원의 공간에서 일치하지 않았기 때문에 각각의 이유식의 특성에 따라 이들의 기대값에 대하여 다음과 같이 제한수준을 설정하였다: 당근이유식에서는 파쇄성 0.3 kg/cm<sup>2</sup> 이상, 수화속도 6점 이상, 균질성 5점 이상, 뜨기 쉬운 정도 6점 이상, 매킨러운 정도 6점 이상, 그리고 피막형성성 5점 이하; 쇠고기이유식에서는 파쇄성 0.3 kg/cm<sup>2</sup> 이상, 수화속도 6점 이상, 균질성 5점 이상, 뜨기 쉬운 정도 6점 이상, 매킨러운 정도 4.5점 이상, 그리고 피막형성성 5점 이하; 계란이유식에서는 파쇄성 0.3 kg/cm<sup>2</sup> 이상, 수화속도 6점 이상, 균질성 6점 이상, 뜨기 쉬운 정도 6점

이상, 매킨러운 정도 6점 이상, 피막형성성 4점 이하. 이와 같은 제한된 범위 내에서 각 이유식별로 건조시간이 최소가 되게 하는 수분함량과 가열판온도를 요인들의 최적수준으로 결정하였다.

위의 제한에 따라 당근이유식의 경우에는 수분함량 88.5% 및 가열판온도 34°C, 쇠고기이유식에서는 수분함량 88.5% 및 가열판온도 28°C, 그리고 계란이유식에서는 수분함량 87.3% 및 가열판온도 39°C를 최적조건으로 결정하였다. 이러한 결과는 각각의 회귀모형을 사용하여 나타낸 등고선도의 결친 그림(Fig. 2)에서도 확인할 수 있다.

위의 최적수준에서 각각의 특성에 대한 기대반올값은 당근, 쇠고기 및 계란이유식에서 각각 냉동건조시간은 22시간 48분, 23시간 40분 및 20시간 22분, 파쇄성은 0.32 kg/cm<sup>2</sup>, 0.32 kg/cm<sup>2</sup> 및 0.54 kg/cm<sup>2</sup>, 수화속도는 6.57점, 6.12점, 및 6.01점, 균질성은 6.47점, 5.81점 및 6.33점.

**Table 7. Analysis of variance table showing the effects of treatment variables on the sensory scores of rehydrated infant foods**

Source	DF	Sum of square				
		Hydration rate	Uniformity	Easy to spoon	Smoothness	Mouth coating
Carrot <sup>1)</sup>						
Person	7	4.43	4.54	6.21	9.28	10.65
Day(person)	16	71.77	58.44	53.33	47.33	80.88
MC <sup>2)</sup>	2	205.78***	70.78***	143.37***	87.26***	81.33***
Linear	1	205.44***	58.77***	140.03***	87.11***	81.00***
Quadratic	1	0.33	12.00***	3.34**	0.15	0.33
PT <sup>3)</sup>	2	13.59***	52.11***	0.33	6.70***	3.37*
Linear	1	13.44***	51.36***	0.00	6.25***	2.78**
Quadratic	1	0.15	0.75	0.33	0.45	0.59
MC*PT	4	1.48	15.29***	1.70	1.85	0.15
Error	40	7.81	19.15	15.92	10.85	14.48
% Variability explained(R <sup>2</sup> )		97	91	93	93	92
Beef <sup>1)</sup>						
Person	7	4.43	4.20	5.50	5.31	4.98
Day(person)	16	28.88	21.33	25.77	21.55	30.66
MC <sup>2)</sup>	2	84.26***	61.04***	43.00***	31.44***	41.81***
Linear	1	84.03***	53.78***	42.25***	28.44***	34.03***
Quadratic	1	0.23	7.26***	0.75	3.00*	7.79***
PT <sup>3)</sup>	2	3.37*	3.37*	0.70	2.70	4.04*
Linear	1	2.78*	3.36**	0.11	1.78	4.00**
Quadratic	1	0.59	0.01	0.59	0.93	0.04
MC*PT	4	1.11	0.77	1.59	3.81	4.30
Error	40	19.25	18.84	17.03	22.03	17.18
% Variability explained(R <sup>2</sup> )		86	83	82	75	83
Egg <sup>1)</sup>						
Person	7	11.50	6.00	8.43	1.05	25.27
Day(person)	16	21.11	36.00	10.88	19.77	24.66
MC <sup>2)</sup>	2	136.26***	83.44***	38.26***	26.33***	59.93***
Linear	1	136.11***	75.11***	38.03***	25.00***	51.36***
Quadratic	1	0.15	8.33***	0.23	1.33*	1.56
PT <sup>3)</sup>	2	6.04**	13.00***	0.04	4.04**	2.48
Linear	1	5.44**	12.25***	0.00	4.00***	1.36
Quadratic	1	0.59	0.75	0.04	0.03	1.12
MC*PT	4	1.37	3.40	1.74	2.37	1.07
Error	40	22.33	20.15	11.96	11.93	20.85
% Variability explained(R <sup>2</sup> )		89	88	83	82	84

