The Korean Journal of Culinary Research
Vol. 18, No. 4, pp. 209~221 (2012)

염화칼슘 농도와 반응시간에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 물리적 및 관능적 특성

용동희·송민경·윤혜현¶
경희대학교 대학원 조리외식경영학과·경희대학교 조리·서비스경영학과¶

Effects of Calcium Chloride Concentration and Reaction Time on Physical and Sensory Characteristics of Persimmon Calcium Alginate Beads

Dong-Hee Yong · Min-Kyung Song · Hye-Hyun Yoon¶
Dept. of Culinary Science and Food Service Management·
Dept. Culinary·Service Management, Kyung Hee University¶

Abstract

The purpose of this study is to apply molecular gastronomy and its spherification methodology to persimmon desserts. We prepared persimmon calcium alginate beads and investigated physical and sensory characteristics of beads according to the different concentration of calcium chloride(0.5, 0.75, 1.0%) and reaction time(2, 4, 6, 8, 10 min). Lightness and yellowness were decreased significantly as both calcium chloride concentration and reaction time increased. However, redness was increased significantly as the concentration of calcium chloride and reaction time increased. Hardness, springiness, chewiness, cohesiveness, and resilience except for adhesiveness tended to increase as the concentration of calcium chloride and reaction time increased. The thickness of beads also increased as the concentration of calcium chloride and reaction time increased. Quantitative descriptive analysis showed that voluminosity, springiness, hardness, chewiness, and residue tended to increase as the concentration of calcium chloride increased. Overall acceptability reached a peak at the persimmon bead containing 0.5% calcium chloride. The result of this study showed that the concentration of calcium chloride and reaction time influenced the overall characteristics of calcium alginate beads.

Key words: calcium chloride, molecular gastronomy, persimmon calcium alginate bead, reaction time, sodium alginate, spherification

Ⅰ. 서 론

2000년도 한국 식문화의 새로운 단어가 퓨전음식이라고 한다면 2006년 이후 한국의 식문화에 새롭게 소개된 단어는 “분자요리(molecular gastronomy)”라고 할 수 있다(이상민 2000; Lee EJ et al. 2008). 분자요리란 기존 프랑스요리(Haute Cuisine)에 있어 재료의 조직 및 질감, 요리과정과 노하우를 과학적인 지식을 바탕으로 연구 분석해 새로운 ‘음식궁합’과 이를 통해 기존에 전혀 없었

¶ : Hye-Hyun Yoon, Tel : 82-2-961-9403, Fax : 82-2-964-2537, e-mail : hhyun@khu.ac.kr, Department of Culinary · Service Management, Kyung Hee University

던 새로운 맛을 만들어 내는 학문이다(Lee EJ et al. 2008).

분자요리의 선두주자라 할 수 있는 스페인의 페란 아드리아가 이끄는 엘블리, 영국 햇슨 블루멘탈이 이끄는 더 팻 덕, 프랑스의 피에르 가니에르가 이끄는 '피에르 가니에르'와 같은 레스토랑이 주목을 받고 있으며 이러한 레스토랑이 세계 최고의 레스토랑을 선정하는 전문지에서 수년간 상위권을 차지하고 있는 사실만 보더라도 분자요리는 요리계의 새롭고 첨단적인 트렌드임은 확실하다(조선일보 2007). 요리를 생각하고 구상하는데 있어 과학의 도움을 받고, 그렇게 창조된 음식은 흥미로운 질감과 향, 맛을 선사하는 새로운 요리로 탄생하게 된다. 또한 분자요리의 핵심 중 하나는 식재료에 대한 이해를 바탕으로 원재료의 맛과 풍미의 최대치를 찾아내서 화학적인 과정을 통해 이상적인 요리를 만드는 것이라 할 수 있다. 따라서 우리 한식에도 이러한 세계적인 요리 트렌드를 반영하여 한식세계화에 한 발짝 다가가는 계기가 되어야 할 것이다.

분자요리 기법 중 대표적이라 할 수 있는 spherification기법, 즉 구형화 기법은 알지네이트가 칼슘이온과 같은 2가 양이온과 만났을 때 급속히 젤화가 진행되며 그 젤 안에 약물이나 다당과 같은 복합물을 함유할 수 있게 되는 원리를 이용한 기법이다(Murata Y et al. 2000). 이러한 구형화 기법을 이용한 교질화물 제조 시 영향을 주는 변수로는 소디움 알지네이트의 농도, 염화칼슘의 농도, 반응 시간, 교반 속도, 온도, pH, 조리 도구의 조건 등이 도출되었다(Ana B et al. 1999;Bang BH & Seo JS 2002;You BJ & Lim YS 2002; Rhim JW et al. 2003;Park SJ & Kang JY 2005;Cho M et al. 2005;Woo JW et al. 2007). 그 중 본 연구에서는 소디움 알지네이트의 농도, 염화칼슘의 농도에 따라 칼슘 알긴산 캡슐의 두께와 크기의 변화를 연구한 Ana Blandino 등(1999)의 논문 내 실험 결과 중 염화칼슘의 농도와 함께 소디움 알지네이트-염화칼슘 사이의 반응시간을 감에 적용하였다.

