



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사학위논문

제주 용암 해수로 제조한 쿠키와 빵의

품질 특성



2017년 8월

부산대학교 교육대학원

영양교육전공

정 성 현

교육학 석사 학위 논문

제주 용암 해수로 제조한 쿠키와 빵의

품질 특성

지도교수 권미라

2017년 8월

부산대학교 교육대학원

영양교육전공

정성현

정성현의 교육학 석사 학위 논문을 인준함

2017년 6월 14일



위원장 류 호 경 ㉠

위원 송 영 옥 ㉠

위원 권 미 라 ㉠

차 례

I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	6
1. 실험재료	6
2. 용암해수를 비롯한 물 시료들의 특성 분석	7
1) 물의 pH 측정	7
2) 물의 미네랄 성분 분석	7
3. 밀가루의 품질 분석	9
1) 밀가루의 수분 함량	9
2) 밀가루의 단백질 함량	9
3) 밀가루의 회분 함량	10
4) 밀가루의 Solvent Retention Capacity(SRC)	10
4. 용암해수를 비롯한 물 시료들에 대한 밀가루의 pasting 특성 측정	11
5. 용암해수를 비롯한 물 시료들을 사용한 쿠키 제조 적성 평가	11
1) 쿠키의 제조	11
2) 쿠키반죽의 경도 측정	15
3) 쿠키의 크기 및 색도 측정	15
4) 쿠키의 경도 측정	15

6. 용암해수를 비롯한 물 시료들을 사용한 빵의 제조 적성 평가.....	16
1) 빵의 제조.....	16
2) 발효 후 빵 반죽의 pH 측정.....	17
3) 발효 후 빵 반죽의 높이 및 경도 측정.....	17
4) 빵의 부피 및 색도 측정.....	20
5) 저장 중 빵의 수분 함량 및 텍스처 변화 측정.....	20
7. 통계분석.....	21
Ⅲ. 결과 및 고찰.....	22
1. 용암해수를 비롯한 물 시료들의 pH 및 미네랄 함량.....	22
2. 밀가루의 품질 특성.....	26
3. 용암해수를 비롯한 물 시료들에 대한 밀가루 pasting 특성.....	30
4. 용암해수를 비롯한 물 시료들을 사용한 쿠키의 제조 적성.....	35
5. 용암해수를 비롯한 물 시료들을 사용한 빵의 제조 적성.....	41
Ⅳ. 요약 및 결론.....	52
참고문헌.....	56
Abstract.....	61

I. 서론

물은 인체의 55-70%를 구성하며 생명을 유지하는데 있어서 필수적인 성분으로(Guyton, 1991) 모든 동식물 식품에 물이 함유되어 있고, 식품 제조에 있어서도 주요 원료로 사용된다. 최근 건강에 대한 소비자들의 관심이 증가하면서 생수 시장이 크게 성장하여 지난 15년간 11%의 연평균 성장률을 보였으며(Zion Research Analysis, 2016), 물 섭취로 건강을 향상시킬 수 있는 기능성성분을 주입한 다양한 프리미엄 생수들이 시장에서 판매되고 있는 가운데 그 중 미네랄 워터가 큰 각광을 받고 있다(Ju et al., 2014).

지방자치제가 1991년 부활된 이래로 각 지역에서는 지역복지의 향상과 아울러 지역경제를 살리기 위한 일환으로 지역산물들을 적극적으로 활용하려는 정책들을 시행하고 있다. 바다에 근접한 지역들에서는 해양 자원을 활용하려는 노력이 많이 이루어지고 있는데, 식품산업과 관련하여 해수를 식수화하고 해수에 풍부하게 함유된 미네랄을 식품제조에 적용하려는 시도들이 이루어지고 있다(Lee and Sim, 2013). 그 중 제주도가 해수를 활용하려는 노력을 활발히 하고 있으며, 특히 제주에만 존재하는 용암 해수는 생수, 식품산업, 화장품 산업뿐 만 아니라 다양한 산업 분야에 적용 시킬 수 있어 활용 가치가 높다. 제주 동부지역에는 화산활동으로 인한 현무암층이 넓게 분포되어 있어 해수가 현무암층으로 여과되면서

기저지하수 아래에 용암해수가 분포하게 된다. 이렇게 생성된 용암해수는 미생물 오염이 없으며, 안전하고 깨끗한 물로 육지에서 취수가 가능할 뿐 아니라 물의 양도 풍부하고 해저심층수에 비해 취수비용도 많이 절감되는 등 산업화에 유리한 조건을 지니고 있다(JejuTechnopark, 2014). 용암해수의 성분분석과 기능성, 안전성에 대한 연구는 (주)제주테크노파크 용암해수사업단을 중심으로 이루어지고 있다(Lee and Sim, 2013).

용암해수에는 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 스트론튬(Sr), 아연(Zn), 셀레늄(Se) 등의 미네랄이 다량으로 함유되어 있어 건강 기능 증진 효과가 있다고 보고되었다(JejuTechnopark, 2014). 용암해수에 함유된 미네랄성분에서 유래되는 건강 기능성 관련 연구를 보면, 포도당 흡수를 촉진하고, 알코올 분해효소의 활성증가로 에탄올 대사가 개선 되었다고 보고되어 있으며(Kim et al., 2012), 간의 중성지방 축적 억제, DPPH 소거 효과(Noh et al., 2010) 등의 생리활성기능도 알려져 있다. 또한 전기투석(electro-dialysis, ED) 장치를 이용하여 NaCl을 제거한 탈염 용암해수를 쥐에 투입하였을 때, 간의 지질 대사를 개선하고 해독효소의 활성을 증가시키며 체내 항산화 효소의 발현 증가와 아울러 염증반응에 관계하는 전사인자의 발현을 억제하여 만성간질을 보호하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Lee, 2015).

그러나 용암해수는 원수자체로는 NaCl과 미네랄 함량이 너무 높아서 음용수로 사용하기에는 적절하지 못하기 때문에 음용수 관리법에 의거하여

탈염과정을 거쳐 미네랄 함량을 조절하여 경도를 1-1200정도로 낮추어 다양한 제품에 적용된다. 탈염을 위하여 전기투석(ED) 방법을 사용하면 1가 양 음이온들(Na, K, Cl, Br 등)이 대부분 제거되고 건강에 도움을 주는 미네랄이 상대적으로 더 많이 함유된 ED미네랄수가 생산된다. ED 미네랄수는 100%로 이용되기 보다는 희석하여 미네랄 함량을 조절하여 사용되는데, 희석에 쓰이는 물로 RO탈염수가 선호되어 역삼투압(Reverse Osmosis, RO)방법을 사용하여 용암해수에 함유된 대부분의 미네랄을 제거하여 RO탈염수를 생산한다. 현재 용암해수의 미네랄과 관련된 건강기능성은 다양하게 연구되어 보고 되었으나, 이를 식품제조에 적용한 연구는 상대적으로 미비한 실정이므로 용암해수의 활용을 확대시키기 위하여 식품활용에 관한 연구들이 필요할 것으로 사료된다.

일반적으로 먹는 물은 미네랄(칼슘, 마그네슘 등)의 함량에 따라 경수 또는 센물(hard water)과 연수 또는 단물(soft water)로 나뉘며,경도값(미네랄 mg/L)에 따라 0-60 단물(soft), 60-120 약한물 (moderately hard), 120-180 센물(hard), 180이상 대단히 센물(very hard)로 분류되고 있다 (World Health Organization, 2011). 물의 경도는 식품가공 중 제과 및 제빵에 영향을 줄 수 있어 경수로 반죽을 할 경우 글루텐 발달이 어렵고 반죽이 단단한 성질을 띤다. Sinani 등(2014)은 미네랄 함량이 다른 4가지 물을 사용하여 빵을 제조하였을 때 pH 7-8.2의 물을 사용하였을 때에는 우수한 품질의 빵이 만들어졌으나, pH 9.0-9.8의

물을 사용하여 발효를 시켰을 때 효모의 활성이 저하되었고 이산화탄소 가스의 생성도 저조하였으며 베이킹 시간도 길어져 품질이 좋지 않은 빵이 만들어졌다고 보고하였다. Stefan 등(2015)도 알칼리수로 빵 반죽을 하였을 때 반죽의 pH가 7.5보다 높아 글루텐 형성이 잘 되지 않았고 빵을 굽는 시간도 오래 걸려, 이스트의 활성은 반죽의 pH값이 4에서 5사이에서 가장 뛰어났다고 보고하였다. 또 Krog(1973)는 밀전분에 1.8 mmol Ca⁺⁺/L가 포함된 수돗물과 증류수를 각각 사용하여 amylograph로 전분의 호화특성을 관찰하였는데 수돗물이 pasting 온도와 점도를 모두 증가시킨 결과에 대해 미네랄 함량이 높은 물이 이온농도와 pH를 상승시켜 전분의 호화양상에 영향을 주는 것이라고 설명하였다. 이처럼 물의 경도가 빵의 제조와 관련된 연구들은 약간 보고되었으나 쿠키 제조와 관련된 연구는 거의 보고되지 않았다. 또한 해수를 사용하여 제과 및 제빵적성을 살펴본 연구는 거의 전무하다.

본 연구에서는 미네랄이 풍부하여 건강기능성이 우수한 제주용암해수를 이용하여 발효과정이 필요 없는 쿠키와 발효과정을 필요로 하는 빵을 제조 하였을 때, 미네랄의 함량 차이가 각 제품들의 품질 특성에 어떻게 영향을 주는지 살펴보고자 하였다. 용암해수와 ED미네랄수(탈염용암해수)를 증류수로 희석하여 미네랄 함량과 경도를 다르게 조절한 물들을 쿠키와 빵의 제조에 이용하여 각 제품의 품질을 비교해 보았다. 또한 물의 미네랄이 밀가루의 전분호화 특성에 미치는 영향을 Rapid Visco-

Analyzer (RVA)로 측정하였고, 쿠키와 빵의 제조 적성은 반죽의 경도, 제품의 외관, 크기 및 부피, 색도, 텍스처를 측정하여 분석하였다.



II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 물은 2017년 제주특별자치도 용암해수산업지원센터에서 공급받은 용암해수 원수와 ED 미네랄수이다. 넓은 범위의 물의 경도를 실험하기 위하여 경도가 15-20 정도로 알려져 있는 제주지역에서 생산되는 삼 다수를 시중에서 구입하여 실험실의 수돗물과 함께 대조군에 포함시켰다. 또한 ED 미네랄수(100% ED 미네랄수)를 증류수로 희석하여 50% 희석한 ED 미네랄수(50% ED 미네랄수)와 90% 희석한 ED 미네랄수(10% ED 미네랄수)를 제조하여 실험에 사용하였다. Solvent Retention Capacity 시험을 위해 lactic acid(Acros, Morristown, NJ, USA), sodium carbonate 와 sucrose(Duksan, Seoul, Korea)를 구입하여 용매로 사용하였다. 쿠키와 빵 제조를 위하여 각각 박력밀가루와 강력밀가루(CJ CheilJedang Corp., Seoul, Korea)를 구입하여 사용하였고, 설탕(CJ CheilJedang Corp., Seoul, Korea), 쇼트닝 (Lotte, Seoul, Korea), 베이킹소다 (Namyang, Seoul, Korea), 탈지분유(Seoul Milk, Seoul, Korea), 물엿(Samyang, Seoul, Korea), 드라이 이스트(Lesaffre, Marcq-en-Baroeul, France)는 시판품을 구입하여 사용하였다.

2. 용암해수를 비롯한 물 시료들의 특성 분석

1) 물의 PH 측정

pH meter(Mettler Toledo SevenEasy pH meter S20, Columbus, OH, USA)를 사용하여 용암해수를 비롯한 일곱 종류의 물(용암해수 원수, 100% ED 미네랄수, 50% ED 미네랄수, 10% ED 미네랄수, 수돗물, 삼다수, 증류수)의 pH 를 실온에서 측정하였고, 모든 실험은 2 회 이상 반복 실험하여 결과를 검증하였다.

2) 물의 미네랄 성분 분석

미네랄 성분 및 함량은 ICP-OES (PerkinElmer Optima 8300, Shelton, CT, USA) 및 ICP-MS (Thermo Scientific iCapQ, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 측정하였다. 사용된 기기들의 분석조건은 Table 1 과 같다. 경도(Hardness)는 Ca^{2+} 와 Mg^{2+} 함량으로부터 Hardness as calcium carbonate = $([Ca] \times 2.5) + ([Mg] \times 4.2)$ 식을 사용하여 계산하였다(Lenore et al. 1998).

Table 1. Operating parameters of ICP-OES and ICP-MS.

Parameter	Value
ICP-OES	
Incident power	1300W
Argon flow rate	
Plasma gas	10/min
Auxilliary gas	0.2/min
Nebulizer gas	0.5/min
Measured Element (Wavelength)	
Sr	407.771
Mg	285.213
Ca	317.733
Na	589.592
K	766.490
B	249.677
Si	251.611
ICP-MS	
RF power	1550W
Plasma gas flow rate	14/min
Auxiliary gas flow rate	0.8/min
Dwell time per isotope	10 ms
Detector mode	Dual
Isotopes Measured	
V	51
Mn	55
Fe	58
Cu	63
Zn	66
Ge	73
Se	77
Mo	95

3. 밀가루의 품질 분석

1) 밀가루의 수분 함량

밀가루 시료의 수분 함량은 AACCI Approved Method 44-15.02 (AACCI International, 2010)에 따라 측정되었다. 밀가루 시료 약 3 g 을 미리 무게를 측정 한 칭량용기에 넣고 정확히 1 시간 동안 130°C의 열풍건조 오븐 (FO 600-M, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 건조시킨 후 상온에서 칭량용기를 30 분 동안 냉각시킨 다음 무게를 측정하여 건조되는 동안 감소된 무게로부터 수분 함량을 계산하였다.

