

Maltogenic amylase를 이용한 고구마 전분겔의 텍스처 특성 변화

권미라 · 정동선 · 박관화

서울대학교 식품공학과, 농업생물신소재연구센터

Changes of the Textural Properties of the Sweet Potato Starch Gels using Maltogenic Amylase

Mee Ra Kweon, Dong Sun Jung and Kwan Hwa Park

Department of Food Science & Technol. and Research Center for New Bio-Materials in Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

Abstract

We investigated the texture of the sweet potato starch gels treated with maltogenic amylase. Effects of branched gluco-oligosaccharides and acorn starch on the texture of the sweet potato starch gel were also investigated. Hardness and cohesiveness of gels were measured by using Instron and sensory evaluation on the gel properties was performed. From the results of the instrumental analysis, it was found that the overall textural properties as *Mook* could be improved by adding branched gluco-oligosaccharides, maltogenic amylase or acorn starch to the sweet potato starch gel. As a result, there was a decrease in the cohesiveness of gels while the hardness of gels increased. The sensory evaluation study indicated that the sweet potato starch gels treated with 0.02% maltogenic amylase, or added with 12.5% branched gluco-oligosaccharides, or mixed with 50% acorn starch had preferable quality as *Mook*.

Key words: sweet potato starch, maltogenic amylase, gel texture, branched gluco-oligosaccharides

서 론

우리나라 고유의 전통음식인 묵은 독특한 텍스처 특성을 갖는 전분겔로서 표면이 매끈하고 점성이 없으며 탄성이 크고 탄성한계 이상의 힘이 가해지면 크게 몇 조각으로 부서지는 절단성을 가지고 있다. 묵의 재료로는 많은 전분 중에서도 도토리, 녹두, 메밀의 전분만이 이용되어 오고 있고, 최근에는 녹두대신 동부가 청포묵의 원료로 많이 이용되고 있다.

여러가지 전분에 대하여 묵의 원료로서의 이용가능성을 검토하기 위하여 문 등⁽¹⁾이 실시한 전분겔의 관능검사결과에 의하면 동부, 녹두, 도토리묵의 수용력이 가장 높았고 메밀묵과 고구마묵은 이들보다 낮게 평가되었으며 감자묵은 묵으로서의 수용력이 매우 낮았다. 또한 옥수수 조전분과 밀가루는 묵의 제조가 불가능하다고 하였다. 이렇듯 전분의 종류에 따라 전분겔의 특성이 차이를 보이며 이를 규명하려는 시도로 scanning electron microscopy(SEM)로 여러가지 전분겔의 미세구조를 관찰하고, Instron으로 견고성, 응집성, 탄력성 및 점착

성을 분석한 결과, 균일하고 다공성의 구조를 보인 녹두겔이 텍스처 측정값이 높고 수용력도 높게 평가되어, 전분겔의 구조에 따라 텍스처의 차이가 나타나며 수용력도 다르게 평가되었다⁽²⁾. 그러나 전분겔의 미세구조와 텍스처 특성을 구체적으로 연관시키기 위해서는 전분의 종류 뿐만 아니라 아밀로오스의 종류 및 함량, 분자의 사슬길이 등에 대한 연구가 필요하다고 하였다. 또한 김⁽³⁾은 아밀로오스는 겔의 강도에, 아밀로펙틴은 겔의 탄성에 크게 영향을 미친다고 하였으며 이 두 분획은 어느 한 쪽만으로는 묵을 형성할 수 없고 두 분획이 알맞은 비율로 배합되어 있을 때 비로소 묵이 될 수 있다고 하였다. 그리고 전분의 종류에 따라서 아밀로오스와 아밀로펙틴이 겔 텍스처에 미치는 영향이 다르게 나타난 것은 전분의 구조적 차이 때문으로 생각되어 이에 대한 연구의 필요성을 언급하였다. 최근 권⁽⁴⁾은 묵의 텍스처에 영향을 미치는 전분의 구조를 연구하고, 묵의 재료로 사용되는 전분은 아밀로오스의 분자량이 크며 이들의 함량도 많다고 하였다.

현재 시중에서 사용되는 재료는 녹두, 동부, 도토리 전분 뿐이나 묵 제조에 사용하기 어려운 전분을 효소를 이용하여 수식(modification)하면 전분분자의 크기가 작아져서 묵 형성을 가능하게 할 수 있다.

