

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 기능성 글루텐 프리면의 이화학적 품질 특성

남승우 · 김 은 · 김미라[†]

경북대학교 식품영양학과

Physicochemical Quality of Functional Gluten-Free Noodles added with Nondigestible Maltodextrin

Seung-Woo Nam, Eun Kim and Meera Kim[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

ABSTRACT

In this study, gluten-free noodles were developed and the physicochemical quality of gluten-free noodles added with nondigestible maltodextrin (NMD) was also investigated. The gluten-free noodles were prepared by addition of 0, 5, 7, and 9% NMD of total ingredients except water. Inhibition activities for α -amylase and α -glucosidase according to the addition amounts of NMD were evaluated. As a result, activities of carbohydrate-digestive enzymes decreased with an increase of the added NMD amounts. Water binding capacity and solubility of raw noodles increased upon NMD addition. Swelling power also increased as temperature rose. L value of raw noodles decreased with the addition of NMD, but b value increased. Texture profile analysis of cooked noodles showed reduction of hardness, springiness, and chewiness of noodles with NMD. On the other hand, tensile strength of cooked noodles containing up to 7% NMD was not significantly different from that of noodle without NMD. In the sensory evaluation, elasticity of noodles with 9% NMD was lower than that of other noodles, whereas other characteristics of noodles were not significantly different among noodles. Therefore, it was confirmed that the addition of 5~7% NMD had little effect on the sensory quality of noodles.

Key words: Nondigestible maltodextrin, gluten-free noodle, quality evaluation

서 론

우리나라는 식생활의 서구화로 인해 쌀의 섭취량이 줄어 들고 상대적으로 밀의 섭취량이 증가하고 있다. 서구 음식의 대부분은 밀가루를 주원료로 사용하는데, 밀가루에 함유된 글루텐(gluten)은 소맥분 가공제품에서 물성 및 구조 형성에 중요한 작용을 하는 성분이지만 알레르기를 유발할 수 있다. 실제 미국인들의 경우 10명 중 3명 정도가 글루텐 민감성 체질을 가지고 있으며, 잠재된 위험성을 가진 사람까지 포함하면 총인구의 80% 이상이 글루텐에 의한 알레르기 질환으로 고통받고 있다(Hischenhuber C *et al* 2006; Moore MM *et al* 2006). 글루텐 알레르기로 잘 알려진 셀리아병(celiac disease)은 밀가루의 글루텐 성분 중 글리아딘(gliadin)에 의해 발생하는 자가 면역성 질환으로, 밀가루 음식을 먹으면 설사, 구토, 복부팽만, 복부통증 등이 유발되며 소화기관 점막세포에 염증이 생겨 용모가 손상되는 질환이다. 최근 우리나라에서도 밀 소재 식품의 섭취가 증가하면서 글루텐 알레르기를 가진

사람들이 늘고 있어 이들을 위해 글루텐이 첨가되지 않은 글루텐 프리(gluten free) 식품의 개발이 요구되고 있다. 국외에서는 콩과 식물을 이용한 글루텐 프리 빵의 특성 분석(Miñarro B *et al* 2012), 글루텐 프리 파스타의 특성 분석(Lucisano M *et al* 2012), 메밀가루를 이용한 글루텐 프리 크래커의 품질 평가(Sedej I *et al* 2011), 냉동한 글루텐 프리 반죽의 물성학적 특성(Mezaize S *et al* 2010), 글루텐 프리 시리얼의 엽산 함량 및 주요 성분 분석(Yazynina E *et al* 2008) 등 글루텐 프리 제품에 대한 다양한 연구가 수행되었으나, 국내에서는 옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분이 글루텐 프리 쌀식빵의 품질에 미치는 영향(Yun YK 2012), 제분방법에 따른 쌀가루별 글루텐 프리 쌀빵의 제조 특성(Lee MH & Lee YT 2006), 글루텐 프리 쌀쿠키의 조직감에 관한 호화 쌀가루의 영향(Lee JK & Lim JK 2013) 등 글루텐 프리 식품에 대한 연구가 대부분 베이커리 제조에 국한되어 수행되고 있어 글루텐 프리 면 제조에 대한 연구는 부족한 편이다.

국수를 비롯한 대부분의 면은 밀가루를 주원료로 하여 제조되고 있는데, 섭취한 탄수화물이 당으로 바뀌어 몸에 흡수되는 속도를 나타내는 당지수(Glycemic Index)를 보면, 밀가

[†] Corresponding author : Meera Kim, Tel: +82-53-950-6233, Fax: +82-53-950-6229, E-mail: meerak@knu.ac.kr

루로 만든 가공식품인 바게트빵, 도넛, 베이글 등은 당지수가 70 이상으로 높아 혈당을 급속히 상승시키며 비만을 유발하기 쉬운 것으로 알려져 있다(Brand-Miller J *et al* 2002). 당뇨병 환자들은 혈당이 높으므로 인슐린의 분비가 많아지고 인슐린에 대한 반응이 낮아져 고혈당 상태가 유지된다. 따라서 혈당상승을 억제하기 위해서는 섬유소 섭취가 권장되는데 섬유소는 소화 흡수를 지연시켜 급속한 혈당 상승을 막을 수 있고, 인슐린의 급격한 분비 또한 방지할 수 있다(Kim EH *et al* 1996).