2) 밀가루의 단백질 함량

단백질 함량 분석은 AOAC Official Method 2001.11 (AOAC, 2012)에 따라 수행되었다. 밀가루 샘플 (500 mg)을 소화 플라스크에 넣고 2 개의 촉매 정제 (7 g K_2SO_4 , 0.4 g $CuSO_4$) 및 12 mL 농축 된 H_2SO_4 를 첨가한 다음 분해 튜브를 미리 420°C로 예열한 가열 블록에 넣고 50 분간 가열 하였다. 분해 후, 플라스크를 실온으로 냉각시키고 40% (w/w) NaOH 를 사용하여 중화시켰다. 유리 된 NH_3 를 지시약으로 함유하는 30 mL 4 % (w/v) H_3BO_3 용액에서 증류시키고, 유리 된 NH_3 를 함유하는

H₃BO₃ 용액을 0.1N HCl 용액으로 바이올렛 종점까지 적정하였다. 시료의 조단백질 함량은 질소 함량에 밀가루의 단백질 계수인 5.7 를 곱한 값으로 결정되었다.

3) 밀가루의 회분 함량

밀가루 시료의 조회분 함량은 AACCI ApprovedMethod 08-01.01 (AACC International, 2010)을 사용하여 측정하였다. 밀가루 시료 약 3 g 을 도가니에 넣은 후 정확히 무게를 측정하고 도가니를 550°C의 회화로(DMF-4.5T, SciFinetech, Seoul, Korea)에 15 시간 넣어 유기물이 다 회화된 상태의 도가니를 꺼내 상온에서 완전히 식힌 다음 남은 재의 무게를 측정하여 조회분의 함량을 계산하였다.

4) 밀가루의 Solvent Retention Capacity(SRC)

밀가루의 Solvent Retention Capacity(SRC) 실험은 AACCI ApprovedMethod 56-11.02 (AACC International, 2010)으로 다음과 같이 실험하였다. 4 개의 50 mL conical 튜브의 무게를 각각 측정하고, 모든 튜브에 밀가루를 5 g 씩 넣은 다음 증류수, 5%(w/w) lactic acid, 5%(w/w) sodium carbonate, 50%(w/w) sucrose 용액을 준비하여 하나의 튜브에 한 종류의 시험용액을 25 g 씩 가한 후, 20 분 동안 5 분 간격으로 흔들며 주었다. 분산 및 수화가 잘 이루어진 밀가루 용액이 담긴 튜브들을

원심분리기(LaboGene1248, Gyrozen Inc., Daejeon, Korea)를 이용하여 1000 rpm 으로 15 분간 원심분리 한 다음 상층액은 버리고 침전물이 든 튜브의 무게를 측정하여 AACCI 법에 근거하여 %SRC 를 계산하였다(Kweon et al., 2009, 2010).

4. 용암해수를 비롯한 물 시료들에 대한 밀가루 pasting 특성 측정

밀가루 전분의 pasting 특성은 Rapid Visco-Analyzer(RVA 4, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 사용하여 측정하였다. 물 시료 25 mL 를 RVA 용기에 넣고, 밀가루(박력 밀가루) 3.5 g 을 넣은 뒤 RVA 플라스틱 paddle 로 잘 섞어 Standard1 방법에 따라 RVA 를 작동하였다. Pasting 온도 및 점도는 RVA 의 소프트웨어 프로그램(Thermocline for Windows, ver. 2.5, Newport Scientific, Warriewood, Australia)으로 계산하였다.

5. 용암해수를 비롯한 물 시료들에 대한 쿠키 제조 적성 평가

1) 쿠키의 제조

쿠키는 AACCI Approved Method 10-53.01(AACC International, 2010)의 방법으로 제조하였고, 사용한 재료와 배합비는 Table 2 와 같고 쿠키 제조 과정은 Figure 1 과 같다. 계량된 버터와 설탕을 반죽기(KitchenAid Professional 600, St. Joseph, MI, USA)에 넣고 1 단으로 3 분간 작동하였다. 물엿, 물, 암모늄카보네이트를 넣고 1 단으로 1 분간 작동하였고, 2 단으로 1 분간 작동하였다. 밀가루, 탈지분유, 소금, 베이킹소다를 넣고, 1 단으로 2 분간 더 작동시켰다. 반죽 과정에서 30 초마다 주격으로 반죽기 밑부분의 반죽을 긁어 윗부분의 반죽과 잘 섞이도록 하였다. 완성된 쿠키반죽을 60 g 씩 4 덩어리로 나누어, 알루미늄으로 된 베이킹팬에 올린 후 밀대로 밀어 표면을 평평하게 만든 후 원형의 쿠키커터(6 cm 지름)로 성형하였다. 남은 쿠키 반죽은 반죽의 경도측정에 사용하였다. 쿠키를 굽는 과정에서 수분이 얼마나 감소되었는지를 측정하기 위한 방법으로 굽기 직전 쿠키반죽과 베이킹팬의 무게를 측정하였고, 215°C 오븐(Phantom M301 Combi, Samjung, Gyeonggi, Korea)에서 12 분간 구운 뒤 즉시 베이킹팬과 쿠키의 무게를 측정하여 수분감소량을 계산하였다. 쿠키는 상온에서 1 시간 냉각시킨 후 수분함량의 변화를 방지하기 위해 지퍼 백에 담아 보관하고, 24 시간 후에 크기, 색도 및 텍스처를 측정하였다. 용암해수를 비롯한 여러 종류의 물 시료들을 대조군으로 사용한 증류수 대신 각각 사용하여 쿠키반죽을 하여 물을 달리 한 쿠키를 제조하여 특성을 비교하였다.

Table 2. Formula ingredients for AACCI Approved Method 10-53.01 wire-cut cookie baking

Ingredients	Weight (g)
Flour	225.0 ¹
Sucrose	94.5
Non Fat Dry Milk	2.3
NaCl	2.8
NH ₄ HCO ₃	1.1
Na ₂ CO ₃	2.3
Shortening	90.0
High Fructose Corn Syrup	3.4
Water	49.5
Calculated TS ²	64.0
Calculated %S ³	66.0

¹Method 10-53.01 assumes 13% flour moisture content

²Total solvent (TS) calculated as the sum of sugar weight and total formula water weight, based on 100 g flour

³%S calculated as sugar weight divided by the total solvent weight based on 100 g of flour

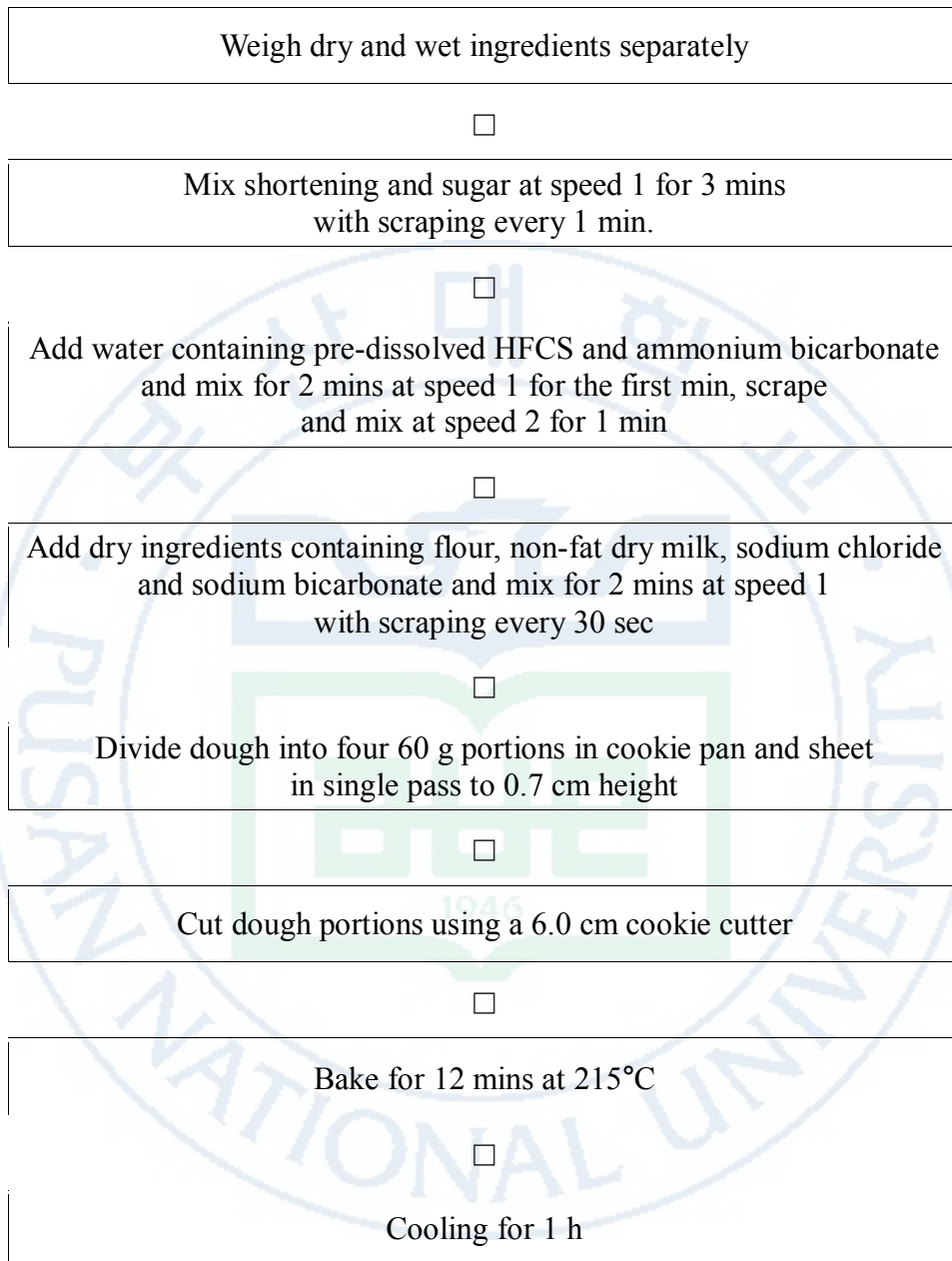


Figure 1. Schematic diagram for cookie making procedure.

2) 쿠키의 반죽 경도 측정

쿠키 반죽의 경도 측정을 위해 Texture Analyzer(Brookfield CT3, Middleboro, MA, USA)를 사용하였다. 측정조건은 Mode: Measure force in compression, Pretest speed: 2.0 mm/s, Test speed: 2.0 mm/s, Post-test speed: 5.0 mm/s, Probe: 0.5 inch ball, Penetration distance: 15 mm 로 설정하였다. 반죽 150 g 을 mini loaf pan(Chicago Metallic Commercial 11 Non-Stick Mini Loaf Pan, 5 3/4" x 3 1/4" x 2 1/4")에 넣어 반죽의 윗면이 평평하게 되도록 밀대로 민 다음 probe 가 침투하도록 하는 방식으로 4회 반복 측정하여 평균값을 계산하였다.

3) 쿠키의 크기 및 색도 측정

쿠키의 높이는 4개의 쿠키를 세로로 쌓아 올려 캘리퍼를 사용하여 측정하였고 순서를 바꾸어 높이를 3번 더 측정하여 평균값을 얻었다. 쿠키의 지름은 쿠키 4개를 일렬로 놓고 측정하였으며 각각의 쿠키를 90도 회전시켜 총 4회 반복 측정하여 평균값을 계산하였다.

쿠키의 표면 색은 색도계(CR-20, Minolta, Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 L*(lightness, 명도), a*(redness, 적색도), b*(yellowness, 황색도)를 4회 반복 측정하였다.

4) 쿠키의 경도 측정

쿠키의 경도는 Texture Analyzer(Brookfield CT3, Middleboro, MA, USA)로 측정하였다. 측정조건은 Mode: Measure force in compression, Pretest speed: 1.0 mm/s, Test speed: 0.5 mm/s, Probe: 2 mm cylinder probe, Penetration distance: 2 mm로 설정하였고 4회 반복 측정하여 평균값을 계산하였다.

6. 용암해수를 비롯한 물 시료들을 사용한 빵의 제조 적성 평가

1) 빵의 제조

식빵은 AACCI Method 10-10.03(AACC International, 2010)을 사용하여 제조하였으며, 사용된 재료와 배합비는 Table 3과 같으며, 식빵 제조 과정은 Figure 2와 같다. 밀가루, 소금, 버터, 탈지분유를 반죽기(Pin Mixer, National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)에 넣은 후 이스트와 설탕을 미리 물과 섞은 혼합액을 넣어 5분간 반죽하였다. 잘 섞인 반죽을 온도 30°C, 습도 85%로 조절된 발효기(Phantom M301 Combi, Samjung, Gyeonggi, Korea)에 넣어 1차로 52분간 발효를 하였고, 밀대로 밀어 공기를 빼준 후, 2차로 25분간 발효를 하였다. 반죽을 빵틀에 넣은 후 3차로 13분 동안 더 발효를 시킨 다음 215°C로 예열해 둔 오븐(Phantom M301 Combi, Samjung, Gyeonggi, Korea)에서 24분간 구웠다. 구워진 빵을 상온에서 20분 동안 식힌 후, 빵틀에서 빼내어 10분간 더 식힌 후 텍스처를

측정하였다.

