최 종
연구보고서

GOVP1200611065

배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술 및 장치 개발

Development of Vacuum Impregnation Technology and Equipment for Rapid Salting and Nutrient-Fortification of *Baechu*

연구기관
농협대학

농 림 부

2015/03/24 13:32-운영지원과/김보나래

자료출처 : 배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술 및 장치 개발 / 농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술 및 장치 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 8월 5일

주관연구기관명 : 농 협 대 학
총괄연구책임자 : 한 응 수
연 구 원 : 이 재 철
연 구 원 : 강 득 청
연 구 원 : 박 성 언
협동연구기관 : 동국대학교
협동연구책임자 : 이 승 주
연 구 원 : 이 광 근
연 구 원 : 유 하 나
연 구 원 : 이 만 희
연 구 원 : 이 정 빈

요 약 문

Ⅰ. 제 목

배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술 및 장치 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

배추의 절임시간을 5시간 이내로 단축할 수 있는 진공함침 절임기술을 개발하고, 이 기술을 실용화할 수 있는 배추의 진공함침 절임장치를 배추 100포기를 1회에 절일 수 있는 규모로 제작하며, 함침액의 조성을 비타민, 무기질 등으로 다양하게 조합하여 진공함침함으로써 절임배추의 영양을 강화하는 기술을 개발하는 것이다. 이는 한국 김치공장의 노동생산성과 자본생산성을 향상시켜 제조원가를 낮추고, 절임공정의 기계화를 통해 김치의 품질을 표준화하고 향상시킴으로써 한국김치의 국제경쟁력을 높이기 위해서 필요하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 배추의 진공함침기술 개발

가. 진공함침공정의 설계

나. 배추의 진공함침 메카니즘 연구

다. 배추의 진공함침조건 최적화

2. 진공함침장치의 설계와 제작

가. 진공함침장치의 개념 설계

나. 실험실 규모의 진공함침장치 제작

다. 진공함침장치의 scale-up

라. 파일로트 규모의 진공함침장치 제작

3. 배추의 진공함침 영양강화기술 개발

가. 배추절임용 영양강화 함침액액 조성

나. 배추절임용 영양강화 함침액의 개발

다. 영양강화 진공함침배추김치의 개발

4. 진공함침절임배추의 김치가공특성 평가

가. 진공함침절임배추의 이화학적 특성 평가

나. 진공함침절임배추의 미생물학적 특성 평가

다. 진공함침절임배추의 관능적 특성 평가

Ⅳ. 연구개발 결과

1. 배추의 진공함침 절임기술 개발

가. 진공함침 kinetics의 메커니즘

실험실용으로 배추 10포기를 절일 수 있는 진공함침장치를 설계하여 제작하였다. 그리고 제작한 진공함침장치로 배추를 진공함침하는 공정에서의 함침액 침투 kinetics를 구명하였다.

1) 본 연구로부터 파악된 메커니즘은 다음과 같다. 진공함침에 의하여 염수액이 배추내부 조직으로 깊숙이 침투하여 염수와의 접촉 면적이 증가한다. 따라서 삼투현상이 증가하여 탈수에 의한 절임(숨죽이기)이 촉진된다. 특이할 점으로 함침액 침투율이 높은 경우는 탈수가 억제되어 오히려 절임이 불량한 의미를 나타낸다.

2) 배추로의 함침액 침투율은 진공도(50~200 torr)에 따라 큰 차이가 없어 침투와 삼투 세기가 균형을 이루는 것으로 나타났다.

3) 진공해제시간(5~15분)이 길어질수록 삼투현상에 의하여 함침액 침투는 낮아졌다.

4) 진공해제주기인 pulse(△300~400 torr/ pulse)의 수가 증가함에 따라 함침액 침투율은 감소하여 절임효과가 증가하였다.

5) 함침액의 온도(15~30℃)가 높을수록 함침액 침투율은 증가하였다.

6) 함침액 농도(10~30%, w/v)에 따라 함침액의 침투율은 감소하여 함침에 의하여 촉진되는 삼투현상이 증가되었다.

나. 진공함침조건의 최적화

실험실용 진공함침장치로 함침액 침투속도에 대한 kinetics를 연구하여 가장 좋게 평가된 pulse 법, 함침액의 농도 20%, 함침액의 온도 15℃의 조건에서 2n factorial 실험계획과 linear programing 기법으로 진공함침 절임공정조건을 최적화하였다. 계산된 최적 조건은 다음과 같다.

1) 진공도 : 55.1 torr

2) 진공 pulse수(진공해제시간 및 주기) : 8회

3) 절임시간 : 13분

2. 배추 진공함침장치의 설계 및 제작

가. 배추 진공함침장치의 설계

1) 기본 구조는 배추를 넣고 진공함침하는 탱크와 물과 소금을 넣고 염수액을 만드는 탱크로 구성하였다. 탱크의 재질은 염수에 안정한 스테인레스 스틸이 기본이었으며, 또한 진공에 견디는 내구성도 고려하였다. 탱크의 뚜껑은 탈착식으로 작업상의 효율성을 고려하였다. 기본 작동은 본 장치가 설치되는 현장에 있는 호이스트를 사용하여 개폐하는 것을 가정하여 설계하였다. 또한 진공함침의 온도 제어를 위하여 탱크의 외부는 단열재로 외장되었다.