난소화성 말토덱스트린(nondigestible maltodextrin, NMD)은 옥수수 전분을 가수분해하여 얻은 수용성 식이섬유로 식후 혈당상승 억제, 혈중 중성지방 개선 등의 기능이 인정된 건강기능성 원료이다(Livesey G & Tagami H 2009), 현재 시판되는 난소화성 말토덱스트린은 85%의 식이섬유를 함유하고 있으며, g당 2 kcal의 열량을 제공하고 있어 식이섬유가 풍부하고, 저열량을 가지고 있는 식품 소재이다(Kim YA 2005). 난소화성 말토덱스트린의 혈당상승억제 효과에 관한 연구를 살펴보면, Ohkuma K 등(1990)은 난소화성 텍스트린이 당류 소화효소군에 대하여 저항성을 보이는 것을 확인하였고, Wakabayashi S 등(1993)은 설탕을 섭취한 쥐에서 난소화성 텍스트린이 소화에 의하여 생긴 포도당의 흡수를 억제하여 혈당 상승을 유의적으로 억제시켰다고 보고하였으며, Fujiwara K 등(1995)은 성인에게 난소화성 텍스트린을 섭취시켜 혈당 및 인슐린 분비가 저하되었다고 보고하였다. 따라서 급격한 인슐린 상승을 억제하면서도 글루텐이 함유되어 있지 않은 소재를 이용하여 면을 제조하는 것은 글루텐에 민감한 당뇨병 환자 또는 비만인에게 매우 유익할 것으로 사료된다.

한편, 건강에 대한 관심이 크게 증가하면서 생리활성을 가진 원료를 첨가한 기능성 식품들이 많이 제조되고 있는데 이러한 원료 첨가는 제품의 특성을 변화시킬 수 있다. 따라서 생리활성을 가진 원료라도 이것이 본래 가지고 있는 특성으로 인해 제조한 식품의 관능적 품질 특성이 저하되는 경우도 있으므로, 단지 생리활성을 가진 원료가 첨가된 제품의 제조뿐만 아니라 품질 특성에 대한 연구도 수행할 필요가 있다. 식품 제조 시 원료의 일부를 식이섬유로 대체하거나 첨가할 경우 겔 형성능, 수분 흡착능, 지방 흡착능 및 유화능 등이 변화하므로 최종 제품의 텍스처는 변화될 수 있다(Lee HI *et al* 2013). 난소화성 말토덱스트린을 이용한 식품의 품질에 관한 연구로는 난소화성 말토덱스트린을 첨가한 저 열량 머핀 제조(Kim YA 2005), 난소화성 말토덱스트린이 케이크의 특성에 미치는 영향(Kim YA 2004) 등이 보고되었으나, 난소화성 말토덱스트린을 이용한 글루텐 프리 제품의 품질 특성에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 밀가루를 사용하지 않고 식후혈당 상승억제의 기능을 가진 난소

화성 말토덱스트린과 쌀가루, 메밀가루, 감자전분, 검류를 이용하여 기능성 글루텐 프리면을 제조한 후 면의 품질 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

쌀가루는 100%의 생미분(쫄부미식품)을 이용하였고, 메밀가루(봉평영농조합), 감자전분(쫄대명제분)을 지역마트에서 구입하여 이용하였다. 잔탄검(xanthan gum)은 쫄가루나라 제품을 사용하였고, 난소화성 말토덱스트린은 쫄대상의 제품을 이용하였다.

2. 재료 배합비 및 제조방법

면의 제조에 사용한 재료의 배합은 예비실험을 통해 적합한 비율을 구하였으며, 배합비는 Table 1과 같다. 난소화성 말토덱스트린은 식이섬유를 함유하고 있어 물을 흡수하는 특성을 가지므로 동량의 물을 첨가할 경우 각 면마다 반죽의 점성이 크게 차이가 나므로 반죽 시 손에 반죽이 들러붙지 않는 점성을 기준으로 물을 첨가하여 면을 제조하였다. 면 제조 시에는 각 재료를 중량하여 반죽기(KMC550, Kenwood, UK)에 넣고 반죽기 속도 3단으로 3분 동안 교반한 후 혼합한 재료에 계란, 물, 소금 혼합물을 넣고 10분 동안 반죽하였다. 반죽 후에는 수동식 제면기(Pasta maker, Shule, China)를 사용하여 두께 2 mm, 너비 6 mm로 면을 제조하였다.

3. 탄수화물 분해효소 저해 활성 분석

1) α -Amylase 저해 활성

실험에 사용한 난소화성 말토덱스트린의 α -amylase 저해 활성은 Ali H 등(2006)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉, 농도 별로 희석한 시료 40 μ L와 증류수 160 μ L, 0.5% starch solution을 차례로 넣어준 다음 α -amylase enzyme solution(4 unit/mL)을 첨가하여 25°C에서 3분간 반응시켰다. 그 후 반응액 200 μ L를 제거하고, DNS 시약(96 mM 3,5-dinitrosalicylic acid : 2 M NaOH에 용해한 5.31 M sodium potassium tartrate = 2.5 : 1) 100 μ L를 첨가하여 85°C의 수조에서 15분간 반응시킨 후 증류수 900 μ L를 첨가하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료 대신 증류수를 첨가하였으며, 저해율은 아래의 식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{저해율(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}}\right) \times 100$$

Table 1. Formula for gluten-free noodles

(Unit: g)

Sample	Rice flour	Buckwheat flour	Potato starch	Xanthan gum	Nondigestible maltodextrin	Egg	Salt	Water
NMD 0 ¹⁾	49	17	15	3	0	15	1	38
NMD 5 ²⁾	44	17	15	3	5	15	1	32
NMD 7 ³⁾	42	17	15	3	7	15	1	29
NMD 9 ⁴⁾	40	17	15	3	9	15	1	26

1) Control, not added with NMD.

2) Added with 5% NMD based on total ingredients weight except water.

3) Added with 7% NMD based on total ingredients weight except water.

4) Added with 9% NMD based on total ingredients weight except water.

2) α -Glucosidase 저해 활성

난소화성 말토덱스트린의 α -glucosidase 저해 활성은 Watanabe J 등(1997)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉, 0.2%의 bovine serum albumin과 0.02%의 NaN_3 를 함유한 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)를 용매로 하여 α -glucosidase enzyme solution(70 unit/mL) 및 5 mM pNPG(p -nitrophenyl- α -D-glucopyranoside)를 제조하였다. 96 well plate에 시료 10 μL 와 enzyme solution 50 μL 를 주입하고, ELISA reader(Versamx, USA)를 이용하여 405 nm에서 흡광도를 측정 후 여기에 pNPG 50 μL 를 첨가하여 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5분간 반응시킨 후 동일 파장에서 흡광도를 측정하였다. 반응 전과 반응 종료 시 흡광도의 차를 이용하여 α -amylase 저해 활성과 동일한 식을 통해 저해율을 산출하였다.