2) 발효 후 빵 반죽의 pH 측정

2차 발효가 끝난 빵 반죽 1.5 g을 취하여, 증류수 13.5 mL에 잘 분산시킨 후 pH meter(Mettler Toledo SevenEasy pH meter S20, Columbus, OH, USA)로 2회 반복 측정하였다.

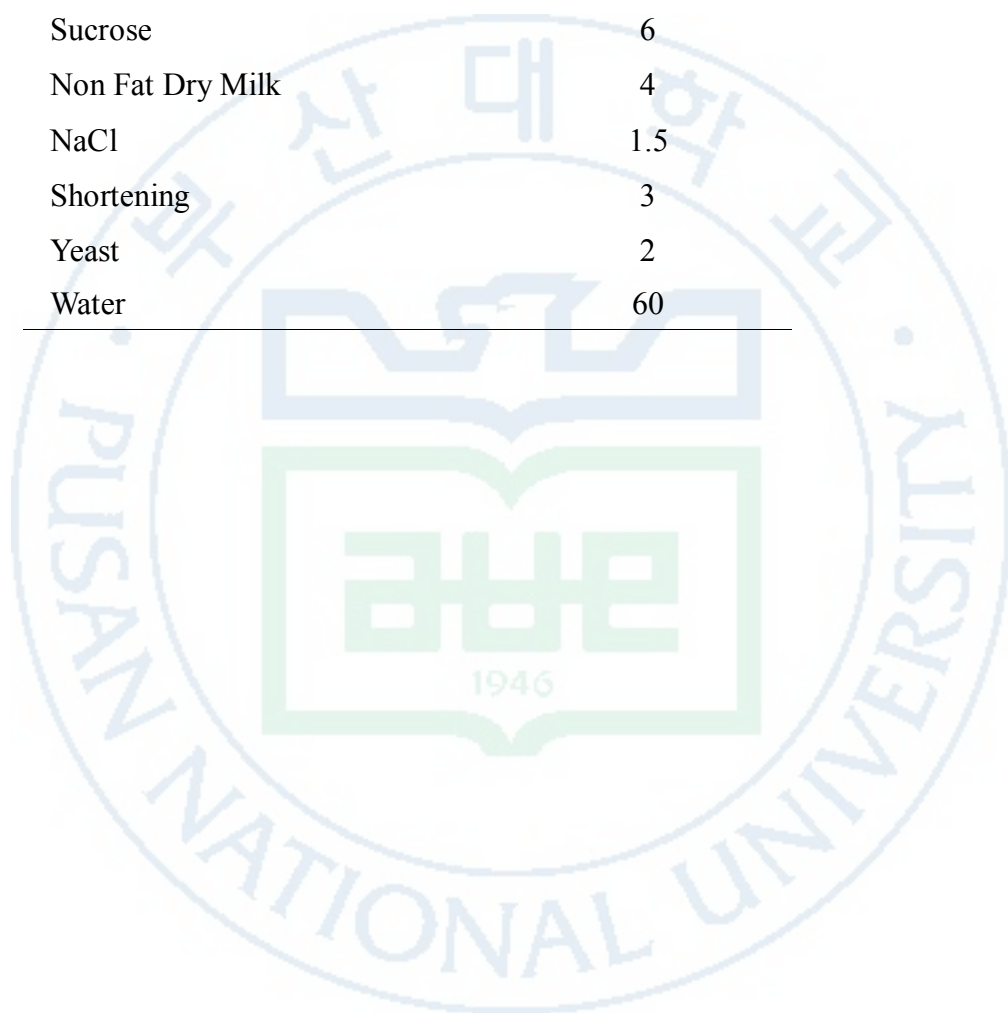
3) 발효 후 빵 반죽의 높이 및 경도 측정

2차 발효를 마친 빵 반죽의 높이는 길이가 표시된 이쑤시개로 측정하였으며, 2회 반복 측정하여 평균 값을 계산하였다.

빵의 반죽경도는 Texture Analyzer (Brookfield CT3, Middleboro, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 측정조건은 Mode: Measure force in compression, Pretest speed: 2.0 mm/s, Test speed: 2.0 mm/s, Post-test speed: 5.0 mm/s, Probe: 0.5 inch ball, Penetration distance: 15 mm로 설정하였다. 2차 발효를 마친 반죽을 빵틀(Chicago Metallic Commercial 11 Non-Stick Mini Loaf Pan, 5 3/4" x 3 1/4" x 2 1/4")에 넣고, 밀대로 밀어 편편하게 만든 후 probe가 침투하도록 하여 측정하되 4회 반복 측정하여 평균값을 계산하였다.

Table 3. Formula and ingredients for AACCI Approved Method 10-10.03 bread baking.

Ingredients	Weight (g)
Flour	100
Sucrose	6
Non Fat Dry Milk	4
NaCl	1.5
Shortening	3
Yeast	2
Water	60



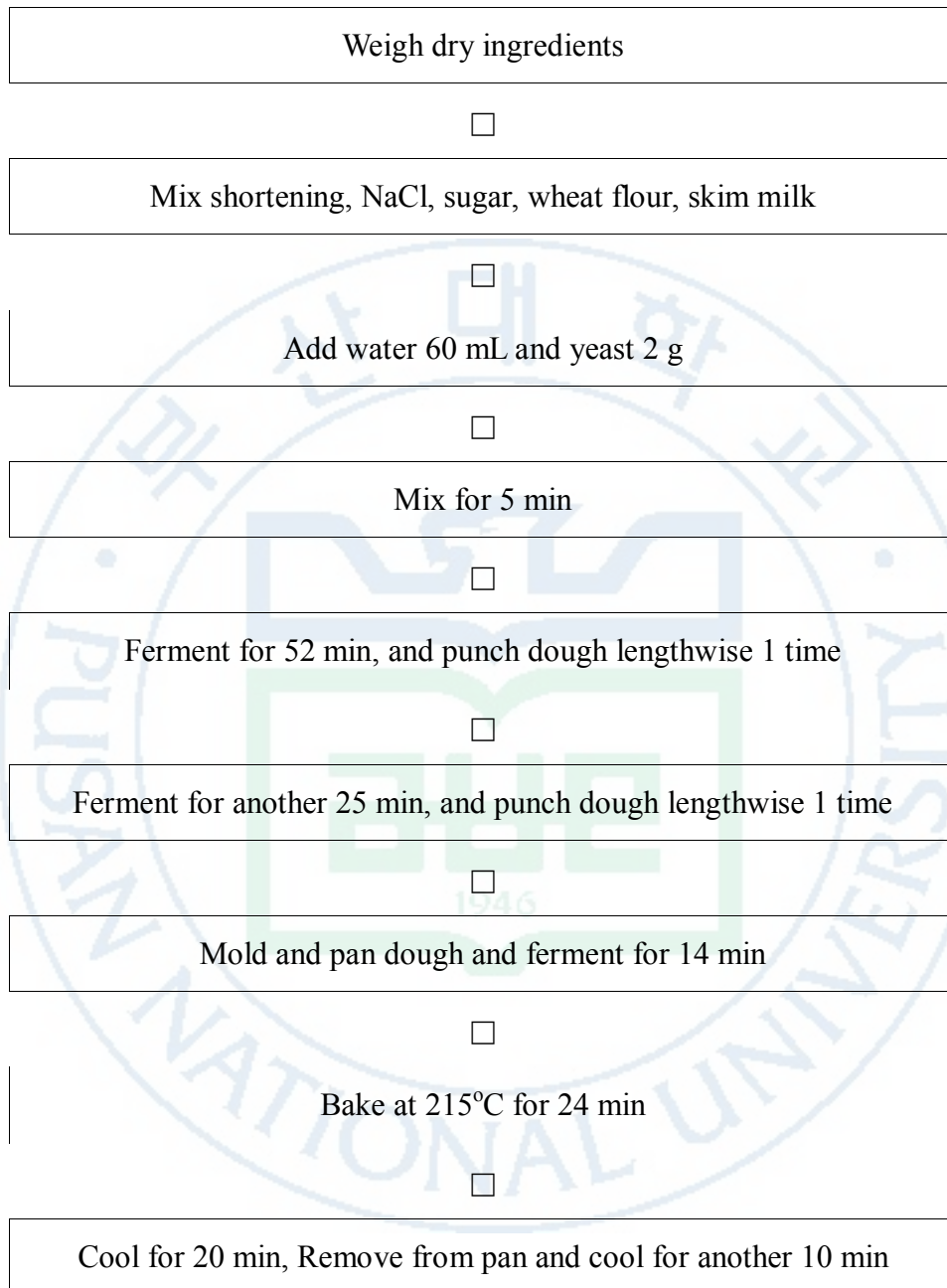


Figure 2. Schematic diagram for bread making procedure.

4) 빵의 부피 및 색도 측정

빵의 부피는 종자 치환법으로 측정하였다. 종자로는 차조를 사용하였고 1.5L 플라스틱 용기에 차조를 가득 채워 차조의 비용적(mL/g)을 구하여 무게를 부피로 환산할 때 사용하였다. 차조가 가득 찬 용기에 빵을 넣은 후 용기에서 빠져 나온 차조의 무게를 측정하였고, 계산된 비용적을 이용하여 무게를 부피로 환산하여 빵의 부피(cc)를 계산하였다. 빵의 부피는 2회 반복 측정하여 평균값으로 계산하였다.

빵의 crumb 의 색은 색도계(CR-20, Minolta, Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 L*(lightness, 명도), a*(redness, 적색도), b*(yellowness, 황색도) 값을 측정하였으며, 빵을 제조한 즉시, 제조 후 1 일째, 제조 후 4 일째 각각 색도를 4회 반복하여 측정하였다.

5) 저장 중 빵의 수분 및 텍스처 변화 측정

빵 시료의 수분 함량은 밀가루의 수분함량을 측정할 때 사용된 AACCI Approved Method 44-15.02 으로 측정하였다(AACCI International, 2010). 빵 crumb 을 약 3 g 미리 무게를 잰 후 칭량용기에 넣고 130 °C에서 정확히 1 시간 동안 열풍건조 오븐(FO 600-M, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 건조시킨 후 빼내어 상온에서 칭량용기를 30 분 동안

냉각시킨 다음 무게를 측정하여 건조되는 동안 감소된 무게로부터 수분 함량을 계산하였다.

빵의 경도는 AACCI Approved Method 74-09.01(AACC International, 2010)에 따라 Texture Analyzer(Brookfield CT3 Texture Analyzer, Middleboro, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 측정조건은 Mode: Measure force in compression, Pretest speed: 2.0 mm/s, Test speed: 2.0 mm/s, Post-test speed: 5.0 mm/s, Probe: TA-AACC36, Penetration distance: 10 mm로 설정하였다. 한덩어리의 빵을 사용하여 센터로부터 두께가 1.5 cm되게 3조각을 자른 후 1조각은 빵을 제조한 날짜의 시료로 사용하였고, 나머지 2조각은 상온에서 저장 후 1일째와 4일째에 각각 경도를 측정하는데 사용하였다. 각 저장 기간에 두 덩어리 빵에서 자른 2조각의 빵을 사용하여 경도를 측정한 후 평균값을 계산하였다.

7. 통계 분석

모든 실험결과는 2회 이상의 반복실험을 통해 평가되었으며, SPSS Statistics (ver. 22.0, IBM Corp, Armonk, NY, USA)을 사용하여 분산분석을 실시하고, $P < 0.05$ 수준에서 Tukey Kramers Test로 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 용암해수를 비롯한 물 시료들의 pH와 미네랄 함량

각 물의 pH와 미네랄 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 물의 총 미네랄 함량은 용암해수가 가장 많았고 증류수는 거의 미미하였다. 모든 물 시료의 총 미네랄 함량은 용암해수>100% ED미네랄수>50% ED미네랄수>10% ED미네랄수>수돗물>삼다수>증류수 순이었다. 용암해수와 100% ED미네랄수를 비교 하였을 때 Mg와 Ca의 함량은 비슷하였지만 100% ED미네랄수의 경우 K와 Na 함량이 거의 10분의 1 수준으로 낮아져 전기투석에 의한 탈염효과를 쉽게 확인할 수 있었다(Kim et al., 2012). 용암해수와 100% ED미네랄수는 건강기능성에 도움을 주는 것으로 알려진 아연(Zn), 철분(Fe), 망간(Mn), 바나듐(V) 및 셀레늄(Se)과 같은 미량 미네랄의 함량이 상대적으로 높았고, 증류수의 경우 미네랄 함량이 상당히 적게 나타나 본 연구에서 100% ED미네랄수를 증류수로 희석하여 미네랄 함량을 조절하는데 적절히 잘 활용되었다고 여겨진다.

