

발아조건에 따른 보리의 GABA 함량 및 영양성분 변화

차미나 · 전현일 · 송근섭 · 김영수*
전북대학교 식품공학과

The Effects of Germination Conditions on GABA and the Nutritional Components of Barley

Mi-Na Cha, Hyun-Il Jun, Geun-Seoup Song, and Young-Soo Kim*
Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University

Abstract Steeping and germination conditions were investigated in order to produce barley containing a high γ -aminobutyric acid (GABA) content, and the changes in GABA and nutritional components before and after germination were also evaluated in this study. Water absorption rates of three barleys increased alongside both steeping time and steeping temperature. The highest GABA contents of the three barleys, 10.4-14.1 mg/100 g, were obtained from the steeping condition of 25°C for 24 hr. The GABA contents of germinated barleys ranged from 14.3 to 20.9 mg/100 g, increasing by 3.9 to 14.6 times compared with raw barley. The crude lipid, crude ash and total mineral contents were slightly decreased after germination. The major fatty acids of the three barleys before and after germination were linoleic and palmitic acids. β -glucan contents of three barleys were slightly decreased after germination.

Keywords: germination, barley, GABA, nutritional component, β -glucan

서 론

보리는 세계적으로 많이 소비되는 곡물 중에 하나이며, 단백질, 지방 및 무기질 등의 영양성분을 고르게 함유하여 영양학적으로 매우 우수하다(1-4). 보리는 껍질이 잘 분리되어 식용으로 사용하는 쌀보리(naked barley)와 껍질이 분리되지 않아서 사료로 사용하는 겉보리(hulled barley)로 나눌 수 있으며, 쌀보리는 다시 아밀로스와 아밀로펙틴의 함량에 따라서 찰보리(glutinous barley, waxy barley)와 메보리(non waxy barley)로 나누는데, 찰보리는 메보리보다 아밀로펙틴의 함량이 높은 특성을 가지고 있으며, 취반 특성과 식감을 개선되어 소비자들이 식용으로 주로 이용하고 있다(1).

최근에는 보리에 존재하는 β -glucan이 혈당상승 억제 및 콜레스테롤 저하와 같은 기능이 밝혀지면서 기능성 식품소재로서의 이용이 증가하고 있으나, 보리에 함유된 phytic acid와 전분의 강한 결합구조로 인하여 관능성 또는 식감이 떨어지는 단점이 있다(5). 보리를 발아시키면 phytic acid와 전분이 분해되어 식감과 소화성을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 amylase, protease, phytase, β -glucanase 등의 다양한 효소들에 의해서 γ -aminobutyric acid (GABA), 유용 아미노산, arabinoxylan, vitamin E 등의 다양한 생리활성 물질들의 함량을 증가시킬 수 있어서 발아는 보리의 기

능성과 관능성을 증가시키기 위한 가공처리 방법이라 할 수 있다(6,7).

여러 생리활성 물질 중에서도 비단백질 구성 아미노산의 일종인 GABA는 glutamate decarboxylase(GAD)의 탈탄산 작용에 의해 glutamic acid로부터 전환되며, 혈압상승, 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 증가 억제, 뇌의 혈류 개선, 항비만, 항불안 및 통증 완화 등의 다양한 생리활성을 가지고 있어 기능성 식품소재로 많이 이용되는 물질이다(8,9). 일반적으로 곡물의 발아 과정에서는 GABA 함량이 증가하며, GABA의 생성은 수분, 온도, 칼슘제제, 키토산 제제, glutamate, 기계적 자극, 산소결핍 등의 외부적 환경 요인을 조절하여 증가시키는 방법들이 보고되어져 있다(10-16). 보리는 Ca 함량이 높아서 일반적으로 발아 현미보다 발아 보리에서 GABA의 생성 효율이 높은 것으로 알려져 있으나, 곡물의 GABA 함량에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 현미를 이용한 연구가 대부분으로, 보리의 GABA 함량에 대한 연구는 미미한 실정이다(3). 또한 곡물의 수침과 발아과정에서 영양성분인 탄수화물, 단백질, 아미노산, 지방, 지방산, β -glucan, anthocyanin 등의 영양성분 조성이 변화가 일어나며, 장기간의 수침과 발아는 곡물에 이취를 생성시키거나 부패를 일으킬 수 있어 식품소재로 이용하기 위해서는 적절한 제조조건이 필요하다(6,7).

따라서 본 연구에서는 보리의 GABA 함량을 증진하기 위한 제조조건(수침과 발아)을 확립하여 GABA 고함유 발아보리를 제조하고 발아에 의한 영양성분의 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 보리는 2010년 청보리(주)에서 제공한 쌀보리, 겉보리 및 찰보리였다. 수침 및 발아시킨 원맥은 60°C에서

*Corresponding author: Young-Soo Kim, Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea
Tel: 82-63-270-2569
Fax: 82-63-270-2572
E-mail: ykim@jbnu.ac.kr
Received September 9, 2011; revised December 4, 2011;
accepted December 8, 2011

24시간 열풍건조시키고, roll mill(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Gyeonggi, Korea)을 사용하여 5회 계분하여 300 mesh sieve로 체질하였다. 제조된 시료는 -20°C 에서 보관하면서 사용하였다.

수분흡수율, 수침용액의 pH 및 발아율 측정

수분흡수율은 보리 4g에 증류수 25 mL를 넣고 온도(5, 15, 25°C)별로 30시간까지 수침하면서 6시간마다 수침한 보리를 꺼내어 여과지(Whatman No. 2) 위에 놓고 표면수를 제거한 후에 무게를 측정하였다.

수침용액의 pH는 수분흡수율을 측정하고 남은 수침용액을 pH meter(ORION Model 420A+, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 발아율은 25°C 에서 24시간 동안 수침시킨 보리를 물에 충분히 적신 솜이 깔린 petri dish에서 온도(5, 15, 25°C)별로 60시간까지 발아시키면서 12시간마다 측정하여 뿌리가 1 mm 이상 자란 것을 백분율로 나타내었다.