4. 생면의 수분결합력

제조한 생면의 수분결합력(Water binding capacity, WBC)은 Medcalf DG & Gilles KA(1965)의 방법을 수정하여 측정하였다. 시료 2 g에 증류수 20 mL를 가하고 magnetic stirrer로 1시간 동안 교반한 후 8,000 rpm으로 20분간 원심분리기(Supra 22K, Hanil, Korea)를 이용하여 원심분리하였다. 원심분리 후 상등액을 제거한 뒤 침전물의 무게를 측정하여 처음 시료중량과의 중량비로부터 수분결합력을 산출하였다.

$$\text{수분결합력(\%)} = \frac{\text{상등액을 제거한 침전물 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

5. 생면의 용해도 및 팽윤력

생면의 용해도(Solubility) 및 팽윤력(Swelling power)은 Ahn HK 등(1990)의 방법으로 측정하였다. 즉, 시료 0.5 g을 50 mL 원심분리관에 취하고 증류수 30 mL를 가하여 shaking water bath(SWB-10, JEIO Tech, Korea)에서 50~80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 진탕한 후, 8,000 rpm으로 20분간 원심분리하였다. 침전물의 무게를

측정하고, 상등액을 따로 취하여 105 $^{\circ}\text{C}$ 에서 12시간 건조한 후 무게를 측정하여 용해도와 팽윤력을 산출하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{건조된 상등액의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(\%)} = \frac{\text{침전물 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)} \times (100 - \text{용해도})} \times 100$$

6. 색도

생면의 색도는 색차계(Whiteness Checker RF-1, Japan)를 이용하여 반죽의 중심 단면부의 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 측정하였으며, 표준색판(white standard plate)의 색도는 L: 91.8, a: 3.4, b: 1.6이었다.

7. 생면의 미세구조

생면의 미세구조를 관찰하기 위하여 생면을 3 \times 3 \times 2 mm로 절단한 뒤 동결건조기(PVTFD20R, Ilshin, Korea)를 이용하여 건조하였다. 이를 carbon tape 위에 붙이고 전도성 물체로 진공상태에서 160초 동안 코팅(E-1030 Ion sputter, Hitachi, Japan)하였으며, 주사전자현미경(S-4300 & EDX-350, Hitachi, Japan)으로 시료의 단면을 1,000배 배율에서 관찰하였다.

8. 조리면의 조직감 및 인장강도

끓는 물에 생면을 6분간 조리하여 냉수에 1분 동안 냉각시키고 체에 받쳐 3분간 방치한 후 실험에 사용하였다. 조리면의 조직감 특성은 Texture analyzer(TX-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 사용하여 압축시험(compression test)으로 TPA(texture profile analysis) 특성치를 측정하였다. 면 시료는 1 \times 2 cm로 자른 후 plate 위에 올려놓고 직경 20 mm의 원형 probe plunger를 사용하여 측정하였다.

인장강도는 조리면을 15 cm로 잘라 Texture analyzer의 ten-

sile rig에 감아 면을 늘렸을 때 받은 힘의 양으로 구하였다. 조직감 및 인장강도의 측정조건은 Table 2와 같다.

9. 관능검사

관능검사에 대한 기본 지식이 있는 10명의 식품영양학과 대학원생을 패널로 하여 면의 쫄깃함(elasticity), 씹힘성(chewiness), 단단함(hardness), 부착성(adhesiveness), 매끄러운 정도(smoothness), 전반적인 기호도(overall acceptance)의 6가지 특성에 대하여 선척도법(15 cm)을 이용하여 평가하도록 하였다. 제시된 시료는 면을 끓는 물에 6분간 조리하여 냉수에 1분 동안 냉각시킨 뒤 체에 받쳐 3분간 방치하여 물기를 제거하고 미리 끓여 놓은 육수와 함께 제공하였다.

10. 통계처리

실험 결과는 SPSS(version 20)를 이용하여 분산분석을 실시한 후 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 탄수화물 분해효소 저해 활성 분석

1) α -Amylase 저해 활성

α -Amylase는 탄수화물의 α -D-(1,4)-glucan 결합을 분해하는 소화효소로서 타액과 췌장에 존재하며, 탄수화물 분해 시 가장 먼저 작용하는 중요한 효소이다. 따라서 이 효소의 활성을 저해하면 탄수화물의 분해 속도를 지연시키므로써 식후 급격한 혈당상승을 억제시킬 수 있다(Kim JH *et al* 2013). 난

소화성 말토덱스트린의 농도별 시료에 따른 α -amylase 저해 활성을 Fig. 1에 나타내었다. 난소화성 말토덱스트린의 농도가 증가할수록 α -amylase 저해 활성이 증가하였으며, 8,000 ppm 농도에서는 85.80%의 매우 높은 α -amylase 저해능을 나타내었다. Ikeda K & Kusano T(1983)의 연구에서도 난소화성 다당류가 α -amylase의 활성을 저해하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다. 한편, 본 연구에서 제조된 면인 NMD 5, NMD 7, NMD 9에 함유된 난소화성 말토덱스트린 농도는 각각 50,000 ppm, 70,000 ppm, 90,000 ppm으로, α -amylase 저해 활성 실험을 위해 사용된 1,000~8,000 ppm의 난소화성 말토덱스트린의 농도보다 훨씬 높으므로 제조면에서의 α -amylase 저해 활성은 본 실험에서 나타난 α -amylase 저해 활성보다 훨씬 높을 것으로 사료되었다.