알지네이트는 미역, 다시마 등과 같은 갈색 해조류(*brown algae*)에서 추출하며 monomer인 α-L-guluronate(G)와 β-D-mannuronate(M)가 α-1,4 또는 β-1,4 결합으로 구성된 해조 다당류의 일종이다(Mori B et al. 1981). 당의 서열은 비슷한 블록들로 이루어진 형태로 그 비율과 조성이 어떤 해조류에서 추출하였느냐에 따라 다양해 질 수 있다(최항석 2006). 알지네이트 젤의 물리적 성질은 M/G비, 즉 M과 G 사슬의 구성비가 어떤 해조류에서 추출했느냐의 여부에 따라 달라진다(Martinsen A et al. 1989). 알지네이트의 G함유량이 많을수록 단단한 다공성 젤의 형성과 젤 상태를 오랫동안 유지하는 경향이 강하며, 2가 양이온으로 가교되어 있는 동안 과도한 팽윤과 수축이 발생하지 않아 본래의 형태를 유지한다(Paul DV et al. 1996). 이에 반해, M의 함유량이 많게 되면 유연하고 기공이 적은 젤을 형성하게 된다. 이러한 알지네이트의 젤화는 G가 2가 양이온과 반응하여 V 모양의 구멍을 가지는 egg box모델의 3차원의 입체구조를 형성함에 따른 것이다(Grant GT et al. 1973).

감(*Diospyros kaki*)은 우리나라 5대 과실 종류 가운데 하나로 겨울철 우리나라 시절(時節) 음식 중 하나인 수정과의 재료이다. 수정과는 감을 건조하여 만든 곶감을 계피물에 담가 부드럽게 되었을 때 먹는 것으로 우리나라 전통 음청류 중 하나로 식혜와 더불어 가장 즐겨 먹는 음료이다(황혜성 등 1994).

본 연구는 분자요리 기법 중 spherification 기법을 우리나라 대표적 전통 음료인 수정과의 감 고명에 적용해보려 한다. Spherification 기법으로 만든 감 비드가 수정과의 곶감을 대체하기에 적합하다고 판단하였기 때문이다. 소디움 알지네이트는 농도가 증가함에 따라 물질의 점도를 상승시켜 식품본연의 특성을 잃게 될 수 있기 때문에 예비실험을 거쳐 소디움 알지네이트의 농도를 0.4%(w/v)로 고정하고 독립 변수로 염화칼슘의 농도와 소디움 알지네이트-염화칼슘 사이의 반응

시간을 달리하여 '감 칼슘 알지네이트 비드'를 제조한 후 각 시료의 물리적 및 관능적 특성을 조사하여 보았다. 따라서 연구내용은 크게 두 부분으로 염화칼슘 농도에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 물리적 및 관능적 특성과 소디움 알지네이트-염화칼슘 사이의 반응시간에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 물리적 특성으로 나눌 수 있다. 이를 통해 수정과와 같은 한식 메뉴에 분자요리 기법으로 만든 감 비드를 적용함으로 한국 음식의 세계화 가능성을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다. 하지만 이 연구의 한계로 분자요리에 대한 정확한 개념과 방법이 기술된 전문서적과 논문이 많지 않고, 아직 국내에 보편화되지 않은 기술이며 학자와 요리사 중 어느 한쪽에서 연구하는 것이 아니라 함께 공동 진행되어야 하는 점을 들 수 있다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 재료 및 방법

1) 재료

본 실험에서 사용한 감은 2008년 경북 청도산에서 생산되어 2008년에 구입한 대봉시로 퓨레를 제조한 후 냉동 보관하여 사용하였다. 퓨레에 첨가한 설탕과 레몬즙으로 각각 정백당(CJ Co, Korea), 레몬즙(Polenghi Kas, Italy)을 사용하였다. 칼슘 알지네이트 비드의 제조를 위한 재료로 소디움 알지네이트(MSC Co, Korea)와 염화칼슘(JUNSEI Co, Japan)을 사용하였다.

2) 감퓨레의 제조

먼저 완전 숙성되어 연감 상태가 된 대봉시를 깨끗이 수세한 후 껍질과 씨, 꼭지를 제거하여 믹서(Handblender Mixer, MR4050CA, Braun, Spain)로 1분간 분쇄한 후 갈변 방지를 위해 ascorbic acid, 레몬즙을 각각 1%(w/v) 첨가하였다. 또한 단맛을 위해 설탕 2%(w/v)를 첨가하여 믹서로 1분간 혼합하였으며, 감퓨레의 점도는 점도기(Viscometer DV-II + PRO LV Spindle No.3, Brookfield, USA)를 이용하여 40 rpm, 20.7℃에서 700~750 cP의 범위에 들어오도록 소량의 증류수를 이용하여 조정 후 제조하였다. 제조된 감퓨레는 500 g씩 소포장하여 -20℃의 냉동고에서 저장하였다가 실험 2시간 전에 상온에서 해동하여 사용하였다(Kim JG et al. 1999).

3) 칼슘 알지네이트 비드 제조

알지네이트는 농도가 증가함에 따라 점도가 높아져서 식품고유의 특성을 잃게 될 수 있으므로

<Table 1> **Formula of persimmon spherification**

sample	Calcium chloride(%) (In water)	Persimmon puree (%)	Water (%)	Sodium alginate (%)	Reaction time (min)
Control	0.5	40	59.6	0.4	2
C1	0.75	40	59.6	0.4	2
C2	1.0	40	59.6	0.4	2
R1	0.5	43	59.6	0.4	4
R2	0.5	43	59.6	0.4	6
R3	0.5	43	59.6	0.4	8
R4	0.5	43	59.6	0.4	10