GABA 함량 분석

GABA 함량은 Zhang 등의 방법(17)을 이용하여 비색법으로 측정하였다. Eppendorf tube에 시료 0.1 g과 methanol 400 μL 를 가하고 75°C 항온수조에서 완전히 건조시켰다. 여기에 70 mM LaCl_3 1 mL를 가하고 10분 동안 교반한 후 원심분리(15,000 \times g, 15 min)하여 상등액 700 μL 를 취하여 0.1 M KOH 160 μL 를 미리 넣어 둔 또다른 eppendorf tube에 첨가한 다음 5분 동안 교반하고 원심분리(15,000 \times g, 10 min)하였다. 상등액 550 μL 를 새로운 eppendorf tube에 취하고 0.5 M $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 200 μL , 4 mM NADP 150 μL , GABase(2 U/mL) 50 μL 를 혼합한 후 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 340 nm에서 흡광도를 측정하고 20 mM α -ketoglutaric acid(α -KG) sodium salt 50 μL 를 첨가하여 실온에서 1시간 방치한 후 340 nm에서 재차 흡광도를 측정하여 GABA함량을 구하였다. 이때 GABA(99%, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 표준곡선을 구하였다.

영양성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법(18)에 준하여 조단백질은 Micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet's 추출법, 조회분은 직접회화법으로 측정하였다.

Na, K, Cu, Zn, Fe, Ca 및 Mg함량은 시료 3g에 HNO_3 30 mL를 첨가하여 HNO_3 용액이 맑은 암적색이 나타날 때까지 분해시키고 여과(Whatman No. 4)하여 50 mL로 정용한 여액을 원자흡광분광광도계(Solaar-M5, Thermo elemental Co., Cambridge, England)로 측정하였다. P은 몰리브덴청 비색법에 따라서 650 nm에서 흡광도를 측정하였다.

지방산 조성은 diethyl ether로 추출한 지질 0.2g에 0.5 N NaOH/methanol용액 5 mL를 넣고 5분간 water bath에서 가수분해시킨 후, 14% BF_3 -methanol용액 5 mL를 넣고 2분간 가열하여 methyl ester화시킨 다음 n-heptane으로 추출하여 분석시료로 사용하였다. 지방산 분석은 가스크로마토그래프(G-1530, Agilent technology Co., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였고 column은 HP-Innowax(30 m \times 0.32 mm), 검출기는 flame ionization detector를 사용하였다. 주입구 온도는 250°C , 검출기 온도는 260°C 로 하였으며, 오븐 온도는 150°C 에서 1분간 유지한 후 분당 3씩 230°C 까지 올려 10분간 유지하였다. Carrier gas는 N_2 (99.999%)를 사용하였으며 split ratio는 1:10였다. 지방산 조성은 peak area의 상대적인 비로 나타내었다.

β -Glucan 함량은 Megazyme β -glucan assay kit(Megazyme Pty, Ltd., Warriewood, NSW, Australia)를 이용하여 McCleary와 Glenie-Holmes의 방법(19)으로 측정하였다. 시료 0.5 g에 50% 에탄올 5 mL를 첨가하고 가열(100°C , 5 min)한 후 50% 에탄올 5 mL를 첨가하여 교반하고 원심분리(1000 \times g, 10 min)하여 상등액을 제거하고 잔사를 얻었다. 잔사에 20 mM sodium phosphate buffer(pH 6.5) 5 mL를 첨가하고 가열(100°C , 5 min)한 다음 증류수 5 mL를 첨가하여 40°C 까지 냉각시키고, lichenase 효소용액 0.2 mL(10 Units)를 첨가하여 40°C 에서 1시간 반응시킨 후에 30 mL로 정용하고, 원심분리(1000 \times g, 10 min)하여 얻은 상등액을 β -glucan 추출물로 이용하였다. β -Glucan 추출물 0.1 mL에 β -glucosidase 효소용액(2 U/mL, pH 4.0) 0.1 mL를 넣고 반응(40°C , 15 min)시킨 다음 glucose oxidase/peroxidase/3-2-amino-antipyrine(GOPOD) 3 mL를 첨가하여 재차 반응(40°C , 20 min)시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. β -Glucan 함량은 glucose 표준 용액(100 $\mu\text{g}/0.1$ mL)을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

수침조건에 따른 흡습특성

수침조건에 따른 보리의 흡습특성(수분흡수율 및 수침용액의 pH)은 Fig. 1 및 2와 같다. 보리의 종류에 상관없이 수분흡수율 변화는 수침초기 6시간까지 급격하게 일어나며, 수침시간이 증가할수록, 또는 수침온도가 높을수록 수분흡수율이 증가되었다. 보리 종류별 최대 수분흡수율은 쌀보리 64.4%(30시간, 25°C), 걸보리 63.0%(24시간, 25°C) 및 찰보리 59.9%(30시간, 25°C)로 쌀보리가 가장 높게 나타남으로서 종류에 따라 수분흡수율의 차이가 있음이 확인되었다. 이와 같은 결과는 보리의 수분흡수가 수침초기에 급격하게 일어나는데 이는 전분질의 배유보다 배와 종피에서 주로 발생한다는 보고(6)와 일치하였으며, Chung 등(20)의 연구에서도 찰보리의 수분흡수율은 시간이 경과할수록 증가하며, 24시간에서 38%(5°C), 43%(15°C) 및 51%(35°C)로 온도가 높을수록 높다고 하여 본 연구 결과와 유사하였다.

보리종류에 따른 수침용액의 pH는 25°C 에서 30시간 수침했을 때 쌀보리 5.44, 걸보리 5.62 및 찰보리 5.40으로 찰보리가 가장 낮았다(Fig. 2). 찰보리를 30시간 동안 수침시킨 용액의 pH는 6.34 (5°C), 5.52 (15°C) 및 5.40 (25°C)으로 수침온도가 높을수록 낮아지는 경향을 보였으며, 쌀보리와 걸보리에서도 동일한 경향을 나타내었다. 또한 보리 종류와 수침온도에 관계없이 수침시간이 경과함에 따라 수침용액의 pH가 감소하였는데, 이와 같은 pH 감소는 곡물의 수용성물질(유기산, 지방산 등)의 용출과 미생물의 생육 때문으로 설명되고 있다(21,22).

