

품종별 고구마 칩의 제조 조건 최적화 및 최적 품종 선정

장귀영 · Li Meishan · 이상훈 · 우관식* · 신현만** · 김홍식** · 이준수 · †정현상

충북대학교 식품공학과, *국립식량과학원 기능성작곡과,
충북농업기술원 작물연구과, *충북대학교 식물자원학과

Optimization of Processing Conditions and Selection of Optimum Species for Sweet Potato Chips

Gwi-Yeong Jang, Meishan Li, Sang-Hoon Lee, Koan-Sik Woo*, Hyun-Man Sin**, Hong-Sig Kim***,
Jun-soo Lee and †Heon-Sang Jeong

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

*Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Millyang 627-803, Korea

**Dept. Crop Science, Chungbuk Agricultural Research and Extension Service, Ochang 363-880, Korea

***Dept. of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract

This study was performed to optimize the processing conditions and to select the optimum species for colored sweet potato chips (*Shinjami*, *Juhwangmi* and *Hayanmi* varieties) baked by far-infrared radiation. Sweet potato chips were prepared by different slicing thickness (1~3 mm), concentration of sucrose solution for soaking (15~30%), blanching time (15~60 sec), baking temperature (110~140°C) and baking time (23~31 min) through sensory evaluation and failure stress measurement. Optimal processing condition of sweet potato chips using *Shinjami* was determined to 1 mm, 20%, 45 sec, 120°C and 31 min, and those using *Juhwangmi* was determined as 1 mm, 25%, 45 sec, 130°C and 29 min. Sweet potato chips using *Hayanmi* was determined as 1 mm, 20%, 45 sec, 120°C and 31 min, respectively. Free sugar content of sweet potato chips was higher in chips than in raw materials. In the sensory evaluation, appearance, sweet taste, hardness, and overall acceptance were higher in *Juhwangmi* than in the *Shinjami* and *Hayanmi* varieties. Overall acceptance, sugar content, b-value and failure stress were highly correlated among factors affecting the sensory characteristics ($p < 0.01$). From the results of this study, *Juhwangmi* variety was selected for production of sweet potato chips.

Key words: sweet potato chips, optimal processing condition, optimum species, sensory evaluation, failure stress

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 메꽃과에 속하는 쌍떡잎식물로 식용으로 사용되며, 단위면적당 수확량이 많고 열악한 환경조건에서도 다양한 목적으로 재배되어 경제성이 높은 작물로 100여 개 국가에서 재배되고 있다(Ravindran 등 1995; Valetudie 등 1995). 식량작물의 관점에서 보면 쌀이나 밀 등과 함께 여섯 번째 위치를 차지하고 있으며(Woolfe JA 1992),

식용 외에 전분, 주정, 장류 및 약품 등의 원료로 사용되고 있는데, 고형분의 80~90%가 전분으로 이루어져 있어 전분을 원료로 하는 물품의 생산에 널리 사용되고 있다(Song 등 1994; Baek 등 1995; Lee 등 1997). 고구마는 식량이 부족할 때 괴근을 식량으로서 이용하여 왔으나, 경제성장과 함께 재배면적이 감소되어져오다가 90년대 이후 경제적 수준이 향상됨에 따라 건강식품에 대한 소비자의 욕구가 증대되었고, 베타카로틴과 식이섬유를 함유한 고구마의 기능성이 알려지면서

† Corresponding author: Heon-Sang Jeong, Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea. Tel: +82-43-261-2570, Fax: +82-43-271-4412, E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

건강식품으로서 인식되고 있다. 고구마에 대한 연구는 1960년대 이화학적 성분, 저장 중 변화 등이 이루어졌으며, 1990년대에 이르러 고구마 및 유색고구마를 이용한 가공식품에 대한 연구가 진행되었다(Song 등 2005).

고구마는 다른 작물과 비교하여 수확 후 관리가 까다로운 단점이 있으며, 이러한 이유로 수분 함량이 높고 냉해에 약하며, 저장 중 호흡열과 탄산가스 발생량이 많아 쉽게 부패하는 문제점이 있다(Shin & Lee 2011). 따라서 다양한 고구마 가공품의 개발은 저장이 까다로워 발생하는 경제적인 손실의 방지 및 연중 지속적인 공급을 가능하게 할 수 있다는 측면에서 많은 연구가 필요하다.

고구마의 가공에 대한 연구로 고구마를 첨가한 빵화과자(Cheon 등 2012), 요구르트(Chun 등 2000), 제빵(Kim & Ryu 1997), 된장(Bae 등 2012), 막걸리(Cheon 등 2013), 설기떡(Park 등 2012) 및 식빵(Lee & Park 2011) 등에 관한 연구가 진행되었으며, 고구마를 주요 원료로 이용하는 연구는 증절간 고구마(Shin & Lee 2011a; Shin & Lee 2011b) 및 소주(Park 등 2010) 등에 관한 연구가 진행되었을 뿐 고구마 자체를 이용한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고구마를 주원료로 한 고구마 칩을 제조하기 위하여 고구마의 세절 두께, 당액 농도, 데치기 시간, 굽기 온도 및 굽기 시간을 결정하고, 자색, 황색 및 백색 고구마 중 고구마 칩의 제조에 적절한 품종을 선정하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용한 고구마는 자색인 신자미(*Shinjami*), 주황색인 주황미(*Juhwangmi*) 그리고 백색을 띄는 하얀미(*Hayanmi*), 세 품종을 충청북도 소재의 농가로부터 구입하여 시료로 사용하였다.