칼슘과 마그네슘의 함량으로부터 계산된 물의 경도는 용암해수와 100% ED미네랄수가 4173과 4013으로 경도가 아주 큰 센물이었으며, 수돗물은 117, 삼다수는 15, 증류수는 거의 0으로 상대적 경도가 낮아 단물 또는 약한 센물에 속하였다. 본 연구에서 계산된 삼다수의 경도값은 Wang 등

(2014)에 의해 측정된 20을 약간 웃도는 삼다수의 경도값과 큰 차이를 보이지 않았다. 100% ED미네랄수의 미네랄 함량을 바탕으로 50% ED미네랄수와 10% ED미네랄수의 미네랄 함량을 유추하여 계산된 경도값은 각각 2007과 401이었다. 따라서 본 실험에서 사용된 7종류의 물의 경도 범위는 대략적으로 0-4200임을 알 수 있었다.

측정된 7 종류의 물의 pH 는 6.54 - 7.66 였으며, 증류수의 pH 는 6.54 로 가장 낮았고 삼다수는 증류수에 비해 상대적으로 미네랄 함량이 조금 많으나 pH 값이 7.32 로 훨씬 높아 물의 pH 가 물의 미네랄함량과는 비례하지 않는 것으로 나타났다. 특히 수돗물의 pH 가 7.65 로 상당히 높았으며 이 값은 용암해수의 pH(7.58)와 100% ED 미네랄수의 pH(7.66)와 거의 비슷하여 미네랄함량만으로는 pH 값을 예측하기는 어려운 것을 확인할 수 있었다. 동일한 미네랄이 포함되었고 포함 비율에서만 차이가 있는 100% ED 미네랄수, 50% ED 미네랄수, 10% ED 미네랄수의 경우에는 미네랄함량의 증가에 따라 pH 가 증가함을 알 수 있었다. 따라서 동일한 미네랄성분이 포함된 물로 상대적인 포함비율의 차이가 있는 경우 미네랄함량에 따른 pH 값의 예측이 가능할 것으로 사료되었다.

Table 4. Mineral content and water hardness of water samples.

Element	Magma seawater ¹	100% ED mineral water	50% ED mineral water ²	10% ED mineral water ²	Tap water	Samdasoo	Distilled water
Sr	5.9	3.8	1.9	0.4	0.2	0.0	0.0
Mg	854.6	891.2	445.6	89.1	7.6	2.2	0.0
Ca	261.7	137.7	68.9	13.8	34.2	2.2	0.0
Na	10620.9	1228.3	614.1	122.8	43.5	5.0	4.3
K	810.7	121.4	60.7	12.1	15.1	4.9	1.6
B	4.2	3.8	1.9	0.4	0.1	0.0	0.0
Si	9.8	14.0	7.0	1.4	0.1	22.4	0.1
Ge	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mo	8.3	2.4	1.2	0.2	1.3	0.5	0.0
V	33.4	18.4	9.2	1.8	0.8	7.0	0.5
Mn	2.0	1.5	0.8	0.2	2.0	0.3	0.5
Fe	5.3	3.2	1.6	0.3	4.3	0.8	1.3
Cu	1374.1	28.1	14.1	2.8	243.3	0.4	0.4
Zn	4.1	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0	0.0
Se 72	24.6	13.7	6.8	1.4	1.2	1.2	1.3
Se 82	57.3	22.2	11.1	2.2	1.6	1.1	1.3
pH	7.68	7.76	7.17	6.68	7.65	7.32	6.54
Water Hardness ³	4173	4014	2007	401	117	15	0

¹expressed in ppm units

²calculated based on percent concentration

³calculated as calcium carbonate (mg/L)=(2.497 x [Ca]) + (4.119 x [Mg])

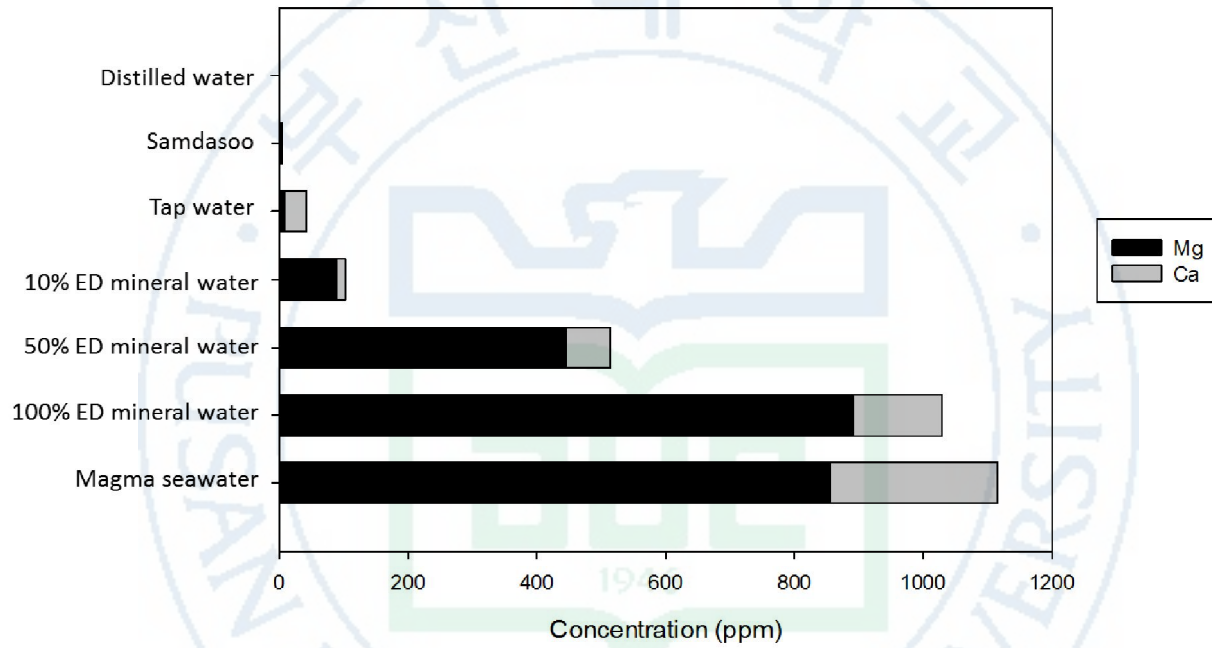


Figure 3. Magnesium and calcium content of water samples.

2. 밀가루의 품질특성

분석된 밀가루의 일반성분은 Table 5에 나타내었고 SRC 결과는 Figure 4에 나타내었다. 분석된 박력밀가루는 수분 함량 13.0%, 회분 함량 0.32%, 단백질 함량이 10.0%인 연질밀로 제조되었음을 알 수 있었고, 글루텐 특성이 약하여 쿠키제조에 바람직한 밀가루임을 확인할 수 있었다 (Morris and Rose, 1996), 반면 강력밀가루는 단백질함량이 14.7%로 높아 강한 글루텐이 요구되는 빵제조에 바람직한 밀가루임을 확인할 수 있었다 (Hoseney, 1986).

밀가루의 SRC 결과는 모든 4가지의 용매에서 SRC 값들이 강력밀가루보다 낮았다. 강력밀가루와 비교하였을 때 SRC값들은 물SRC, 젖산SRC, 탄산나트륨SRC, 설탕SRC값들이 각각 56.1, 98.1, 73.3, 104.3%로 낮은 물의 SRC값은 쿠키 제조시에 적은 물로도 반죽이 가능한 것을 예측할 수 있었으며, 낮은 젖산 SRC값은 쿠키 반죽에서 글루텐 형성이 잘 이루어지지 않아 오븐에서 쿠키를 굽는 과정에서 수직적으로 팽창된 쿠키가 다 구워졌을 때 쉽게 collapse 되어 두께가 얇은 쿠키가 만들어질 수 있음을 시사하였다. 또 낮은 탄산나트륨SRC값과 설탕SRC값들은 오븐에서 쿠키를 구울 때 쿠키 반죽에서 수분이 쉽게 날아가 쿠키의 바람직한 최종 수분량을 갖게 하고, 외관과 텍스처 면에서도 품질이 선호되는 쿠키를 제조할 수 있는 밀가루임을 확인할 수 있었다(Faridi et al., 1994; Slade and

Levine 1994). Gaines(2000)는 SRC 값이 물의 경우 $\leq 51\%$, 젖산의 경우 $\geq 87\%$, 탄산나트륨의 경우 $\leq 64\%$, 설탕의 경우 $\leq 89\%$ 일 때, 형태적인 측면에서 가장 이상적인 쿠키를 제조할 수 있다고 하였다.

한편 강력밀가루는 물SRC, 젖산SRC, 탄산나트륨SRC, 설탕SRC값들이 각각 74.9, 146.0, 102.1, 129.6%로 반죽시글루텐형성이 잘 되고 물의 흡수량도 높아 빵을 제조하는데 적합한 밀가루임을 알 수 있었다 (Zghal et al., 2001; Courtin and Delcour, 2002; Xiao et al., 2006).



Table 5. Proximate analysis of flour samples.

Flour ¹	Moisture (%)	Protein (%)	Ash (%)
Cookie flour	13.0±0.0 ^a	10.0±0.0 ^a	0.32±0.0 ^e
Bread flour	13.4±0.0 ^b	14.7±0.0 ^b	0.42±0.0 ^b

¹Results are expressed as Mean±SD. Values with the same letter within the same column are not significant ($p < 0.05$) according to Tukey Kramer's test.



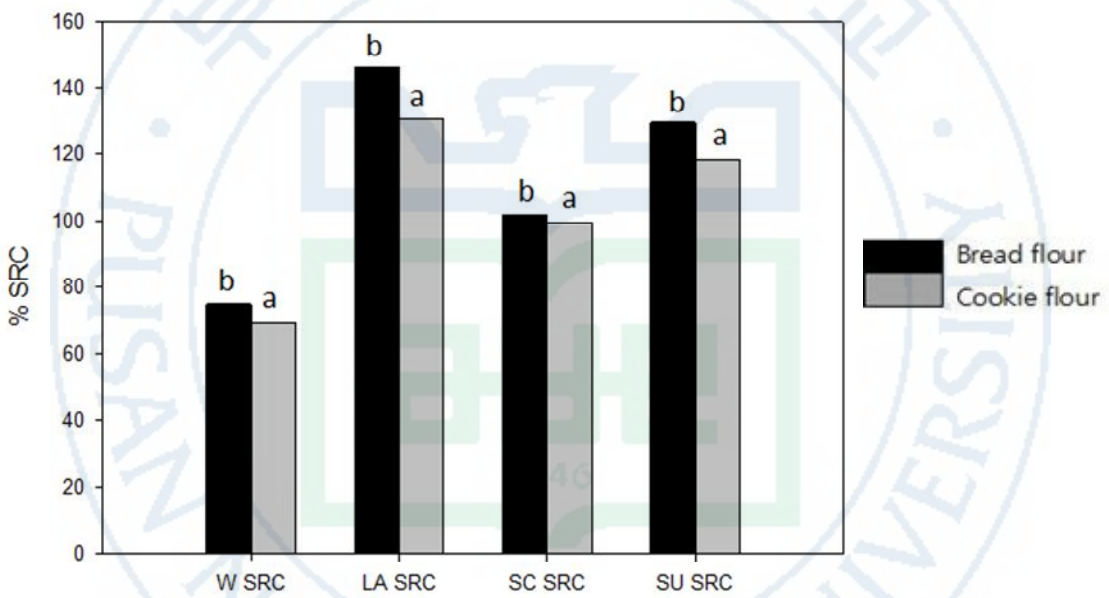


Figure 4. Solvent retention capacity (SRC) of flour samples.¹

¹Bars with the same letter per SRC solvent are not significantly different at $P < 0.05$

3. 용암해수를 비롯한 물 시료들에 대한 밀가루 pasting 특성

각각 경도가 다른 7가지 물을 사용하여 RVA로 밀가루의 pasting 특성을 측정한 결과는 Table 6과 같고 pasting curve들은 Figure 5에 나타내었다. 밀가루의 pasting 온도는 물의 경도가 증가함에 따라 증가하는 양상을 보였다. 용암해수와 100% ED미네랄수를 사용하였을 때의 pasting 온도는 72-73°C로 증류수나 삼다수를 사용하였을 때 보다 현저히 높게 나타나 미네랄이 밀가루 전분의 pasting을 지연시킨다는 것을 확인할 수 있었다. 최고 점도와 최종 점도 또한 경도가 증가함에 따라 높아지는 추세를 보였으며, 용암해수를 사용한 경우 유의적으로 증가하여 각각 3674 cP, 3960 cP로 높게 나타났다. 반면 증류수와 삼다수를 사용한 경우 최고 점도와 최종 점도가 2400-2500 cP, 2400-2600 cP로 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. 이를 통해 미네랄에 의해 점도도 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 용암해수와 100% ED미네랄수의 칼슘과 마그네슘 함량은 거의 비슷하지만 ED전기투석에 의해 나트륨이나 칼륨이 감소되어 100% ED미네랄수의 최종 점도와 최고 점도가 용암해수 보다 낮게 나타났다. 또한, 50% ED미네랄수와 10% ED미네랄수는 100% ED미네랄수에 비하여 pasting온도, 최고 점도, 최종 점도 및 setback 점도가 크게 감소하였다. 상당한 양의 미네랄(Mg, Ca, Na, K 및 Cu)이 많아 높은 경도를 가지고 있는 수돗물은 삼다수와 증류수에 비해 높은 pasting 온도, 최고 점도

및 최종 점도의 결과를 보였다(Maga and Desrosiers 1979; Chiemela et al., 2010).

