

구연산과 구아검 첨가 냉면의 품질특성

박재희 · 류복미¹ · 김창순^{2†}

경남대학교 식품영양생명학과, ¹창원대학교 생활과학연구소, ²창원대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Naengmyeon Noodle Containing Citric Acid and Guar Gum

Jae-Hee Park · Bog-Mi Ryu¹ · Chang-Soon Kim^{2†}

Department of Food, Nutrition and Biotechnology, Kyungnam University, Gyeongnam 51767, Korea

¹Research Institute of Human Ecology, Changwon National University, Gyeongnam 51140, Korea

²Department of Food and Nutrition, Changwon National University, Gyeongnam 51140, Korea

Abstract

Purpose: The consumption of noodles has increased domestically. However, noodles with high carbohydrate content can cause an increase in blood glucose compared with other foods. Therefore, in this study, Naengmyeon with high resistant starch was prepared for decreasing blood glucose by the addition of 0.5% citric acid (CN), 1% guar gum (GN) or 0.5% citric acid and 1% guar gum (CGN), and then it was incubated in a refrigerator for 3 days, and stored in a freezer for 1 month. **Methods:** The quality characteristics of these Naengmyeon noodles was evaluated based on total starch, resistant starch, water absorption, cooking loss, turbidity, *in vitro* starch hydrolysis, and *in vivo* glucose response. **Results:** There was no significant difference in the total starch, cooking loss, and turbidity. The resistant starch of GN (1.70%) and CGN (1.84%) was significantly increased when compared with that in Naengmyeon with no additives (N) and CN. In terms of water absorption, CN (86.01%) was the lowest in samples, followed by GN (92.17%), N (94.20%), and CGN (99.16%). CGN with high resistant starch was the lowest in *in vitro* starch hydrolysis in samples. However, it had no effect on the *in vivo* glucose response. *In vitro* starch hydrolysis exhibited a significant positive correlation ($r=0.533$; $p<0.01$) with *in vivo* glucose response. **Conclusion:** Therefore, future studies are needed to establish the standard for resistant starch contents in processed carbohydrate foods for delaying the increase in blood glucose. If this standard is established, it might help to develop processed foods for diabetic patients.

Key words: Naengmyeon, citric acid, guar gum, resistant starch, quality characteristics

I. 서론

면류는 어린이, 성인, 노인 등 여러 연령계층에서 즐겨 먹는 흔한 음식으로 생산량 기준 우리나라 국민이 소비하는 다소비 식품 중 10위를 차지하고 있으며, 국민 1인 1일 평균섭취량 기준 22위를 차지하고 있다(Korea Centers for Disease Control and Prevention 2014). 2014년 국민 1인당 면류 섭취현황을 살펴보면 유당면류(68%), 국수(20.8%), 냉면(7.2%), 파스타, 당면 순으로 나타났으며, 면류의 시장 규모는 상온면은 1천~1천 2백억 원이고, 냉

장면은 1천 6백억 원 수준으로 냉장면의 성장이 주목되는 가운데 기업들의 냉장면에 대한 관심이 증가하고 있다. 그리고 최근에는 전 세계적으로 건강을 지향하는 트렌드가 자리 잡으면서 저탄수화물·글루텐 프리의 고급 면제품을 선호하는 경향이 나타나고 있는 추세이다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs and Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2015).

일반적으로 파스타를 제외한 다른 국수류는 흰쌀밥이나 흰빵과 마찬가지로 높은 혈당지수를 나타내는 식품이다(Goñi I 등 1997). 실제 가공 곡류가루와 파스타와 같은

†Corresponding author: Chang-Soon Kim, Department of Food and Nutrition, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro Uichang-gu Changwon-si, Gyeongsangnam-do 51140, Korea