2. 고구마 칩 제조

고구마 칩은 각각의 원료 고구마를 세척하고, 상온에서 건조하여 물기를 제거하였으며, 적정 두께로 세절하여 90°C의 당액(sucrose solution)에 데친 후 원적외선 오븐에서 구워 제조하였다. 최적 제조 조건을 결정하기 위하여 칩의 두께(1, 2, 및 3 mm), 침지 당액 농도(15, 20, 25 및 30% sucrose solution), 데치는 시간(15, 30, 45 및 60 sec), 굽기 온도(110, 120, 130 및 140°C) 및 굽기 시간(23, 25, 27, 29 및 31 min)을 달리하였으며, 데치는 과정에서 사용한 당액은 0.15% NaCl과 0.1% 전분을 동일하게 포함한 sucrose 용액을 사용하였다. 각각의 조건에서 고구마 칩을 제조한 다음, 관능평가와 파괴강도를 측정

하여 최적 제조 조건을 결정하였다.

3. 고구마 칩 두께 결정

고구마 칩의 두께를 결정하기 위하여 당액 농도(20%), 데치기 시간(30 sec), 굽기 온도(120°C) 및 굽기 시간(25 min)을 동일하게 하고, 두께를 각각 1, 2 및 3 mm로 달리하여 칩을 제조하고, 관능평가와 파괴강도를 측정하여 적정 두께를 결정하였다.

4. 침지 당액 농도 결정

고구마 칩의 침지 당액 농도를 결정하기 위하여 품종별로 선정된 두께로 세절한 다음 당액의 농도를 15, 20, 25 및 30%로 달리하여 칩을 제조하고, 관능평가와 파괴강도를 측정하여 침지 당액 농도를 결정하였다.

5. 데치기 시간 결정

고구마 칩의 데치는 시간을 결정하기 위하여 품종별로 선정된 세절 두께 및 당액 농도에서 데치기 시간을 15, 30, 45 및 60초로 달리하여 칩을 제조하고, 관능평가와 파괴강도를 측정하여 데치기 시간을 결정하였다.

6. 굽기 온도 결정

고구마 칩의 굽기 온도를 결정하기 위하여 품종별로 선정된 세절 두께, 당액 농도 및 데치기 시간에서 굽기 온도를 110 및 120, 130 및 140°C로 달리하여 칩을 제조하고, 관능평가와 파괴강도를 측정하여 굽기 온도를 결정하였다.

7. 굽기 시간 결정

고구마 칩의 굽기 시간을 결정하기 위하여 품종별로 선정된 세절 두께, 당액 농도, 데치기 시간 및 굽기 온도에서 굽는 시간을 23, 25, 27, 29 및 31 분으로 달리하여 칩을 제조하고, 관능평가와 파괴강도를 측정하여 굽기 시간을 결정하였다.

8. 색도 측정

고구마 칩 제조 전과 최적 조건에서 제조한 칩의 색도는 색차계(CM-3500d, KONICA MINOLTA, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 원료 고구마는 수직으로 절단하여 횡단면에 대하여 측정을 하였으며, 고구마 칩은 제조 시 절단한 절단면에 대하여 굽기 후 측정하였다. 명도(lightness)는 L값, 적색도(redness)는 a값, 황색도(yellowness)는 b값으로 나타내었고, 표준 백색판의 L, a 및 b 값은 각각 96.17, 0.16 및 1.98이었다.

9. 유리당 함량 분석

유리당 함량은 Bae 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 증류수 30 mL를 넣고 마쇄하여 1시간 동안 초음파 추출하여 10,000 rpm으로 5분간 원심분리 하였다. 상등액을 취하여 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC(Waters alliance 2795, Waters, Milford, MA, USA)로 분석하였다. 분석에는 Shodex NH₂P-50 column(4.6×150 mm, Showa Denko, Tokyo, Japan), 검출기는 ELSD(Waters 2420 ELSD, Waters), 이동상은 75% acetonitrile, 유속은 1.5 mL/min, 시료주입량은 10 μL 이었다. 표준물질로 glucose, fructose, sucrose 및 maltose(Sigma Chemical)를 사용하였다.