따라서 본 연구는 묵의 제조에 이용되기 어려운 고구마

Corresponding author: Kwan Hwa Park, Department of Food Science & Technol. and Research Center for New Bio-Materials in Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

전분을 선택하여 실험하였으며 maltogenic amylase를 이용하여 전분을 수식한 후 전분겔의 텍스처를 향상시키고자 하였고, 기능성 탄수화물을 첨가시켜 텍스처의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

목의 재료로 도토리 전분과 고구마 전분을 사용하였으며 도토리 전분은 알칼리 침지법⁽⁵⁾으로 분리하여 사용하였고 고구마 전분은 선일포도당으로부터 공급받아 사용하였다. α -amylase(Termamyl 120L, Type LS)와 maltogenic amylase(Novamyl 1500 MG)는 Novo Co. (Denmark)로부터 공급받았으며, 분지글루코올리고당은 Kim 등⁽⁶⁾의 방법에 따라 전분에 *Bacillus licheniformis* maltogenic amylase(BLMA)를 작용시켜 제조하여 사용하였다.

전분겔의 제조

고구마 및 도토리 전분 혼합겔의 제조: 권⁽⁴⁾과 최⁽⁷⁾의 방법을 혼용하여 고구마 전분 현탁액을 건량기준으로 8~12% 되게 준비하여 30 ml씩 cap centrifuge tube에 넣고 30°C에서 95°C 될 때까지 진탕수욕조에서 흔들며 주면서 가열한 후 직경 2.0 cm, 높이 2.0 cm의 원통형의 용기에 유입하여 성형시킨다음 20°C에서 3시간 저장하여 외형을 관찰하고 기계적점사와 관능검사에 이용하였다. 또한 도토리 전분을 혼합하였을 때의 효과를 살펴보기 위하여 전분 현탁액은 건량기준 10% 되게 준비하되 도토리 전분의 혼합양은 고구마 전분과 도토리 전분을 합한 전체 전분량에 대해 10%, 30%, 50% 비율로 섞어 고구마 전분겔과 동일하게 전분겔을 제조하였다.

Maltogenic amylase를 이용한 전분의 수식: Maltogenic amylase의 특성을 시험하고 전분의 수식에 이용하였다. Maltogenic amylase 특성은 가용성전분, β -cyclodextrin, pullulan을 기질로 하여 효소를 작용시킨 후 분해물을 thin layer chromatography로 분석하였다. 이때 전개용매로 isopropanol : ethylacetate : water = 3 : 1 : 1 (v/v/v)를 사용하였고 발색시약으로 50% 황산을 사용하였다. 시료현탁액은 건량기준 10%가 되도록 준비하되 maltogenic amylase 양은 고구마 전분의 0.01~0.04% 되게 첨가한 후 위와 동일한 방법으로 전분겔을 제조하였다.

분지글루코올리고당 첨가 겔 제조: 분지글루코올리고당은 Kim 등⁽⁶⁾의 방법에 따라 30% 옥수수 전분현탁액을 EDTA를 포함하지 않은 50 mM maleate-NaOH buffer로 만들고 여기에 α -amylase를 가하여 100°C에서 10분간 가열하여 액화시킨 후 autoclaving하여 반응을 중지시켰다. 액화된 액에 5 mM의 EDTA를 가하고 1 N NaOH로 최종 pH를 6.8로 맞춘 다음 *Bacillus licheniformis* maltogenic amylase(BLMA) 효소를 가하고 45~50°C에서 15

Table 1. Composition of branched gluco-oligo-saccharides from corn starch

Product	Composition(%)
Glucose	12.8
Maltose	19.5
Maltotriose	4.9
Panose	16.1
Branched DP4	26.0
Branched DP5	12.1
>Branched DP5	8.6

시간 반응시켜 제조하였다. 제조된 분지글루코올리고당의 성분은 Table 1과 같다. 시료 현탁액은 건량기준 10%가 되도록 준비하되 분지글루코올리고당을 고구마 전분량에 대해 5~15% 첨가하여 위와 동일한 방법으로 전분겔을 제조하였다.

전분겔의 텍스처와 수응도

기계적 측정: 제조된 전분겔의 텍스처는 Instron Universal Testing Machine(1140, England)으로 2회 반복 압착시험(compression test)하여 견고성(hardness)과 응집성(cohesiveness)의 값을 구하였다. 실험조건은 load cell : 50 kg, full scale : 5.0 kg, chart speed : 200 mm/min, crosshead speed : 100 mm/min, deformation : 60 %이었다.