2) α -Glucosidase 저해 활성

α -Glucosidase는 소장 점막의 미세 융모막에 존재하는 효소로 α -amylase에 의해 저분자화된 당질을 단당류로 전환시키는 작용을 한다. 따라서 α -glucosidase의 활성을 저해함으로써 체내 포도당의 흡수를 억제시켜 식후 혈당상승을 지연시킬 수 있다(Kim JH *et al* 2013). 난소화성 말토덱스트린의 농도에 따른 α -glucosidase 저해 활성 결과는 Fig. 2와 같다. 난소화성 말토덱스트린의 α -glucosidase 저해 활성은 농도 의존적으로 증가하였으며, 8,000 ppm에서는 54.8%의 α -glucosidase 저해율을 나타내었다. 또한 1,000 ppm, 2,000 ppm과 같은 낮은 말토덱스트린 농도에서도 α -amylase에 비해 α -glucosidase에 대해 높은 저해 활성을 보여주었다. Kwon YR 등(2014)은 여러 추출법을 이용한 쇠비름의 추출물의 α -glucosidase 저해 활성 연구에서 수용성 식이섬유가 많이 용출된 환류냉각 추출물이 가장 높은 α -glucosidase 저해 활성을 나타내었다고 보

Table 2. The operating conditions of a texture analyzer for texture measurement and tensile strength of noodles

Parameters	Operating conditions	
	Texture measurement	Tensile strength
Probe	20 mm cylinder probe	Tensile rig
Pre-test speed	1.0 mm/sec	1.0 mm/sec
Test speed	1.0 mm/sec	7.0 mm/sec
Post-test speed	1.0 mm/sec	1.0 mm/sec
Stain	40%	-
Trigger force	1 g	-
Option	TPA (texture profile analysis)	-
Distance	-	100 mm

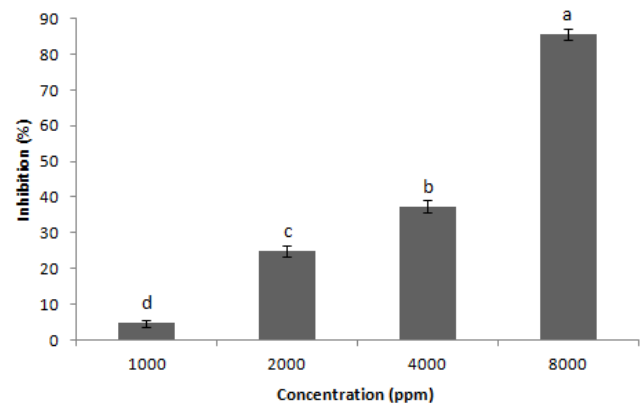


Fig. 1. Inhibition activity of nondigestible maltodextrin for α -amylase.

Means with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

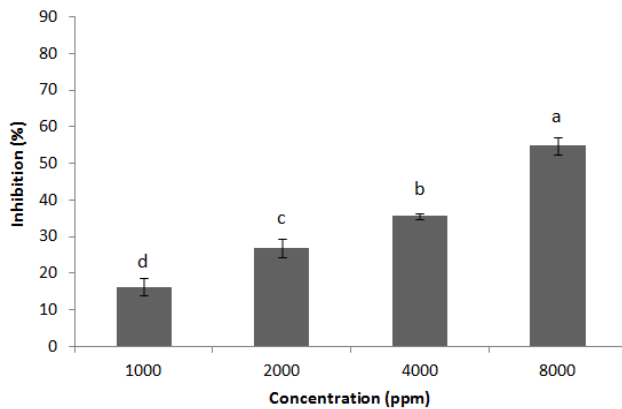


Fig. 2. Inhibition activity of nondigestible maltodextrin for α -glucosidase.

Means with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

고하였으며, 식이섬유가 함유된 밀가루 겔의 전분소화지연 효과를 살펴본 Lee HI 등(2013)의 연구에서도 밀가루 대신 식이섬유를 10, 20, 40%로 대체함에 따라 전분이 분해되어 방출되는 glucose 량은 식이섬유의 농도에 의존적으로 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 난소화성 말토덱스트린의 농도가 높을수록 α -glucosidase의 활성이 많이 저하된 것은 말토덱스트린에 함유되어 있는 수용성 식이섬유가 α -glucosidase 활성을 저해하는데 도움을 주었기 때문으로 사료된다. 이들 결과를 볼 때, 난소화성 말토덱스트린은 탄수화물의 분해 효소인 α -amylase 및 α -glucosidase 활성을 크게 낮춤으로써 탄수화물 분해를 억제하고 단당류 생성을 저해하는 것으로 나타나, 난소화성 말토덱스트린이 첨가된 면은 섭취 후 혈당이 급속하게 상승되는 것을 지연시키는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대되었다.

2. 생면의 수분결합력

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 생면의 수분결합력은 Table 3에 제시되어 있다. 난소화성 말토덱스트린을 첨가하지 않은 NMD 0군의 수분결합력은 192.50%이고 난소화성 말토덱스트린을 5~9% 첨가한 생면의 수분결합력은 219.25~224.25%으로 나타나 난소화성 말토덱스트린 무첨가군에 비해 첨가군의 수분결합력이 유의적으로 증가한 것으로 나타났다. 수분결합력은 시료와 수분과의 친화성을 나타내어 주는 것으로 결합된 물은 시료 입자에 의해 흡수되거나 시료의 표면에 흡착되며(Lee YS *et al* 2000), 전분 내의 비결정형 부분이 많을수록 수분결합력이 높아진다고 알려져 있다(Lee SK & Shin MS 1991). 난소화성 말토덱스트린은 많은 양의 수용성 식이섬유를 가지고 있는데, 높은 수분결합력은 수용성 식이섬유의 대표적인 특성으로 알려져 있다(Kye SK 1996, Lee

Table 3. Water binding capacity of raw gluten-free noodles

Sample	Water binding capacity (%)
NMD 0	192.50 \pm 4.95 ^{b1)}
NMD 5	219.25 \pm 1.77 ^a
NMD 7	221.25 \pm 3.89 ^a
NMD 9	224.25 \pm 0.35 ^a