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4486-4081>

Tel: +82-55-213-3512, Fax: +82-55-281-7480, E-mail: cskim@changwon.ac.kr



곡류식품의 압출공정에서 높은 수분과 열처리는 결정질 구조의 파괴로 현저히 낮은 저항전분을 나타내지만 압출 공정에 이어 냉각과정을 거치는 동안 저항전분은 증가하게 된다(Haralampu SG 2000). 또한 전분에 산 처리는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 크기를 감소시켜 전분의 이화학적 특성을 변화시키면서 저항전분 형성에 필수적인 아밀로오스-아밀로오스 결합을 촉진시켜 수율을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Unlu E & Faller JF 1998, Adamu BOA 2001). 그리고 면류 제조 시 첨가되는 검은 친수성 콜로이드로 작용하고, 주로 점도를 증가시키거나 겔을 형성하여 식품가공 물성이나 조직감을 개선하거나 수분유지제와 안정제 등으로 사용되고 있다(Appleqvist IAM & Debet MRM 1997, Shi X & BeMiller JN 2002). 그 중 구아검은 콩과식물의 점질 다당류 갈락토만난으로 Indian cluster bean의 껍질과 배유를 분리한 후 배유를 갈아 추출한 수용성 식이섬유이며, 무취의 백-황색 분말의 형태로 인슐린 반응 개선과 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 알려져 있다(Collar C 등 1999, Bárcenas ME & Rosell CM 2007). 따라서 쌀국수, 냉면, 쫄면 등의 압출숙면은 면 제조 시 첨가되는 산, 검 물질, 압출호화공정, 냉장 및 냉동 유통 시 저온저장에 의한 전분의 노화과정을 통해 저항전분 생성이 높아질 것으로 예상된다. 저항전분은 *in vitro* α -amylase나 pullulanase 효소처리 시 가수분해가 어려운 분획(Englyst HN 등 1992)으로 인체 내에서는 소장에서 흡수되지 않고 대장에서 발효되어 식이섬유로 간주되고 있으며(Chung HJ 등 2010), 저항전분의 함량이 높은 면류 섭취는 일반 면류보다 혈당 상승 지연 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

국내에서 당뇨병 환자를 위한 식단으로 주식인 흰쌀밥 대신 현미밥이나 잡곡밥을 섭취하는 것은 당연한 사실로 인식되어 보편화되고 있다. 그러나 일품 요리로 간편하게 먹을 수 있는 면류는 함께 곁들여 먹는 반찬류가 적어 1회 탄수화물 섭취량이 커지면서 혈당상승을 크게 가져올 수 있는 소지가 큰 식품임에도 불구하고 이에 대한 관심은 아직 적은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유당면과 비압출숙면(국수) 다음으로 소비량이 높았던 압출숙면인 냉면에 구연산과 구아검을 첨가하고 노화과정을 거친 후 저항전분 함량이 높은 냉면의 조리학 및 영양학적 특성을 분석하여 당뇨병 환자를 위한 식품으로서 개발 가능성을 살펴보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 냉면 제조

냉면은 소맥 전분(Signsong Industry, Seoul, Korea), 옥수수 전분(CJ, Yangsan, Korea), 고구마 전분(CJ, Yangsan, Korea), 중력분(Daehan Flour Mills Co., Seoul, Korea), 구

Table 1. Formula of Naengmyeon added with citric acid and guar gum (kg)

Ingredients	CN ¹⁾	GN	CGN
Wheat starch	22	22	22
Corn starch	60	60	60
Sweet potato starch	10	10	10
Medium strength flour	20	20	20
Water	65.75	77.24	77.24
Citric acid	0.005	-	0.005
Guar gum	-	0.01	0.01
Salt	1	1	1
Sodium bicarbonate (g)	150	150	150

¹⁾ CN: Naengmyeon+0.5% citric acid; GN: Naengmyeon+1% guar gum; CGN: Naengmyeon+0.5% citric acid+1% guar gum.

연산(Altrafine Gums, Gujarat, India), 구아검(Altrafine Gums, Gujarat, India), 소금(CJ, Seoul, Korea) 탄산나트륨(Samyang Co., Seoul, Korea)은 Table 1에서 제시한 배합비와 같이 혼합하여 (주)강원식품의 공정에 따라 제조하였다. 모든 재료는 반죽기(KRS-1, Sambo, Seoul, Korea)에 넣고 15분간 반죽하여 제면기(SB-001, Sambo, Seoul, Korea)에서 증숙한 다음 직경 0.8 mm로 성형하고 냉각시킨 후, 50 cm 길이로 절단하여 포장하고 3일 냉장(4°C) 보관한 다음, 냉동고(GC-114HCMP, LG, Seoul, Korea)에서 4주 저장한 후 분석을 실시하였다. 대조군은 (주)강원식품에서 제조하는 시판 냉면으로 제조 직후 냉동고에서 4주 저장한 시료를 사용하였다.