관능검사: 선발된 8명의 관능 평가자들에 의해 ranking test로 전분겔의 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탁도(turbidity), 매끄러운 정도(smoothness), 수응도(preference)를 조사한 후 자료들은 분산분석(ANOVA)으로 통계처리하고 Tukey's test로 서로간의 유의적인 차이를 비교분석하였다.

결과 및 고찰

고구마 및 도토리 전분 혼합겔의 텍스처

고구마 전분 현탁액을 8~12%로 하여 제조한 고구마 전분겔의 외양은 Fig. 1의 A와 같다. 모두 겔 모양이 매끄럽고 반듯하게 성형되지 않음을 볼 수 있으며 이는 점성이 크기 때문으로 판단되었다. 또한 농도의 증가에 따라 외양에서의 차이는 뚜렷하지 않았다. Instron으로 견고성과 응집성을 측정된 결과는 Fig. 2의 A와 같으며 관능검사 결과는 Table 2에 정리하였다. 농도가 증가함에 따라 대체로 견고성과 응집성이 증가하였으며, 관능검사에서는 견고성에서만 12%의 경우 더 단단한 것으로 평가되었고 응집성, 탁도, 매끄러운 정도 및 수응도에서는 서로간에 차이를 보이지 않았다. 따라서 전분 농도를 10%로 선택하여 전분겔을 제조하는 것이 바람직한 것으로 생각된다. 현재까지 이루어진 목에 대한 많은 연구들이 최적농도에 관한 것⁽¹⁸⁻¹⁰⁾이었다. 실험자마다 동일시료에 대해 약간씩 차이를 보이며 대체로 8~12%로

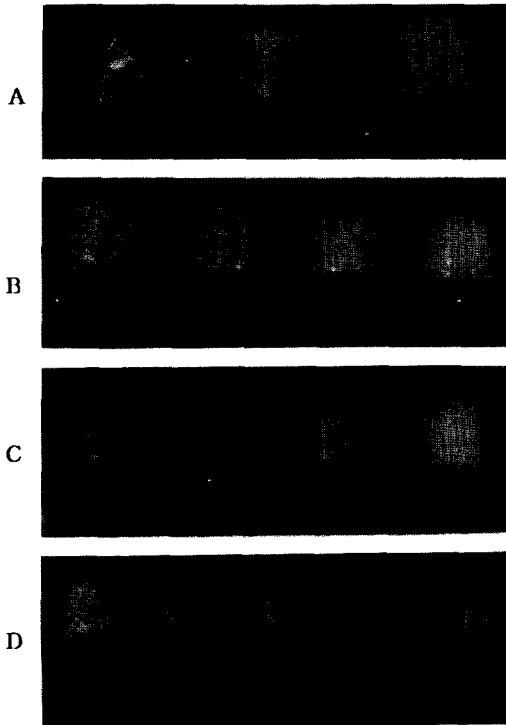


Fig. 1. The shape of the sweet potato starch gels prepared with various treatments. A, sweet potato starch gel; B, sweet potato starch gel added acorn starch; C, sweet potato starch gel added maltogenic amylase; D, sweet potato starch gel added branched oligosaccharides. Numbers indicate the treatment percentages in the various conditions

보고되어 있으며 이런 차이는 가열방법이 서로 다른 것에 기인한다고 설명하였다. 또한 가열온도도 재료에 따라 다르나 고구마 전분의 경우 실온의 현탁액에서부터 가열해 나가는 방법이 비교적 목에 근접된 겔을 형성할 수 있는 것으로 보였다.

한편 도토리 전분을 혼합하여 제조한 전분겔의 외양은 Fig. 1의 B와 같다. 도토리 전분의 혼합비율이 커짐에 따라 반듯한 모양의 전분겔이 이루어짐을 볼 수 있으며 10% 정도의 혼합에 의해서도 목에 가까운 겔모양을 보여주었다. 도토리 전분과 고구마 전분을 혼합하여 제조한 전분겔의 견고성과 응집성을 Instron으로 측정된 결과는 Fig. 2의 B와 같다. 도토리 전분의 혼합비율이 증가됨에 따라 견고성은 증가되었으며 반대로 응집성은 감소되었다. 특히 50%를 혼합하였을 때 견고성이 많이 향상되고 응집성은 약간 감소되어 목으로서의 바람직한 텍스처 특성을 나타내었다. 또한 관능검사 결과는 Table 2에 정리하였다. 특히 관능검사 결과에서 50%를 혼합하여 제조한 전분겔이 10%를 혼합하여 제조하였거나 100% 도토리로 제조한 전분겔보다 수용력이 더 좋게 평가되어