10. 파괴강도 측정

고구마 칩 제조 조건에 따른 파괴강도는 Salvador 등(2009)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 고구마 칩을 속이 비어 있는 30 mm 직경의 원통형 틀에 올려놓고, 15 mm spherical probe를 사용하여 texture analyser(TA-XT2, Stable Micro systems Ltd., England)로 측정하였으며, 측정조건은 compression 모드에서 pre-test speed 0.5 mm/sec, test speed는 1.0 mm/sec, return speed는 3.0 mm/s, test distance는 5 mm, trigger force는 5.0 g, test cycle은 1회로 하여 측정하였다.

11. 관능평가

고구마 칩의 관능평가를 위하여 C대학교 식품공학과 대원생 중 8명을 선정하여 사전교육을 실시하고, 각 품종 별 고구마 칩의 제조 조건 최적화를 위하여 세절 두께, 당액 농도, 데치기 시간, 굽기 온도 및 굽기 시간을 결정하기 위하여 제조한 칩에 대하여 전반적 기호도(overall acceptance)를 평가하였다. 또한 결정된 최적 조건에서 제조한 칩을 품종 간 비교를 위하여 관능평가를 실시하였다. 칩의 관능 평가 항목은 외관(appearance), 풍미(flavor), 감미(sweetness), 단단함(hardness), 바삭함(crispness) 및 전반적 기호도(overall acceptance)에 대하여 기호도에 따라 바람직할수록 9점, 바람직하지 못할수록 1점으로 하여 9점 기호 척도법(Shin 등 2008)을 사용하여 평

가하였다.

12. 통계분석

통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA (Analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였으며($p=0.05$), 요인들 간의 상관관계는 Pearson's correlation analysis를 통하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 칩의 두께

고구마 칩의 두께를 결정하기 위하여 1, 2 및 3 mm 두께로 절단하여 제조한 칩에 대한 전반적 기호도와 파괴강도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 세 품종 모두 1 mm의 두께에서 가장 높은 기호도를 보였는데($p<0.05$), 신자미, 주황미 및 연황미에서 각각 8.14, 8.67 및 8.33점으로 2 mm의 3.00~4.14점과 3 mm의 1.33~2.14점에 비해 높은 기호도를 나타내었다. 두께에 따른 고구마 칩의 파괴강도를 분석한 결과, 1 mm 두께에서 세 품종 모두 크게 나타났으며, 2 mm에서는 신자미를 제외한 나머지 두 품종에서 3 mm보다 낮은 값을 나타내었다. 이는 세절 두께가 2 mm 이상인 경우에 굽기 후에도 수분을 상당량 함유하고 있어 낮게 측정된 것으로 생각된다. Cho 등(1989)의 근채류의 건조 및 수축 특성에 영향을 미치는 인자에 대한 연구에서 고구마의 두께를 달리하여 동일 온도 조건에서 건조하였을 때 두께가 두꺼울수록 시료의 수축이 적어짐에 따라 표면경화가 증가하여 수분의 확산 저항이 증가하기 때문에 건조시간이 길어진다는 결과에서와 같이 두께가 두꺼우면 칩을 제조하기 위하여 더욱 많은 가열이 필요할 것으로 생각되며, 본 실험 결과 1 mm 두께가 적합한 것으로 판단된다.

Table 1. Overall acceptance and failure stress on the sweet potato chips for determination of slice thickness

| Samples | Sample thickness(mm) | | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Overall acceptance | <i>Shinjami</i> | 8.14± 1.07 ^a | 4.14± 1.95 ^b | 2.14± 1.57 ^c |
| | <i>Juhwangmi</i> | 8.67± 0.82 ^a | 3.67± 1.03 ^b | 1.33± 0.82 ^c |
| | <i>Hayanmi</i> | 8.33± 1.03 ^a | 3.00± 1.26 ^b | 1.67± 1.03 ^b |
| Failure stress (g) | <i>Shinjami</i> | 372.13±12.46 ^{a1)} | 154.77±18.86 ^b | 132.28±13.95 ^b |
| | <i>Juhwangmi</i> | 242.57±20.87 ^a | 67.33± 4.14 ^c | 100.40±10.74 ^b |
| | <i>Hayanmi</i> | 700.45±28.19 ^a | 128.43± 4.23 ^c | 231.40±13.63 ^b |

¹⁾ Any means in the same row followed by the different superscripts are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

2. 침지 당액 농도

고구마 칩 제조를 위한 침지 당액의 농도를 결정하기 위하여 sucrose 농도를 15, 20, 25 및 30%로 달리하여 제조한 고구마 칩의 기호도를 평가한 결과는 Table 2와 같다. 신자미는 20%, 주황미와 하얀미는 25%의 당액으로 데쳤을 때 가장 높은 기호도를 나타내었다($p<0.05$). 당액의 농도를 달리하여 제조한 칩의 파괴강도를 분석한 결과, 신자미는 기호도가 높은 20% 농도에서 제조한 칩의 파괴강도가 가장 높았고, 하얀미는 가장 높은 기호도를 나타낸 25% 농도에서 제조한 칩이 가장 낮은 파괴강도를 나타내었지만, 기호도 평가 결과에 따라 신자미는 20%, 주황미와 하얀미는 25%로 당액 농도를 결정하였다.