상관관계 분석 결과는 Figure 6과 Table 8에 나타냈으며 물의 경도가 pasting 온도($P < 0.05$, $R = 0.86$), 최고 점도($P < 0.001$, $R = 0.94$) 및 최종 점도($P < 0.05$, $R = 0.86$), setback 점도($P < 0.05$, $R = 0.78$)과 유의적으로 관계가 있음을 알 수 있었다. Stefan 등(2015)은 물의 경도에 따른 밀가루 반죽 변화에 대한 연구에서 물의 경도 변화가 farinograph stability time과 farinograph quality number에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. 따라서 물의 경도 차이는 쿠키와 빵의 품질 특성에도 영향을 줄 수 있음을 예측할 수 있다.

Table 6. Starch pasting properties of flour with water samples.

Water ¹	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Setback viscosity(c P)
Magma seawater	71.8±0.0 ^c	3674±10 ^e	3960±42 ^e	1363±47 ^{bc}
100% ED mineral water	72.7±0.0 ^c	3191±38 ^d	3101±40 ^d	1505±30 ^d
50% ED mineral water	69.8±0.6 ^b	2954±0 ^c	2930±13 ^c	1462±29 ^{cd}
10% ED mineral water	69.5±0.0 ^b	2575±69 ^b	2615±69 ^{ab}	1300±33 ^b
Tap water	69.8±0.5 ^b	2670±17 ^b	2765±1 ^b	1258±10 ^{ab}
Samdasoo	66.7±0.3 ^a	2442±2 ^a	2621±16 ^{ab}	1266±29 ^{ab}
Distilled water	66.7±0.5 ^a	2422±12 ^a	2590±24 ^a	1200±41 ^a

¹Flour:solvent ratio = 7:50 (w/v).

²Results are expressed as Mean±SD values. Values with the same letter with in the same column are not significant ($p<0.05$) according to Tukey Kramers test.

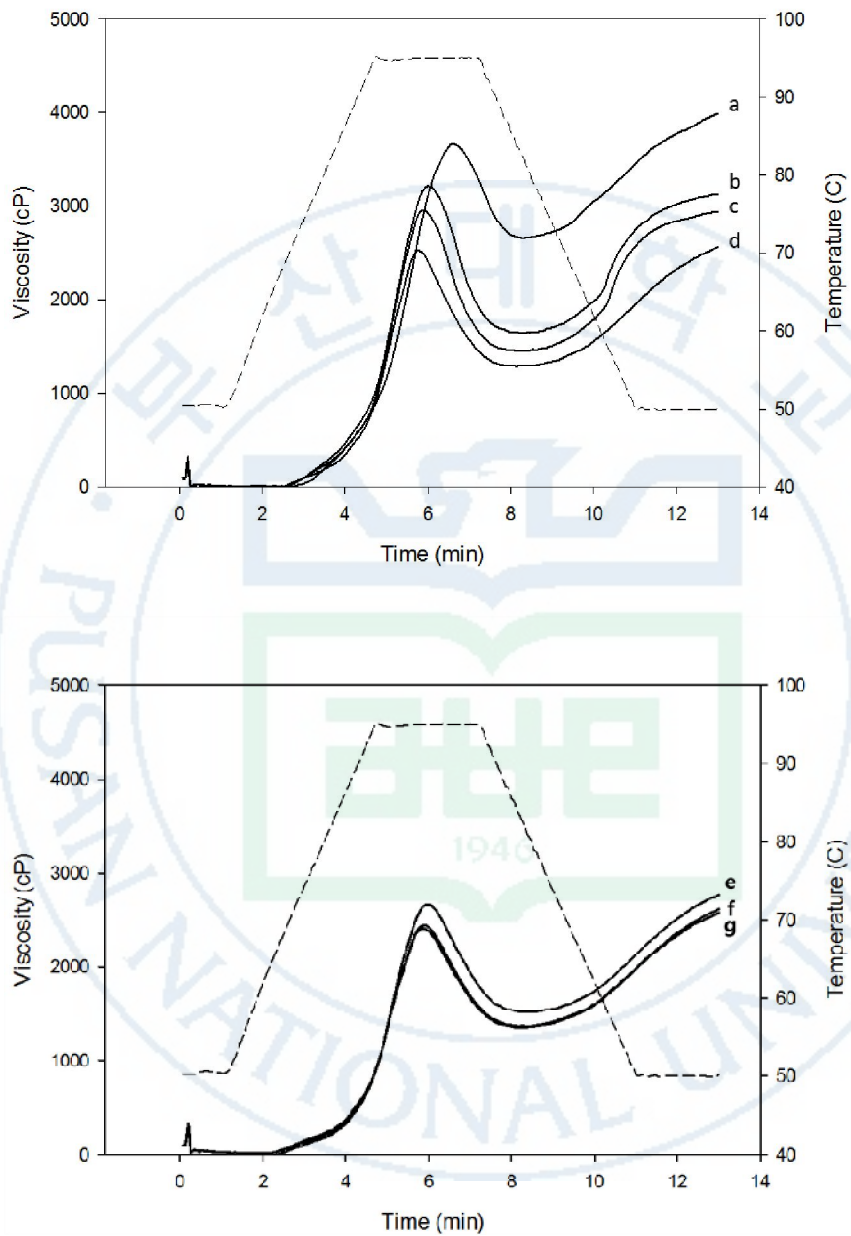


Figure 5. Pasting curves of flour with water samples: magma seawater (a), 100% ED mineral water (b), 50% ED mineral water (c), 10% ED mineral water (d), tap water (e), Samdasoo (f), distilled water (g)

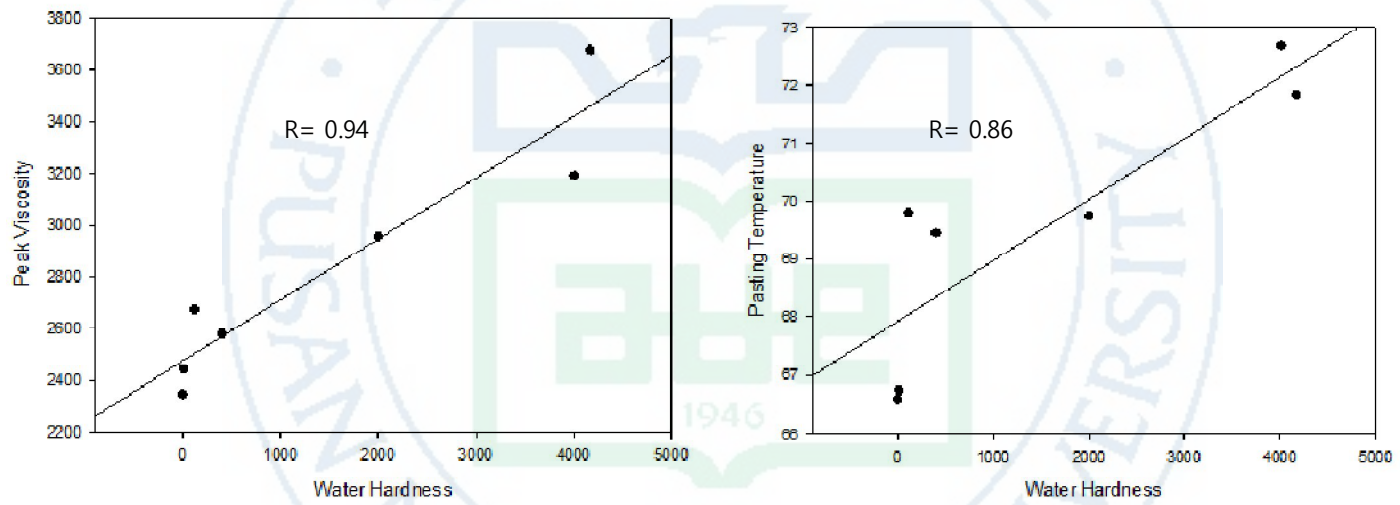


Figure 6. Correlation between water hardness and pasting properties.

4. 용암해수를 비롯한 물 시료를 사용한 쿠키의 제조 적성

쿠키의 반죽 특성 및 쿠키의 품질 특성은 Table 7에 나타내었고, 쿠키의 사진은 Figure 7에 나타내었다. 쿠키반죽의 경도는 물의 경도와는 큰 상관관계를 보이지 않았으나, 물의 pH가 증가함에 따라 증가됨을 알 수 있었다. 쿠키를 굽는 과정에서 무게 감소는 증류수를 사용한 쿠키 반죽이 가장 컸고 용암해수를 사용한 쿠키반죽이 가장 적었다. 물의 경도가 증가함에 따라 유의적으로 크기가 작은 쿠키들이 제조되어 쿠키의 지름은 용암해수 $\leq 100\%$ ED미네랄수 $\leq 50\%$ ED미네랄수 $\leq 10\%$ ED미네랄수 \approx 수돗물 \approx 삼다수 \leq 증류수 순서로 나타났다. 물의 경도 증가에 따른 쿠키 크기의 감소 효과는 RVA로 측정된 물 속의 미네랄 성분의 밀가루의 pasting 증가 효과와 연관이 있어 미네랄에 의한 밀가루 전분의 pasting 점도 증가가 베이킹 중에 쿠키가 커지는 것을 억제하여 최종적으로 크기가 작은 쿠키가 만들어지도록 작용한다고 할 수 있다(Figure 8).

일반적으로 이상적인 쿠키는 크기가 크고 두께가 얇으며 색도는 golden brown으로 pale하지 않은 색을 띤다. 본 연구에서 제조된 쿠키의 색도를 측정한 결과는 쿠키의 크기와 밝기를 나타내는 L^* 는 부의 상관관계를, 적색도인 a^* 와 황색도인 b^* 와는 정의 상관관계를 나타내었다(Table 8). Table 7에서 보여준 바와 같이 용암해수와 100% ED 미네랄수로 만든 쿠키

키는 증류수나 삼다수로 만든 쿠키들보다 훨씬 크기가 작고 L^* 값이 커 pale한 쿠키들임을 알 수 있었다. 또한 a^* 와 b^* 값도 작아 쿠키의 이상적인 색깔인 golden brown과는 거리가 있는 것으로 판단이 되었다.

물의 경도와 쿠키의 품질 특성과의 상관관계 분석 결과에서(Table8) 물의 경도가 증가할수록 쿠키의 지름이 감소하였으나($p<0.001$, $A=-0.98$), 쿠키의 높이와는 유의적인 관계를 보이지 않았다. 쿠키의 경도는 물의 경도와 정의 상관관계를 보여 물의 경도가 증가함에 따라 단단한 쿠키가 제조됨을 알 수 있었다($p<0.05$, $A=0.77$). 물의 경도와 쿠키의 색도도 L^* ($P<0.01$, $R=0.90$), a^* ($P<0.001$, $R=-0.98$) 및 b^* ($P<0.05$, $R=-0.83$)와 유의적 관계를 보여 주었다.

본 연구결과에서 사용된 용암해수와 100% ED미네랄수는 그대로 사용하였을 때 미네랄 함량이 너무 많아 쿠키의 품질 특성에 부정적인 영향을 미쳐 사용시 고려가 필요하지만, 100% ED 미네랄수를 50%까지 희석해서 사용하였을 경우에는 쿠키의 크기나 텍스처가 식품산업에서 주로 사용되는 수돗물로 만든 쿠키의 특성과 유의적으로 차이가 없어 쉽게 이용할 수 있는 가능성을 시사하였다. 따라서 100% ED미네랄수를 활용하여 미네랄 함량을 조절하여 사용하면 미네랄함량이 증가된 쿠키를 제조할 수 있을 것으로 예측되며 용암해수를 쿠키제조에 적용하는 것은 제주 용암해수를 활용할 수 있는 또 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

Table 7. Cookie dough firmness, weight loss during baking, and cookie characteristics.

Water ¹	Dough firmness (g)	Weight loss (%)	Cookie				Top color	
			Diameter (cm)	Height (cm)	Hardness (g)	L*	a*	b*
Magma seawater	122±3 ^c	13.0±0.0 ^a	6.98±0.1 ^a	1.03±0.0 ^a	2693±26 ^e	64.4±0.3 ^c	9.9±0.1 ^a	31.0±0.2 ^a
100%ED mineral water	85±1 ^b	13.7±0.5 ^{cd}	7.06±0.0 ^{ab}	1.04±0.0 ^a	2392±21 ^d	63.9±0.1 ^c	10.4±0.1 ^a	31.4±0.3 ^{ab}
50% ED mineral water	84±3 ^b	13.0±0.0 ^a	7.17±0.0 ^{abc}	1.09±0.0 ^{ab}	2339±21 ^{cd}	63.3±0.2 ^{bc}	11.5±0.0 ^b	32.5±0.0 ^c
10% ED mineral water	71±3 ^a	14.0±0.5 ^d	7.23±0.1 ^{bc}	1.04±0.0 ^{ab}	2249±12 ^c	61.7±0.4 ^{ab}	12.1±0.0 ^{bc}	32.6±0.2 ^c
Tap water	81±1 ^{ab}	13.4±0.0 ^{bc}	7.25±0.0 ^{bc}	1.08±0.0 ^{ab}	2348±39 ^{cd}	59.8±1.1 ^a	12.7±0.4 ^c	32.0±0.1 ^{bc}
Samdasoo	82±1 ^b	13.2±0.0 ^{ab}	7.24±0.1 ^{bc}	1.13±0.0 ^{ab}	1586±12 ^a	61.1±0.6 ^a	12.3±0.3 ^c	32.6±0.0 ^c
Distilled water	75±3 ^{ab}	13.9±0.3 ^d	7.32±0.0 ^c	1.08±0.0 ^{ab}	1721±33 ^b	60.9±0.1 ^a	12.2±0.2 ^{bc}	31.7±0.5 ^{bc}

¹Results are expressed as Mean±SD. Values with the same letter within the same column are not significant ($p<0.05$) according to TukeyKramers test.