수침조건에 따른 GABA 함량

수침조건에 따른 보리의 GABA 함량을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 수침 전 GABA 함량은 쌀보리 4.1 mg/100 g, 걸보리 1.4 mg/100 g 및 찰보리 2.5 mg/100 g로 쌀보리가 가장 높게 나타났다. 25°C 에서 24시간 수침 후 GABA 함량은 쌀보리 10.4 mg/100 g, 걸보리 14.1 mg/100 g 및 찰보리 10.9 mg/100 g로 걸보리에서 가장 높았으며, 수침시간이 길어질수록 또는 수침온도가 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다. GABA는 GAD에 의해서 glutamic acid가 GABA가 전환되는 과정을 통해서 생성되는 물질이며, 식물에서 유래된 GAD의 최적 활성은 약 40°C 전후의 온도와 pH 5.5-5.9의 약산성으로 알려져 있다(8,9). 또한 GABA는 외부의 환경적 요인의 스트레스에 의해 함량을 증가되는데, 곡물의 수침과

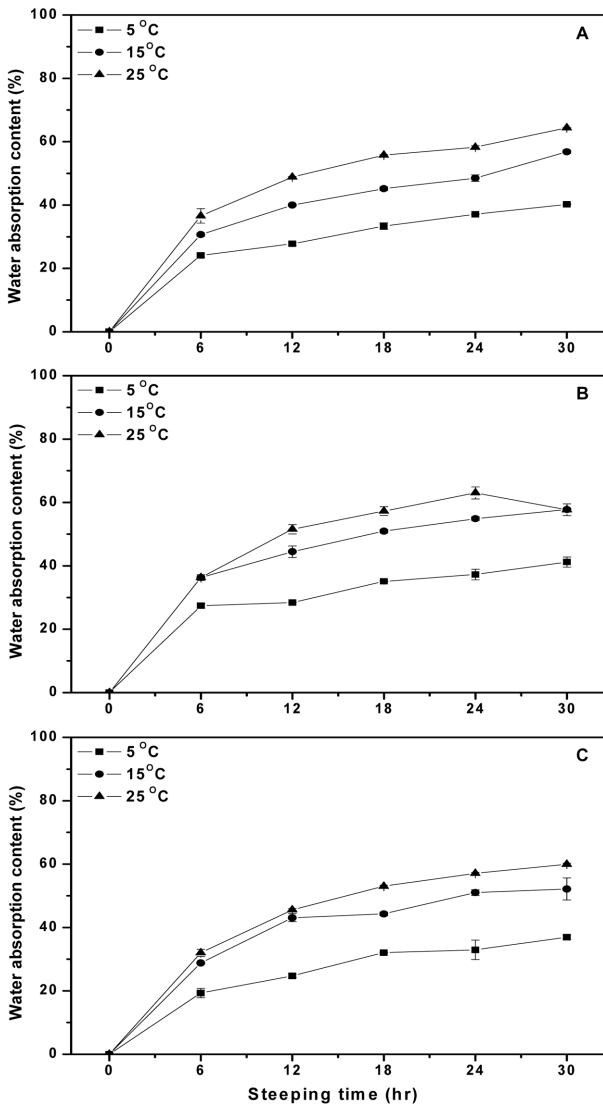


Fig. 1. Water absorption content during barley steeped in water at different steeping temperatures and times. A: Naked barley, B: Hulled barley, C: Glutinous barley

정에서도 효소 활성, 수분흡수율, pH 및 미생물 증식 등의 이화학적 변화로 인하여 GABA 함량이 영향을 받게 된다(10,11). Choi 등(10)은 수침온도와 시간에 따른 현미의 GABA 함량변화에 있어서 10°C(2.12 mg/100 g, 8시간)와 15°C(2.49 mg/100 g, 8시간)보다 40°C(3.33 mg/100 g, 8시간)와 50°C(3.6 mg/100 g 이상, 2시간)에서 GABA 함량이 높았으며, 10-40°C에서는 수침시간이 증가할수록 계속 증가하였으나 50°C에서는 2시간까지 급격히 증가하다가 감소하여 평형을 이룬다는 보고와 유사하였다. 또한 수침용액의 pH가 GABA 생성에 영향을 미치며 pH 4-7일 때 GABA 생성이 높다고 하였는데, 본 연구에서 GABA 함량이 높게 나타난 수침 조건인 25°C, 24시간에 수침용액의 pH가 5.44-5.67(Fig. 2)인 결과와도 관련이 있는 것으로 생각된다. Jeon 등(11)은 현미의 수침조건(0-48시간, 25-35°C)에 따른 GABA 함량은 수침시간 18-24시간에서 가장 높았으며, 온도별로는 25°C와 30°C보다는 35°C에서 2488.1 nmol/g으로 온도가 높을수록 GABA 함량은 증가한다고 하였다. 곡물의 수침용액에서 자라는 미생물은 주로 젖산균이며, 이들 젖산균 중에서 일부가 glutamic acid를 GABA로 전환