3. 데치기 시간

데치기 시간을 결정하기 위하여 데치기 시간을 15, 30, 45 및 60초로 달리하여 제조한 칩의 전반적 기호도를 평가한 결과는 Table 3과 같다. 신자미와 주황미는 45초, 하얀미는 30초 동안 데치기 하였을 때 각각 7.67, 7.67 및 7.83점으로 가장 높게 나타나($p<0.05$), 각 품종 별 높은 기호도를 나타낸 데치기 시간을 제조 조건으로 결정하였다. 데치기 시간을 달리하여 제조한 칩의 파괴강도를 분석한 결과, 신자미 및 주황미는

30초 동안 데치기 한 경우 가장 높은 파괴강도를 나타내었으며, 하얀미는 15초 동안 데치기 하였을 때 가장 높은 파괴강도를 나타내었다. 기호도 평가 결과를 바탕으로 신자미와 주황미는 45초, 하얀미는 30초로 결정하였다.

4. 굽기 온도

고구마 칩의 굽기 온도를 결정하기 위하여 110, 120, 130 및 140°C에서 제조한 칩의 기호도를 평가한 결과는 Table 4와 같다. 가장 높은 기호도를 나타낸 온도는 신자미가 120°C에서 8.33점, 주황미와 하얀미는 130°C에서 각각 8.33 및 8.67점으로 나타났다. 굽기 온도를 달리하여 제조한 칩의 파괴강도는 세 품종 모두 굽기 온도를 120°C 이상으로 하였을 경우 적당한 파괴강도를 나타내었다. 신자미와 주황미의 파괴강도는 110에서 130°C까지 온도 증가에 따라 유의적으로 증가하였다. 이는 가열에 따라 건조정도 및 경화 정도가 다르기 때문인 것으로 판단되며, 110°C에서 칩을 제조하는 경우 충분한 가열이 이루어지지 않는 것으로 생각된다. 따라서 칩의 굽기 온도는 신자미는 120°C 그리고 주황미와 하얀미는 130°C로 결정하였다.

5. 굽기 시간

Table 2. Overall acceptance and failure stress on the sweet potato chips for determination of sugar concentration of soaking solution

| Samples | Sugar concentration of soaking solution(%) | | | | |
|--------------------|--|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 15 | 20 | 25 | 30 | |
| Overall acceptance | <i>Shinjami</i> | 6.00± 1.10 ^b | 8.50± 0.84 ^a | 6.67± 1.15 ^b | 5.50± 1.76 ^b |
| | <i>Juhwangmi</i> | 4.83± 1.33 ^b | 6.17± 2.04 ^{ab} | 7.67± 1.63 ^a | 5.67± 1.63 ^{ab} |
| | <i>Hayanmi</i> | 5.00± 1.26 ^b | 6.00± 1.26 ^b | 7.83± 1.60 ^a | 6.50± 1.52 ^{ab} |
| Failure stress (g) | <i>Shinjami</i> | 373.54±37.17 ^{c1)} | 618.46±57.15 ^a | 476.58±31.61 ^b | 441.88±21.40 ^b |
| | <i>Juhwangmi</i> | 341.53±33.70 ^{bc} | 300.58±24.30 ^c | 355.55±22.94 ^{ab} | 397.52±44.60 ^a |
| | <i>Hayanmi</i> | 630.27±38.27 ^a | 647.78±57.08 ^a | 503.34±41.95 ^b | 642.32±55.16 ^a |

¹⁾ Any means in the same row followed by the different superscripts are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 3. Overall acceptance and failure stress on the sweet potato chips for determination of blanching time

| Samples | Blanching time(sec) | | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | |
| Overall acceptance | <i>Shinjami</i> | 6.50± 1.97 ^{ab} | 7.00± 1.26 ^{ab} | 7.67± 1.03 ^a | 5.83± 0.98 ^b |
| | <i>Juhwangmi</i> | 6.83± 0.98 ^{ab} | 6.00± 1.10 ^b | 7.67± 1.03 ^a | 6.83± 0.98 ^{ab} |
| | <i>Hayanmi</i> | 5.83± 0.98 ^b | 7.83± 0.98 ^a | 6.33± 1.03 ^b | 6.67± 1.51 ^{ab} |
| Failure stress (g) | <i>Shinjami</i> | 480.53±38.25 ^{c1)} | 618.46±57.15 ^a | 520.62±45.88 ^{bc} | 573.02±41.61 ^{ab} |
| | <i>Juhwangmi</i> | 210.23±42.55 ^c | 355.55±22.94 ^a | 247.58±28.28 ^{bc} | 299.70±40.36 ^{ab} |
| | <i>Hayanmi</i> | 589.80±89.63 ^a | 503.34±41.95 ^{ab} | 458.03±48.75 ^b | 486.60±31.97 ^b |

¹⁾ Any means in the same row followed by the different superscripts are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