¹⁾ Means with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

SM *et al*, 2014). 본 연구에서도 난소화성 말토덱스트린 첨가 시 면의 수분결합력이 증가한 것은 난소화성 말토덱스트린에 함유된 수용성 식이섬유에 의한 것으로 보인다. 식이섬유와 수분흡착력에 관한 여러 선행연구들을 보면, 식혜밥알의 식이섬유가 쌀전분 성질에 미치는 영향(Jeon ER 1998)을 분석한 연구에서는 식이섬유 함량이 증가할수록 수분결합력이 증가하였다고 보고하였고, 식이섬유의 밀가루 대체 시 식품 가공 적성에 대해 연구한 Lee HI 등(2013)의 연구에서도 식이섬유 대체량이 10~40%로 증가함에 따라 수분흡착능과 팽윤력이 최대 1.9배 증가하여 식이섬유가 수분흡착력에 영향을 주었다고 하여 식이섬유의 첨가로 인해 수분결합력이 증가하는 현상이 나타났다.

3. 용해도 및 팽윤력

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 글루텐 프리 생면의 용해도를 50~80℃ 사이에서 10℃ 간격으로 측정된 결과는 Table 4와 같다. 80℃를 제외한 각 온도에서의 용해도는 생면에 난소화성 말토덱스트린의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하여 난소화성 말토덱스트린이 용해도 증가에 영향을 준 것으로 나타났다. Chung KM(1993)의 연구에서 식이섬유가 풍부한 썩을 쌀가루에 5%, 10% 첨가하였을 때 용해도가 증가하였으며, 10%의 썩을 첨가했을 때에는 용해도가 쌀가루보다 2배 증가하였다고 보고하였다. 또한 Lee HI 등(2013)의 연구에서도 감자에서 유래한 식이섬유로 밀가루를 대체하였을 때 대체량이 증가함에 따라 수분용해도가 5.29~6.12% 증가하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 난소화성 말토덱스트린이 면에 첨가되었을 때 용해도가 증가하는 것으로 나타나 난소화성 말토덱스트린에 함유된 식이섬유가 용해도 증가에 중요한 역할이 한 것으로 보인다. 한편, 가열온도 증가에 따른 각 글루텐 프리 생면의 용해도는 온도 증가에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

팽윤력에 있어서는 난소화성 말토덱스트린 첨가군이 무첨가군보다 팽윤력이 전반적으로 높게 나타났다(Table 4). 이는 난소화성 말토덱스트린에 함유된 식이섬유가 수분 흡수

Table 4. Solubility and swelling power of raw gluten-free noodles

(Unit: %)

Property	Sample	Temperature (°C)			
		50	60	70	80
Solubility	NMD 0	2.00±0.00 ^{b1)NS2)}	2.67±1.15 ^b	2.67±1.15 ^b	3.33±1.15 ^a
	NMD 5	3.00±1.41 ^{bNS}	5.00±1.41 ^{ab}	4.00±0.00 ^{ab}	4.00±0.00 ^a
	NMD 7	6.00±2.00 ^{aNS}	6.67±1.15 ^a	5.33±1.15 ^{ab}	5.33±1.15 ^a
	NMD 9	6.00±0.00 ^{aNS}	6.00±2.00 ^a	6.67±2.31 ^a	6.00±2.00 ^a
Swelling power	NMD 0	2.69±0.16 ^{b3)C4)}	2.86±0.07 ^{bC}	3.09±0.17 ^{bB}	3.53±0.06 ^{bA}
	NMD 5	2.95±0.16 ^{abNS}	3.02±0.11 ^b	3.20±0.07 ^b	3.22±0.07 ^c
	NMD 7	2.94±0.17 ^{abC}	3.19±0.13 ^{abB}	3.58±0.06 ^{aA}	3.66±0.03 ^{abA}
	NMD 9	3.12±0.15 ^{aB}	3.51±0.28 ^{aA}	3.58±0.11 ^{aA}	3.72±0.10 ^{aA}

1) Different small letters represent significant difference among samples in solubility ($p<0.05$).

2) NS represents not significant difference by the temperature in solubility ($p<0.05$).

3) Different small letters represent significant difference among samples in swelling power ($p<0.05$).

4) Different capital letters represent significant difference by the temperature in swelling power ($p<0.05$).

력이 커서 면의 부피를 증가시킴으로써 나타난 결과라고 생각된다. 또한 NMD 5를 제외한 글루텐 프리 생면의 팽윤력은 온도가 증가할수록 점차 증가하였고, 난소화성 말토덱스트린의 첨가량이 가장 많은 NMD 9이 가장 높은 팽윤력을 나타내었다. Jeon ER(1998)의 연구에서도 식이섬유를 첨가한 쌀전분의 팽윤력이 온도가 상승함에 따라 증가하였다고 보고하여 식이섬유가 팽윤력을 높이는 데 영향을 준 것으로 나타나 본 연구와 비슷한 양상을 보여주었다.

4. 색도

난소화성 말토덱스트린의 함량을 달리하여 제조한 생면의 색도를 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 생면의 L값은 난소화성 말토덱스트린의 함량이 증가할수록 유의적으로 감소하였으며, b값은 유의적으로 증가하였다. 이는 생면에 쌀가루의

함량이 줄고 옅은 황색을 띤 난소화성 말토덱스트린이 첨가량이 증가하면서 면의 색이 더 황색을 띠고 색이 어두워졌기 때문에 생각된다. 저 열량 머핀을 제조한 Kim YA(2005)의 연구에서도 머핀에 난소화성 말토덱스트린 첨가량이 증가할수록 머핀의 명도가 감소하고 황색도는 증가했다고 보고하여 본 실험과 같은 색 변화 결과를 보였다.