2. 총전분과 저항전분 함량 측정

총전분 함량은 McCleary BV 등(1994)의 방법으로 total starch assays kit(K-TSTA, Megazyme Int, Wicklow, Ireland)를 이용하여 측정하였고, 저항전분 함량은 McCleary BV & Monghan DA(2002)의 방법에 따라 resistant starch assays kit(Megazyme Int, Wicklow, Ireland)를 이용하여 측정하였다. 저항전분 함량은 시료 0.1 g에 pancreatin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)과 amyloglucosidase(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 혼합액 4 mL를 넣고 37°C 항온수조(KMC-1205W, Vision Scientific Co., Ltd, Daejeon, Korea)에 200 strokes로 16시간 방치 후 에탄올(Daejung Chmicals & Metals Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea) 99% 용액 4 mL를 넣어 효소 반응을 중지시켰다. 그리고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(MF-300, Hanil Science Inc., Kimpo, Seoul)하고 상등액에 50% 에탄올 8 mL를 넣은 다음 진탕 혼합 후 원심분리(Hanil Science Inc.)하였다. 침전물에 2 M KOH(Daejung Chmicals & Metals Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)를 2 mL씩 넣어 녹

인 후 ice water bath에서 20분간 교반하였다. 그리고 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8, Daejung Chemicals & Metals Co., LTD, Gyeonggi-do, Korea) 8 mL를 넣고 섞은 후 즉시 amyloglucosidase(Megazyme Int, Wicklow, Ireland) 0.1 mL를 첨가하고 50°C 항온수조(Vision Scientific Co., Ltd.)에 30분 방치하면서 5분 간격으로 섞어주었다. 3,000 rpm에서 10분 원심분리(Hanil Science Inc.) 후 상등액 0.1 mL에 glucose oxidase/peroxidase reagent(Megazyme Int, Wicklow, Ireland) 용액 3 mL를 넣고 50°C 항온수조(Vision Scientific Co., Ltd)에서 20분 방치 후 510 nm에서 분광광도계(UV-1201, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 glucose 함량을 측정하였다.

3. 조리특성 평가

면 10 g을 면부피의 20배 증류수에 삶아 행구고 탈수 후 조리특성 평가 시료로 사용하였다. 면의 복원률은 조리 전 면 중량에 대한 조리 후 중량 증가의 백분율로 계산하였다. 조리손실률을 나타내는 용출 고형분은 면을 삶은 후 건져내고 남은 물과 행군 물을 합하여 105°C 건조 오븐(FO-600M, Jeio Tech., Daejeon, Korea)에서 건조시켜 무게를 측정하고, 조리 전 면 중량에 대한 백분율로 나타내었다. 조리수의 탁도는 삶은 면을 건져내고 남은 조리수를 실온으로 식힌 후 UV-VIS spectrophotometer(UV mini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 675 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. In vitro 전분가수분해를 측정

전분의 소화율 측정은 Englist HN 등(1992)에 의한 방법으로 생체내 효소반응과 유사한 조건에서 전분의 소화속도를 측정하였다. Pancreatin 3 g에 20 mL의 증류수를 첨가하고 10분간 교반한 후 다시 원심분리하여 상등액을 취하여 합한 pancreatin 효소액에 amyloglucosidase 6 mL를 첨가하여 효소혼합액을 제조하였다. 시료 1 g(건물 기준)에 20 mL 0.1M sodium acetate buffer(pH 5.2)를 넣은 뒤 효소 혼합액 5 mL를 첨가하여 37°C 항온수조(Vision Scientific Co.)에서 반응시켰다. 반응시간 20분과 180분에 각각 반응액 1 mL를 취하여 여기에 66% 에탄올을 첨가하여 혼합한 후 원심분리 하였다. 여기에서 상등액 1 mL를 취하여 환원당의 양은 DNS 방법으로 측정하였다.

5. 인체 대상 혈당 반응 평가

In vivo 혈당반응 평가는 정신적, 신체적으로 건강한 성인 8명을 다음과 같은 기준으로 선정하였다. 대상자 선정 기준: 1) 국내 거주하는 18-65세 사이의 건강한 성인, 2) 공복혈당 110 mg/dL 미만, 3) 최근 3개월간 체중을 유지하고 있는 자, 4) 체질량지수가 20 kg/m² 이상 25 kg/m²

미만에 해당하는 자. 대상자 제외기준: 1) 혈당수치를 근거로 당뇨병 진단력이 있었던 자, 2) 최근 3개월 이내 혈당에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용한 자, 3) 최근 3개월 이내에 질환을 앓고 있거나 식품알러지가 있는 자, 4) 특이식사를 섭취하거나 약물을 복용하고 있는 자, 5) 임신부 또는 당뇨병가족력이 있는 자, 6) 기타: 연구자가 본 연구의 대상자로서 부적합하다고 판단한 자. 임상시험은 총 4회 진행되었으며, 실험 전날부터 실험 당일까지 12시간 동안 절식하도록 하였다. 실험 당일 아침 공복상태로 손끝에서 채혈하여 공복 혈당을 측정 후 1회 포도당 50 g, 2회 시판 냉면 50 g, 3회 0.5% 구연산+1% 구아검 첨가 냉면 50 g을 대상자들에게 섭취시켰다. 시료 섭취 후 15, 30, 60, 90 및 120분에 각각 손끝에서 채혈하여 혈당계(Accu-chek Active kit, Roche, Waiblingen, Germany)로 측정하였다. 혈당은 혈당계로 2회 반복하여 측정하며 혈당반응 결과를 대조군인 시판 냉면과 비교하기 위하여 냉면 섭취 후 2시간 동안 혈당반응면적과 0.5% 구연산+1% 구아검 첨가 냉면 섭취 후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 계산한 것을 혈당지수로 나타내었다.