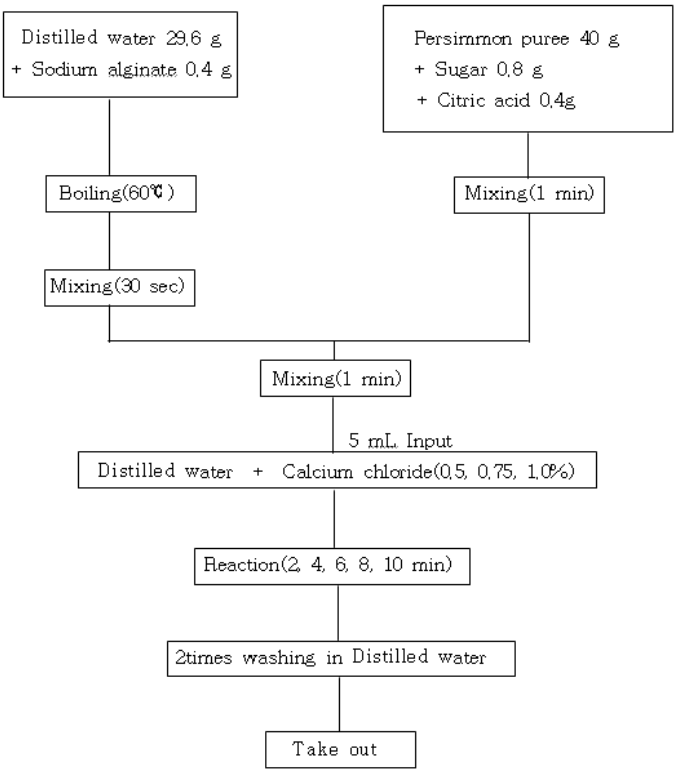
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride
R1: 4 min. of reaction time
R2: 6 min. of reaction time
R3: 8 min. of reaction time
R4: 10 min. of reaction time

예비실험을 거쳐 소디움 알지네이트의 농도는 0.4%(w/v)로 고정하였다(Cho M et al. 2005). <Table 1>에 제시된 것처럼 염화칼슘의 농도를 0.5%, 0.75%, 1.0%(w/v)로 설정하고, 소디움 알지네이트와 염화칼슘의 반응시간은 2분, 4분, 6분, 8분, 10분으로 설정하여 각 시료를 제조하였다.

비드의 제조 방법은 <Fig. 1>과 같이 소디움 알지네이트의 원활한 분산을 위해 소디움 알지네이트 기본 용액을 미리 만들어 사용하였다. 증류수 29.6 g에 소디움 알지네이트 0.4 g을 넣고 60℃가 되도록 가열한 후 30초간 믹서(Handblender Mixer, MR4050CA, Braun, Spain)에서 교반시켜 소디움 알지네이트 기본 용액을 만들어 두었다. 기포를 제거하기 위해 2시간 이상 휴지시킨 후 실험 2시간 전 해동하여 준비한 감퓨레 40%(w/w), 소디움 알지네이트-증류수 베이스 30%(w/w), 증류수 30%(w/w)를 믹서에서 30초간 교반시켜 칼슘 알지네이트-감퓨레 혼합액을 제조하였다. 염화칼슘 용액은 증류수에 0.5%, 0.75%, 1.0%(w/v)의 염화칼슘을 용해시켜 사용하였다.

비드 형태로 제조하기 위해 지름 2 cm, 깊이 0.8 cm의 모양이 둥글고 안이 움푹한 스푼을 이용하여 칼슘 알지네이트-감 퓨레 혼합액을 5 mL씩 떠 둥근모양이 되도록 0.5%, 0.75%, 1.0%(w/v) 염화칼슘 용액에 각각 재빨리 투하시켜 2분 동안 반응시킨 뒤 체로 건져 증류수에 2번 반복하여 세척해 염화칼슘 농도에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드 시료를 제조하였다. 제조한 비드의 형태는 <Fig. 2>와 같다.

또한 칼슘 알지네이트-감퓨레 혼합액과 염화칼슘 용액의 반응을 각각 2분, 4분, 6분, 8분, 10분 반응시킨 후 체로 건져 증류수에 2번 세척해 반응시간에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드 시료를 제조하였다.



<Fig. 1> Flowchart for persimmon bead spherification with calcium alginate

<Fig. 2> **Picture of persimmon calcium alginate beads**

2. 실험방법

1) 색도측정

염화칼슘 농도를 달리한 칼슘 알지네이트 비드와 반응시간을 달리한 칼슘 알지네이트 비드를 색차계(color reader, JC801, Color Techno System Co. Ltd, Japan)를 이용하여 L, a, b를 5회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다. 이 때 사용한 표준 백색판 값은 L값 93.84, a값 -1.26, b값 1.37이었다.

2) 텍스처 측정

염화칼슘 농도를 달리한 칼슘 알지네이트 비드와 반응시간을 달리한 칼슘 알지네이트 비드의 텍스처 측정은 Texture Profile Analyser(TA-XT2 Express, Stable Micro System Ltd., UK)를 이용한 TPA를 실시하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness), 복원성(resilience)을 5회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다. 이때 사용한 probe는 지름 40 ㎜이었으며 TPA의 측정 조건은 <Table 2>와 같다.

3) 두께 측정

칼슘 알지네이트 비드의 막을 절단하여 안의 내용물을 제거한 후, 증류수에 3회 반복하여 세척하였다. 1차로 물기를 킴와이프스로 제거한 후 상온(25±2℃)에서 2시간 정도 자연 건조시켰다. 막

<Table 2> **Instrumental conditions of texture analyzer**

Instrument	Parameter
Sample size	Diameter 2.0 cm bead
Plunger diameter	4.0 cm
Pre-test speed	2.0 mm/sec
Test speed	1.0 mm/sec
Post-test speed	1.0 mm/sec
Deformation	25%
Distance	5.0 mm
Force	10 g
Time	2.0 sec

샘플 3장을 겹쳐 놓은 후 막 표면의 세 지점을 지정하여 정밀도를 갖는 0.02 μm의 마이크로미터기(Vernier Caliper series 530, Mitutoyo Co., Japan)를 이용, 5회 반복하여 두께를 측정한 후 평균값을 구하였다.