2) 진공함침 탱크내부에는 염수 탱크로부터 수송되는 염수의 유입구가 필터와 함께 설치되었으며 염수 탱크에는 온도 제어를 위한 전기 히터가 내장되었고, 외부에서 염수의 양을 측정할 수 있는 수위를 나타내는 파이프가 설치되었다. 염수의 수송을 위하여 중간에 펌프를 설치하였다.

3) 진공의 유지와 해제를 위하여 진공펌프, 압력계, 진공차단용 솔레노이드 밸브, 진공해제용 솔레노이드 밸브, ON/OFF 자동제어기 등을 설계하였다. 진공 유지는 진공펌프의 가동과 진공해제용 밸브를 잠그고, 진공 해제는 진공해제용 밸브를 열고, 진공차단용 밸브를 잠그도록 자동제어기를 설계하였다. 진공도의 조절은 진공제어용 소형 솔레노이드 밸브를 사용하여 가능케 하였다.

4) 진공함침 탱크내 배추 시료 용기는 쇠창살 우리식(grid)으로 하되 내부에는 여러 층의 차단판으로 나누어지게 하여 상부의 배추가 하부의 배추를 누르는 현상을 배제 하였다.

나. 배추 진공함침장치의 제작

1) 상기의 기본 개념을 갖는 실험실 규모로서 배추 10포기 규모 진공함침장치를 개발하여 제작하였다. 본 장치는 개발된 데이터 수집 및 압력 제어 시스템에 의하여 작동된다.

2) 상기의 기본 개념을 갖는 pilot 규모(100포기)로 진공함침장치를 개발하여 제작하였다.

3. 배추의 진공함침 영양강화기술 개발

가. 배추절임용 영양강화 함침액의 조성

1) 진공함침 절임과정을 통하여 품질이 우수한 영양강화 절임배추의 특성을 파악하기 위해 식염 을 넣지 않은 상태에서 각종 영양강화 물질을 20% 농도로 첨가하여 100torr, pulse 6, 10min의 조건에서 실험하였다.
2) 영양강화물질로는 올리고당류로 프락토올리고당과 갈락토올리고당, 유청칼슘, 비타민으로 비타민C와 비타민B2, 그리고 조미료로 GMP와 IMP를 시험하였다.
3) 진공함침 특성은 함침액의 침투율(X), 시료변형율(γ), 유효공극률(εe)로 평가하였다.
4) 각 영양물질들은 함침액 침투율 결과로부터 배추 안으로 효과적으로 침투한다는 사실을 알 수 있었다.
5) 침투율에서는 유청칼슘이 가장 높게 나타났고, 비타민B2, 프락토 올리고당, 갈락토올리고당의 순서로 함침액 침투율이 높았다. 그리고 비타민C 및 조미료류는 비교적 침투율이 낮았다.
6) 유효공극률은 IMP가 가장 낮은 값을 보였고, 비타민C, 유청칼슘, 프락토올리고당 순서로 증가하였다.
7) 시료변형율은 유청칼슘이 가장 높은 값을 보였으며, 비타민C, IMP 순으로 감소하였다. 하지만 유청칼슘, 비타민C, IMP를 제외한 비타민B2 등은 부피변화를 보이지 않았다.

나. 배추절임용 영양강화 함침액의 개발

1) 가.의 실험결과를 바탕으로하여 각 영양 물질들(비타민B2, 비타민C, 유청칼슘, GMP, 갈락토올리고당)을 선택하여 실제 절임염수(20%)에 1%씩 용해시켜 시험하였다.
2) 함침액 침투율에서는 GMP가 가장 높았으며, 갈락토올리고당, 비타민B2, 유청칼슘, 비타민C의 순서로 그 뒤를 이었다. 가. 실험과는 달리 식염에 의한 삼투현상에 의해 침투율이 모두 음의 값을 나타내었다.
3) 시료변형율은 비타민C를 제회하고 거의 유사한 값을 보여주었다. 유사한 시료변형율은 식염에 의한 삼투현상으로 배추의 부피가 감소한 데 원인이 있다고 생각된다.
4) 유효공극률은 비타민C가 가장 낮았고, GMP, 갈락토올리고당, 비타민B2, 유청칼슘의 순서로 증가하였다.

5) 실험결과로부터 봄 하우스배추의 최적 영양강화 조건은 포도당, MSG, 비타민C를 주요성분으로 하는 진공함침액으로 결정하였다.