굽기 시간을 달리하여 제조한 칩의 전반적 기도를 평가한 결과는 Table 5와 같으며, 신자미는 31분에서 7.83점, 주황미는 29분에서 8.67점 그리고 하얀미는 27분에서 8.33점으로 가장 높은 기호도를 나타내었으며, 품종에 따라 약간의 차이가 있었다. 굽기 시간을 달리하여 제조한 칩의 파괴강도를 분석한 결과, 신자미는 23~29분까지, 하얀미는 23~29분까지 굽기 시간이 증가함에 따라 파괴강도가 증가하였으며($p<0.05$), 주황미는 31분을 구웠을 때 가장 높은 파괴강도를 나타내었다. 이는 Choi 등(2006)의 연구에서 원적외선을 사용하여 옥수수를 건조하였을 때 건조시간이 증가함에 따라 경도가 증가하였다고 보고하였으며, Woo 등(2004)의 능이버섯의 건조과정 중 물성의 변화에 대한 연구에서도 건조시간이 증가함에 따라 조직이 치밀해져서 경도가 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 가열시간이 증가함에 따라 칩의 수분이 감소하

고, 조직이 치밀해지는 경화현상에 의해 파괴강도가 증가한 것으로 판단된다. 굽기 시간은 기호도 평가 결과에 따라 신자미는 31분, 주황미는 29분, 하얀미는 27분으로 결정하였다.

6. 고구마 칩 최적 제조 조건

관능평가를 통하여 세절 두께, 굽기 온도, 굽기 시간, 칩지 당액 농도 및 데치기 시간에 대하여 최적 제조 조건을 결정하였으며, 각 품종 별 최적 제조 조건은 Table 6과 같다. 각 품종 별 세절 두께, 칩지 당액 농도, 데치기 시간, 굽기 온도 및 굽기 시간은 신자미가 1 mm, 20%, 45초, 120°C 및 31분이었으며, 주황미는 1 mm, 25%, 45초, 130°C 및 29분이었고, 하얀미는 1 mm, 25%, 30초, 130°C 및 27분으로 결정하였으며, 품종에 따른 최적 조건의 차이는 품종, 재배조건, 전분구조 및 당 함량 등 여러 요소의 복합적 영향에 의한 것으로 판단된다.

Table 4. Overall acceptance and failure stress on the sweet potato chips for determination of baking temperatures

| Samples | Baking temperatures(°C) | | | | |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | 110 | 120 | 130 | 140 | |
| Overall acceptance | <i>Shinjami</i> | 3.67± 1.03 ^b | 8.33± 1.03 ^a | 6.67± 2.34 ^a | 4.00± 1.10 ^b |
| | <i>Juhwangmi</i> | 1.33± 0.52 ^b | 7.00± 1.26 ^b | 8.33± 1.03 ^a | 2.17± 0.98 ^b |
| | <i>Hayanmi</i> | 3.33± 1.51 ^c | 6.50± 1.52 ^b | 8.67± 0.82 ^a | 1.67± 1.03 ^d |
| Failure stress (g) | <i>Shinjami</i> | 31.47± 2.81 ^(c1) | 372.13±12.46 ^b | 522.35±24.52 ^a | 524.77±13.85 ^a |
| | <i>Juhwangmi</i> | 26.53± 2.42 ^c | 242.57±20.87 ^b | 294.00±29.42 ^a | 267.07±24.31 ^{ab} |
| | <i>Hayanmi</i> | 290.03±20.93 ^d | 700.45±28.19 ^a | 350.27±16.92 ^c | 396.55±33.80 ^b |

¹⁾ Any means in the same row followed by the different superscripts are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 5. Overall acceptance and failure stress on the sweet potato chips for determination of baking times

| Samples | Baking times(min) | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | |
| Overall acceptance | <i>Shinjami</i> | 2.50± 0.84 ^c | 5.00± 0.63 ^b | 6.33± 1.63 ^b | 5.83± 0.98 ^b | 7.83± 1.60 ^a |
| | <i>Juhwangmi</i> | 3.50± 0.84 ^c | 4.50± 1.52 ^{bc} | 5.50± 0.84 ^b | 8.67± 0.82 ^a | 4.17± 0.98 ^c |
| | <i>Hayanmi</i> | 2.83± 1.33 ^c | 6.50± 1.52 ^b | 8.33± 1.03 ^a | 6.50± 1.52 ^b | 5.50± 1.22 ^b |
| Failure stress (g) | <i>Shinjami</i> | 589.53±35.50 ^(b1) | 372.13±12.46 ^c | 649.23±34.95 ^b | 887.13±75.67 ^a | 618.46±57.15 ^b |
| | <i>Juhwangmi</i> | 233.48±33.43 ^b | 294.00±29.42 ^a | 311.26±45.42 ^a | 300.58±24.30 ^a | 343.40±28.36 ^a |
| | <i>Hayanmi</i> | 284.28±37.46 ^d | 350.27±16.92 ^d | 647.78±57.08 ^b | 1,010.20±92.76 ^a | 544.63±43.70 ^c |