Table 2. Rank averages of the sweet potato starch gels prepared with various treatments

Sweet potato starch conc.(%)	T	S	H	C	P
8	0.11 ^a	0.48 ^a	-0.37 ^a	-0.58 ^b	-0.32 ^a
10	-0.11 ^a	-0.16 ^a	-0.11 ^a	0.00 ^{ab}	0.05 ^a
12	0.00 ^a	-0.32 ^a	0.48 ^a	0.58 ^a	0.27 ^a
F value	0.12	2.61	1.89	6.21*	1.08
Acorn starch conc.(%)	T	S	H	C	P
10	-0.80 ^c	-0.43 ^b	-0.69 ^c	-0.27 ^a	-0.48 ^b
50	-0.05 ^b	-0.16 ^{ab}	-0.16 ^b	0.11 ^a	0.75 ^a
100	0.85 ^a	0.59 ^a	0.85 ^a	0.16 ^a	-0.27 ^b
F value	236.56**	5.70*	48.9**	0.58	10.89**
Maltogenic amylase(%)	T	S	H	C	P
0.01	-0.53 ^b	-0.27 ^b	-0.48 ^b	0.11 ^a	0.16 ^{ab}
0.02	0.00 ^{ab}	0.16 ^a	0.85 ^a	-0.43 ^a	0.48 ^a
0.04	0.53 ^a	0.11 ^a	-0.37 ^b	0.32 ^a	-0.64 ^b
F value	4.49*	14.42**	24.62**	2.02	6.24*
Branched oligo-saccharides conc.(%)	T	S	H	C	P
5	-0.21 ^c	-0.27 ^a	-0.11 ^b	0.00 ^a	-0.53 ^b
10	-0.64 ^b	-0.05 ^a	-0.53 ^b	-0.27 ^a	0.05 ^{ab}
15	0.85 ^a	0.32 ^a	0.64 ^a	0.27 ^a	0.48 ^a
F value	49.59**	1.17	8.67**	0.92	4.52*

T: Turbidity

S: Smoothness

H: Hardness

C: Cohesiveness

P: Preference

*: signifiacnce at 5% level

** : signifiacnce at 1% level

목 제조시 순수한 도토리만을 사용하기 보다는 50% 고구마 전분을 혼합하는 것이 좋은 효과를 부여할 것으로 판단되었다. 이는 100% 도토리 전분의 경우 견고성이 10%나 50% 섞었을 때보다 크지만 응집성이 작기 때문으로 생각되며 좋은 텍스처 특성을 지닌 목은 견고성이 8 kg m s^{-2} 이상이며 응집성은 0.7~0.75 정도의 범주에 들 것으로 판단되었다. 전분겔의 turbidity도 도토리 전분의 혼합비율이 증가함에 따라 증가되었다. 권 등⁽¹¹⁾의 보고에 의하면 도토리 전분의 아밀로오스는 분자량 분포에서 $5 \times 10^6 < \text{분자들이}$ 10.44%인 반면 고구마는 7.97%로 도토리가 다소 작은 분자들이 많으며, 아밀로펙틴의 경우도 중합도가 10~20되는 짧은사슬의 분획이 도토리의 경우 77.34%인 반면 고구마는 62.84%로 도토리가 훨씬 더 작다고 하였다. 이런 전분의 특성은 고구마 전분겔의 점성을 감소시킬 수 있으며 응집성이 감소되는 반면 견고성에서의 증가효과를 나타낸 것으로 생각되며 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분자량이 고구마보다 약간