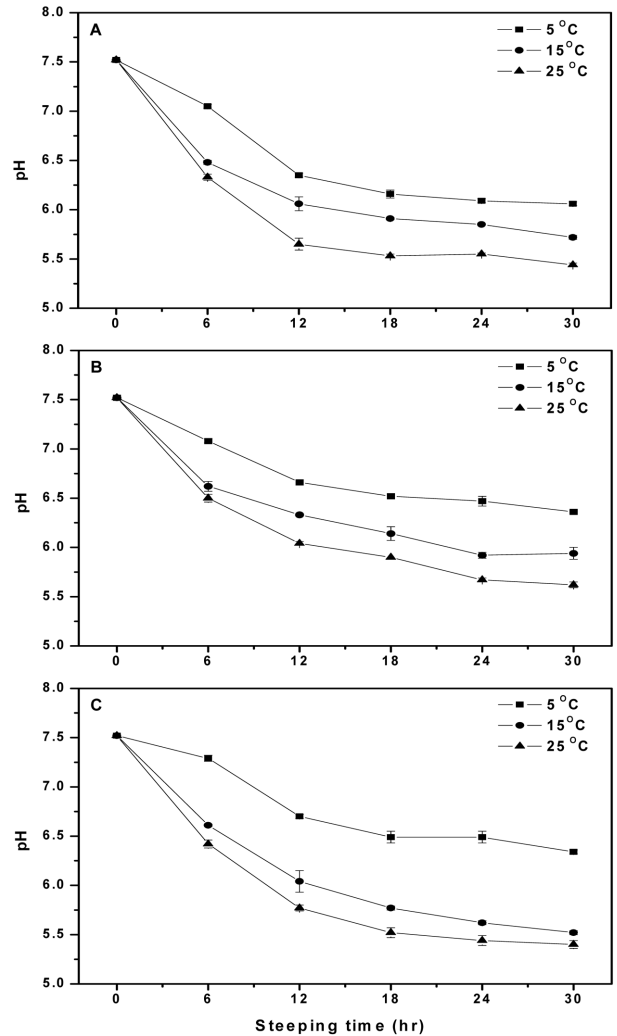


Fig. 2. pH of steeping solution during barley steeped in water at different steeping temperatures and times. A: Naked barley, B: Hulled barley, C: Glutinous barley

시킨다고 보고되어져 있어 젖산균과 같은 중온성 미생물의 생육 적정온도에 근접한 35°C에서 가장 GABA 함량이 높았을 것으로 생각된다(12-15,22).

수침 중에 발생하는 미생물의 생육에 의해서 보리는 이취가 생성되거나 부패하여 상품성이 떨어질 수 있으므로 이취가 생성되지 않으면서도 GABA 함량이 높은 조건의 선정이 매우 중요하다(11). 따라서, 25°C에서 30시간 수침시켰을 때, GABA 함량이 가장 높았으나 모든 보리에서 이취가 매우 강하게 발생하므로 이취가 없으면서도 GABA 함량이 높은 25°C에서 24시간을 발아 보리 제조를 위한 수침조건으로 선정하였다.

발아조건에 따른 발아율 및 GABA 함량

발아조건에 따른 보리의 발아율 변화를 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 25°C에서 60시간 발아 후 발아율은 쌀보리 64%, 결보리 77% 및 찰보리 93%로 찰보리에서 높게 나타났으며, 보리 종류에 관계없이 발아시간이 증가하거나 발아온도가 높을수록 발아율이 증가하였다. 이와 같은 결과는 찰쌀보리를 5-15°C에서 24시간 발아시켰을 때 발아율이 81-86%로 온도가 높을수록 높았다는 Chung 등의 보고(20)와 비슷한 경향을 나타냈으나, 올보리, 새

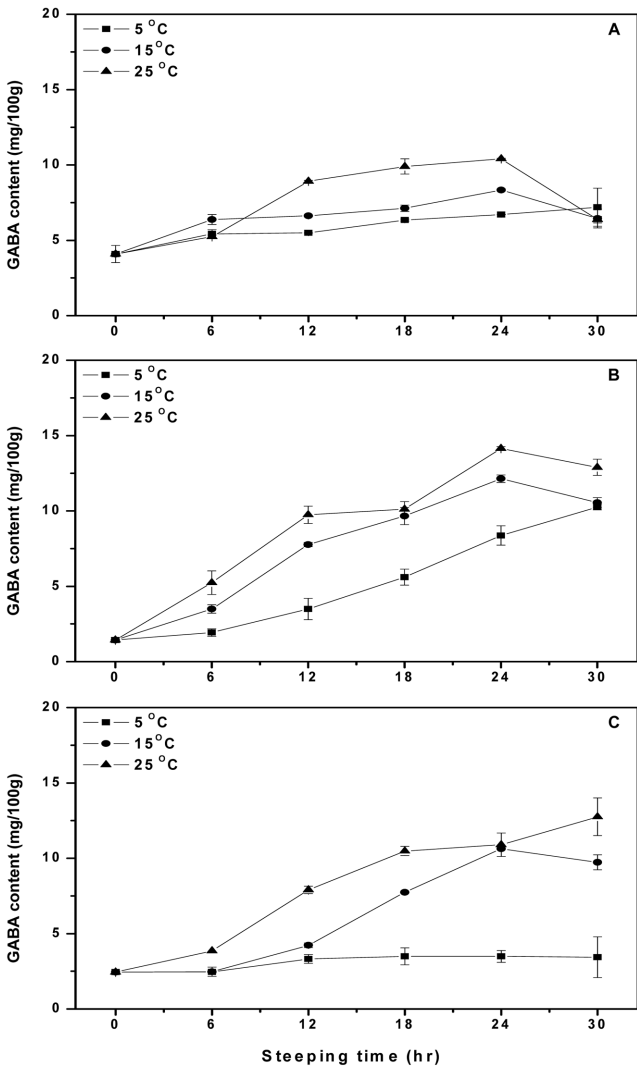


Fig. 3. Changes of GABA contents of barley at different steeping temperatures and times. A: Naked barley, B: Hulled barley, C: Glutinous barley