다. 영양강화 진공함침 배추김치의 개발

1) 진공함침 절임배추와 영양강화 진공함침배추김치의 개발을 위하여 30% 포화염수와 영양물질을 첨가한 함침액에서 시험하였다.
2) 봄하우스배추를 상압절임, 진공함침절임, 영양강화 진공함침절임하여 얻은 절임배추와 김치에 대해 염도, 환원당, 즙액량, 비타민C, pH, 굽힘힘, 즙액률을 분석하였다.
3) 염도는 상압절임배추에 비하여 배추세포 내로 염분을 침투시키는 진공함침절임배추와 진공함침김치가 훨씬 높은 염도를 보여주었다.
4) pH는 6~7사이에서 분포하였으며 이 결과로부터 모든 실험구는 유산균에 의한 발효작용이 생산초기에는 활발히 일어나지 않은 것으로 생각된다.
5) 굽힘힘은 진공함침절임배추가 높게 나타났는데, 이는 진공함침절임 시 배추의 증륵부까지 절여지지 않았기 때문으로 이 현상은 진공함침김치에서도 동일하였다. 그러나 영양강화 진공함침김치의 경우에는 함침액에 포함된 MSG가 증륵부의 조직을 부드럽게 하여 굽힘힘을 작게 하였다.
6) 즙액률은 상압절임과 진공함침절임, 영양강화 진공함침절임 3가지 경우에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 김치의 경우 양념에 포함된 여러 가지 성분들로 인해 절임배추보다 더 높은 즙액률을 보여주었다.
7) 환원당함량은 영양강화 진공함침절임배추와 영양강화 진공함침김치에서가 높았다. 이로부터 진공함침을 이용하여 절임배추를 생산할 때 함침액에 포도당을 첨가하면 부족한 환원당을 효과적으로 보충할 수 있음을 확인하였다.
8) 비타민C의 함량 역시 영양강화 진공함침 실험구에서 높게 나타났다. 이 결과로부터 진공함침기술이 영양물질의 첨가에 효과적으로 이용될 수 있음을 알 수 있다.

라. 소결

영양강화 함침액을 이용하여 품질이 낮은 배추(여름고랭지배추, 봄하우스배추)를 진공함침 절임과정을 통하여 품질이 우수한 절임배추로 생산하기 위한 방법을 연구하였다. 이러한 목적으로 식염수를 기본으로 하고 여기에 각종 영양소를 첨가하여 영양강화 함침액을 개발하고, 영양강화 함침액에 배추를 절이면서 각종 영양소의 침투특성을 구명하였다. 이러한 연구를 바탕으로 하여 영양 강화 함침액

의 조성에 있어서 비타민C와 당류, 조미료류를 첨가한 함침액이 경제적인 이유로 실제적으로 응용될 수 있을 것이라 판단하였으며, 포화염수에 포도당 5%, MSG 2.5%, 비타민C 0.5%가 봄 하우스배추의 영양강화 진공함침액으로 적당하였다. 연구 결과로부터 포화염수에 포도당, MSG, 비타민 C를 첨가한 진공함침액은 여름 고랭지배추나 봄 하우스배추의 영양강화에 적합하였다.

4. 진공함침 절임배추의 김치가공특성 평가

가. 절임배추의 품질평가

1) 봄하우스배추를 상압절임, 진공함침절임, 영양강화 진공함침절임하여 저온에서 4주간 저장하면서 품질을 평가하였다.
2) 절임배추의 품질은 염도, pH, 조직감, 즙액률, 총균수, 환원당함량, 비타민C함량, 관능검사로 평가하였다.
3) 진공함침절임배추의 염도는 600토르에서 5시간 절임으로 염도 2.5%에 도달하였고 저장 중 상압절임배추의 염도가 낮아진데 비해 진공함침절임배추의 염도는 낮아지지 않았다.
4) 진공함침절임배추의 pH는 초기 6.5에서 4주차에 5.0으로 완만하게 감소하였고 상압절임배추와 차이가 없었으며 영양강화 진공함침절임배추는 pH가 가장 빠르게 낮아졌다.
5) 진공함침절임배추의 굽힘힘은 초기에는 954g force로 상압절임배추보다 1.5배가 컸으나 저장 3주차에는 같아졌고, 영양강화 진공함침절임배추의 굽힘힘은 MSG의 첨가로 상압절임배추와 비슷하였다.
6) 진공함침절임배추의 즙액률은 초기 6.5%에서 점차 높아져 3주차에 10.3%가 되었고 상압절임배추의 즙액률보다 약간 높았다.
7) 진공함침절임배추의 총균수는 초기에 35만 마리로 상압절임배추보다 많았고 저장 4주차까지 총균수가 유지되었다.
8) 진공함침절임배추의 환원당함량은 초기 3.4mg/L로 상압절임배추와 비슷하였고 저장 중 점차 낮아졌다.
9) 진공함침절임배추의 비타민C는 초기 12.6ug/ml로 상압절임배추와 비슷하였으나 영양강화 진공함침절임배추는 22.3mg/L로 높았고 모든 구에서 저장 중 점차 높아졌다.
10) 진공함침절임배추의 관능품질은 초기에 보통(3.0)으로 짠맛이 강하고 조직이 뻣뻣하여 상압절임배추보다 낮았으나, 영양강화 진공함침절임배추의 품질은 맛과 조직감이 개선되어 상압절임배추나 진공함침절임배추보다 더 우수하였다.