Glycemic index (GI)

$$= (\text{Blood glucose area after ingestion of Naengmyeon} / \text{Blood glucose area after ingestion of glucose}) \times 100$$

임상시험의 프로토콜 및 피험자에게 제공된 서면 동의서 양식과 모든 정보는 창원대학교 기관연구 윤리 심의 위원회(Institutional Review Board, IRB)의 사전 승인을 받아 진행되었다(Approval Number 1040271-201404-HR-004).

6. 통계처리

모든 실험결과는 SPSS Statistics(ver. 22.0, IBM Inc., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 Duncan's multiple range test에 의해 평균값의 유의차($p < 0.05$)를 검증하였다. In vitro 전분가수분해율과 혈당반응의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient(r)로 유의성 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 총전분, 저항전분 함량 측정

냉면 종류에 따른 총전분과 저항전분 함량은 Table 2와 같다. 총전분 함량은 압출숙면인 냉면종류(93.59-94.95%)에 따라 유의적 차이를 나타내지 않았다.

저항전분 함량은 대조군인 시판 냉면인 N군(1.61%)과 CN군(1.66%)은 유의적 차이가 없었지만, N군에 비해 GN군(구아검 1% 첨가 냉면)과 CGN군(구연산 0.5%+구아검 1.0% 첨가 냉면)은 저항전분 함량이 1.70%와 1.84%로 유

Table 2. The contents of total starch, amylose and resistant starch of Naengmyeon added with citric acid and guar gum (%)

Samples ¹⁾	Total starch	Resistant starch
N	94.95±3.58 ^{2)NS}	1.61±0.01 ^{a3)}
CN	94.85±1.33	1.66±0.05 ^{ab}
GN	94.38±1.23	1.70±0.01 ^b
CGN	93.59±0.07	1.84±0.01 ^c

¹⁾ N: Naengmyeon with no additives; CN: Naengmyeon+0.5% citric acid; GN: Naengmyeon+1% guar gum; CGN: Naengmyeon+0.5% citric acid+1% guar gum.

²⁾ Mean±SD.

³⁾ Different letters in column indicate significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^{NS} Not significant.

의적으로 높아졌다(Table 2). 산처리과정은 초기에 무정형 부분에서 먼저 가수분해가 일어나며, 아밀로펙틴 분자 결합 부근의 α -1,6 glycosidic 결합의 분해가 일어난다. 그래서 산처리 초기에는 산가수분해물의 직쇄상 분자로 인해 결정성이 증가되고 이런 구조의 전분은 소화 후 노화 과정에서 긴 사슬 구조의 아밀로펙틴 사슬이 아밀로오스 처럼 결정화가 일어나게 되어 저항전분의 수율을 증가시킨다고 보고되고 있다(Lee SK 등 1999). 실제로 Unlu E & Faller JF(1998)는 고 아밀로오스 옥수수 전분에 2% 구연산 첨가 시 압출동안에 저항전분이 증가하는 것을 확인하였다. 그러나 Song JY(2002)는 구연산을 0.1-1% 처리 시 0.1% 첨가군에서는 저항전분함량이 증가하였으나, 0.3% 이상 첨가군에서는 저항전분이 감소하였다고 보고하였으며, 구연산의 첨가는 전분의 종류와 전분과 물의 비율에 따라 달라질 수 있다고 보고되었다(Adamu BOA 2001). Rojas JA 등(1999)은 구아검에 의해 노화가 촉진된다고 보고하였는데, 구아검은 열 처리시 아밀로오스와 긴 사슬 구조의 아밀로펙틴 사슬 간의 상호작용을 유도하여 paste viscosity가 증가하게 되고, 높은 점성은 분해되는 고분자 전분의 방어 역할을 하게 되며 이로 인해 효소의 활성을 제한하게 된다. 또한 냉각 시 구아검은 연속상에서 아밀로오스와 긴 사슬 구조의 아밀로펙틴 사슬들의 농도를 증가시키게 되어 노화를 촉진하게 된다(Wang J 등 2007). Xie X & Liu Q(2004)는 구연산을 첨가한 구아검-전분 혼합물은 압출하는 동안 구연산이 무수물로서 옥수수전분과 반응하여 화학적으로 변성전분을 생성한다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 냉면대조군 대비 구연산 0.5% 단독 처리한 CN군의 저항전분 수율이 유의적으로 증가하지 않았던 이유는 전분의 종류와 구연산 첨가량의 차이에 의한 것으로 생각되며, 냉면의 저항전분 생성율을 증가시키기 위해서는 1% 구아검 또는 0.5% 구연산+1%