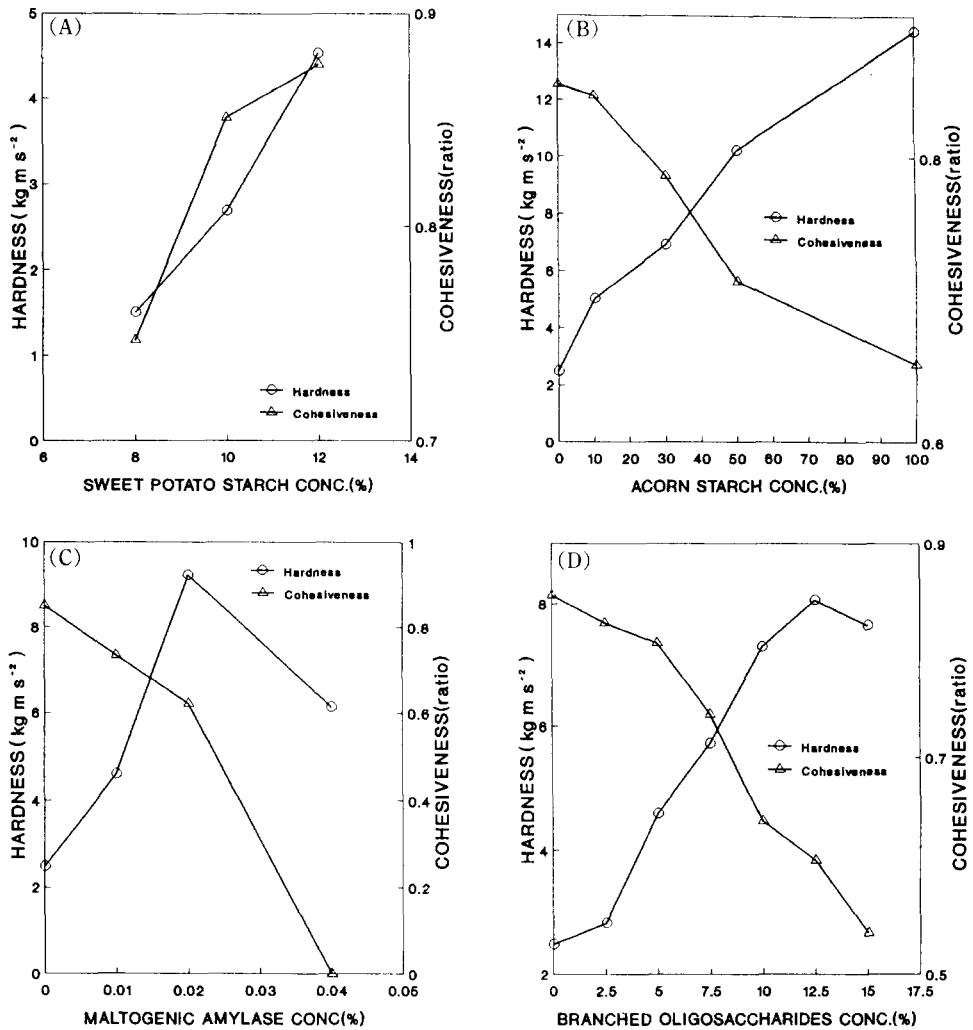


Fig. 2. Hardness and cohesiveness of the sweet potato starch gels with various treatments. A, sweet potato starch gel; B, sweet potato starch gel added acorn starch; C, sweet potato starch gel added maltogenic amylase; D, sweet potato starch gel added branched oligosaccharides

작은 동부나 녹두를 혼합하는 것보다 도토리 전분을 혼합하는 것이 텍스처 특성을 개선시키는 효과가 클 것으로 판단되었다.

Maltogenic amylase에 의한 전분의 수식 및 겔의 텍스처 특성

Maltogenic amylase의 특성을 알아보기 위하여 가용성전분, β -cyclodextrin과 pullulan에 작용시킨 후 반응물을 thin layer chromatography로 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 가용성전분을 분해하여 주로 maltose를 생성하였으며 pullulan에 대한 분해능은 없었고 β -cyclodextrin을 약간 분해시키는 것으로 보아 β -amylase의 특성을 주로 보이거나 endo형의 amylase 특성도 지니는 것으로

생각된다. Fig. 1의 C와 같이 maltogenic amylase로 전분을 수식하면 고구마 전분겔이 매끈한 모양의 목으로 제조될 수 있었다. Maltogenic amylase의 양을 증가하여 전분을 수식한 전분겔의 견고성과 응집성을 측정된 결과는 Fig. 2의 C와 같으며 관능평가 결과는 Table 2와 같다. 견고성은 효소량이 증가함에 따라 증가하는 양상을 보이다가 감소되는 경향을 보였으나 응집성은 효소량의 증가에 따라 전체적으로 감소되었고 0.02% 농도까지는 완만하게 감소되다가 그 후 급격히 감소되는 2단계의 변화를 보여주었다. 전분이 효소에 의해 분자량이 감소됨에 따라 견고성은 증가하고 응집성이 감소되는 현상을 보였으나 견고성이 어느정도 증가하다가 오히려 감소되는 것은 효소량의 증가에 의해 전분이 과다하게 절단