Figure 7. Cookie formulated with water samples. From left to right: magma seawater, 100% ED mineral water, 50% ED mineral water, 10% ED mineral water, tap water, Samdasoo, distilled water.

Table 8. Correlation between water hardness and pasting properties and cookie characteristics

Parameter	Water Hardness
Peak Viscosity	0.94***
Pasting Temp.	0.86*
Final Viscosity	0.86*
Setback Viscosity	0.78*
Cookie Dough Firmness	NS
Cookie Texture	0.77*
Moisture Loss	NS
Diameter	-0.98***
Height	NS
Cookie Color	
L*	0.90**
a*	-0.98***
b*	-0.83*

*, **, *** indicate significance at 0.05, 0.01 and 0.001

NS: not significant

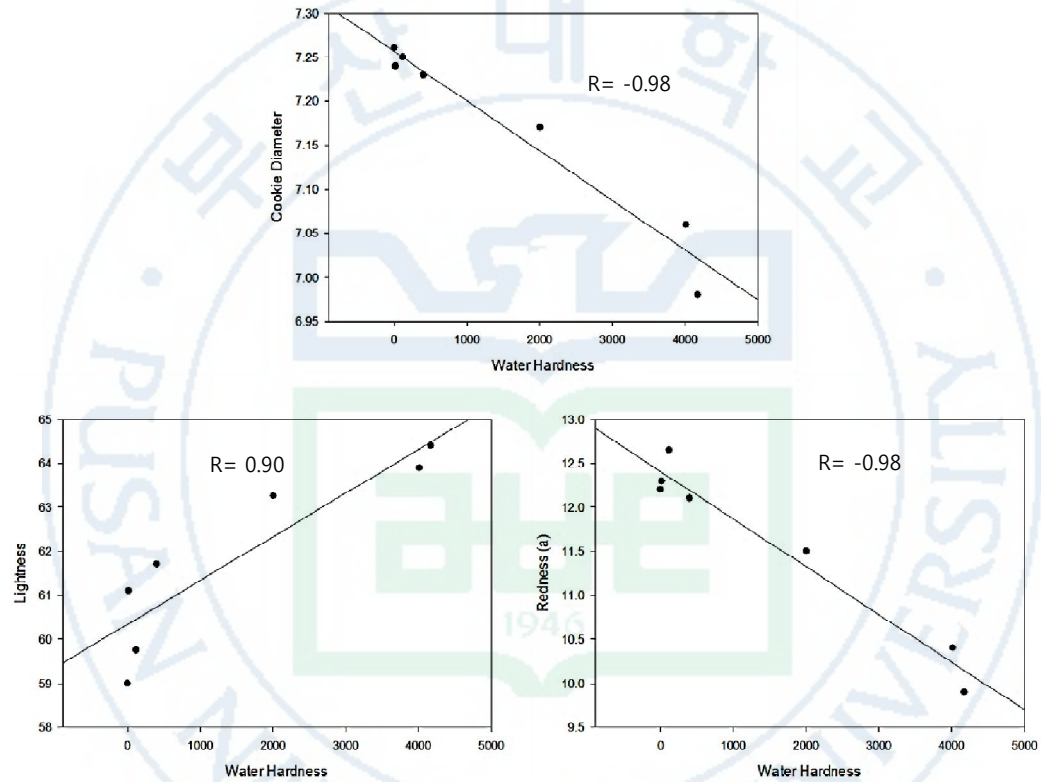


Figure 8. Relationships between water hardness and cookie characteristics.

5. 용암해수를 비롯한 물 시료들을 사용한 빵의 제조 적성

용암해수를 비롯한 여러 종류의 물로 만든 빵 반죽의 특성과 빵의 품질 결과는 Table 9에 나타냈다. 용암해수를 사용한 빵 반죽의 경도는 다른 물을 사용했을 때에 비해 현저히 큰 것을 알 수 있었다. 쿠키 반죽에서와 같이 빵 반죽의 경도가 물의 경도와는 큰 상관관계를 보이지 않았고 물의 pH가 증가함에 따라 단단한 반죽이 형성됨을 알 수 있었다. 그러나 빵 반죽의 높이는 물의 경도가 증가함에 따라 감소하여 미네랄 함량 증가에 따라 이스트 활성이 억제되어 나타난 효과임을 알 수 있었다. 이는 Sinani 등 (2014)과 Stefan 등(2015)이 보고한 알칼리수에서의 이스트 활성 저하 결과들과 유사한 경향을 나타내었다. 물의 경도가 증가함에 따라 제조된 빵의 부피는 증류수>삼다수≥수돗물≥10% ED미네랄수≥50% ED미네랄수≈100% ED미네랄수≥용암해수 순서로 감소하는 것을 알 수 있었다 (Table 9).

빵의 텍스처를 측정된 결과에서는 대체적으로 물의 경도가 증가함에 따라 빵의 경도가 증가하였으나, 증류수, 삼다수, 수돗물로 만든 빵들의 경도는 거의 비슷하여 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 물의 경도가 약 400인 10% ED미네랄수를 사용하여 제조한 빵의 경도도 증류수, 삼다수, 수돗물로 제조한 빵의 경도보다 약간 컸으나 그 차이는 유의적으로 현

저히 크지 않아 400정도까지의 경도를 지나는 물로 빵을 제조하였을 때 빵의 제조 적성과 빵의 텍스처(경도)에 미치는 영향은 크지 않는 것으로 확인되었다. 그러나 물의 경도가 2000 이상되는 50% ED미네랄수, 100% ED미네랄수, 용암해수를 사용하였을 때에는 빵의 경도에 유의적인 영향을 주어 빵의 품질에 바람직하지 못한 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다 (Table 10).

빵의 수분함량은 제조 당일에 측정하였을 때 모든 물 시료를 사용하여 제조한 빵들에서 40% 전후로 나타나 일반적인 빵의 수분 함량 범위를 알 수 있었고 빵의 crumb의 색도도 유사하였다. 따라서 미네랄함량이 제조 당일의 신선한 빵의 crumb의 색도나 수분 함량에는 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다(Table 10, 11).

저장 중 빵의 품질 변화를 살펴보기 위하여 측정된 경도와 수분함량의 결과는 Table 10과 Table 11에 나타내었다. 4일 동안 상온에서 빵을 저장하였을 때 빵의 경도가 증가함을 알 수 있었고 빵의 수분함량은 감소하였으며 빵의 색도도 어두워짐을 관찰 할 수 있었다. Figure 10에서 보여준 모든 물 시료로 만든 빵의 경도 변화 정도는 빵 저장 1일째까지 급격히 증가됨을 알 수 있었고, 빵 저장 4일째에는 경도가 낮은 물로 만든 빵의 경우에는 빵의 경도가 지속적으로 급격히 증가하는 양상을 보였으나, 경도가

2000이상되는 물로 만든 빵의 경우에는 경도의 증가 정도가 느리게 나타났다. 이는 저장 시 빵의 수분함량에서의 변화와 비슷한 경향을 보여 빵의 경도와 빵의 수분함량이 밀접한 관계가 있음을 시사하였다. He와 Hoseney (1990)는 장기간 빵을 저장하였을 때 빵의 경도가 증가함에 따라 수분함량이 감소하는 것을 관찰하여 수분함량이 빵이 딱딱해 지는 것에 중요한 역할을 한다고 보고하였다. Pisesookbunterng와 D'Appolonia (1983)도 빵의 경도가 저장 중에 증가하였으며 특히 수분이 빵의 crumb에서 crust로 이동됨을 확인하였다. 본 연구의 결과인 빵의 수분 함량변화와 빵의 경도관계는 이들의 연구 결과를 뒷받침하고 있다. 미네랄 함량이 높은 물로 만든 빵이 저장기간 동안 수분함량이 적게 감소되는것은 미네랄들이 물을 흡착하는 성향이 큰 것에 기인 되는 것으로 추측되었다(Sinani et al. 2014). 빵 crumb의 색도는 저장 기간 동안 L*값이 감소하여 빵의 수분함량 감소와 관계가 있음을 알 수 있었고, 물 시료들 간에는 차이를 보이지 않아 미네랄함량이나 물의 경도와는 무관함을 알 수 있었다.

종합적으로 물의 경도가 400이 넘는 경우 빵 반죽 특성 및 빵의 부피와 경도에도 영향을 미쳐 발효과정을 필요로 하는 빵 제조가 발효과정이 필요치 않은 쿠키제조에 비해 훨씬 물의 경도에 의한 영향이 크게 나타남을 알 수 있었다. 물의 경도가 증가할수록 발효 후 빵의 반죽 높이는 유의적으로

감소하였고($P < 0.01$, $A = -0.88$), 최종적으로는 부피가 유의적으로 작은 빵 ($P < 0.05$, $A = 0.82$)이 제조되었다. 또한 물의 경도가 증가함에 따라 단단한 빵이 제조되어 빵의 경도와 물의 경도는 정의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다($P < 0.01$, $A = 0.93$)(Table 12). 따라서 제주용암해수를 빵 제조에 활용하기 위해서는 미네랄 함량과 물의 경도에 대한 신중한 조절이 필요한 것으로 사료되며, 이스트의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않는 범위내에서 최대로 미네랄 함량을 함유하는 물을 활용하여 미네랄함량이 증가된 빵을 만들 수 있는 조건을 모색하는 연구가 더 이뤄져야 할 것으로 제안한다.

Table 9. Dough firmness, pH and height after fermentation and baked bread loaf volume.

Water ¹	Dough pH	Bread dough height (cm)	Dough firmness(g)	Loaf volume(cc)
Magma seawater	5.41±0.00 ^{ab}	4.9±0.1 ^{ab}	122±3 ^d	509±16 ^a
100%ED mineral water	5.53±0.01 ^c	4.7±0.2 ^c	85±1 ^d	517±7 ^{ab}
50% ED mineral water	5.52±0.01 ^c	5.1±0.1 ^c	84±3 ^{cd}	518±3 ^{ab}
10% ED mineral water	5.39±0.01 ^a	5.6±0.2 ^a	71±3 ^a	538±4 ^{abc}
Tap water	5.44±0.01 ^b	5.3±0.2 ^{bc}	81±1 ^{bcd}	569±7 ^{cd}
Samdasoo	5.42±0.01 ^{ab}	5.9±0.1 ^{bc}	82±1 ^{bcd}	544±8 ^{bc}
Distilled water	5.49±0.00 ^c	5.8±0.0 ^c	75±3 ^{ab}	585±3 ^d

¹Results are expressed as Mean±SD. Values with the same letter within the same column are not significant ($p<0.05$) according to Tukey Kramers test

Table 10. Firmness and moisture content of bread measured during storage.

Water ¹	Bread firmness (g)			Bread moisture content (%)		
	0 Day	1 Day	4 Days	0 Day	1 Day	4 Days
Magma seawater	1290±82 ^d	2322±211 ^c	3141±20 ^{ab}	41.5±3.3 ^a	35.6±1.4 ^a	35.8±2.1 ^a
100%ED mineral water	953±4 ^c	1797±42 ^b	3175±51 ^b	39.5±0.1 ^a	36.5±1.4 ^a	33.8±0.8 ^a
50% ED mineral water	734±29 ^b	1505±30 ^{ab}	2653±355 ^{ab}	39.9±0.1 ^a	34.0±1.2 ^a	32.6±1.3 ^a
10% ED mineral water	662±12 ^{ab}	1313±112 ^a	2714±100 ^{ab}	39.7±0.1 ^a	34.5±1.8 ^a	32.4±0.1 ^a
Tap water	554±31 ^a	1132±72 ^a	2458±125 ^a	40.1±0.1 ^a	34.0±0.5 ^a	31.3±0.0 ^a
Samdasoo	576±40 ^a	1252±60 ^a	2550±186 ^{ab}	39.9±0.1 ^a	34.0±0.4 ^a	33.7±1.0 ^a
Distilled water	554±3 ^a	1236±84 ^a	2425±136 ^a	39.8±0.1 ^a	34.3±2.3 ^a	31.3±0.4 ^a

¹Results are expressed as Mean±SD. Values with the same letter within the same column are not significant (p<0.05) according to Tukey Kramers test.

Table 11. Bread color measured during storage.