¹⁾ Any means in the same row followed by the different superscripts are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

Table 6. Optimal processing conditions of chips with different sweet potato varieties

| Samples (Varieties) | Optimal processing condition | | | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| | Slicing thickness (mm) | Sucrose solution con. (%) | Blanching time (s) | Baking temperature (°C) | Baking time (min) |
| <i>Shinjami</i> | 1 | 20 | 45 | 120 | 31 |
| <i>Juhwangmi</i> | 1 | 25 | 45 | 130 | 29 |
| <i>Hayanmi</i> | 1 | 25 | 30 | 130 | 27 |

7. 품질특성

품종 별 최적조건으로 제조한 칩 및 원료 고구마의 색도 및 유리당 함량을 측정된 결과는 Table 7과 같다. 원료 고구마의 L값은 하얀미가 85.64으로 가장 컸으며, 적색을 나타내는 a값은 신자미에서 높게 나타났고, 황색을 나타내는 b값은 주황미에서 33.47로 가장 높은 값을 나타내었다. 품종별 최적 제조 조건에서 제조한 칩의 L값은 주황미 및 하얀미에서 원료 고구마에 비하여 유의적으로 감소하였고, a값은 신자미와 주황미에서는 감소하였으며, 하얀미에서는 증가하였다. b값은 신자미에서 증가하였으며, 주황미에서는 감소하였다. 유리당 분석 결과, 모든 품종에서 원료 고구마는 maltose가 검출되지 않았으며, fructose, glucose 및 sucrose 함량은 신자미에서 각각 2.27, 4.35 및 10.31%를, 주황미는 3.06, 2.88 및 20.67% 그리고 하얀미는 1.07, 1.02 및 12.62%를 나타내어 주황미에서 가장 높은 sucrose 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 품종별 최적 제조 조건에서 제조한 칩의 유리당 함량은 세 품종 모두 sucrose 함량이 원료와 비교하여 높은 함량을 나타내었는데, 이는 데치는 과정에서 당액의 sucrose가 칩에 침투되어 sucrose 함량이 증가한 것으로 생각되며, 원료에서는 검출되지 않았으나, 칩 제조 후 생성된 maltose는 가열에 의해 고구마의 전분이 호화되고 호화된 전분이 maltose나 dextrin으로 분해되어 단맛이 증가한다는 결과와 같은 경향이였다(Picha DH 1985). Shen 등(1981)은 가열온도 증가에 따라 전분이 호화된

후 α -amylase에 의하여 dextrin으로 분해되고, β -amylase에 의해 maltose로 분해되어 단맛이 증가된다고 하였고, Kum 등 (1994)은 가열에 의한 호화 및 효소작용에 의해 단맛이 증가한다고 보고하였는데, 본 연구에서도 칩의 제조에 따른 maltose의 증가는 원료 고구마의 전분이 가열에 의하여 호화되고, 고구마에 함유되어 있는 β -amylase의 효소작용에 의해 전분이 maltose 단위로 분해된 것으로 판단된다.

8. 관능특성

각 품종 별 최적조건으로 제조한 칩의 관능평가 결과는 Table 8과 같다. 외관, 풍미, 감미, 단단함, 바삭함 및 전반적 기호도에 대하여 신자미는 5.83, 7.33, 6.17, 6.17, 6.67 및 5.83 점을 나타내었으며, 주황미는 8.00, 7.33, 7.83, 8.17, 8.00 및 8.50점을 나타내었고, 하얀미는 6.50, 6.50, 6.33, 6.67, 6.67 및 6.17점을 나타내었다. 따라서 외관, 감미, 단단함, 바삭함 및 전반적 기호도에서 가장 높은 기호도를 나타낸 주황미가 고구마 칩의 제조에 가장 적합한 품종으로 판단되었으며, 이는 주황미로 제조한 칩의 높은 유리당 함량, 낮은 파괴강도, 품종에 따른 조직의 형태, 색, 풍미 및 바삭한 식감 등 복합적 요인에 의한 것으로 생각된다.

9. 상관관계

품종에 따른 고구마 칩의 관능평가 결과(Table 8)에서 주황

Table 7. Color and free sugar content of sweet potato chips manufactured by optimum processing condition