4) 막 형태 분석

막 형태를 분석하기 위해 칼슘 알지네이트 비드의 막을 절단하여 안의 내용물을 제거한 후, 증류수에 3회 반복하여 세척하였다. 1차로 물기를 킴와이프스로 제거한 후 상온(25±2℃)에서 2시간 자연 건조시킨 시료를 광학현미경(optical microscope, STEADY-T, Medline Co., UK)을 이용하여 400배 배율에서 관찰하였다.

5) 관능 평가

관능 평가를 위한 패널로는 일주일 3회 이상 조리 실습과 taste testing을 하는 경희대학교 조리·서비스 경영학과 학생으로 연령은 20~21세의 남자 6명, 여자 6명을 선정하였다. 관능평가 전 분자요리와 분자요리 기법인 spherification에 대해 사전 설명을 하여 충분히 이해시키는 과정을 실시하였다. 또한 실험에 관한 설명과 질의응답의 시간을 가진 후 평가를 실시하였고, 정량적 묘사분석을 위해, 패널들에게 샘플 3개를 제공한 다음 시식하면서 발현하는 향미 순서대로 백지에 적도록 하였다. 외관, 향, 맛, 조직감의 항목으로 나누어 향미와 텍스처에 대한 관련 묘사어를 제시하였다. 패널 요원들을 통해 수집된 용어들은 토론을 통하여 최종적으로 선정하였으며, 선정된 용어는 패널들 간에 혼동을 방지하고 의미를 명확하게 하기 위해 각각의 용어를 설명한 기준 척도표를 작성하여 제공하였다.

시료인 칼슘 알지네이트 비드의 크기는 3가지 모두 지름 2 cm의 공모양으로 일정하게 준비하여, 제조 후 3시간 이내에 평가를 실시하였다. 관능 평가의 실시 시간은 오전 10:30~11:30 이었으며 모든 패널들에게 입안을 헹굴 수 있는 생수와 뱉을 수 있는 컵을 함께 제공하였다.

정량적 묘사분석의 평가항목은 시각(색상, 투명성, 입체감), 향미(화학적 향, 감 맛, 화학적 맛, 후미), 촉각(탄력성, 단단함, 씹힘감, 잔여감) 등 11가지 항목을 7점 척도를 사용하여 측정하였다. 기호도 검사는 색, 향, 맛, 질감, 전반적 기호도에 대해 정량적 묘사분석과 같은 방법으로 측정하였다.

6) 통계처리

모든 실험은 5회 이상 반복한 결과를 SPSS 16.1을 이용하여 분석하였다. 시료간의 특성차이 검정은 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였으며, $p<0.05$ 수준에서 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 각 시료간의 통계적 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 색도

염화칼슘의 농도에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 색도 측정결과와 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 색도 측정결과는 각각 <Table 3>

<Table 3> Color values of persimmon calcium alginate beads spherified with various concentration of calcium chloride

	Control	C1	C2	F-value
L	37.42±0.09^{c}	34.00±1.47^{b}	27.70±0.12^{a}	99.91*
a	10.83±0.19^{a}	13.92±1.04^{b}	14.19±0.23^{b}	26.26*
b	29.21±0.26^{b}	27.08±2.86^{b}	22.50±0.05^{a}	12.74*

1) Mean±S.D. $^{*}p<0.05$
2) ^{abc}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride

<Table 4> **Color values of persimmon calcium alginate beads spherified with various reaction times**

	Control	R1	R2	R3	R4	F-value
L	37.42±0.09[b]	35.59±0.46[a]	34.54±1.00[a]	34.37±1.10[a]	34.06±1.12[a]	7.55*
a	10.83±0.19[a]	13.76±0.41[b]	13.94±1.35[b]	15.02±0.22[c]	15.27±0.86[c]	16.43*
b	29.21±0.26[b]	27.96±0.22[a]	27.90±0.34[a]	27.25±1.19[a]	26.87±0.66[a]	12.21*

1) Mean±S.D. *p<0.05
2) abcMeans in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
R1: 4 min. of reaction time
R2: 6 min. of reaction time
R3: 8 min. of reaction time
R4: 10 min. of reaction time

과 <Table 4>와 같다.

명도를 나타내는 L값의 경우 Control > C1 > C2의 순으로 염화칼슘의 농도가 높아질수록 L값은 낮아지는 경향(p<0.05)을 나타냈다. a값의 경우 Control < C1 < C2의 순으로 염화칼슘의 농도가 높아질수록 a값은 높아지는 경향이었으나 C1과 C2 사이에는 유의한 차이가 없었다(p<0.05). b값의 경우 Control > C1 > C2의 순으로 염화칼슘의 농도가 증가할수록 b값은 낮아지는 경향이었으나 Control과 C1 사이에는 유의한 차이가 없었다(p<0.05).

또한 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 경우 L값과 b값은 Control과 나머지 시료 사이에서 유의한 차이를 있었다(p<0.05). a값은 Control < R1 , R2 < R3 , R4의 순으로 반응시간이 길어질수록 a값은 증가하는 경향(p<0.05)을 보였다.

2. 텍스쳐

염화칼슘 농도에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 텍스처 측정결과와 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 텍스처 측정결과는 각각 <Table 5>와 <Table 6>과 같다.