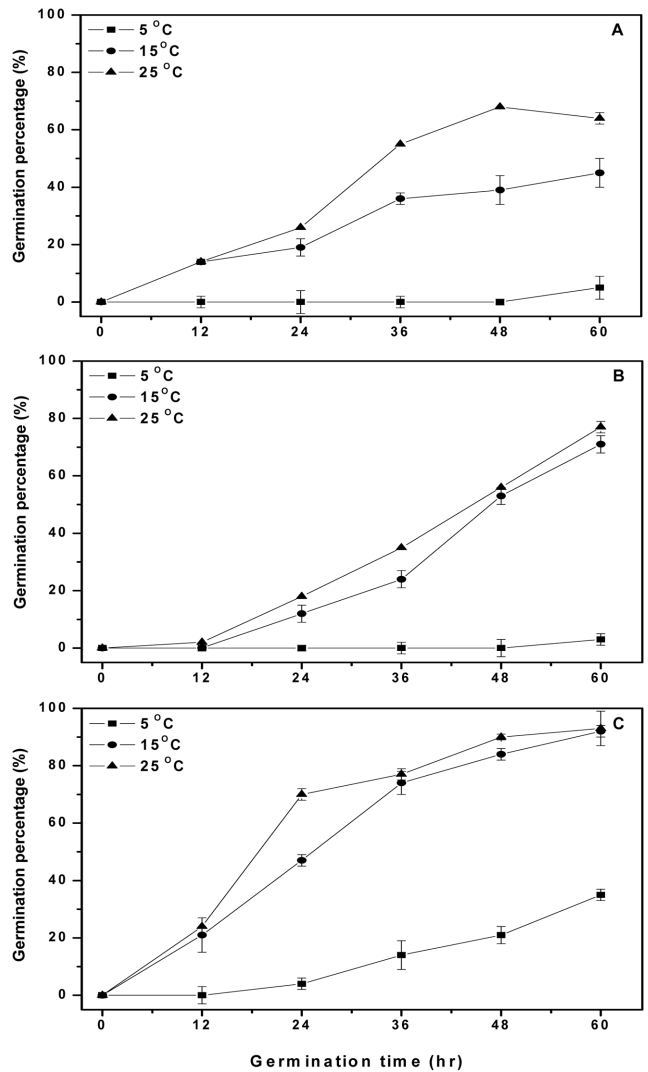


Fig. 4. Changes of germination percentage of barley at different germination temperatures and times. A: Naked barley, B: Hulled barley, C: Glutinous barley

쌀보리 및 찰쌀보리를 96-120시간 동안 발아시킨 후 발아율이 98-99%라는 Son 등의 보고(23)보다는 약간 낮았다. 한편, Kim 등(24)은 발아 현미를 식품소재로 이용하기 위해서는 발아기간을 짧게 하여 이취가 나지 않도록 해야 하며, 발아율을 높이기 위해서는 발아 중에 물을 공급하는 것보다 수침한 후에 발아하는 것이 좋다고 하였다. 따라서 25°C에서 24시간 동안 수침하면서 얻은 흡수량이 발아에 필요한 흡수량을 충분히 얻었기 때문에 수침조건으로 적합하다고 생각된다.

발아조건에 따른 보리의 GABA 함량을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 발아 후 GABA 함량에서는 쌀보리 15.8 mg/100 g(48시간, 25°C), 걸보리 20.9 mg/100 g(36시간, 15°C) 및 찰보리 14.3 mg/100 g(36시간, 5°C)로 걸보리가 가장 높았으며, 원맥보다 발아보리의 GABA 함량은 쌀보리에서 3.9배, 걸보리에서 14.6배 및 찰보리에서 5.8배 증가한 것으로 나타났다. 발아온도와 발아시간에 따른 GABA 함량은 품종별로 다양하게 나타났을 뿐만 아니라 발아율과도 관련성이 없는 것으로 나타났다. Oh 등(25)은 보리의 GABA 함량이 발아에 의해서 2배 증가하였다고 하였으며, Kihara 등(26)은 malting barley 제조에서 GABA 함량이 발아보다

는 수침에서 증가량이 크며, 품종별로 차이를 보인다고 하였다. 한편, Cha 등(27)은 수침은 25°C에서 20시간, 발아는 5°C에서 36시간을 처리했을 때, 발아보리의 GABA 함량이 15.1 mg/100 g으로 원맥보다 약 7.4배 증가했다고 하여, 본 결과의 찰보리와 유사한 결과를 보였다. 한편, Oh와 Choi(16)는 현미의 GABA 함량은 발아 48-72시간에서 싹 길이가 1-2.5 mm로 이때까지 급속하게 증가하다가, 96시간에서 싹의 크기가 5 mm로 자라면 완만하게 증가한다고 하였다. 또한, Ko 등(28)은 조, 기장 및 수수와 같은 잡곡의 GABA 함량이 발아 12시간에서 싹 길이가 각각 약 0.8 mm, 0.8-1.1 mm 및 1.8-2.0 mm이었으며, 발아 96시간에서 각각 56.1-63.2 mm, 63.6-70.0 mm 및 74.8-93.3 mm로 발아시간이 증가할수록 싹 길이는 증가하지만 GABA 함량은 발아 12시간이 발아 96시간보다 높았는데, 이는 싹 길이가 막 나와서 일정 길이까지는 GABA 함량이 증가하지만 그 이후에는 감소하기 때문이라고 하였다.

발아조건에 따른 GABA 함량의 차이는 품종별로 발아가 진행되는 속도가 다르기 때문으로 생각되며, 수침온도와 수침시간이 증가할수록 GABA 함량이 증가하는 경향을 보인 수침조건과 달