Water ¹	0 day			1 day			4 days		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Magma seawater	81.1±0.2 ^{ab}	0.6±0.1 ^a	14.9±0.6 ^a	79.9±0.6 ^{ab}	0.6±0.0 ^a	14.2±2.0 ^a	76.9±1.1 ^{ab}	0.7±0.0 ^a	14.4±0.4 ^a
100%ED mineral water	80.5±0.1 ^{ab}	0.5±0.0 ^a	14.7±0.2 ^a	79.0±0.5 ^{ab}	0.7±0.0 ^a	15.0±0.8 ^a	76.2±1.8 ^{ab}	0.6±0.0 ^a	14.5±0.5 ^a
50% ED mineral water	80.1±0.5 ^a	0.5±0.0 ^a	14.6±0.5 ^a	78.4±0.2 ^{ab}	0.8±0.0 ^a	14.9±0.7 ^a	75.9±0.1 ^{ab}	0.7±0.0 ^a	14.1±0.6 ^a
10% ED mineral water	80.4±0.4 ^{ab}	0.6±0.1 ^a	14.8±0.4 ^a	78.5±0.9 ^{ab}	0.7±0.1 ^a	14.9±0.2 ^a	76.2±0.2 ^{ab}	0.7±0.0 ^a	14.3±0.4 ^a
Tap water	82.0±1.7 ^{ab}	0.6±0.0 ^a	15.2±0.1 ^a	79.4±1.2 ^{ab}	0.7±0.0 ^a	15.1±0.0 ^a	75.1±0.4 ^a	0.6±0.1 ^a	14.5±0.9 ^a
Samdasoo	80.8±0.8 ^{ab}	0.6±0.1 ^a	15.6±0.7 ^a	78.6±0.0 ^{ab}	0.7±0.1 ^a	15.5±0.3 ^a	76.4±1.0 ^{ab}	0.6±0.1 ^a	15.4±0.3 ^a
Distilled water	82.1±0.3 ^b	0.7±0.1 ^a	15.2±0.4 ^a	79.3±0.9 ^a	0.8±0.0 ^a	14.3±0.9 ^a	76.5±0.4 ^a	0.6±0.0 ^a	13.8±1.6 ^a

¹Results are expressed as Mean±SD. Values with the same letter within the same column are not significant ($p<0.05$) according to Tukey Kramers test.



Figure 9. Bread formulated with various water samples. From left to right: magma seawater, 100% ED mineral water, 50% ED mineral water, 10% ED mineral water, Samdasoo, tap water, distilled water.

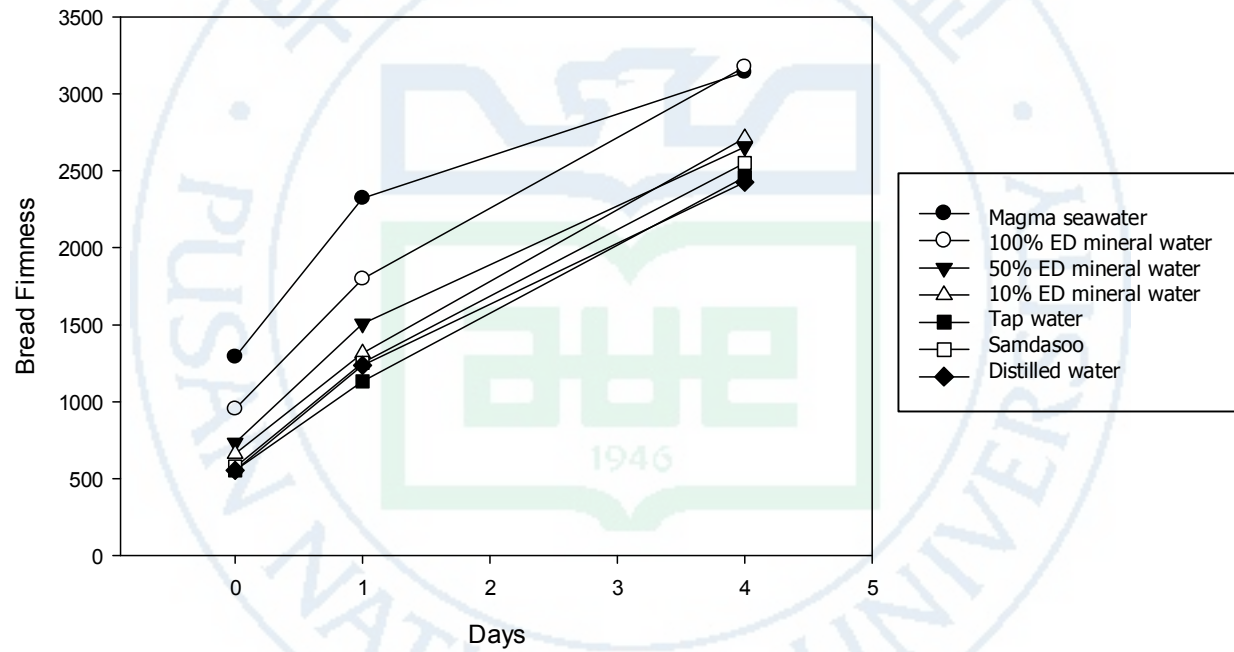


Figure 10. Change of bread firmness during storage.

Table 12. Correlation between water hardness and bread making characteristics.

Parameter	Water Hardness
Loaf volume	-0.82*
Dough Height	-0.88**
Dough Firmness	NS
Dough pH	NS
Bread Texture	
0 day	0.93**
1 day	0.93**
4 days	0.94***
Bread Moisture	
0 day	NS
1 day	0.87**
4 days	0.77*
Bread Color	
0 day L*	NS
a*	NS
b*	NS
1 day L*	NS
a*	NS
b*	NS
4 days L*	NS
a*	NS
b*	NS

*, **, *** indicate significance at 0.05, 0.01 and 0.001

NS: not significant

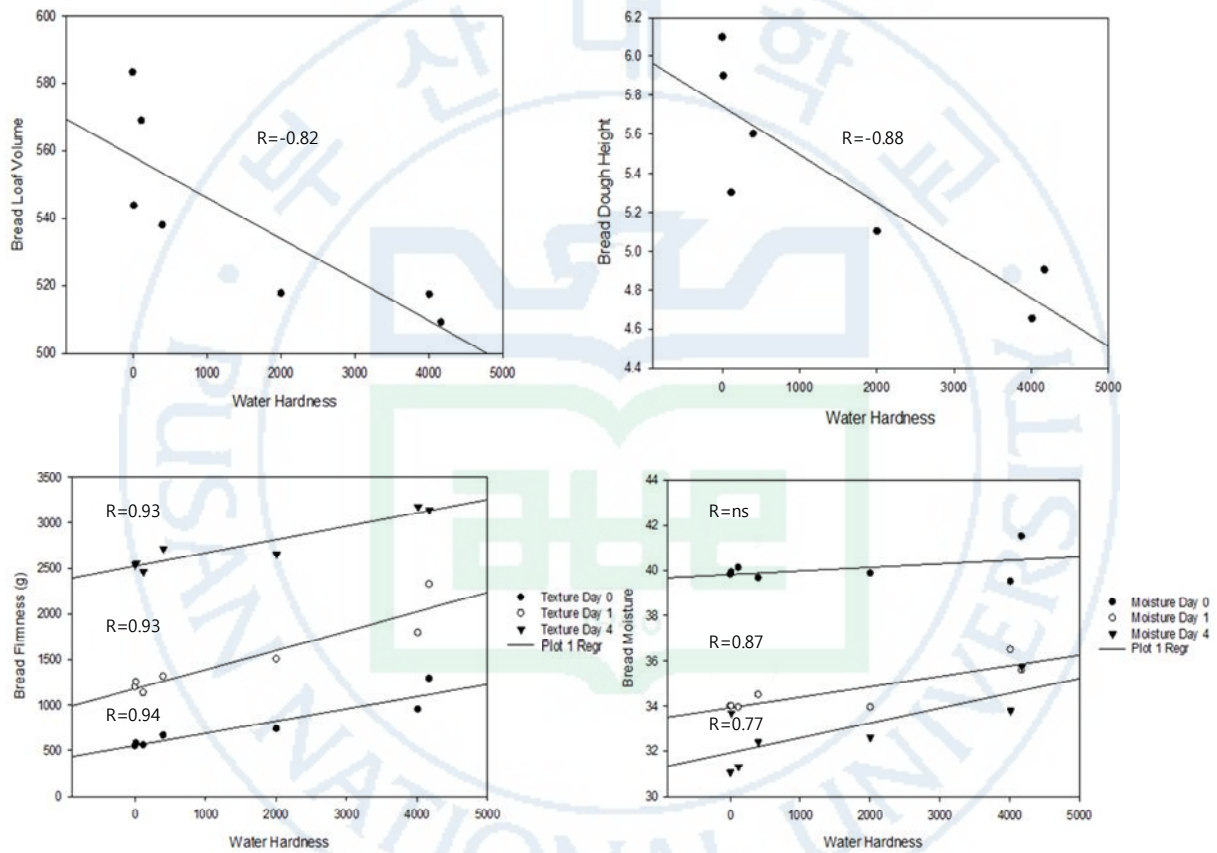


Figure 11. Relationships between water hardness and bread making characteristics.

IV. 요약 및 결론

건강과 기능성식품에 대한 소비자들의 관심이 높아지면서 미네랄수의 생산이 증가되고 시장도 매년 성장하는 추세이다. 제주에서는 용암해수의 활용에 대한 관심이 증대되었으며 이에 대한 연구와 아울러 활용가능성을 확대시켜 가고 있다. 본 연구에서는 제주의 용암해수를 이용하여 쿠키와 빵을 제조하여 각각의 제품의 품질특성을 살펴보았다. 두 제품은 제조 공정에서 있어서 이스트에 의한 발효과정의 유무에 차이가 있어, 물의 미네랄이 각 제품의 제조 적성에 어떻게 영향을 주는지 비교하였다. 실험에 사용된 7종의 물은 용암해수, 100% ED미네랄수, 50% ED미네랄수, 10% ED미네랄수, 수돗물, 삼다수, 증류수였으며 실험에서 얻어진 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 물의 전체 미네랄 함량은 용암해수>100% ED미네랄수>50% ED미네랄수>10% ED미네랄수>수돗물>삼다수>증류수 순이었다. 칼슘과 마그네슘의 함량을 바탕으로 하여 계산된 본 실험에 사용된 7종류의 물의 경도는 0-4200정도로 넓은 범위였으며 측정된 물의 pH (6.5-7.7)는 미네랄함량과 비례하지 않았다.
2. 밀가루의 품질을 분석할 결과 박력밀가루는 강력밀가루에 비해

회분과 단백질 함량이 낮았으며 모든 용액에서의 SRC값들도 훨씬 낮아 쿠키제조에 적합한 것으로 판단되었고, 강력밀가루는 단백질 함량과 젖산 SRC값이 커서 글루텐 강도가 크고 물의 흡수량도 높아 빵을 제조하는데 적합한 밀가루임을 확인하였다.

3. 물 시료를 달리하여 측정된 밀가루의 pasting 특성은 물의 경도가 증가할수록 pasting 온도, 최고점도 및 최종점도가 증가하여 미네랄의 함량 증가에 따라 밀가루 전분의 pasting이 억제되고 지연됨을 알 수 있었다. 물의 경도와 밀가루 pasting 특성의 상관관계 분석 결과 pasting 온도($P<0.05$, $R=0.863$), 최고점도 ($P<0.01$, $R=0.944$), 최종점도($P<0.05$, $R=0.861$) 및 setback 점도 ($P<0.05$, $R=0.782$)이 유의적인 관계를 보여주었다.
4. 각 물 시료를 사용하여 만든 쿠키의 크기는 증류수 \geq 수돗물 \approx 삼다수 \approx 10% ED미네랄수 \geq 50% ED미네랄수 \geq 100% ED미네랄수 \geq 용암해수 순서로 작았으나, 쿠키의 높이에는 유의적인 영향을 보이지 않았다. 물의 경도가 증가할수록 쿠키의 지름은 유의적으로 작아졌고 ($P<0.001$, $R=-0.98$), 단단한 쿠키가 제조되었으며 ($P<0.05$, $R=0.77$) 색도에도 영향을 주었다(L^* ($P<0.01$, $R=0.90$), a^* ($P<0.001$, $R=-0.98$), b^* ($P<0.05$, $R=-0.83$)).

5. 발효 후 빵 반죽의 높이는 물의 경도가 증가함에 따라 감소($P < 0.01$, $R = -0.88$) 하였고 미네랄함량의 증가가 빵 반죽을 단단하게 하고 이스트의 활성을 억제함을 알 수 있었다. 각 시료의 물을 사용하여 완성된 빵의 부피는 증류수 > 수돗물 \geq 삼다수 $\geq 10\%$ ED미네랄수 $\geq 50\%$ ED미네랄수 $\approx 100\%$ ED미네랄수 \geq 용암해수 순서로 물의 경도 증가에 따라 감소하였다. 물의 경도가 증가함에 따라 빵의 경도도 증가하였다 ($P < 0.01$, $A = 0.93$). 또한 빵을 저장하였을 때 빵의 경도가 증가함을 알 수 있었고, 빵의 수분함량이 감소하였으며 빵의 색도도 어두워짐을 관찰 할 수 있었으며, 빵의 경도와 빵의 수분함량이 밀접한 관계가 있음을 보여 주었다.