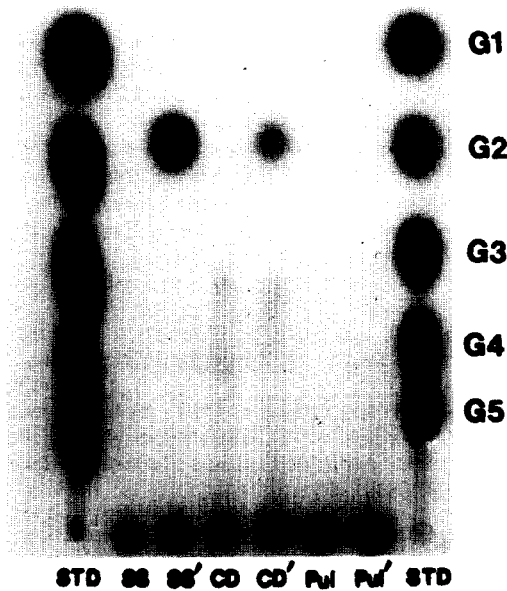


Fig. 3. Thin layer chromatogram of maltogenic amylase reaction on soluble starch, β -cyclodextrin and pullulan

STD, glucose-maltopentaose standard; SS, soluble starch; CD, β -cyclodextrin; Pul, pullulan; SS', CD' and Pul' are hydrolysates by maltogenic amylase

되었기 때문에 판단된다. 즉 전분의 수식정도에 따라 전분겔의 견고성과 응집성은 변화되며 목 형성을 위해서는 전분의 분자구조적 특성에 따라 수식을 위한 최적의 효소량을 선택하는 것이 전분겔의 텍스처 특성 개선을 위하여 바람직하다. 관능평가 결과 효소의 양이 증가되면서 현저히 turbidity가 증가됨을 알 수 있고 견고성은 0.02%로 전분을 수식하였을 때가 0.01%나 0.04%로 수식하였을 때보다 더 큼을 알 수 있다. 이는 기계적 측정에서 얻은 견고성의 결과와 잘 일치되었다. 또한 0.02%의 효소를 첨가한 경우가 가장 수용력이 좋은 것으로 평가되었다. 이는 효소를 이용하여 고구마 전분을 수식하면 특히 아밀로펙틴의 일부분이 절단되어 전분겔에서 고구마 전분이 지나는 점성(끈적끈적함)이 감소되고 견고성이 증가되었기 때문이다. 반면 응집성은 관능평가에 의해 서로간의 차이를 느끼지 못한 것으로 평가되었다. 결과적으로 0.02% maltogenic amylase로 수식한 전분겔이 목으로서의 수용력이 좋아 기존의 재료를 대체할 수 있을 것으로 판단되었다. Maltogenic amylase는 전분을 분해하여 주로 maltose를 생성하므로 maltose에 의한 영향을 조사하여 보았다. 그러나 maltose를 첨가하여 전분겔을 제조하였을 때 텍스처 특성의 개선효과는 관찰할 수 없었다.

분지글루코올리고당 첨가에 의한 전분겔의 텍스처 변화
분지글루코올리고당을 첨가하여 제조한 전분겔의 의

양은 Fig. 1의 D와 같으며, 견고성과 응집성을 측정한 결과는 Fig. 2의 D와 같다. 분지글루코올리고당을 소량(5%) 첨가한 경우 전분겔의 외양이 크게 향상되지 못하였으나 분지글루코올리고당의 첨가량을 증가하면 매끄럽고 반듯한 모양의 목형태가 이루어지는 것을 알 수 있었다. 분지글루코올리고당의 첨가비율이 증가함에 따라 견고성은 12.5%까지 계속 증가하다가 감소되었고 응집성은 계속 감소되었다(Fig. 2의 D). 관능검사 결과는 Table 2와 같고, turbidity에서 5%, 10%, 15% 사이에 유의적인 차이가 있었으며 첨가 비율이 증가하면서 더 큰 것으로 평가되었다. 견고성은 기계적인 측정결과와 잘 일치되었고 수용력은 15% 첨가가 5% 첨가보다 더 좋은 것으로 평가되었다. 실험에 사용한 분지글루코올리고당은 glucose와 maltose를 일부 포함하고 있으나 이들에 의한 텍스처 향상 효과는 거의 미미하며 분지된 글루코올리고당들이 전분겔의 텍스처 향상에 주된 효과를 보여주는 것으로 판단되었다. 분지올리고당들은 일반적으로 식품의 물성을 개선하는 효과가 있으며⁽¹²⁾ 전분의 겔화⁽¹³⁻¹⁵⁾와 관련지어볼 때 분지올리고당은 전분겔의 network에 기여서 물분자를 묶어 전분겔에 안정성을 부여하며 아밀로펙틴끼리의 결합을 방해하여 점성을 감소시키는 능력을 지닌 것으로 추측된다.