| Samples | | Color values | | | Free sugar content(%) | | | |
|--------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | | L | a | b | Fructose | Glucose | Sucrose | Maltose |
| Raw material | <i>Shinjami</i> | 35.46±0.67 ⁽¹⁾ | 28.25±0.50 ^a | -1.02±0.36 ^c | 2.27±0.23 ^(a1) | 4.35±0.12 ^a | 10.31±0.14 ^c | ND ⁽²⁾ |
| | <i>Juhwangmi</i> | 63.47±0.48 ^b | 25.59±1.16 ^b | 33.47±0.44 ^a | 3.06±0.82 ^a | 2.88±0.19 ^b | 20.67±0.96 ^a | ND |
| | <i>Hayanmi</i> | 85.64±0.47 ^a | -6.46±0.15 ^c | 18.91±0.33 ^b | 1.07±0.18 ^b | 1.02±0.06 ^c | 12.62±0.75 ^b | ND |
| Chip | <i>Shinjami</i> | 32.57±3.66 ^b | 12.30±0.69 ^{a***} | 3.79±1.21 ^{c***} | 0.77±0.11 ^{ab**} | 1.66±0.14 ^{a***} | 25.24±1.40 ^{b***} | 3.58±0.22 ^c |
| | <i>Juhwangmi</i> | 39.69±2.42 ^{a***} | 10.57±0.27 ^{b***} | 21.81±0.96 ^{a***} | 1.06±0.22 ^{a*} | 4.58±0.15 ^{a***} | 34.06±1.85 ^{a**} | 13.50±0.50 ^a |
| | <i>Hayanmi</i> | 40.20±3.16 ^{a***} | 2.22±1.75 ^{c***} | 17.30±1.85 ^b | 0.60±0.08 ^{b*} | 0.80±0.01 ^{b*} | 25.78±1.67 ^{c**} | 11.36±0.39 ^b |

¹⁾ Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ indicates significant differences between raw material and chip of sweet potatoes by Student's t -test.

²⁾ Not detected

Table 8. Sensory evaluation of sweet potato chips manufactured by optimum processing condition

| Samples (Varieties) | Appearance | Flavor | Sweet taste | Hardness | Crispness | Overall acceptance |
|---------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| <i>Shinjami</i> | 5.83±0.98 ^(b1) | 7.33±0.82 ^{ns} | 6.17±0.98 ^b | 6.17±0.98 ^b | 6.67±1.51 ^{ns} | 5.83±0.98 ^b |
| <i>Juhwangmi</i> | 8.00±1.10 ^a | 7.33±1.51 | 7.83±0.98 ^a | 8.17±1.60 ^a | 8.00±1.55 | 8.50±0.84 ^a |
| <i>Hayanmi</i> | 6.50±1.76 ^{ab} | 6.50±1.52 | 6.33±1.03 ^b | 6.67±1.51 ^{ab} | 6.67±1.51 | 6.17±0.98 ^b |

¹⁾ Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 9. Correlation coefficients between factors affecting quality characteristics of sweet potato chip

| Factors | Fructose | Glucose | Sucrose | Maltose | Failure stress | b-Value | Overall acceptance |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------------|----------|--------------------|
| Fructose | 1.000 | 0.711* ¹⁾ | 0.870** | 0.327 | -0.528 | 0.338 | 0.746* |
| Glucose | | 1.000 | 0.4 | -0.368 | 0.075 | -0.292 | 0.282 |
| Sucrose | | | 1.000 | 0.691* | -0.861** | 0.709* | 0.915** |
| Maltose | | | | 1.000 | -0.936** | 0.978** | 0.718* |
| Failure stress | | | | | 1.000 | -0.945** | -0.882** |
| b-Value | | | | | | 1.000 | 0.738* |
| Overall acceptance | | | | | | | 1.000 |

¹⁾ ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

미가 가장 높은 기호도를 나타내어 고구마 칩의 제조에 가장 적합하였으며, 이러한 결과를 나타낸 요인을 확인하기 위하여 고구마 칩의 품질에 영향을 미치는 요소에 대한 상관관계 분석을 한 결과는 Table 9와 같다. sucrose는 fructose($r=0.87$)와 양의 상관관계를 나타내었으며, 이는 당액 및 시료 중의 sucrose 함량이 많을수록 가열 및 효소작용에 의해 생성되는 fructose의 함량이 증가하는 것에 의한 것으로 판단된다. 또한 관능특성에 영향을 미치는 요인으로 fructose($r=0.746$), sucrose ($r=0.915$), maltose($r=0.718$) 및 b-value($r=0.738$) 가 양의 상관관계를 나타내어 당 함량 및 황색도의 증가가 기호도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, failure stress($r=-0.882$)는 음의 상관관계를 나타내어 failure stress가 낮은 경우에 높은 기호도를 보이는 것으로 생각되며, 유리당 함량, b-value 및 failure stress 등 복합적 요인에 의해 주황미 품종이 관능평가에 있어 가장 높은 기호도를 나타낸 것으로 판단된다.