5. 조리면의 조직감 및 인장강도

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 조리면의 조직감 측정 결과는 Table 6과 같다. 경도는 난소화성 말토덱스트린을 첨가할수록 유의적으로 감소하여 NMD 9가 가장 낮게 나타났다. 따라서 난소화성 말토덱스트린은 면에 첨가되었을 때 면의 경도를 감소시켜 면을 부드럽게 하는 것으로 나타났다. 씹힘성과 탄력성은 난소화성 말토덱스트린 7% 첨가까지는 유의적으로 영향을 주지 않았으나 9% 첨가 시에는 감소되었다. 부착성은 난소화성 말토덱스트린 무첨가군에 비해 첨가군의 값이 대체로 큰 것으로 나타났으며, NMD 5, NMD 7, NMD 9 사이에는 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 응집성은 난소화성 말토덱스트린 첨가에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 여러 연구에서 식품 제조 시 식이섬유를 첨가하는 경우 식품의 경도가 감소되는 것으로 보고되었는데(Jeltema MA et al 1988; Ranhotra C & Gelroth J 1988), 본 연구에서도 난소화성 말토덱스트린이 첨가된 생면의 경도가 감소한 것으로 나타나 말토덱스트린에 함유된 식이섬유가 경도 감소에 영향을 준 것으로 보인다. Song ES 등(2001)의 연구에서도 케이크 제조 시 식이섬유인 폴리덱스트로스의 첨가량이 증

Table 5. Hunter color value of raw gluten-free noodles

sample	Color values		
	L	a	b
NMD 0	71.67±0.32 ^{a1)}	7.27±0.25 ^{NS2)}	14.80±0.46 ^{d1)}
NMD 5	69.13±0.35 ^b	7.60±0.10	16.47±0.06 ^c
NMD 7	68.37±0.06 ^c	7.43±0.40	17.47±0.61 ^b
NMD 9	66.60±0.26 ^d	7.43±0.49	18.47±0.31 ^a

1) Means with the different letters are significantly different for each color value by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

2) NS Not significant ($p<0.05$).

Table 6. Texture characteristics of cooked gluten-free noodles by instruments

Sample	Characteristics (TPA)					Tensile strength (g)
	Hardness (g)	Adhesiveness (g·sec)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	
NMD 0	1,872.86±20.55 ^{a1)}	-58.16±13.15 ^a	0.56±0.10 ^a	0.67±0.03 ^{NS2)}	701.68±100.77 ^a	61.36±3.41 ^{ab}
NMD 5	1,908.79±79.78 ^a	-86.29±9.99 ^b	0.53±0.01 ^a	0.69±0.02	701.86±41.24 ^a	62.37±4.37 ^a
NMD 7	1,733.03±29.82 ^b	-70.19±14.31 ^{ab}	0.50±0.06 ^a	0.68±0.02	586.83±65.00 ^{ab}	60.36±1.83 ^{ab}
NMD 9	1,683.69±154.27 ^b	-90.56±15.53 ^b	0.32±0.21 ^b	0.70±0.04	370.26±250.99 ^b	57.86±1.28 ^b

¹⁾ Means with the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

²⁾ ^{NS} Not significant ($p<0.05$).

가할수록 케이크 반죽의 경도 및 탄력성이 감소하였다고 보고하여 식이섬유가 식품의 경도를 낮추는 결과를 보였다.

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 조리면의 인장강도를 측정된 결과를 보면 NMD 0, NMD 5, NMD 7의 인장강도 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, NMD 9면의 인장강도는 낮게 나타났다(Table 6).

이들 결과를 종합해서 볼 때 NMD 5는 부착성을 제외한 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성, 인장강도가 NMD 0과 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, NMD 7은 경도를 제외한 조직감 특성 및 인장강도에서 NMD 0과 유의적인 차이를 나타내지 않아 NMD 5와 NMD 7은 NMD 0의 조직감과 큰 차이를 가지고 있지 않은 것으로 나타났다. 따라서 난소화성 말토덱스트린을 첨가한 글루텐 프리면 제조 시 난소화성 말토덱스트린을 5~7% 첨가할 경우 면의 조직감 및 인장강도에 큰 영향을 미치지 않고 면을 제조할 수 있을 것으로 판단되었다.

6. 생면의 미세구조 관찰

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 생면의 구조를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 사진에 나타난 바와 같이 전체적으로 크고 작은 구형의 전분 입자들이 서로 감싸며 뭉쳐진 starch matrix의 구조를 나타내었다. 난소화성 말토덱스트린이 첨가된 반죽은 NMD 0에 비해 큰 전분입자와 작은 전분입자들이 골고루 분포하며 입자들 간의 간격이 조밀하여 입자들간의 물리적 결합상태가 개선된 것이 관찰되었는데, 이는 난소화성 말토덱스트린의 첨가로 반죽의 구조가 치밀해졌기 때문이라고 사료된다. Song ES 등(2002)의 연구에서도 쇼트닝 대신 말토덱스트린을 첨가하여 레이어 케이크를 제조하였을 때 말토덱스트린의 대체율이 증가할수록 반죽 구조가 치밀해졌다고 보고하였는데, 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다.

7. 관능검사

난소화성 말토덱스트린을 첨가한 조리면의 관능적 특성을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 경도, 부착성, 부드러움성, 씹

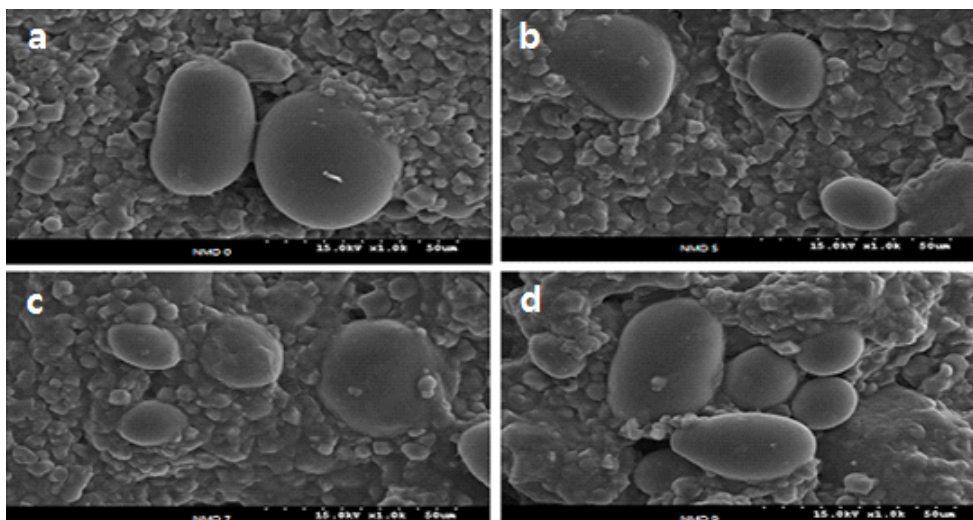


Fig. 3. Scanning electron micrographic images of gluten-free noodles ($\times 1,000$).

a: NMD 0, b: NMD 5, c: NMD 7, d: NMD 9.