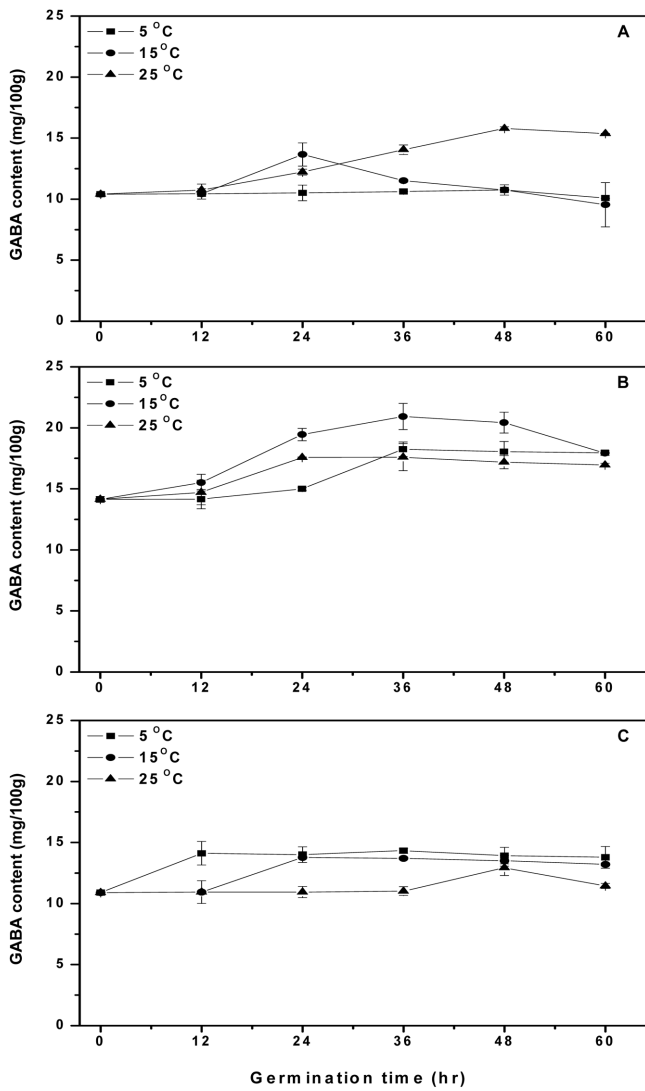


Fig. 5. Changes of GABA contents of barley at different germination temperatures and times. A: Naked barley, B: Hulled barley, C: Glutinous barley

리, 품종별로 적합한 상태의 발아조건을 선정해야 하는 것으로 나타났다.

발아에 따른 영양성분 함량 변화

보리의 발아 전후 일반성분 함량 변화는 Table 1과 같다. 조단백질은 발아 쌀보리와 발아 찰보리가 각각 12.7%, 조지방은 원

맥 찰보리가 7.8%, 조회분은 원맥 쌀보리가 1.9%로 가장 높았고, 발아에 의해서 조지방 및 조회분 함량은 감소하였으나 조단백질 함량은 유의적 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 보리의 발아 후 조단백질은 큰 변화가 없으나 조회분은 약간 감소한다는 Kim 등의 연구(29)와 유사하였으며, 곡물의 수침 또는 발아 시 무기성분들이 배출되어 감소한다는 보고와도 유사한 결과를 나타내었다(30). 또한 수침과 발아 중 다양한 효소들에 의한 대사에 의해서도 영양성분의 변화가 발생한다고 보고되고 있다(22,24).

보리의 발아 전후 무기질 함량 변화는 Table 2와 같다. 주요 무기질은 K, P 및 Mg이었으며, 이와 대조적으로 Cu, Zn 및 Fe의 함량은 매우 낮았다. 발아 후 보리의 총 무기질 함량은 쌀보리 777.8 mg%, 겉보리 556.6 mg% 및 찰보리 793.3 mg%로 발아 전보다 감소하였는데, 이와 같은 결과는 보리의 발아에 의해 총 무기질 함량이 99.2 µg/g에서 72.2 µg/g로 감소한 Kim 등(29)의 연구와 유사하였고, 이는 일반성분에서 조회분의 감소의 결과와도 일치하였다.

보리의 발아 전후 지방산 조성 변화는 Table 3과 같다. 원맥과 발아보리의 주요 지방산은 linoleic acid(52.8-57.6%와 56.2-58.9%), palmitic acid(21.2-30.6%와 21.4-27.4%) 및 oleic acid(10.6-13.8%와 9.8-11.9%)이었으며, 지방산 조성은 발아에 의해서 linoleic acid는 증가, palmitic acid와 oleic acid는 감소하는 것으로 나타났다. Kim 등(29)은 linoleic acid, palmitic acid 및 oleic acid가 보리의 주요 지방산이라고 하여 본 연구결과와 유사하였으나, 지방산 조성의 경우, oleic acid는 원맥의 16.3%에서 발아 후 39.8%로 증가된 반면, palmitic acid와 linoleic acid는 각각 원맥의 21.5%와 53.3%에서 발아 후 15.1%와 40.3%로 감소되었다고 보고하여 본 연구결과와는 차이를 보였다. 이러한 지방산의 조성 변화는 발아 중에 지방이 lipase에 의해서 지방산으로 분해되기 때문으로 설명되고 있다(31).

보리의 발아 전후 β-glucan 함량은 Fig. 6과 같다. 발아 후 β-glucan 함량은 쌀보리 3.2%, 겉보리 2.8% 및 찰보리 3.6%로 발아 전보다 각각 0.84, 0.94 및 0.94배 감소하였다. 이와 같은 결과는 맥주보리의 β-glucan 함량이 4.0%에서 발아 4일후에 0.2%로, 보리의 β-glucan 함량이 발아 후 84.3%가 감소하였다는 결과와 유사하였다(7,26). 보리의 발아과정 중 β-glucan 함량 감소는 보리의 주요 세포벽 구성성분인 β-glucan이 발아기간 중 β-glucanase의 작용에 의해서 분해되기 때문으로 설명되고 있다(32).

본 연구결과 얻어진 발아 보리의 영양성분의 함량 감소는 수침과 발아과정 중에 영양성분들이 lipase, protease, β-glucanase 등과 같은 효소에 의해서 분해되어 외부로 배출되며, 발아 보리의 GABA 함량 증가는 수침과 발아과정 중에 산소 결핍, GAD의 활성 증가, 미생물의 생육 등 외부의 자극으로 인한 스트레스에 저항하기 위한 결과로 생각된다.