Table 3. Cooking characteristics of Naengmyeon added with citric acid and guar gum

Samples ¹⁾	Water absorption (%)	Cooking loss (%)	Turbidity of cooking water (O.D.) ⁴⁾
N	94.20±0.39 ^b	1.87±0.05 ^{NS}	0.06±0.00 ^{NS}
CN	86.01±2.91 ^a	1.86±0.08	0.06±0.01
GN	92.17±3.25 ^{ab}	1.56±0.20	0.05±0.18
CGN	99.16±3.00 ^b	2.14±0.39	0.08±0.02

¹⁾ N: Naengmyeon with no additives; CN: Naengmyeon+0.5% citric acid; GN: Naengmyeon+1% guar gum; CGN: Naengmyeon+0.5% citric acid+1% guar gum.

²⁾ Mean±SD.

³⁾ Different letters in column indicate significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

⁴⁾ O.D.: optical density.

^{NS} Not significant.

구아검 첨가가 적절한 것으로 사료된다.

2. 조리특성

냉면 종류에 따른 조리특성 결과는 Table 3과 같다. 면 복원율(water absorption)은 CN군(86.01%)에서 유의적으로 가장 낮았고, GN군(92.17%), N군(냉면 대조군, 94.20%), CGN(99.16%)의 순서에 따라 유의적으로 높아졌다. 대조군을 제외한 구아검 미첨가군인 CN군보다 구아검 첨가군인 GN과 CGN군에서 면복원율이 증가하였는데, Cho YH 등(2007)의 연구에서 구아검은 가지형태 구조를 가지고 있으므로 구아검 첨가시 수분흡수력이 증가된다고 보고하였다. 마가루를 첨가한 국수에서도 마가루 첨가량이 증가할수록 면의 수분흡수율이 증가한다고 보고하였는데 (Park BH & Cho HS 2006), 이는 마가루의 식이섬유 함량 증가에 의한 것으로 설명하고 있다. 따라서 구연산과 구아검 첨가 냉면의 수분흡수율 증가는 식이섬유소로 간주되고 있는 저항전분 함량의 증가와도 관련이 있는 것으로 생각된다. 또한 Song JY(2002)의 연구에서 저항전분 무첨가 국수보다 저항전분 첨가 국수에서 조리 직후 수분흡수율이 높아졌다고 보고하였다. 그러나 조리 후 국수를 물에 담가두게 되면 국수의 수분흡수율은 저항전분 첨가 국수에서 오히려 감소하는 결과를 보였다. 따라서 저항전분을 첨가하여 제조한 국수는 지나치게 가열하거나 조리 후 국물에 담겨있는 시간이 지남에 따라 국수가 불어나는 현상을 억제할 수 있을 것이라고 하였다.

조리손실률은 면 조리 시 조리수에 존재하는 고형분의 함량을 측정하는 것으로 고형성분의 유출이 많을수록 조리수의 탁도 또한 높아지게 되어 조리된 국수가 쉽게 풀어지고 끊어져 국수의 외관과 맛이 저하될 수 있다는 것을 의미한다(Lee YT & Jung JY 2003, Ryu BM & Kim

CS 2015). 본 실험에서 조리손실율과 탁도는 시료들 간에 유의적인 차이는 없었다.

3. *In vitro* 전분가수분해율

*In vitro*에서 2시간 동안(15, 30, 60, 90, 120분)의 전분가수분해율을 측정된 결과, 가수 분해 15분 후에는 N군과 CGN군의 가수분해율이 유의적으로 가장 낮았고, CN군, GN군 순으로 증가하였다(Fig. 1). 가수분해 30분 후에는 가수분해율이 CGN군에서 유의적으로 가장 낮았으며, N군, GN군, CN군 순으로 높아졌다. CGN군은 가수분해 120분까지 유의적으로 가장 낮았고, 그 다음으로 N군과 GN군의 가수분해율이 유의적으로 낮았고, CN군은 가수분해 동안 유의적으로 가장 높은 가수분해율을 보였다. 이는 저항전분 함량의 결과와 일치하는 것으로 CGN군의 유의적으로 가장 낮은 *in vitro* 전분소화율은 높은 저항전분 함량에 의한 것으로 생각된다. Asp NG & Björck I(1992)는 저항전분은 인체 내에서 느리게 대사되며 소화 가능한 전분의 소화흡수를 방해하여 식후 혈당과 인슐린 반응을 감소시키는 효과를 가진다고 보고하였다. 또한 구아검과 같은 점성의 다당류는 소장관에서 탄수화물이나 전분의 가수분해를 지연시키는 것으로 보고되고 있다(Tinker LF & Schneeman BO 1989).