나. 김치의 품질평가

1) 봄하우스배추를 상압절임, 진공함침절임, 영양강화 진공함침절임하고 표준양념과 혼합하여 김치를 제조한 후 저온에서 4주간 저장하면서 품질을 평가하였다.

2) 영양강화 진공함침배추김치의 품질은 염도, pH, 조직감, 즙액률, 총균수, 환원당함량, 비타민 C함량, 관능검사로 평가하였다.

3) 영양강화 진공함침배추김치의 염도는 초기 염도 2.8%에서 저장 중 양념의 영향으로 점차 높아졌고, 전구간에서 상압절임김치의 염도보다 높았다.

4) 영양강화 진공함침배추김치의 pH는 초기 6.2에서 4주차에 4.5로 빠르게 감소하였고, 상압절임김치는 서서히 낮아졌다.

5) 영양강화 진공함침배추김치의 굽힘힘은 초기 556g force로 상압절임김치와 비슷하였고, 저장 4주차까지 계속 낮아졌으며 영양강화 진공함침배추김치의 굽힘힘은 MSG의 첨가로 조직감이 부드러워져서 진공함침김치보다 개선되었다.

6) 영양강화 진공함침배추김치의 즙액률은 초기 7.2%에서 점차 높아져 4주차에 17.3%까지 높아졌는데 이는 상압절임김치의 12.7%보다 높은 수준이었다.

7) 영양강화 진공함침배추김치의 총균수는 초기에 99만 마리로 상압절임배추보다 많았고 저장 4주차까지 증가하였다.

8) 영양강화 진공함침배추김치의 환원당함량은 초기 5.3mg/L로 2주차까지 유지되었다가 그 후 빠르게 낮아져 상압절임배추와 비슷하여졌다.

9) 영양강화 진공함침배추김치의 비타민C는 초기 10.1ug/ml로 상압절임김치보다 높았고 저장 4주차까지 다른 처리구보다 높았다.

10) 영양강화 진공함침배추김치의 관능품질은 양념의 영향으로 초기에도 보통 이상(3.6)이었고 저장 1주차와 3주차에는 4.0 이상으로 좋은 평가를 받았으며, 4주차에도 보통 이상(3.2)을 유지하여 상압절임김치나 진공함침김치보다 우수하였다.

다. 소결

진공함침절임배추의 품질은 짠맛이 강하고 조직이 뻣뻣하여 상압절임배추의 품질보다 낮았으나 포도당과 MSG를 첨가한 영양강화 진공함침절임배추의 품질은 맛과 조직감이 개선되었고, 영양강화 진공함침절임배추로 제조한 김치의 품질은 상압절임배추김치나 진공함침절임배추김치의 품질보다 더 우수하였다

V. 활용에 대한 건의

배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술은 3가지 방향으로 활용할 수 있다.

첫째는 이동식 배추절임장치를 개발하는 것이다. 이는 진공함침기술의 속성절임(5시간) 특성을 활용하여 트레일러나 대형 트럭위에 배추절임장치를 설치하고 이 장치를 배추산지를 따라 이동시키면서 산지에서 배추를 효율적으로 절여서 김치공장이나 유통센터로 공급하는 사업이다.

둘째는 기존 김치공장의 절임공정을 개선하는 것이다. 이는 진공함침기술의 품질균일화 특성을 활용하여 김치공장의 배추절임 공정을 진공함침 절임장치로 교체함으로써 김치공장의 생산성을 2배로 증대시키고, 김치의 품질균일화를 기할 수 있다.

셋째는 김치를 다양화시키는 것이다. 이는 진공함침기술의 영양강화 특성을 활용하여 여러 가지 영양물질을 배추조직 속으로 침투시켜 다양한 형태의 김치를 생산하는 것이다.

그러나 이번 연구에서 개발한 배추의 진공함침장치는 생배추를 1톤 절일 수 있는 규모이므로 그대로 김치공장에 적용시키기는 어렵다. 왜냐하면 김치공장의 운영특성상 1일 10톤 정도의 절임배추를 생산할 수 있어야 경제성이 있기 때문이다. 그러므로 1톤 규모로 개발된 현재의 진공함침 절임장치를 병렬 또는 직렬로 연결하여 하루 10톤 규모로 생산할 수 있는 시스템으로 발전시켜야만 김치공장에 도입할 수 있을 것이다. 이 단계의 연구는 생산기술연구이므로 생산기술자, 식품공학자, 김치연구자가 협력하여 연구해야만 소기의 성과를 얻을 수 있을 것이다.

SUMMARY

Ⅰ. Title of Research

Development of Vacuum Impregnation Technology and Equipment for Rapid Salting and Nutrient-Fortification of *Baechu*

Ⅱ. Objective and Importance of Research

1. Objective

The objective of research was to develop a vacuum impregnation technology for the rapid salting of *baechu* within 5 hours, and to develop a vacuum impregnation equipment for the enrichment of *baechu* during the salting process.