종합적으로 용암해수와 100% ED미네랄수의 높은 미네랄함량은 쿠키와 빵의 제조 적성에 영향을 미치지만 발효과정을 필요로 하지 않는 쿠키 제조가 발효과정을 필요로 하는 빵 제조보다 미네랄함량의 증가에 의한 부정적인 영향이 적어 100% ED미네랄수를 활용하여 손 쉽게 미네랄이 증가된 쿠키를 제조할 수 있는 가능성을 확인 할 수 있었다. 빵 제조를 위해서는 이스트성장을 저해시키지 않는 범위내에서 미네랄함량이 가능한 많이 함유된 물을 활용하면 미네랄 함량이 증가된 빵을 제조할 수 있을 것으로 사료되어 이에 대한 조건을 찾는 연구가 지속적으로 필요함

을 알 수 있었다. 따라서 본 연구의 결과들은 제주 용암해수를 제과와 제빵에 활용할 수 가능성을 제시하여 이를 위한 자료로 쓰여지길 기대한다.



참고문헌

- AACC International. 2010. Approved methods of analysis 11th ed. Method 44-15.02. Moisture-air-oven methods. Approved November 3, 1999; Method 08-01.01. Ash-basic method. Approved November 3, 1999; Method 56-11.02. Solvent retention capacity profile. Approved June 3, 2009; Method 10-53.01. Baking quality of cookie flour-macro wire-cut formulation. Approved November 3, 1999; Method 10-10.03. Optimized straight-dough bread making method. Approved November 3, 1999; Method 74-09.01. Measurement of bread firmness by universal testing machine. Approved November 3, 1999. AACC International, St. Paul, MN, USA. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-44-15.02>
<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-08-01.01>
<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-56-11.02>
<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-53.01>
<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-10.03>
<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-74-09.01>
- AOAC. 2012. Official methods of analysis of AOAC international. 19th ed. AOAC International. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Chiemela EC, Joseph OA, Yusuf AA. 2010. Effect of tigernut (*Cyperus esculentus*) flour addition on the quality of wheat-based cake. Int J Food Sci Technol. 45(8):1746-1752.
- Courtin CM, Delcour JA. 2002. Arabinoxylan and endoxylanases in wheat flour bread-making. J Cereal Sci. 35(3):225-243.
- Faridi H, Gaines C, Finney P. 1994. Soft wheat quality in production of

cookies and crackers. In: Wheat: Production, properties and quality. Bushuk W, Rasper VF (eds). Springer, New York, NY, USA. pp 154-168.

Gaines CS. 2000. Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (AACC Method 56-11). *Cereal Foods World*. 45(7):303-306.

Guyton AC. 1991. Textbook of medical physiology. 8th ed. W.B. Saunders. Philadelphia, PA, USA. pp 74.

He H and Hosney RC. 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chem*. 67(6): 603-605

JejuTechnopark. 2014. What is magma sea water? Available at: <http://jejutp.or.kr>. Accessed March, 31, 2017.

Ju HH, Shin SK, Park SW, Ahn KS. 2014. An investigation on international patents related to deep sea water development. *J Korean Soc Mar Environ Energy* 17(3):236-46.

Kim BY, Lee YK, Park DB. 2012. Metabolic activity of desalted ground seawater of Jeju in rat muscle and human liver cells. *J Fish Aquat Sci*. 15(1):21-27.

Krog N. 1973. Influence of food emulsifiers on pasting temperature and viscosity of various starches. *Starch □ Stärke* 25(1):22-27.

Kweon M, Slade L, Levine H, Martin R, Souza E. 2009. Exploration of sugar functionality in sugar-snap and wire-cut cookie baking: Implications for potential sucrose replacement and reduction. *Cereal Chem* 86(4):425-433.

Kweon M, Slade L, Levine H. 2010. Exploration of functionality of low-glycemic-impact sugars and polyols, using SRC, DSC, RVA, and cookie baking. pp.513-528. In: Dietary fibre: New frontiers for food and health. Van Der Kamp JW, Jones J, McCleary B, Topping D.(eds.) Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands,

Lee HJ. 2015. Effects of magma seawater on the prevention of chronic hepatotoxicity induced by thioacetamide and its detoxification properties. Doctorate dissertation. Pusan National University, Busan, Korea. pp 107-113.

Lee HJ, Sim EK. 2013. A study on the industrialization of deep seawater in Japan and Korea, and its implications on the utilization of Jeju magma seawater. *Jpn Cult Stud.* 45(1):451-469.

Lenore SC, Arnold EG, Andrew DE. 1998. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. American Public Health Association (APHA). Washington, USA. p. 38-37.

Maga JA, Desrosiers PI. 1979. Influence of water hardness on the sensory and physical properties of extruded potato flakes. *Lebensn. Wiss. Technol.* 12(1): 17-18.

Morris CF, Rose SP. 1996. Wheat. In: Cereal grain quality. Springer Netherlands, pp 3-54.

Noh JR, Gang GT, Kim YH, Yang KJ, Lee CH, Na OS, Kim GJ, Oh WK, Lee YD. 2010. Desalinated underground seawater of Jeju Island (Korea) improves lipid metabolism in mice fed diets containing high fat and increases antioxidant potential in t-BHP treated HepG2 cells. *Nutr Res Pract.* 4(1): 3-10.

Pisesookbunternng W, D'Appolonia LB. 1983. Additives, baking, bread staling studies. I. Effect of surfactants on moisture migration from crumb to crust and firmness values of bread crumb. *Cereal Chem.* 60(4): 298-300.

Sinani V, Sana M, Seferi E, Sinani A. 2014. The impact of natural water quality on baking products in Albania. *J Water Resource Prot.* 6(1):1659-1665.

Slade L, Levine H. 1994. Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. pp.23-141. In: *The science of cookie and cracker production.* Faridi H. (ed). Springer. New York, USA.

Stefan EM, Voicu G, Constantin GA, Ferdes M, Muscalu G. 2015. The effect of water hardness on rheological behavior of dough. *J Eng Studies Res* 21(1):99-104.

Wang YC, Lu JM, Jin HZ, Ma AN, Zhang JY, Gong N, Xiao Q, Zhu B, Lv YF, Yu N, Zhang WD. 2014. Beneficial effects of natural Jejugroundwaters on lipid metabolism in high-fat diet-induced hyperlipidemic rats. *Nutr Res Pract.* 8(2):165-171.

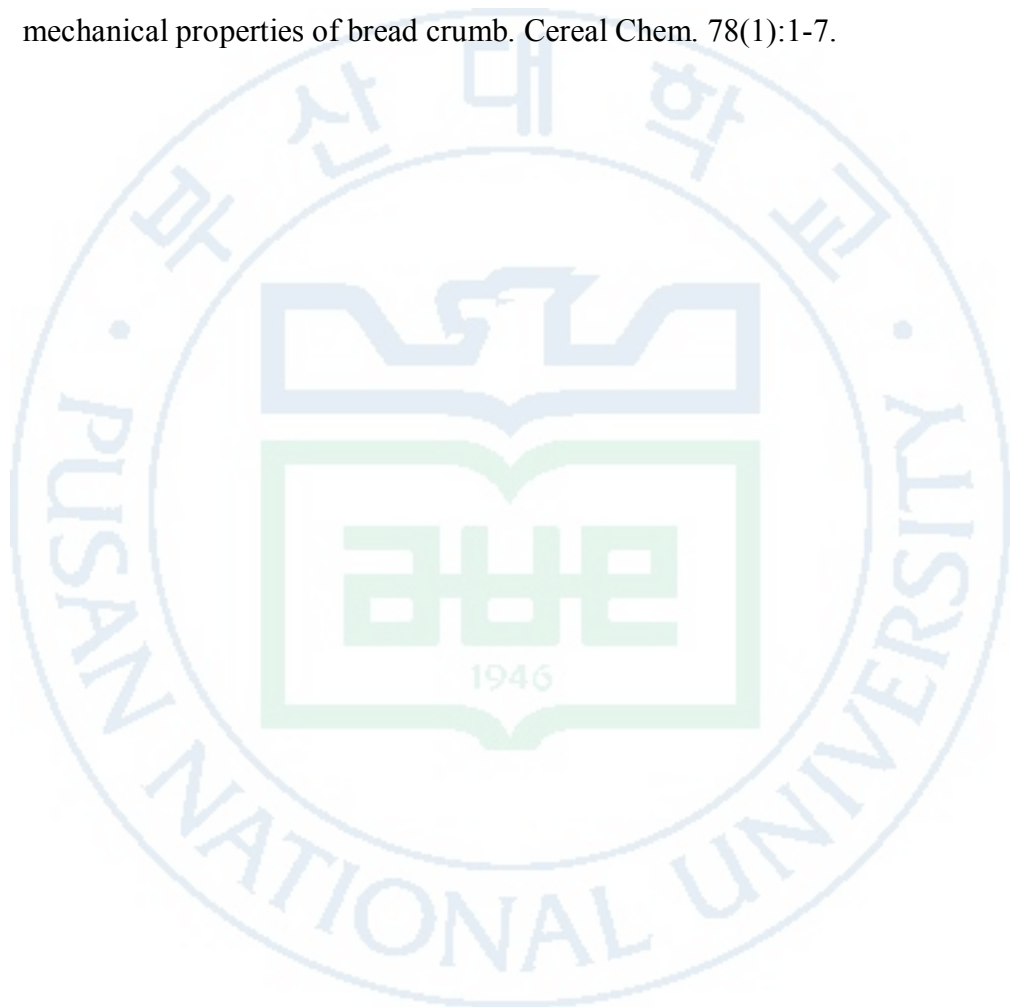
World Health Organization. 2011. Hardness in drinking water. Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf. Accessed April 20.2017.

Xiao ZS, Park SH, Chung OK, Caley MS, Seib PA. 2006. Solvent retention capacity values in relation to hard winter wheat and flour properties and straight-dough breadmaking quality. *Cereal Chem.* 83(5):465-471.

Zion Research Analysis. 2016. Bottled water market, industry perspective, comprehensive analysis and forecast 2015–2021. Available from:

<https://www.zionmarketresearch.com/report/flavored-and-functional-water-market>. Accessed April 20.2017.

ZghalMC, Scanlon MG, Sapirstein HD. 2001. Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb. *Cereal Chem.* 78(1):1-7.



Quality of cookie and bread formulated with Jeju magma seawater

Jung Sung Hyun

Department of Nutritional Education
Graduate School, Pusan National University

Abstract

Cookie and bread making performance using Jeju magma seawater was explored to elucidate the effect of minerals in water on quality of baked goods. Mineral content, pH and water hardness for seven water samples (magma seawater, 100% ED mineral water, 50% ED mineral water, 10% ED mineral water, tap water, Samdasoo, and distilled water) used in the study were analyzed. Starch pasting property of flour with the water samples was analyzed using RVA, and its cookie and bread making performances were evaluated with AACCI wire-cut cookie baking and AACCI bread baking method, respectively. Cookie quality was measured by weight loss during

baking, cookie geometry, color and firmness, whereas bread quality was measured by dough pH and height after fermentation, bread loaf volume, moisture content, color, and firmness of bread crumb. Also bread quality change during storage was evaluated.

Mineral content of the water samples was increased in the order of magma distilled water < Samdasoo < tap water < 10% ED mineral water < 50% ED mineral water < 100% ED mineral water < magma seawater. Calculated water hardness and pHs of them ranged from 0-4200 and 6.54-7.66, respectively. RVA results showed that pasting temperature, peak viscosity, final viscosity and setback viscosity were increased with increasing water hardness. Baking results showed that cookie diameter and bread volume decreased with increasing water hardness. Cookie diameter decreased in the order of distilled water \geq Samdasoo \approx tap water \approx 10% ED mineral water \geq 50% ED mineral water \geq 100% ED mineral water \geq magma seawater. A significant relationship of water hardness with cookie diameter ($p < 0.001$, $R = -0.98$), color (L^* : $p < 0.01$, $R = -0.98$; a^* : $p < 0.001$, $R = -0.98$; b^* : $p < 0.05$, $R = -0.83$) and firmness ($p < 0.07$, $R = 0.77$) was observed. Bread loaf volume also decreased in the order of distilled water > Samdasoo \geq tap water \geq 10% ED mineral water \geq 50% ED mineral water \approx 100% ED mineral water \geq magma seawater. Bread dough height after fermentation decreased with increasing water hardness, which indicated the retardation of yeast activity by increased mineral content and less amount of carbon dioxide gas formation during fermentation as well as baking, resulted in denser and harder bread crumb. During storage for 4 days, all bread crumb samples became drier, firmer and darker although its extent of change varied depending on water hardness of the water samples.

Overall mineral content and water hardness of water affected cookie and bread making performance. However, cookies formulated with 50% ED mineral water showed similar cookie geometry and texture to those with tap water. It is suggested that controlling mineral content and water hardness of 100% ED mineral water can be successfully applied to produce mineral-enriched cookies. Although bread making performance was affected a greater extent by mineral content of water than did cookie making performance, 100% ED mineral water also can be applied to produce mineral-enriched bread through identifying mineral content and water hardness being maximum while maintaining yeast activity. In conclusion, this study demonstrated a potential application of Jeju magma seawater as a valuable ingredient for producing mineral-enriched healthy baked goods.