Table 1. Changes of proximate composition in barley before and after germination (% dry basis)

Samples		Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)
Naked barley	BG	12.1±0.1 ^a	6.1±0.1 ^a	1.9±0.2 ^a
	AG	12.7±1.1 ^a	2.4±0.1 ^b	1.0±0.5 ^b
Hulled barley	BG	11.9±0.1 ^a	5.8±0.3 ^a	1.8±0.2 ^a
	AG	12.0±0.1 ^a	2.5±0.0 ^b	1.2±0.3 ^b
Glutinous barley	BG	12.6±0.0 ^a	7.8±1.8 ^a	1.6±0.1 ^a
	AG	12.7±0.1 ^a	2.6±0.4 ^b	1.1±0.1 ^b

BG: before germination, AG: after germination

Values are mean±SD (n=10).

Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test (p<0.05).

Table 2. Changes of mineral contents in barley before and after germination (% dry basis)

Samples		Minerals contents (mg/100 g)								
		Na	Mg	K	Ca	Fe	Cu	Zn	P	Total
Naked barley	BG	27.6±1.2 ^a	136.1±0.4 ^a	370.2±1.5 ^a	74.8±8.4 ^b	6.8±0.1 ^a	0.3±0.0 ^a	3.3±0.0 ^a	322.2±4.6 ^a	941.4±12.3 ^a
	AG	14.0±0.2 ^b	135.6±1.1 ^a	221.0±3.5 ^b	80.8±8.1 ^a	6.2±0.0 ^b	0.3±0.0 ^a	3.2±0.0 ^b	316.7±2.7 ^a	777.8±7.7 ^b
Hulled barley	BG	25.0±0.4 ^a	115.9±0.5 ^a	278.5±2.1 ^a	65.1±5.7 ^a	6.3±0.0 ^b	0.2±0.0 ^a	2.1±0.0 ^a	203.0±1.2 ^a	696.0±8.9 ^a
	AG	12.6±0.8 ^b	109.0±0.5 ^b	158.7±0.9 ^b	67.3±5.9 ^a	6.7±0.1 ^a	0.2±0.0 ^a	2.1±0.0 ^a	200.0±2.2 ^a	556.6±5.2 ^b
Glutinous barley	BG	12.8±0.1 ^a	146.5±0.7 ^b	303.0±3.0 ^a	57.2±5.9 ^a	4.5±0.0 ^b	0.3±0.0 ^a	3.0±0.0 ^b	333.3±1.9 ^b	860.7±7.2 ^a
	AG	7.6±0.6 ^b	151.0±0.2 ^a	229.1±5.3 ^b	59.5±6.2 ^a	5.3±0.1 ^a	0.3±0.0 ^a	3.4±0.0 ^a	337.1±1.0 ^a	793.3±11.6 ^b

BG: before germination, AG: after germination

Values are mean±SD (n=10).

Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test ($p<0.05$).

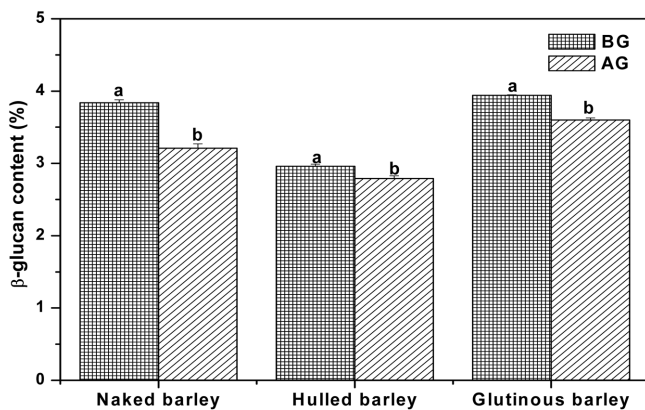
Table 3. Changes of fatty acid composition in barley before and after germination

Samples		Composition (%)					Total
		Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	α -Linolenic acid	
Naked barley	BG	30.6±0.1 ^a	1.3±0.0 ^a	10.6±0.0 ^a	52.8±0.1 ^b	4.7±0.0 ^b	100
	AG	27.4±0.1 ^b	1.3±0.0 ^a	9.8±0.0 ^b	56.2±0.1 ^a	5.4±0.0 ^a	100
Hulled barley	BG	21.2±0.1 ^a	1.2±0.0	13.4±0.0 ^a	57.6±0.1 ^b	5.9±0.0 ^b	100
	AG	21.4±0.2 ^a	1.5±0.0 ^a	11.9±0.1 ^b	58.9±0.2 ^a	6.0±0.0 ^a	100
Glutinous barley	BG	26.5±0.1 ^a	1.0±0.0	13.8±0.0 ^a	54.0±0.1 ^b	4.1±0.0 ^b	100
	AG	25.8±0.1 ^b	1.1±0.1	11.4±0.0 ^b	57.5±0.2 ^a	4.2±0.0 ^a	100

BG: before germination, AG: after germination

Values are mean±SD (n=10).

Different letters in the same column indicate significant differences in Duncan's multiple test ($p<0.05$).

**Fig. 6. Changes of β -glucan contents in barley before (BG) and after (AG) germination.**

요 약

본 연구에서 보리의 GABA 함량을 높일 수 있는 제조조건(수침과 발아)을 확립하여 GABA 고함유 발아보리를 제조하고, 발아에 의한 영양성분의 변화를 분석하였다. 수분흡수량과 수침용액의 pH는 수침 초기 6시간까지 급격하게 변화하였고, 보리종류 및 수침온도에 따라 약간의 차이를 나타내었다. 보리 원맥의 GABA 함량은 쌀보리 4.1 mg/100 g, 겉보리 1.4 mg/100 g 및 찰보리 2.5 mg/100 g이었으며, 25°C에서 24시간 수침 후에 쌀보리 10.4 mg/100 g, 겉보리 14.1 mg/100 g 및 찰보리 10.9 mg/100 g으로 증가되었다. 한편, 발아보리의 GABA 함량은 쌀보리 15.8 mg/100 g (48시간, 25°C), 겉보리 20.9 mg/100 g(36시간, 15°C) 및 찰보리

14.3 mg/100 g(36시간, 5°C)으로 보리 품종에 따라 발아조건은 다르게 나타났다. 수침과 발아 후에 원맥보다 쌀보리는 3.9배, 겉보리는 14.6배 및 찰보리는 5.8배 GABA 함량이 증가하였다. 발아에 의한 보리의 영양성분 변화는 일반성분에서 원맥보다 조지방, 조회분, 무기질 및 β -glucan 함량은 감소하였으며, 지방산 조성에서 원맥보다 linoleic acid는 증가하고 oleic acid는 감소하였다. 한편, 보리의 주요 지방산은 linoleic acid와 palmitic acid이었고, β -glucan 함량은 발아에 의하여 쌀보리 0.84배, 겉보리 0.94배 및 찰보리 0.94배 감소하였다.