2. Importance

The technology and equipment of vacuum impregnation can cut down the manufacturing cost of *kimchi* by increasing the labor productivity and capital productivity in *kimchi* factory. And it can improve the quality of *kimchi* by the mechanization of *baechu* salting process. Therefore the international competitiveness of Korean *kimchi* can be fortified by cost down and quality improvement.

Ⅲ. Scope and Contents of Research

1. Development of vacuum impregnation technology of *baechu*

a. Process design of vacuum impregnation.

b. Research the impregnation kinetics by initial vacuum.

c. Research the impregnation kinetics by releasing velocity.

d. Research the impregnation kinetics by process temperature.

e. Research the impregnation kinetics by interval change.

f. Optimization of vacuum impregnation conditions.

2. Design and make of vacuum impregnation equipment

a. Concept design of vacuum impregnation equipment.

b. Make of laboratory scale vacuum impregnation equipment.

c. Scale up of laboratory scale vacuum impregnation equipment.

d. Make of pilot scale vacuum impregnation equipment.

3. Development of nutrient-fortification technology for *kimchi*

a. Composition of nutrient-fortified solution for vacuum impregnation of *baechu*

b. Development of nutrient-fortified brine for *kimchi.*

c. Development of vacuum-impregnated salted *baechu* and nutrients-fortified salted *baechu*

4. Evaluation of vacuum impregnation salted *baechu* for the manufacturing of *kimchi*

a. Evaluation of vacuum impregnation salted *baechu* by physicochemical characteristics

b. Evaluation of vacuum impregnation salted *baechu* by microbial characteristics

c. Evaluation of vacuum impregnation salted *baechu* by sensory test

Ⅳ. Results of Research

1. Development of vacuum impregnation technology for *baechu* salting

a. Mechanism of vacuum impregnation kinetics in *baechu* salting

The vacuum impregnation system for *baechu* salting was developed with a capacity of a batch with ten heads of *baechu* in laboratory scale. The mechanism of vacuum impregnation kinetics was elucidated by experimenting with the laboratory scale system.

1) The mechanism was found as follows: When the sample is under vacuum with the salt solution, the solution is penetrated into the inner part of the sample, resulting in increasing the contact area between the solution and the inner surface of the sample. Consequently, a osmotic phenomenon is enhanced due to the increase in the contact

area. It is unique that the content of solution in the sample after the impregnation becomes lower than before the impregnation, which is not common in the general vacuum impregnation processes.

2) The vacuum pressure (50~200 torr) didn't significantly influence the impregnated solution content by the vacuum impregnation. It may be because the penetration is balanced against the osmosis.

3) As the periods (5~15 min) after be recovered to 1 atm increased, the solution content decreased due to the increase in time of osmosis.

4) As the times of cycle of vacuum/atmospheric pressure increased, the solution content decreased, representing a good salting condition.

5) As the temperature (15~30℃) in the vacuum impregnation increased, the solution content increased.

6) As the salt concentration of the solution increased, the solution content decreased in large quantity.

b. Optimization of vacuum impregnation process conditions

The cyclic vacuum impregnation processes was optimized in terms of vacuum pressure, cycle number, and process time. A experimental design was applied in 2^n factorial design, and the experimental results was inputted in linear programming (SAS Inc.). The estimated optimal conditions were found as follows:

1) Vacuum pressure : 55.1 torr

2) Cycle number of vacuum/atmospheric pressures : 8 times

3) Process time : 13 min

2. Design and make of vacuum impregnation equipment for *baechu* salting

a. Design of vacuum impregnation equipment

1) The system was basically composed of two tanks: one for vacuum impregnation and the other for holding the salt solution. The materials were out of stainless steel, and the structure was designed by considering the endurance of the machine. The lids on the tanks were separated, and handled with a hoist in the working place. The tank was

covered with a insulating material.

2) The tanks had a outlet with filter for the drainage, and equipped with an electrical heater to adjust the solution temperature. A level gauge was installed on the tank wall to indicated the amount of the solution in the tank. The salt solution could be transferred to each other by a circulating pump.

3) The vacuum pressure control system consisted of vacuum pump, pressure gauge, solenoid valves for pressure cut off and release and controller of ON/OFF. The vacuum was created by the vacuum pump running and pressure release valve OFF; the vacuum release was done by the pressure cut off valve ON and the pressure release valve ON. The delicate control of the pressure was performed with an exclusive solenoid valve for pressure control.

4) The sample container was out of a grid. The inner space of the container was separated with a grid plate by several layers. The separated space for the sample could prevent the samples from being pressed by the above samples.

b. Make of vacuum impregnation equipment

1) A laboratory scale system was built on the basis of the above principles. The capacity of the system was for 10 heads of *baechu* as a batch. The system was fully controlled automatically with the control system developed in the research.