4. *In vivo* 혈당 반응

*In vivo*에서는 *in vitro* 전분 소화율이 유의적으로 가장 낮았던 CGN군의 섭취가 정상성인의 혈당반응에 미치는 영향을 살펴보고자 하였으며, 그 효과는 포도당과 시판 냉면(N) 섭취군과 비교하였다. 혈당 측정을 위한 임상시험 대상자로 정상성인 8명(남3, 여5)을 선별하였으며 대상자들의 평균연령은 49.5세, 평균 신장은 167.1 cm, 평

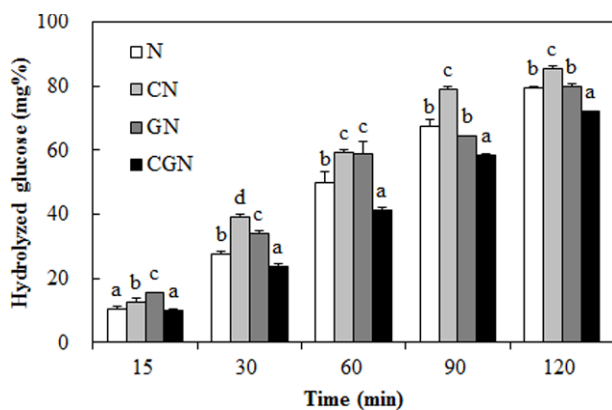


Fig. 1. *In vitro* rate of starch hydrolysis of Naengmyeon added with citric acid and guar gum. Within each minute, means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

균 체중은 66.3 kg, 신체질량지수(Body Mass Index, BMI) 지수는 23.8 kg/m²였으며, 공복 혈당은 96.63-103.38 mg/dL 범위로 나타났다. 포도당, 시판 냉면(N), 0.5% 구연산+1% 구아검 첨가 냉면(CGN) 섭취 전 혈당은 유의적 차이가 없었으며, 섭취 15분 후 포도당 섭취군은 154.75 mg/dL로 유의적으로 높아졌으나 N 섭취군은 113.75 mg/dL, CGN 섭취군은 111.25 mg/dL로 유의적으로 낮았으며, N 섭취군과 CGN 섭취군 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 2(A)). 섭취 30분 후 포도당 섭취군은 167.75 mg/dL로 유의적으로 상승하였으나, N 섭취군(114.25 mg/dL)과 CGN 섭취(113.13 mg/dL)군은 유의적으로 혈당 상승이 지연되었다. 섭취 60분 후 혈당은 포도당 섭취군에 비해 CGN 섭취 군만 유의적으로 감소하였다. 120분 동안의 혈당반응은 전반적으로 포도당 섭취군보다 냉면에서 혈당상승 속도가 지연되었고, 냉면 중에서는 시판 냉면보다 CGN에서 약간 낮은 경향이었지만 냉면군들 간에는 유의적인 차이가 없었다.