감 칼슘 알지네이트 비드의 경도, 씹힘성,응집성은 Control < C1 < C2의 순으로 염화칼슘의 농도가 증가할수록 높아지는 경향(p<0.05)을 보였으며 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 경우도 Control < R1 < R2 < R3 < R4의 순으로 반응시간이 길어질수록 경도와 씹힘성이 높아지는 경향(p<0.05)을 보였다. 염화칼슘 농도에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 탄력성, 복원력은 Control과 C1 사이의 유의한 차이가 없었다(p<0.05). 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 탄력성은 Control,R1과 R4 사이의 유의한 차이(p<0.05)를 있었으며 복원력은 Control과 R1, R2, R3, R4 사이의 유의한 차이(p<0.05)를 있었다.

다만 부착성의 경우에는 Control, C1, C2 순으로 감소하였으나 유의한 차이가 없었고(p<0.05) 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 부착성

<Table 5> **Texture properties of persimmon calcium alginate beads spherified with various concentration levels of calcium chloride**

	Control	C1	C2	F-value
Hardness(g)	39.33±6.67[a]	79.73±2.30[b]	118.76±12.82[c]	65.82*
Adhesiveness(g.s)	-7.86±2.64	-7.90±0.76	-8.30±5.6	0.01
Springiness	0.70±0.15[a]	0.76±0.06[a]	0.86±0.12[b]	1.44*
Chewiness	6.63±4.25[a]	22.76±1.86[b]	44.70±8.91[c]	32.54*
Cohesiveness	0.25±0.17[a]	0.37±0.11[b]	0.43±0.01[c]	2.61*
Resilience	0.09±0.07[a]	0.18±0.01[a]	0.20±0.11[b]	5.25*

1) Mean±S.D. *p<0.05
2) abcMeans in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride.

<Table 6> **Texture properties of persimmon calcium alginate beads spherified with various reaction times**

	Control	R1	R2	R3	R4	F-value
Hardness(g)	39.33±6.67[a]	52.90±0.91[ab]	68.13±2.41[b]	93.47±14.69[c]	97.33±13.47[C]	21.10[*]
Adhesiveness(g.s)	-7.86±2.64[a]	-10.36±4.15[a]	-3.12±0.89[b]	-4.90±2.19[b]	-4.60±2.85[b]	3.30[*]
Springiness	0.70±0.15[a]	0.69±0.07[a]	0.87±0.11[ab]	0.90±0.05[ab]	0.91±0.07[b]	3.39[*]
Chewiness	6.63±4.25[a]	15.88±0.64[b]	20.52±7.82[bc]	31.19±7.22[c]	38.96±7.65[d]	12.72[*]
Cohesiveness	0.25±0.17	0.43±0.03	0.35±0.14	0.37±0.06	0.44±0.06	1.55
Resilience	0.09±0.07[a]	0.19±0.01[b]	0.17±0.06[b]	0.16±0.04[b]	0.23±0.04[b]	2.88[*]

1) Mean±S.D. [*]$p<0.05$
2) [abc]Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
R1: 4 min. of reaction time
R2: 6 min. of reaction time
R3: 8 min. of reaction time
R4: 10 min. of reaction time

은 Control, R1과 R2, R3, R4 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다.

이러한 결과는 비드의 막이 감퓨레 속에 용해되어 있는 소디움 알지네이트와 염화칼슘의 반응 정도에 따른 차이라고 할 수 있다. 즉, 비드의 형성은 알지네이트의 guluronic acid block과 Ca^{2+}이온 간의 이온결합에 의하여 형성되는데, Ca^{2+}와 알지네이트의 카르복실기 사이에서 교차결합에 의하여 egg box 모양의 3차원 망상구조에 의한 것이다(Park JS 등 1997). 즉, 알지네이트와 반응할 Ca^{2+}가 얼마나 많이 존재하나에 따라 egg box 모양의 망상구조의 형성 정도가 결정되므로 염화칼슘의 농도가 증가되는 Control, C1, C2순으로 탄탄하고 조밀한 망상구조가 형성되는 것이다(Ji CI 등 2007). 반응시간 또한 알지네이트와 염화칼슘이 반응되어질 시간이 길어지는 Control, R1, R2, R3, R4순으로 탄탄하고 조밀한 망상구조가 형성되게 된다.

3. 비드 막의 두께

염화칼슘의 농도에 따른 칼슘알지네이트 비드의 막 두께 측정결과와 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 막 두께 측정결과는 각각 <Table 7>과 <Table 8>과 같다.

두께 측정 결과 염화칼슘의 농도를 달리한 칼슘 알지네이트 비드는 Control과 C1 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었고, C1과 C2 사이에는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 반응시간을 달리한 칼슘 알지네이트 비드는 R1, R2, R3 즉 반응시간이 4분, 6분, 8분의 비드 간 두께의 증가폭이 매우 작았으며 유의한 차이를 보이지 않았다.

이는 감퓨레 속에 있는 소디움 알지네이트와 염화칼슘의 반응 정도에 따른 결과로 소디움 알지네이트와 염화칼슘의 반응시간이 증가되어도 한정된 Ca^{2+}의 양 때문에 비드 막의 두께가 많이 증가되지 않기 때문이다(Cho M et al. 2005).