Table 7. Sensory evaluation of cooked gluten-free noodles

Characteristics	Sample			
	NMD 0	NMD 5	NMD 7	NMD 9
Hardness	9.05±2.95 ^{NS}	7.25±2.88	7.06±3.36	7.01±4.80
Adhesiveness	6.63±3.26 ^{NS}	6.07±2.95	6.31±3.45	4.22±3.07
Smoothness	6.83±3.98 ^{NS}	7.80±2.61	8.94±2.35	7.07±3.89
Elasticity	4.42±2.33 ^{ab1)}	6.08±2.78 ^a	5.89±4.02 ^{ab}	3.11±2.52 ^b
Chewiness	7.04±3.60 ^{NS2)}	8.12±2.85	7.63±3.70	6.32±4.86
Overall acceptance	5.56±2.94 ^{NS}	6.41±3.04	6.19±3.65	4.15±3.35

1) Means with the different letters are significantly different among samples by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

2) ^{NS} Not significant ($p < 0.05$).

함성, 전체적인 기호도에서는 면 종류간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 탄력성은 NMD 5가 6.08로 가장 높은 값을 나타내었고 NMD 9이 가장 낮은 값을 보였으나 NMD 0, NMD 5, NMD 7사이에 유의적인 차이는 없었다.

기능성 식품의 제조 시 생리활성을 가진 원료들이 첨가되는데 이들 원료의 제품 적합성은 매우 중요하며, 원료의 제품 적합성이 좋지 않은 경우 제조된 제품특성이 저하되는 경우도 있다. Angioloni A & Collar C(2009)의 연구에 따르면 식이섬유를 베이커리에 이용할 경우 식이섬유가 전분-글루텐 구조를 파괴하여 반죽의 물성을 변화시키고 제품의 부피를 감소시키는 등 오히려 제품의 관능적 품질을 저하시켰다고 하였다. 따라서 기능성 원료를 첨가할 때는 원료의 첨가로 인해 품질의 저하가 일어나지 않도록 첨가량이나 제조법에 유의해야 한다. 본 연구에서는 탄력성을 제외한 다른 관능적 특성은 난소화성 말토덱스트린의 첨가에 의해 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타나 난소화성 말토덱스트린의 첨가가 면의 관능적인 특성을 저하시키지 않은 것을 확인할 수 있었다.

요약 및 결론

본 연구에서는 난소화성 말토덱스트린의 함량을 다르게 첨가하여 쌀가루, 메밀가루, 감자전분, 잔탄검으로 글루텐 프리 면 생면을 제조하고 이들의 특성을 분석하였다. 면의 품질 특성 조사에 앞서 난소화성 말토덱스트린의 α -amylase 및 α -glucosidase 저해 활성을 측정된 결과, 난소화성 말토덱스트린 농도가 증가함에 따라 각 효소의 저해 활성은 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 또한 글루텐 프리 생면의 품질특성을 분석한 결과, 난소화성 말토덱스트린 함량이 증가함에 따라 수분결합력과 용해도가 증가하는 양상을 나타내었으며, 팽윤력은 온도가 증가할수록 모든 군에서 서서히 증가하였다. 생면의 색도를 측정된 결과, 난소화성 말토덱스트린을 첨

가한 면의 L값은 감소하고, b값은 증가하였다. 조리면의 조직감 측정 시, 경도는 난소화성 말토덱스트린의 첨가로 감소하였으며, 씹힘성과 탄력성은 난소화성 말토덱스트린 7% 첨가군까지는 유의적인 차이가 없었다. 한편, 응집성은 난소화성 말토덱스트린 첨가에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 면의 인장강도는 난소화성 말토덱스트린 7% 첨가군까지는 유의적인 차이는 없었으며, 9% 첨가군이 가장 낮은 값을 나타내었다. 생면의 단면을 주사전자현미경으로 측정된 결과, 난소화성 말토덱스트린의 첨가로 전분입자 간의 물리적인 결합상태가 개선되었음을 볼 수 있었다. 관능검사 결과, 경도, 부착성, 부드러움성, 씹힘성, 전체적인 기호도는 면 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 탄력성은 NMD 0, NMD 5, NMD 7 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않아 7%까지의 난소화성 말토덱스트린 첨가는 관능적 특성을 저하시키지 않는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 볼 때 쌀가루, 메밀가루, 감자전분, 잔탄검 및 난소화성 말토덱스트린으로 제조한 글루텐 프리 생면 제조 시 난소화성 말토덱스트린을 5~7% 첨가시켜 제조하는 것이 우수한 품질의 면을 형성할 수 있는 것으로 나타났다.