2) A pilot scale system was built on the basis of the above principles. The capacity of the system was for 100 heads of *baechu* as a batch.

3. Development of nutrient-fortification technology for *kimchi*

a. Composition of nutrient-fortified solution for vacuum impregnation (VI) of *baechu*

1) To characterize nutrient-fortified *kimchi*, various nutrients (20%) were added to water and vacuum impregnation was carried out at 100torr, pulse 6 for 10min.

2) The nutrients were oligosaccharides such as fructo-oligosaccharide and galacto-oligo-saccharide, calcium, and vitamins such as vitamin C and E, and condiments such as GMP and IMP.

3) Sample volume fraction impregnated by the solution (X), relative sample volume

deformation(γ) and effective porosity (ε_e) were measured according to the change in the process variables.

4) All nutrients were impregnated effectively to *baechu* according to this study.

5) Value X of calcium was the highest followed by vitamin B2, fructo-oligosaccharide and galacto-oligosaccharide. But X of vitamin C and condiments were lower than the others.

6) The effective porosity (ε_e) of fructo-oligosaccharide was the highest followed by calcium, vitamin C and IMP

7) Relative sample volume deformation (γ) of calcium was the highest follwed by vitamin C and IMP. However, there was no change of γ in vitamin B2.

b. Development of nutrient-fortified brine for *kimchi.*

1) Selected nutrients such as vitamin B2, vitamin C, clacium, GMP and galacto-oligo-saccharide which showed higher solubility in water were added at the level of 1% into 20% brine to investigate the effect of the nutrients in the real salting process of *kimchi.*

2) Sample volume fraction impregnated by the solution (X) was decreased in the order of GMP, galacto-oligosaccharide, vitamin B2, calcium and vitamin C. However, the X values were all negative due to the osmosis of brine.

3) Relative sample volume deformations (γ) of the nutrients were almost same except of vitamin C. The similar γ values of the nutrients were contributed to the decrease of volume of *baechu* due to the osmosis of brine.

4) The effective porosity (ε_e) of calcium was the highest followed by vitamin B2, galacto-oligosacchride, GMP and vitamin C.

5) Based on this study, vitamin C, MSG and glucose were selected for vacuum-impregnated *kimchi.*

c. Development of vacuum-impregnated salted *baechu* and nutrients-fortified salted *baechu*

1) To develope vacuum-impregnated salted *baechu* and nutrients-fortified salted *baechu,* nutrients were added to saturated brine(30%).

2) The concentration of NaCl, reducing sugar, vitamin C and pH, bending force, juice ratio

were measured in salted *baechu.*

3) The salinity of VI *baechu* and VI *kimchi* was much higher than those of conventional *baechu* and *kimchi*.

4) The pH was between 6 and 7, which means that activity of lactic acid bacteria (LAB) was lower at the intial stage of *kimchi* fermentation.

5) The bending force of VI *baechu* as well as VI *kimchi* was higher than others. The reason could be the low penetration of salt to *baechu*. However, MSG added to nutrient-fortified *kimchi* makes *baechu* soft resulted in lower bending force.

6) The juice ratio was not much different in *baechu* but was higher in *kimchi* due to various ingredients of *kimchi.*

7) The concentration of reducing sugar was higher in nutrient-fortified *baechu* and *kimchi.* Therefore to add glucose as a reducing sugar is effective method to compensate reducing sugar in *kimchi*.

8) The concentration of vitamin C was higher in nutrient-fortified *baechu* and *kimchi.* Based on this result, adding nutrient to *kimchi* was very effective in VI *kimchi* process.

d. Conclusion

To develope new method for making high-quality *kimchi,* various nutrients were added to *baechu.* The development of new nutrient-fortified brine and characterization of the salted *baechu* and *kimchi* was carried out. Based on this study, as an added nutrient vitamin C, glucose and condiment are used for making nutrient-fortified brine. The concentrations of the nutrients such as glucose, vitamin C, MSG were optimized as 5%, 2.5%, and 0.5%, respectively. Based on this result, adding nutrient to *kimchi* was very effective in VI *kimchi* process.

4. Evaluation vacuum impregnation salting *baechu* for the manufacturing of *kimchi*

a. Quality evaluation of salted *baechu*

1) Evaluated the quality of salted *baechu* during 4 weeks storage after the atmospheric salting, vacuum impregnation salting and nutrient-fortified vacuum impregnation salting of greenhouse *baechu*.

2) Quality of salted *baechu* was evaluated by salinity, pH, texture, juice ratio, total

microbials, reducing sugar content, vitamin C content, and sensory tests.

3) Salinity of vacuum impregnation salted *baechu* was 2.5% after 5 hours salting under 600 torr.

4) Potential of Hydrogen(pH) was 6.5 and the bending force was 954g force after 5 hours vacuum impregnation salting of *baechu.*

5) Juice ratio and total microbials of salted baechu was 6.5% and 350 thousand colony forming units.