<Table 7> **The membrane thickness of persimmon calcium alginate beads spherified with various concentration levels of calcium chloride**

sample	Thickness(mm)
Control	0.24±0.02[a]
C1	0.31±0.06[a]
C2	0.80±0.06[b]
F-value	88.24[*]

1) Mean±S.D. [*]$p<0.05$
2) [abc]Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride

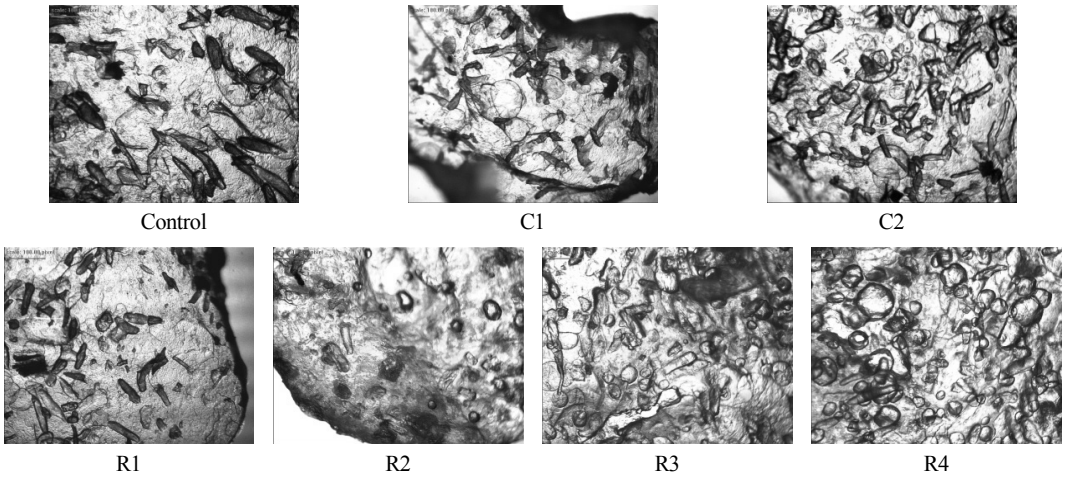
<Table 8> The membrane thickness of persimmon calcium alginate beads spherified with various reaction times

sample	Thickness(mm)
Control	0.24±0.02[a]
R1	0.31±0.03[b]
R2	0.33±0.02[b]
R3	0.34±0.03[b]
R4	0.63±0.05[c]
F-value	56.20[*]

1) Mean±S.D. [*]$p<0.05$
2) [abc]Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
R1: 4 min. of reaction time
R2: 6 min. of reaction time
R3: 8 min. of reaction time
R4: 10 min. of reaction time

4. 막 구조

염화칼슘의 농도에 따른 칼슘알지네이트 비드의 막 구조와 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 막 구조를 광학현미경으로 관찰한 결과는 각각 <Fig. 3>과 같다. 배율 400배의 실체 광학현미경으로 칼슘알지네이드 비드의 막 구조를 측정해 본 결과 <Fig. 3>에서 보는 것과 같이 염화칼슘의 농도가 증가함에 따라 막의 투명성도 떨어져 둔탁하게 보였다. 또한 <Fig. 3>에서 보는 것과 같이 반응시간이 길어짐에 따라서도 막의 투명성은 떨어지고 둔탁해 보이는 형상을 관찰 할 수 있었다. 이는 칼슘 알지네이트 비드의 막의 두께와 관련이 있음을 알 수 있는데, 두께가 두꺼울수록 감퓨레의 섬유질은 막 안으로 묻히게 되며,



1)The magnification was used ×400
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride
R1: 4 min. of reaction time
R2: 6 min. of reaction time
R3: 8 min. of reaction time
R4: 10 min. of reaction time

<Fig. 3> Microphotographs of persimmon calcium alginate beads spherified with various concentration levels of calcium chloride and reaction times

투명성도 점점 줄어들어 막이 둔탁하게 관찰되는 것으로 해석되어 진다(Ana B et al. 1999).

5. 관능평가

1) 정량적 묘사분석

염화칼슘의 농도에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 정량적 묘사분석 결과는 <Table 9>와 같다.

염화칼슘의 농도를 달리한 칼슘 알지네이트 비드는 염화칼슘의 농도가 높아질수록 b값인 노란 정도가 가장 강하게 평가된 것은 Control이였으며, 시료 간 유의한 차이는 없었다. 투명성은 염화칼슘의 농도를 달리한 칼슘 알지네이트 비드의 경우 가장 투명하다고 평가된 것은 Control > C1 > C2의 순으로 평가되었으며 Control과 C1,C2 사이의 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 염화칼슘의 농도를 달리한 칼슘 알지네이트 비드의 경우 가장 입체감 있다고 평가된 것은 C2로 Control, C1과 C2 사이의 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 향미는 화학적인 향, 감맛, 화학적 맛, 후미의 평가 목록 중 전 구간에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 질감 부분은 탄력성, 단단함, 씹힘성, 모두 Control < C1 < C2의 순으로 평가되었으며 Control과 C1,C2사이의 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 이 결과는 기계적 특성의 탄력성, 경도, 씹힘성과 연관성이 있는 것으로 사료된다. 잔여감은 Control < C1 < C2의 순으로 증가하였지만 시료간의 유의한 차이를 보이지 않아 모든 시료에서 잔여감을 다르지 않게 느끼는 것으로 사료된다.

2) 기호도 검사

염화칼슘의 농도에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 기호도 검사 결과는 <Table 10>과 같다.

색, 향, 맛에 대한 기호도에 대해서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 질감은 Control > C1 > C2의 순으로 좋아하는 정도의 유의한 차이를 보였으나 Control, C1과 C2사이의 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 전반적 기호도는 Control이 가장 높은 평가를 받았으며, Control > C1 > C2의 순으로 유의적 차이를 보여($p<0.05$) 막의 두께감이 작을수록 전반적 기호도가 높게 나타났다.