요 약

효소를 이용하여 전분을 수식하여 목의 텍스처 특성을 개선하고 아울러 기능성 탄수화물을 첨가시켜 물성을 개선하고 건강식품화하고자 하였다. 전분의 분자수식을 위하여 maltogenic amylase를 이용하였으며 고구마 전분의 구조를 modification시켜 목을 제조하고 또한 분지글루코올리고당과 도토리 전분을 혼합하여 10% 전분겔을 제조한 후 Instron을 사용한 기계적 검사와 관능검사를 병행하여 텍스처 특성을 시험하였다. 고구마 전분에 maltogenic amylase를 0.02% 첨가하였을 때 텍스처 개선효과가 가장 컸으며 목의 품질이 우수하였다. 이는 효소에 의해 긴 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목이 형성될 수 있는 길이로 잘라졌기 때문으로 생각된다. *Bacillus licheniformis* maltogenic amylase(BLMA)를 이용하여 제조한 분지글루코올리고당을 첨가한 경우, 12.5%를 첨가하였을 때 텍스처 특성이 가장 향상되었다. 도토리 전분을 혼합하여 전분겔을 제조한 경우에는 50%를 혼합하였을 때 가장 텍스처 특성이 향상되었고 100% 도토리만으로 제조한 전분겔보다 수용력이 우수하였다.

감사의 글

본 연구는 (주)미원 부설 한국음식문화연구원의 연구 지원(1992년)사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 문수재, 손경희, 박혜원 : 목의 식품학적 연구. 제1보. 목재료의 물리화학적 성질을 중심으로. 대한가정학회지, 15(4), 31(1977)
2. 배광순, 손경희, 문수재 : 목의 구조와 텍스처. 한국식품과학회지, 16, 185(1984)
3. 김향숙 : 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목의 텍스처에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문(1987)
4. 권미라 : 두류전분의 분자구조와 겔 특성. 서울대학교 박사학위 논문, (1992)
5. 김향숙, 권미라, 안승요 : 동부전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, 19, 18(1987)
6. In-Cheol Kim, Jae-Ho Cha, Jung-Ryul Kim, So-Young Jang, Byung-Cheol Seo, Tae-Kyou Cheong, Yang-Do Choi, and Kwan-Hwa Park. Catalytic properties of the cloned amylase from *Bacillus licheniformis*, *J. Biol. Chem.* 267, 22108(1992)
7. 최필승 : 목, 자랑스런 민속음식-북한의 요리. 북한연구 자료선 16, 한마당, p.171(1989)
8. 김영아 : 도토리 전분 겔의 물성 및 이화학적 특성 연구. 서울대학교 박사학위 논문, (1987)
9. 박상옥, 김광옥 : 옥수수 전분을 혼합한 도토리목의 관능적 특성. 한국식품과학회지, 20, 613(1988)
10. 이해성, 이혜수 : 도토리와 밤전분 겔의 물리적 특성 비교. 한국조리과학회지, 7(1), 11(1991)
11. 권미라, 김성란, 임경숙, 안승요 : 목형성 전분의 특성에 관한 연구. 한국농화학회지, 35, 92(1992)
12. Handbook of amylases and related enzymes. The amylase research society of Japan (ed.). Pergamon press. p.215(1988)
13. Ring, S.G.: Some studies on starch gelation, *Starke*, 37, 80(1985)
14. Imberty, A. and Perez, S.: A revisit to the three-dimensional structure of B-type starch, *Biopolymers*, 27, 1205(1988)
15. Jones, S.W. and Blanshard, J.M.V.: Hydration studies of wheat starch, amylopectin, amylose gels and bread by proton magnetic resonance, *Carbohydr. Polymers*, 6, 289(1986)

(1993년 8월 23일 접수)