문 헌

- Kim YS, Lee YT, Seong HM. Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hull-less barleys. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 42: 240-245 (1999)
- Ju JI, Lee KS, Min HI, Lee BJ, Kwon BG, Gu JH, Oh MJ. Changes in physicochemical characteristics of green barley according to days after heading. Korean J. Crop Sci. 52: 36-44 (2007)
- Cho MZ. Studies on the variation of diet fiber content according to pearling ratio of barley. J. Korean Home Econ. Asso. 33: 181-186 (1995)
- Jung EY, Yum CA, Kim SK, Jang MS. The chemical composition of pearled, cutted, and pressed barleys. Korean J. Food Sci. Technol. 19: 290-294 (1987)
- Oh HJ, Lee SR. Physiological function *in vitro* of β -glucan isolated from barley. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 689-695 (1996)
- Bamforth CW, Barclay AHP. Malting technology and the uses of malt. pp. 297-354. In: Barley: Chemistry and Technology. Macgregor AW, Bhatti RS (eds). American Association of Cereal Chemistry. St. Paul, MN, USA (1993)
- Lee YT. Effects of malt modification on β -glucan solubility and

- beer viscosity. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 360-363 (2008)
8. Bown AW, Shelp BJ. The metabolism and functions of -aminobutyric acid. Plant Physiol. 115: 1-5 (1997)
 9. Zhang H, Yao HY, Chen F, Wang X. Purification and characterization of glutamate decarboxylase from rice germ. Food Chem. 101: 1670-1676 (2007)
 10. Choi HD, Park YK, Kim YS. Effect of pretreatment conditions on -aminobutyric acid content of brown rice and germination brown rice. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 761-764 (2004)
 11. Jeon GU, Lee HS, Yoon JM, Jang SH. Effects of heat treatment and selected medicinal plant extracts on GABA content after germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 154-158 (2010)
 12. Hanaoka Y. Studies on preservation of soy sauce. Enzymatic decomposition of L-aspartic acid in soy sauce by *Lactobacilli*. Hakkokogaku. 45: 312-319 (1967)
 13. Shin JW, Kim DG, Lee YW, Lee HS, Hin KS, Choi CS, Kwon GS. Isolation and characterization of *Lactobacillus brevis* AML15. J. Life Sci. 17: 970-975 (2007)
 14. Cho YU, Chang JY, Chang HC. Production of -aminobutyric acid (GABA) by *Lactobacillus buchneri* isolated from kimchi and its neuroprotective effect on neuronal cells. J. Microbiol. Biotechnol. 17: 104-109 (2007)
 15. Lim SD, Kim KS, Do JR. Physiological characteristics and GABA production of *Lactobacillus acidophilus* RMK567 isolated from raw milk. Korean J. Food Ani. Resour. 29: 15-23 (2009)
 16. Oh SH, Choi WG. Production of the quality germinated brown rices containing high γ -aminobutyric acid by chitosan application. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 15: 615-620 (2000)
 17. Zhang G, Brown AW. The rapid determination of γ -aminobutyric acid. Phytochemistry 44: 1007-1009 (1997)
 18. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Int1. 13th ed. Methods 930.04, 930.5, 979.09 and 957.13. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
 19. McCleary BV, Glennie-Holmes M. Enzymatic quantification of (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan in barley and malt. J. Inst. Brew. 91: 285-295 (1985)
 20. Chung HJ, Jang SH, Cho HY, Lim ST. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ -aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. LWT-Food Sci. Technol. 42: 1712-1716 (2009)
 21. Kim SK, Bang JB. Physicochemical properties of rice affected by steeping conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 1026-1032 (1996)
 22. Chun HS, Lee MK, Kim HJ, Chang HJ. Microbiological and biochemical characterization of the traditional steeping process of waxy rice for *yukhwa* (a Korean oil-puffed snack) production. J. Food Sci. Nutr. 9: 113-120 (2004)
 23. Son YK, Son JR, Kim SL, Song J, Baek SB, Kim JK, Nam JH. Effect of storage method on seed chemical and germination traits in barley. Korean J. Crop Sci. 47: 201-205 (2002)
 24. Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. Korean J. Crop Sci. 46: 221-228 (2001)
 25. Oh SH, Moon YJ, Oh CH. γ -Aminobutyric acid (GABA) content of selected uncooked foods. Nutraceut. Food 8: 75-78 (2003)
 26. Kiraha M, Okada Y, Iimure T, Ito K. Accumulation and degradation of two functional constituents, GABA and β -glucan, and their varietal differences in germinated barley grains. Breeding Sci. 57: 85-89 (2007)
 27. Cha MN, Yoon Y, Jang SA, Song GS, Kim YS. Quality characteristic of saccharified materials manufactured from germinated barley. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 315-320 (2011)
 28. Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, sorghum with germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1128-1135 (2011)
 29. Kim HY, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Lee CK, Lee KS, Jeong HS. Chemical components changes of winter cereal crops with germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1700-1704 (2010)
 30. Seong HM, Kim JS, Hong HD, Kim SS, Kim KT. Change in chemical composition of maturing barley kernels. J. Korean Agric. Chem. Soc. 36: 449-455 (1993)
 31. Shin JS, Kim YS. Changes of fatty acid during germination by seed pretreatment, SMP, in tobacco. Korean J. Crop. Sci. 50: 156-160.
 32. Fincher GB. Morphology and chemical composition of barley endosperm cell walls. J. Inst. Brew. 81: 116-122 (1975)