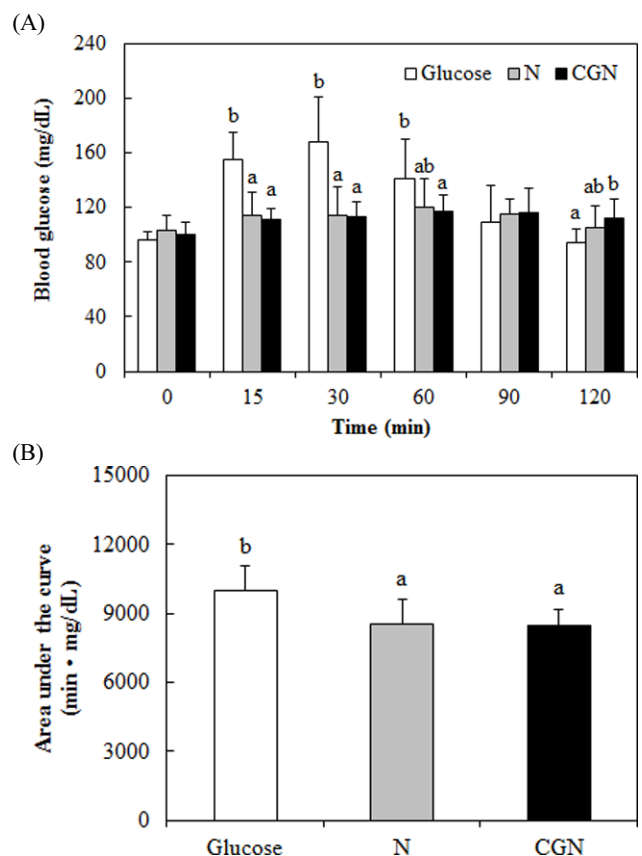


Fig. 2. The mean blood glucose response in normal subjects after ingestion of glucose (50 g), commercial Naengmyeon or CGN (A). The area under the curve after ingestion of glucose (50 g), commercial Naengmyeon or CGN (B). Means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

혈당 반응 결과를 곡선하면적(Area Under the Curve, AUC)으로 계산하여 그 면적을 나타낸 결과는 Fig. 2(B)에 나타내었다. AUC에서 역시 포도당 섭취군이 유의적으로 가장 높았으며, 포도당 섭취군과 비교 시 냉면군들은 유의적으로 감소하였으나, 냉면군들 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 혈당 반응 결과를 바탕으로 혈당지수(Glycemic Index, GI) 계산 시 포도당은 100, 시판 냉면은 84.96, 구연산 0.5%+구아검 1% 첨가 냉면은 84.47로 냉면군들 간에는 유의적인 차이는 없었으며, 고당지수 식품으로 나타났다. 탄수화물의 질적 섭취를 평가하기 위하여 혈당지수를 지표로 많이 사용하고 있는데 혈당지수는 Jenkins DJ 등(1981)이 식후에 탄수화물의 흡수 속도를 반영하기 위하여 제안한 것으로 특정 식품의 식후 혈당반응정도를 기준이 되는 식품에 비교하여 수치화한 것을 말한다. 혈당지수는 특정식품 속에 포함된 50g의 탄수화물을 섭취한 후 혈당 반응 면적에 표준식품인 흰빵이나 포도당에 들어 있는 50g의 탄수화물을 섭취한 후 혈당 반응 면적을 나누어 계산한다(Jenkins DJ 등 1981). 그리고 혈당지수의 값에 따라 70 이상을 고당지수 식품으로 55에서 70을 중당지수 식품으로 55 이하를 저당지수 식품으로 분류한다(Miller JC 1994, Foster-Powell K 등 2002).

In vitro 전분가수분해율과 *in vivo* 혈당반응 결과 상관관계 분석 시 $r=0.533(p=0.01)$ 의 양의 상관관계를 보여 전분가수분해율이 높을수록 혈당이 높아지는 것을 확인할 수 있었으므로, *in vitro* 전분소화율을 통해 인체 내 혈당변화 예측이 가능할 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

국내에서 면 소비가 증가하고 있으나 탄수화물 함량이 높은 면류는 다른 식품들에 비해 혈당 상승을 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 혈당상승이 지연될 수 있는 저항전분 함량이 높은 압출숙면인 냉면을 제조하기 위해 구연산과 구아검을 첨가하여 냉면을 제조한 다음, 3일 냉장 숙성 후 냉동보관 하였을 때의 조리품질 및 영양학적 특성을 측정하였고, 그 효과는 시판 냉면과 비교하였다. 총전분 함량은 압출숙면인 냉면종류에 따라서는 유의적 차이를 나타내지 않았다. 저항전분 함량은 대조군인 N군에 비해 GN군과 CGN군은 저항전분 함량이 1.70%와 1.84%로 유의적으로 높아졌다. 면복원율은 CN군(86.01%)에서 유의적으로 가장 낮았고, GN군(92.17%), N군(냉면 대조군, 94.20%), CGN(99.16%)의 순서에 따라 유의적으로 높아졌다. 조리손실율과 탁도는 시료들 간에 유의적인 차이는 없었다. *In vitro* 전분가수분해율에서는 CGN군이 가수분해 120분까지 유의적으로 가장 낮아 인체 대상 혈당반응에서 포도당과 시판 냉면 대조군과 비교하였다. 냉

면 120분 동안의 혈당반응은 포도당 섭취군보다 냉면에서 혈당상승 속도가 지연되었고, 냉면 중에서는 시판 냉면보다 CGN에서 약간 낮은 경향이었지만 유의적인 차이가 없었다. *In vitro* 전분가수분해율과 혈당반응 결과를 상관관계 분석 시 $r=0.533(p=0.01)$ 의 양의 상관관계를 보여 *in vitro* 전분소화율을 통해 인체 내 혈당변화 예측이 가능할 것으로 사료된다. 따라서 인체 혈당 상승 지연 효과를 나타내기 위한 탄수화물 가공 식품의 저항전분 함량 기준 마련이 요구되는 실정이며, 이와 같은 기준이 설정된다면 혈당상승을 지연시킬 수 있는 가공식품 개발에 도움이 될 것으로 생각된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was supported.