<sup>1)</sup>Major ingredients of the each rice-based infant foods  
<sup>2)</sup>MC=Moisture content  
<sup>3)</sup>PT=Plate temperature  
 \*, \*\*, \*\*\* significant at 5%, 1%, and 0.1% level respectively



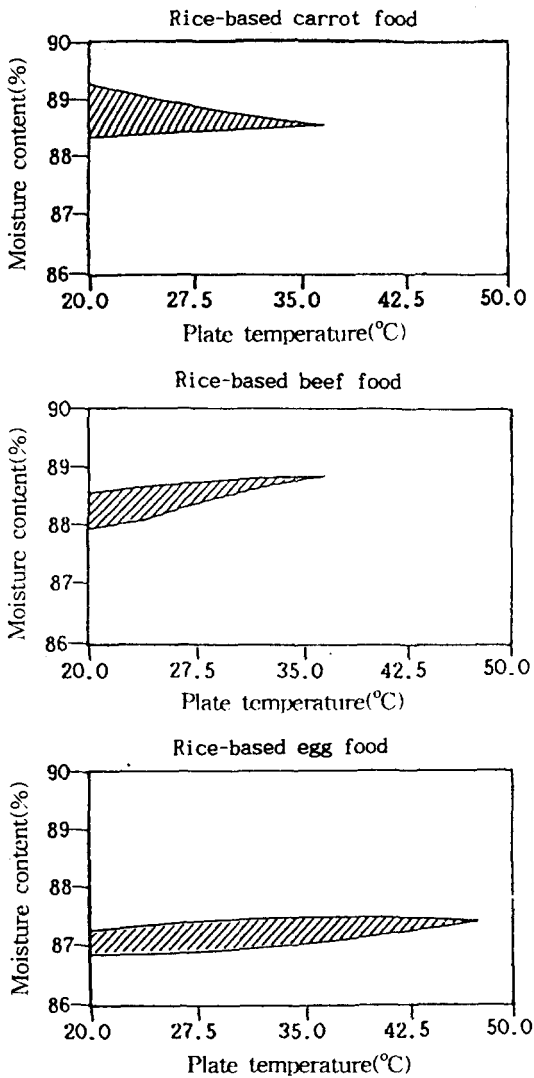


Fig. 2. Superimposed contour plots for the optimum conditions in the production of freeze dried infant foods

뜨기 쉬운 정도는 6.54점, 7.06점 및 6.85점, 매끄러운 정도는 6.00점, 4.50점 및 7.26점, 그리고 피막형성성은 4.76점, 4.80점 및 3.93점이었다.

### 요 약

본 연구는 4~6개월의 유아들을 위하여 재수화시킨 후 숟가락으로 떠먹일 수 있도록 쌀을 기본으로 하고 당근, 쇠고기 및 계란을 각각 주재료로 한 냉동건조 이유식 제조의 최적조건을 결정하기 위하여 수행되었다. 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다. 당근,

쇠고기 및 계란이유식에서 모두 냉동건조시간은 수분함량이 높고 가열판온도가 낮을수록 증가하였다. 피쇄성은 수분함량이 감소하고 가열판온도가 증가함에 따라 증가하였다. 관능적 특성 중 수화속도, 균질성 및 매끄러운 정도는 수분함량이 증가하고 가열판온도가 감소할수록 증가하였고, 뜨기 쉬운 정도는 수분함량이 증가할수록 증가하였으나, 가열판온도의 영향은 거의 받지 않았다. 또한 피막형성성은 수분함량과 가열판온도가 증가할수록 증가하였다. 이유식 제조의 최적조건은 당근이유식의 경우 수분함량 88.5%와 가열판온도 34°C로, 쇠고기이유식에서는 수분함량 88.5%와 가열판온도 28°C로, 그리고 계란이유식에서는 수분함량 87.3%와 가열판온도 39°C로 결정되었다.