6) The content of reducing sugar and vitamin C was 3.4mg/L and 12.6㎍/ml after the 5 hour vacuum impregnation salting of *baechu.*

7) Overall quality of vacuum impregnation salted *baechu* was average(3.0), but its taste and texture were improved by nutrient-fortification with glucose and mono sodium glutamate(MSG).

b. Quality evaluation of *kimchi*

1) *Kimchi* was manufactured by mixing of seasoning mixture with salted *baechues* which were prepared by atmospheric salting, vacuum impregnation salting and nutrient-fortified vacuum impregnation salting.

2) Quality of *kimchi* was evaluated by salinity, pH, texture, juice ratio, total microbials, reducing sugar content and vitamin C content.

3) Salinity of nutrient-fortified vacuum impregnation(NEVI) *baechu kimchi* was 2.8% and pH of it was 6.2%.

4) Bending force of NEVI *baechu kimchi* was 556g force and juice ratio of it was 7.2%.

5) Total microbials of NEVI *baechu kimchi* was 990 thousand colony forming unit, reducing sugar content and vitamin C content of it was 5.3mg/L and 10.1㎍/ml respectively.

6) Overall quality of NEVI *baechu kimchi* was 3.6 point(average high) and it was higher than those of vacuum impregnation *kimchi* and atmospheric salting *kimchi* by the improvement of taste and texture.

c. Conclusion

The quality of vacuum impregnation salted *baechu* was too salty and too rigid to make kimchi,

but the taste and texture of nutrient-fortified vacuum impregnation salted *baechu* were improved by adding glucose and MSG. The overall quality of nutrient-fortified vacuum impregnation *kimchi* was higher than those of vacuum impregnation *kimchi* or atmospheric salted *kimchi.*

V. Recommendations for the Application

Research results can be applied by 3 ways.

1. To develop the mobile salting equipment of *baechu* by appling the rapid salting technology of vacuum impregnation. Mobile salting equipment could be developed by trailer or heavy truck.
2. To reform the salting process of *kimchi* factory by appling the quality control technique of vacuum impregnation. The productivity of *kimchi* factory can be increased 2 times higher by replacing salting process.
3. To diversify the *kimchi* by appling the nutrient-fortification technology of vacuum im-pregnation.

But, this research results cannot be applied directly to *kimchi* factory, because there is no economic scale research in this research. Usually 10 tons of salted *baechu* must be produced in a day to reach the economic scale. Therefore make of economic scale producing system must be developed by further research.

CONTENTS

Chapter 1. General Introduction of Research Project ····· 24

Section 1. Objective of Research ····· 24

Section 2. Necessity of Research ····· 25

1. Technological aspect ····· 25

2. Economical and industrial aspect ····· 26

3. Socio-cultural aspect ····· 26

Section 3. Scope of Research ····· 27

Chapter 2. Present Status of Technological Research ····· 28

Section 1. Present Status of Salting Technology ····· 28

1. Vacuum impregnation technology ····· 28

2. nutrient-fortification technology ····· 29

3. *Baechu* salting technology ····· 30

Section 2. Prospect of Research ····· 31

Section 3. Feasibility of Technology Introduction ····· 31

Chapter 3. Contents and Results of Research ····· 32

Section 1. Development of Vacuum Impregnation Salting Technology of *Baechu* ····· 32

1. Introduction ····· 32

2. Mechanism of vacuum impregnation for *baechu* salting ····· 33

3. Optimization of vacuum impregnation conditions ····· 49

4. Summary ····· 50

Section 2. Design and Make of Vacuum Impregnation Equipment ····· 52
1. Introduction ····· 52
2. Concept design of vacuum impregnation equipment ····· 52
3. Make of laboratory scale vacuum impregnation equipment ····· 53
4. Make of pilot scale vacuum impregnation equipment ····· 62
5. Summary ····· 66
Section 3. Development of Nutrient-Fortified Vacuum Impregnation Technology for *Baechu* ····· 68
1. Introduction ····· 68
2. Development of nutrient-fortified solution for *baechu* salting ····· 69
3. Development of nutrient-fortified vacuum impregnation *baechu kimchi* ····· 73
4. Summary ····· 79
Section 4. Evaluation of Vacuum Impregnation Salted *Baechu* for *Kimchi* Manufacturing ····· 81
1. Introduction ····· 81
2. Materials and methods ····· 81
3. Results and discussions ····· 83
4. Summary ····· 108
Section 5. Conclusion ····· 109

Chapter 4. Achievement and Contribution of Research ····· 110

Section 1. Achievement of Objective ····· 110
1. Target of research ····· 110
2. Annual target and contents of research ····· 110
3. Point of evaluation ····· 111
4. Target achievement ····· 112
Section 2. Contribution to Other Research ····· 112