REFERENCES

- Ahn HK, Kil HB, Yoo HE, Oh DH (1990) Effect of lipid contents on the physicochemical characteristics of acorn starch. *J Korean Agric Chem Soc* 33: 293-300.
- Ali H, Houghton PJ, Soumyanath A (2006) Alpha-amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to *Phyllanthus amarus*. *J Ethnopharmacol* 107: 449-455.
- Angioloni A, Collar C (2009) Small and large deformation viscoelastic behavior of selected fiber blends with gelling

- properties. *Food Hydrocolloid* 23: 742-748.
- Brand-Miller J, Foster-powell K, Colagiuri S (2002) The New Glucose Revolution. Hodder Headline Australia. Sydney, Australia. pp 3-28.
- Chung KM (1993) Effects of mugwort on physicochemical properties, paste, and gel of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 25: 626-631.
- Fujiwara K, Matsuoka A (1995) Improvement of glucose tolerance by low-viscosity, water-soluble dietary fiber, indigestible dextrin. *Jpn J Nutr Diet* 53: 361-368.
- Hischenhuber C, Crevel R, Jarry B, Mäki M, Moneret-Vautrin DA, Romano A, Troncone R, Ward R (2006) Reviewarticle: safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. *Aliment Pharmacol Ther* 23: 559-575.
- Ikeda K, Kusano T (1983) *In vitro* inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. *Cereal Chem* 60: 260-263.
- Jeltema MA, Zabik ME, Thiel LJ (1988) Prediction of cookie quality from dietary fiber components. *Cereal Chem* 60: 244-247.
- Jeon ER (1998) Effects of dietary fibers from cooked rice kernel for sikhe on the rice starch properties. *Ph D Dissertation* Chonnam National University, Gwangju. pp 65-68.
- Kim EH, Vuksan V, Wong E (1996) The relationship between viscosity of soluble dietary fiber and their hypoglycemic effects. *J Nutr Health* 29: 615-621.
- Kim JH, Lee SY, Kwon OJ, Park JH, Lee JY (2013) Anti-aging and anti-diabetes effects of *Aconitum pseudo-laeve* var. *erectum* extracts. *J Life Sci* 23: 616-621.
- Kim YA (2005) Low calorie muffin prepared with non-digestible maltodextrin as fat replacer. *The Journal of Industrial Liaison Research Institute* 9: 17-26.
- Kim YA (2004) The effect of nondigestible maltodextrin on the quality of cake. *Journal of The Keonyang University* 13: 9-22.
- Kwon YR, Cho SM, Hwang SP, Kwon GM, Kim JW, Youn KS (2014) Antioxidant, physiological activities, and acetylcholinesterase inhibitory activity of *Portulaca oleracea* extracts with different extraction methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 389-396.
- Kye SK (1996) Water binding capacity of vegetable fiber. *Korean J Food & Nutr* 9: 231-235.
- Lee HI, Lee HG, Bae IY (2013) Impact of dietary fibers from various source in wheat flour gel model: Aspect of suitability of processing and *in vitro* starch digestibility. *Food Eng Prog* 17: 297-304.
- Lee JK, Lim JK (2013) Effects of pregelatinized rice flour on the textural properties of gluten-free rice cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1277-1282.
- Lee MH, Lee YT (2006) Properties of gluten-free rice breads using different rice flours prepared by dry, wet and semi-wet milling. *Food Eng Prog* 10: 180-185.
- Lee SK, Shin MS (1991) Characteristics of defatted and lipid-reintroduced sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 23: 341-348.
- Lee SM, Baik MY, Kim HS (2014) Effect of high pressure homogenization on *Biji* paste and optimization of bread fortified with dietary fiber. *Food Eng Prog* 18: 95-101.
- Lee YS, Lim NY, Lee KH (2000) A study on the preparation and evaluation of dried noodle products made from composite flours utilizing arrowroot starch. *Korean J Soc Food Sci* 16: 681-688.
- Livesey G, Tagami H (2009) Interventions to lower the glycemic response to carbohydrate foods with a low-viscosity fiber (resistant maltodextrin): meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 89: 114-125.
- Lucisano M, Cappa C, Fongaro L, Mariotti M (2012). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. *J Cereal Sci* 56: 667-675.
- Medcalf DG, Gilles KA (1965) Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568.
- Mezaize S, Chevallier S, Le-Bail A, de Lamballerie M (2010) Gluten-free frozen dough: Influence of freezing on dough rheological properties and bread quality. *Food Res Intern* 43: 2186-2192.
- Miñarro B, Albanell E, Aguilar N, Guamis B, Capellas M (2012) Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *J Cereal Sci* 56: 476-481.
- Moore MM, Heinbockel M, Dockery P, Ulmer HM, Arendt EK (2006) Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem* 83: 28-36.
- Ohkuma K, Matsuda I, Katta Y, Hanno Y (1990) Pyrolysis of starch and its digestibility by enzymes-characterization of indigestible dextrin. *J Jpn Soc Starch Sci* 37: 107-114.
- Ranhotra C, Gelroth J (1988) Soluble and insoluble fiber in soda crackers. *Cereal Chem* 65: 159-160.
- Sedej I, Sakač M, Mandić A, Mišan A, Pestorić M, Šimurina

- O, Čanadanović-Brunet J (2011) Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *J Food Sci Technol* 44: 694-699.
- Song ES, Kim SJ, Byun KW, Kang MH (2002) Physical and sensory characteristics of low-calorie layer cake made with maltodextrin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1005-1010.
- Song ES, Kim SJ, Kang MH (2001) Characteristics of low calorie layer cake by adding different levels of polydextrose. *Korean J Food Cookery Sci* 17: 367-372.
- Wakabayashi, S, Ueda, Y, Matsuoka, A (1993) Effects of indigestible dextrin on blood glucose and insulin levels after various sugar loads in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 46: 131-137.
- Watanabe J, Kawabata J, Kurihara H, Niki R (1997) Isolation and identification of α -glucosidase inhibitors from Tochu-cha (*Eucommia ulmoides*). *Biosci Biotech Biochem* 61: 177-178.
- Yazynina E, Johansson M, Jägerstad M, Jastrebova J (2008) Low folate content in gluten-free cereal products and their main ingredients. *Food Chem* 111: 236-242.
- Yun YK (2012) Effects of corn starch, potato starch and tapioca starch on the quality of gluten-free rice bread. *MS Thesis* Dankook University, Seoul. pp 7-68.

Date Received Jul. 7, 2015

Date Revised Aug. 19, 2015

Date Accepted Aug. 19, 2015