### 감사의 말

본 연구는 파스퇴르 분유 주식회사 모유보급회의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 문 헌

- 이혜수: 이유기 어린이의 영양섭취에 관한 연구. 대한 가정학회지, 6, 876 (1968)
- 윤숙경: 중도시의 이유실태. 안동대학 논문집, 3, 437 (1981)
- 이기열: 영유아의 영양관리. 식품과 영양, 농촌진흥청 2, 27 (1981)
- 배광순, 문수재: 이유기 어린이를 위한 영양교육 프로그램(I). 대한가정학회지, 22, 63 (1984)
- 손경희, 윤 선, 이영미, 전주혜: 서울 지역 어린이의 이유 실태 조사. 한국조리과학회지, 8, 107 (1992)
- 송요숙: 우리나라에서 영아의 수유 및 이유 보충식의 급식 현황과 개선 방향. 한국영양학회지, 24, 282 (1991)
- 최홍식, 권태환: 유유아 및 성장기 아동을 위한 영양식품 개발에 관한 연구. 한국식품과학회지, 2, 96 (1970)
- 호진희, 김숙희: 유유아 및 성장기 아동을 위한 영양식품 개발에 관한 연구. 한국영양학회지, 3, 95 (1970)
- 이서래: 고구마와 콩을 이용한 이유식품의 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, 2, 1 (1970)
- 안경미, 문수재, 최홍식, 광동경: 지역 식품을 이용한 이유 보충식의 개발과 이의 영양학적 검토 및 저장성에 관한 연구. 한국영양학회지, 18, 259 (1985)
- 윤숙경, 이영춘: 반고체 이유 보충식에 관한 연구(I) Formulation과 그 영양가 분석. 한국영양학회지, 18, 26 (1985)
- 윤숙경, 이영춘: 반고체 이유 보충식에 관한 연구(II) 가정용 formulation의 저장성. 한국영양학회지, 18, 55 (1985)
- 윤숙경, 이영춘: 반고체 이유 보충식에 관한 연구(III) 물성학적 조사. 한국영양학회지, 19, 3 (1986)
- Thomson, W.A.B.: Infant formulas and the use of vegetable protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56, 386 (1979)
- Jansen, G.R., O'Deen, L., Tribelhorn, R.E. and Harper, J.M.: The calorie densities of gruels made from extruded corn-soy blends. *Food Nutr. Bull.*, 3, 39 (1981)

16. Ekpenyong, T.E., Fetuga, B.L. and Oyenuga, V.A.: Fortification of maize flour based diets with blends of cashewnut meal, African locust bean meal and sesame oil meal. *J. Sci. Food Agric.*, **28**, 710 (1977)
17. Tontisirin, K., Moaleekoonpaioj, B. and Dhanamitta, S.: Formulation of supplementary infant foods at the home and village level in Thailand. *Food Nutr. Bull.*, **3**, 37 (1981)
18. Desikacjar, H.S.R.: Development of weaning foods with high calorie density and low hot paste viscosity using traditional technologies. *Food Nutr. Bull.*, **2**, 21 (1980)
19. 이영춘 : 식품의 냉동건조 기술. *식품과학*, **14**(4), 34 (1981)
20. 문준용 : 냉동건조 기술의 발전과 식품산업에의 이용현황. *식품과학*, **20**(2), 38 (1987)
21. Penfield, M.P. and Campbell, A.M.: Evaluating food by objective methods. In *Experimental Food Science*, 3rd ed., Academic Press, New York, p.23 (1990)
22. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., and Griffin, E.L.: Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today*, **14**(1), 4 (1969)
23. 이영화, 이관영, 이서래 : Texturometer에 의한 정상별 식품군의 texture 특성. *한국식품과학회지*, **6**, 42 (1974)
24. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide: Statistics, 5th ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC. (1985)

---

(1995년 2월 10일 접수)