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구에서는 분자요리 기법인 spherification 기법을 이용하여 감(*Diospyros kaki*)을 구형화시켜 염화칼슘의 농도와 반응시간에 따른 감 칼슘

<Table 9> QDA results of persimmon calcium alginate beads spherified with various concentration levels of calcium chloride

	Control	C1	C2	F-value
Yellowness	5.51±0.99	5.08±1.16	5.45±1.36	0.353
Transparency	4.58±0.79^{b}	3.75±0.86^{a}	3.36±0.92^{a}	6.094*
Voluminosity	3.66±0.77^{a}	4.08±1.06^{a}	5.18±1.25^{b}	6.325*
Chemical odor	2.75±1.65	3.66±1.66	3.63±1.36	1.290
Persimmon taste	1.83±0.71	2.41±1.16	3.18±1.47	3.966
Chemical taste	3.16±1.26	3.91±1.62	3.54±1.57	0.757
Aftertaste	2.41±1.16	3.0±1.15	3.63±1.05	2.087
Springiness	3.16±1.19^{a}	4.25±0.86^{b}	4.54±1.12^{b}	5.383*
Hardness	2.50±1.24^{a}	4.25±1.60^{b}	4.81±1.66^{b}	7.482*
Chewiness	1.75±0.86^{a}	4.00±0.73^{b}	5.45±1.29^{c}	41.613*
Residue	2.16±0.83^{a}	3.08±1.37^{ab}	4.36±1.12^{b}	10.831*

1) Mean±S.D. $^{*}p<0.05$
2) ^{abc}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride

<Table 10> Acceptance of persimmon calcium alginate beads spherified with various concentration levels of calcium chloride

	Control	C1	C2	F-value
Color	3.91±1.50	3.66±1.07	3.83±0.83	0.142
Flavor	3.66±1.23	3.66±1.37	3.50±1.31	0.065
Taste	4.00±0.73	3.83±0.71	3.41±0.66	2.156
Texture	4.41±1.08[b]	4.00±0.73[b]	2.83±1.19[a]	7.713*
Overall Acceptance	4.66±1.15[c]	3.75±0.75[b]	2.16±0.83[a]	22.130*

1) Mean±S.D. *p<0.05
2) abcMeans in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range.
C1: 0.75% concentration of calcium chloride
C2: 1.0% concentration of calcium chloride

알지네이트 비드의 물리적 및 관능적 특성을 연구하였다. 염화칼슘의 농도(0.5, 0.75, 1.0 %)와 겔화 반응시간(2, 4, 6, 8, 10 min)에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 색도 측정결과, 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가될수록 명도와 황색도는 감소하고 적색도는 증가하였다. 또한 텍스쳐의 경우 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가될수록 비드의 경도와 씹힘성은 유의적으로(p<0.05) 증가하는 경향을 보였다. 염화칼슘 농도가 증가할수록 비드의 탄력성과 복원력은 증가되는 경향을 나타냈으며, 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 탄력성은 Control, R1과 R4 사이의 유의한 차이(p<0.05)를 보였으며 복원력은 Control과 R1,R2,R3,R4 사이의 유의한 차이(p<0.05)를 보였다. 이는 일정한 농도의 소디움 알지네이트 농도에 반해 염화칼슘농도가 높을수록, 반응시간이 길어질수록 감퓨레 속에 있는 소디움 알지네이트와 염화칼슘의 반응 정도가 증가하기 때문으로 해석될 수 있다.

비드의 막 두께와 형태의 분석결과 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가할수록 비드의 감퓨레 속에 있는 염화칼슘과 소디움 알지네이트의 반응이 활발해져 막 두께가 두꺼워지는 경향을 나타냈다. 다만 Control과 C1 사이와 R1, R2, R3 간에는 유의한 차이를 보이지는 않았다(p<0.05). 또한 막 형태는 비드의 막 두께가 두꺼워질수록 감퓨레의 섬유질이 막 안으로 묻히게 되어 투명성도 줄어드는 것을 확인하였다.

정량적 묘사분석 결과 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가할수록 입체감, 탄력성, 단단함, 씹힘성, 잔여감은 모두 증가하였으며, 노란 정도, 투명성은 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

기호도 검사 결과 색상, 향, 맛에서는 염화칼슘의 농도와 반응시간에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으나 질감과 전반적인 기호도에서는 염화칼슘 0.5%의 Control 시료가 가장 높은 평가를 받았다.

염화칼슘의 농도와 반응시간에 따른 칼슘 알지네이트 비드의 물리적 관능적 특성을 조사한 본 연구 결과, 비드의 특성에 칼슘농도와 반응시간이 매우 중요한 영향인자임을 알았고, 관능평가 결과 감 칼슘 알지네이트 비드의 가장 적합한 시료는 염화칼슘 0.5%에서 반응시간 2분임을 알 수 있었다.

본 연구는 식품 본연의 맛과 질감을 최대한 유지하는 시료일수록, 즉 비드 막의 두께가 얇을수록 기호도 측면에서 좋다는 결론을 얻었지만, 어떤 식품이냐에 따라 특성에 맞게 비드의 두께를 조절하여 가장 좋은 맛과 질감을 찾아 낼 수 있는 기초적 연구 방법과 자료를 제공하는데 그 의의가 있다. 하지만 식품과 소디움 알지네이트와 염화칼슘 사이의 상관관계를 고려하지 못했다는 점이 이 연구의 한계점이라 할 수 있다. 앞으로 다양한 식품 재료들과 소디움 알지네이트의 농도, 염화칼슘의 농도, 반응시간 사이의 어떤 상관관계를 갖는가에 대해 좀 더 심도있는 연구가 이루어

져야할 것이다. 또한 분자요리라는 새로운 조리 기법의 학술적, 문화적 이해와 도입이 우리의 음식과 문화에 새로운 변화와 더불어 발전의 방향을 제시할 수 있을 것이다.