Acknowledgements

This research is financially supported by Changwon National University in 2015-2016.

References

- Adamu BOA. 2001. Resistant starch derived from extruded corn starch and guar gum as affected by acid and surfactants: Structural characterization. *Starch-Stärke* 53(11):582-591.
- Asp NG, Björck I. 1992. Resistant starch. *Trends Food Sci Technol* 3:111-114.
- Appleqvist IAM, Debet MRM. 1997. Starch-biopolymer interactions—A review. *Food Rev Int* 13(2):163-224.
- Bárcenas ME, Rosell CM. 2007. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. *Food Chem* 100(4): 1594-1601.
- Cho YH, Shim JY, Lee HG. 2007. Characteristics of wheat flour dough and noddle with amylopectin content and hydrocolloids. *Korean J Food Sci Technol* 39(2):138-145.
- Chung HJ, Liu Q, Huang R, Yin Y, Li A. 2010. Physicochemical properties and *in vitro* starch digestibility of cooked rice from commercially available cultivars in Canada. *Cereal Chem* 87(4):297-304.
- Collar C, Andreu P, Martinez JC, Amero E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: A response surface methodology study. *Food Hydrocoll* 13(6):467-475.
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 46(Suppl 2):S33-S50.
- Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. 2002. International

- table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 76(1):5-56.
- Goñi I, Garcia-Alonso A, Saura-Calixto F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res* 17(3):427-437.
- Haralampu SG. 2000. Resistant starch—A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydr Polym* 41(3):285-292.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34(3):362-366.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2014. National health statistics. Available from: <http://stat.mohw.go.kr/front/statData/publicationView.jsp?menuId=47&bbsSeq=13&nttSeq=21894&searchKey=&searchWord=&nPage=1&topSelect=>. Accessed June 13, 2016.
- Lee SK, Hong YH, Shin MS. 1999. The effect of mild-acid treated waxy starches on the yield of resistant starch. *Korean J Soc Food Sci* 15(4):418-425.
- Lee YT, Jung JY. 2003. Quality characteristics of barely β -glucan enriched noodles. *Korean J Food Sci Technol* 35(3):405-409.
- McCleary BV, Monghan DA. 2002. Measurement of resistant starch. *J AOAC Int* 85(3):665-675.
- McCleary BV, Solah V, Gibson TS. 1994. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *J Cereal Sci* 20(1):51-58.
- Miller JC. 1994. Importance of glycemic index in diabetes. *Am J Clin Nutr* 59(3):S747-S752.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs and Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2015. Market report. Available from: <http://www.korea.kr/policy/pressReleaseView.do?newsId=156084574>. Accessed June 20, 2016.
- Park BH, Cho HS. 2006. Quality characteristics of dried noodle made with *Dioscorea japonica* flour. *Korean J Food Cook Sci* 22(2):173-180.
- Rojas JA, Rosell CM, de Barber CB. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. *Food Hydrocoll* 13(1):27-33.
- Ryu BM, Kim CS. 2015. Study on resistant starch contents and cooking characteristics of commercial extrusion-cooked noodles. *Korean J Food Cook Sci* 31(3):248-254.
- Shi X, BeMiller JN. 2002. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydr Polym* 50(1):7-18.
- Song JY. 2002. Development and application of resistant starches prepared from wheat and waxy rice starch. Doctorate dissertation. Chonnam University, Gwangju, Korea. p 58.
- Tinker LF, Schneeman BO. 1989. The effects of guar gum or wheat bran on the disappearance of ^{14}C -labeled starch from the rat gastrointestinal tract. *J Nutr* 119(3):403-408.
- Unlu E, Faller JF. 1998. Formation of resistant starch by a twin-screw extruder. *Cereal Chem* 75(3):346-350.
- Wang J, Jin Z, Yuan X. 2007. Preparation of resistant starch from starch-guar gum extrudates and their properties. *Food Chem* 101(1):20-25.
- Xie X, Liu Q. 2004. Development and physicochemical characterization of new resistant citrate starch from different corn starches. *Starch-Stärke* 56(8):364-370.

Received on Jul.8, 2016/ Revised on Jul.22, 2016/ Accepted on Jul.25, 2016