요 약

고구마 칩의 최적 제조 조건 확립과 적합품종을 선정하기 위하여 신자미, 주황미 및 하얀미를 시료로 세절 두께(1~3 mm), 칩지 당액 농도(15~30%), 데치기 시간(15~60 sec), 굽기 온도(110~140°C) 및 굽기 시간(23~31 min)을 달리하여 칩을 제조하고, 각 조건별 관능평가와 파괴강도를 측정하였다. 품종 별 최적 제조 조건은 신자미는 각각 1 mm, 20%, 45 sec, 120°C 및 31 min이었으며, 주황미는 1 mm, 25%, 45 sec, 130°C 및 29 min이었으며, 하얀미는 1 mm, 25%, 30 sec, 130°C 및 27 min이었다. 칩 제조 후 유리당 함량은 증가하였으며, maltose는 원료에서 검출되지 않았으나, 칩에서 3.85~13.50% 범위에서 증가하였고, sucrose 함량은 10.31~20.67% 범위에서 25.24~34.06% 범위로 칩 제조 시 증가하였다. 칩의 관능특성에 영향을 미치는 요인은 fructose, maltose, sucrose 함량, b-value 및 failure stress로 나타났다. 이러한 결과는 칩의 제조 시 적합한 품종

의 선택과 품종에 따른 최적 제조 조건의 설정이 필요할 것으로 판단되며, 주황미가 칩의 제조에 가장 적합한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 특화작목연구개발사업(과제번호 PJ 0087862012)의 연구비지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Bae JO, Lee KJ, Park JS, Choi DS. 2012. Preparation of sweet potato Doenjang using colored sweet potato. *Korean J Food & Nutr* 25:529-537
- Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:6-13
- Baek MH, Shin MS. 1995. Effect of water activity on physicochemical properties of sweet potato starch during storage. *Korean J Food Sci Technol* 27:532-536
- Cheon JE, Baik MY, Choi SW, Kim CN, Kim BY. 2013. Optimization of *Makgeolli* manufacture using several sweet potatoes. *Korean J Food & Nutr* 26:29-34
- Cheon SH, Hwang SJ, Eun JB. 2012. Quality characteristics of puffed snacks (*ppeongtuigi*) with purple sweet potato flours using different puffing conditions. *Korean J Food Sci Technol* 44: 28-33
- Cho DJ, Hur JW, Kim HY. 1989. Influencing factors in drying and shrinking characteristics of root vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 21:203-211
- Choi JH, Im JS, Oh DH. 2006. Quality enhancement of vacuum

- packaged waxy corns by far infrared ray drying. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:635-640
- Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, Ryu IW. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J Food Sci Nutr* 13:71-77
- Kim SY, Ryu CH. 1997. Effect of certain additives on bread-making quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J Soc Food Sci* 13:492-499
- Kum JS, Silva JL, Han O. 1994. Effects of microwave heating on processing of whole sweet potatoes. *Korean J Soc Food Sci* 10:138-141
- Lee SK. 1997. Processing and Utilizing of Agricultural Foods. p.44. Yrim Publishing. Seoul
- Lee SM, Park GS. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. *Korean J Food Cookery Sci* 27:1-16
- Park JS, Chung BW, Bae JO, Lee JH, Jung MY, Choi DS. 2010. Effects of sweet potato cultivars and koji types on general properties and volatile flavor compounds in sweet potato soju. *Korean J Food Sci Technol* 42:468-474
- Park YM, Kim MH, Yoon HH. 2012. Quality characteristics of Sulgidduck added with purple sweet potato. *Korean J Culinary Res* 18:54-64
- Picha DH. 1985. HPLC determination of sugars in raw and baked sweet potatoes. *J Food Sci* 50:1189-1190
- Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J Agri Food Chem* 43:2646-2651
- Salvador A, Varela P, Sanz T, Fiszman SM. 2009. Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT* 42: 763-767
- Shen MC, Sterling C. 1981. Change in starch and other carbohydrates in baking *Ipomoea batatas*. *Starch Starke* 33:261-268
- Shin MY, Lee WY. 2011. Optimization of the cold-air-drying condition for a steamed pumpkin-sweet potato slab. *Korean J Food Preserv* 18:488-496
- Shin MY, Lee WY. 2011. Physical properties and preference of a steamed sweet potato slab after mild hot air drying. *Korean J Food Cookery Sci* 27:73-81
- Shin MY, Youn KS, Lee SW, Moon HK, Lee WY. 2011. Optimization of vacuum drying conditions for a steamed (Pumpkin) sweet potato slab by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1314-1320
- Shin WS, Kim JN, Kim KM, Park JH, Chung JA, Chung SJ. 2008. Investigating the efficiency of various consumer-acceptance testing methods while developing a ready-to-eat meal. *Korean J Food Cookery Sci* 24:763-770
- Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J Crop Sci* 50:141-146
- Song JC. 1994. Study on Material of Foods. p.252. Kyomoonsa. Gyeonggi-do
- Valetudie JC, Guadeloupe L, Colonna P, Bouchet B, Gallant DJ. 1995. Gelatinization of sweet potato, tania and yam tuber starches. *Starch* 47:298-306
- Woo KS, Jeong HS, Lee HB, Choi WS, Lee J. 2004. Changes in rheological properties of Neungee (*Sarcodon aspratus*) during dehydration. *J Korean Soc Sci Nutr* 33:1230-1236
- Woolfe JA. 1992. Sweet Potato: An Untapped Food Resource. pp.1-3. Cambridge University Press. Cambridge

접 수 : 2013년 8월 26일
 최종수정 : 2013년 9월 4일
 채 택 : 2013년 9월 10일