한글 초록

본 연구는 분자요리 기법인 spherification 기법을 이용하여 감(*Diospyros kaki*)을 구형화시켜 염화칼슘의 농도와 반응시간에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 물리적 및 관능적 특성을 연구하였다. 염화칼슘의 농도(0.5, 0.75, 1.0 %)와 겔화 반응시간(2, 4, 6, 8, 10 min)에 따른 감 칼슘 알지네이트 비드의 색도 측정결과, 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가될수록 명도와 황색도는 감소하고 적색도는 증가하였다. 부착성을 제외한 경도, 탄력성, 씹힘성, 응집성, 복원성은 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가될수록 증가하는 경향을 보였다. 비드의 막 두께와 형태의 분석결과 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가할수록 비드의 감 퓨레 속에 있는 염화칼슘과 소디움 알지네이트의 반응이 활발해져 막 두께가 두꺼워지는 경향을 나타냈다. 정량적 묘사분석 결과 염화칼슘의 농도와 반응시간이 증가할수록 입체감, 탄력성, 단단함, 씹힘성, 잔여감은 모두 증가하였으며, 노란 정도, 투명성은 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 기호도 검사 결과 색상, 향, 맛에서는 염화칼슘의 농도와 반응시간에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으나 질감과 전반적인 기호도에서는 염화칼슘 0.5%의 Control 시료가 가장 높은 평가를 받았다. 칼슘 알지네이트 비드의 물리적 관능적 특성에 염화칼슘의 농도와 반응시간이 영향을 끼침을 알 수 있다.

참고문헌

이상민 (2000). 퓨전음식과 조리과학/Fusion 음식의 현황과 앞으로의 전망. *한국식품조리과학회* 2000년도 춘계심포지움 :285~292.

조선일보. 2007. “이 맛에도 만족 못한다면 지구를 떠나라!”, 5월 3일.

최항석 (2006). 알지네이트 지지체를 이용한 이체 지방조직 줄기세포의 생체 내 연골분화. 가톨릭대학교, 7-8, 경기

황혜성, 한복려, 한복진 (1994). 한국의 전통음식. 교문각, 497, 서울

Ana B, Manuel M, Domingo C (1999). Formation of calcium alginate gel capsules:influence of sodium alginate and CaCl2 concentration on gelation kinetics. *J Biosci Bioeng* 88(6):686~689.

Bang BH, Seo JS (2002). Characteristics of salt adsorption by calcium alginate beads. *J Korean Soc Food Nutr* 15(2):89~96.

Cho M, Kim BY, Baik MY, Rhim JH (2005). Microencapsulation of fish oil by low mole-cular weight sodium alginate. *Korean J Soc Food Sci Technol* 37(5):730~735.

Grant GT, Morris ER, Ress DA, Smith PJ, Thom D (1973). Biological interactions between polysaccharides and divalent cations, Febs Lettters 2, 195.

Ji CI, Cho SM, Gu YS, Kim SB (2007). The processing optimization of caviar analogs encapsulated by calcium-alginate gel membranes. *Korean J Food Sci Technol* 16(4):557~564.

Kim JG, Choi HS, Kim WJ, Oh HI (1999). Physical and sensory characteristics of persimmon jam prepared with enzyme treated persimmon juice. *Korean J Soc Food Sci* 15(1):50~54.

Lee EJ, An JS, Choi JE (2008). The current trends and the prospective view of the molecular gastronomy. *Korean J Food Cookery Sci* 14(1): 56~72.

Martinsen A, Skjåk-Bræk G, Smidsrod O (1989). Alginate as immobilization material: I. Corre-

lation between chemical and physical properties of alginate gel beads. *Biotechnol Bioeng* 33(1):79～89.

Mori B, Kusima K, Iwasaki T, Omiya H (1981). Dietary fiber content of seaweed. *Nippon Nogeikagaku* 55(1):787～791.

Murata Y, Sasaki N, Miyamoto E, Kawashima S (2000). Use of floating alginate gel beads for stomach-specific drug delivery. *Eur J Pharm Biopharm* 50(2):221～226.

Park SJ, Kang JY (2005). Preparation and characterization of calcium alginate microcapsules by emulsification-internal gelation. *J Korea Polymer Soc* 29(4):369～374.

Park JS, Kim DK, Lee KH, Doh DS (1997). The diffusion characteristics of solute into the Ca-alginate gel bead. *Hwahak Konghak* 35(1): 41～45.

Paul DV, Haan D, Wolters B, Gerrit HJ, Reinout VS (1996). Factors influencing the adequacy of microencapsulation of rat pancreatic isletsl. *Transplantation* 62(7):888～893.

Rhim JW, Kim JH, Kim DH (2003). Modification of Na-alginate films by CaCl2 treatment. *J Korean Soc Food Sci Technol* 35(2):217～221.

Woo JW, Roh HJ, Park HD, Ji CI, Yang BL, Kim SB (2007). Sphericity optimization of calcium alginate gel beads and the effects of processing conditions on their physical properties. *Food Sci Biotechnol* 16(5):715～721.

You BJ, Lim YS (2002). Encapsulation of pine agaric(*Tricholoma matsutake*) flavor with alginates. *J Korea Fish Soc* 35(3):231～236.

2011년 10월 27일 접 수
2011년 11월 25일 1차 논문수정
2012년 01월 16일 2차 논문수정
2012년 01월 18일 게 재 확 정