Chapter 5. Application of Research Results ····· 113

Section 1. Necessity of Further Research ····· 113

Section 2. Application to Other Research ····· 113

Section 3. Propelling to Industrialization ····· 113

Chapter 6. References ····· 115

목 차

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 24

제1절 연구개발과제의 목적 ····· 24

제2절 연구개발과제의 필요성 ····· 25

1. 기술적 측면 ····· 25

2. 경제·산업적 측면 ····· 26

3. 사회·문화적 측면 ····· 26

제3절 연구개발과제의 범위 ····· 27

제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 28

제1절 관련기술의 현황 ····· 28

1. 진공함침과 과채류의 물성 ····· 28

2. 식품의 영양강화 ····· 29

3. 배추절임 기술 ····· 30

제2절 앞으로 전망 ····· 31

제3절 기술도입의 타당성 ····· 31

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 32

제1절 배추의 진공함침 절임기술 개발 ····· 32

1. 서설 ····· 32

2. 배추 진공함침의 메커니즘 구명 ····· 33

3. 진공함침 공정 조건의 최적화 ····· 49

4. 결론 ····· 50

제2절 배추 진공함침장치의 설계 및 제작 ····· 52
1. 서설 ····· 52
2. 진공함침장치의 개념설계 ····· 52
3. 실험실용 진공함침장치개발 및 제작 ····· 53
4. 실험실 규모 진공함침장치 설계 및 제작 ····· 62
5. 결론 ····· 66
제3절 배추의 진공함침 영양강화기술 개발 ····· 68
1. 서설 ····· 68
2. 배추절임용 영양강화 함침액의 개발 ····· 69
3. 영양강화 진공함침 배추김치의 개발 ····· 73
4. 결론 ····· 79
제4절 진공함침 절임배추의 김치가공특성 평가 ····· 81
1. 서설 ····· 81
2. 재료 및 방법 ····· 81
3. 결과 및 고찰 ····· 83
4. 결론 ····· 108
제5절 결론 ····· 109

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 110

제1절 목표달성도 ····· 110
1. 연구개발 목표 ····· 110
2. 연차별 연구개발 목표와 내용 ····· 110
3. 평가의 착안점 ····· 111
4. 연구개발의 목표달성도 ····· 112
제2절 관련분야에의 기여도 ····· 112

제5장 연구개발결과의 활용계획 ····· 113

제1절 추가연구의 필요성 ····· 113

제2절 타 연구에의 응용 ····· 113

제3절 기업화 추진방안 ····· 113

제6장 참고문헌 ····· 115

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발과제의 목적

본 연구개발과제의 목적은 배추의 절이는 시간을 단축하고, 절이는 과정에서 영양을 강화하여 영양이 우수한 김치를 단시간 내에 제조할 수 있는 진공함침 기술을 개발하고 그 기술을 활용한 진공함침 배추절임장치를 개발하는데 있다.

현재 공장에서 생산되는 김치의 문제점은 크게 두 가지로 요약된다. 한 가지는 김치의 품질이 균일하지 못하다는 것이고, 다른 한 가지는 김치공장의 생산성이 낮다는 것이다.

공장김치의 품질이 균일하지 못한 이유는 많은 제조공정이 수작업에 의존하고 있기 때문이며, 특히 가장 중요한 배추의 절임공정이 전적으로 수작업에 의존하고 있는 것이 가장 큰 문제점이다. 이 때문에 공장김치의 품질은 공장마다, 생산시기마다, 작업자가 바뀔 때마다 달라지고 있고, 이것이 소비자들로부터 가장 큰 불만요인이 되고 있다.

김치의 품질 균일화는 절임공정의 기계화에 달려 있다고 볼 수 있으므로 배추의 절임공정을 표준화하고 기계화함으로써만이 공장김치의 품질을 어느 정도 균일화시킬 수 있다.

또 한 가지는 배추의 품질이 생산시기별로 차이가 크다는 문제인데 특히 봄 하우스배추와 여름 고랭지배추는 당 함량이 낮아서 좋은 품질의 김치를 만들기가 어렵다. 이 문제는 양념에 당을 첨가하여 일부 개선할 수 있으나 이 경우 김치가 빨리 시어지는 단점이 있으므로, 근본적으로는 배추의 조직 속으로 당을 침투시키는 것이 더 바람직하다. 당을 배추조직 속으로 침투시키는 유효한 방법이 절임공정에서 소금과 함께 당을 용해시켜 절임과 동시에 당이 침투되도록 하는 것이다.

두 번째 문제점인 김치공장의 생산성이 낮은 문제는 자본생산성과 노동생산성으로 나누어 볼 수 있는데, 지금의 1일 1회 생산체계로서는 생산성 향상에 한계가 있으므로 1일 1회 생산체계를 극복해야만 한다.

김치공장의 1일 1회 생산체계가 고착화된 가장 큰 이유는 배추의 절임시간이 15시간 내외로 길기 때문이다. 이 경우배추의 절임을 전날 오후 작업이 끝나는 시점에서 절임에 들어가 익일 오전 출근과 함께 절임이 종료되므로 작업 인원이 소요되지 않으므로 노동생산성에 영향을 주지 않는 것으로 오해하기 쉽다. 그러나 전날 절임을 준비하는 작업과 익일 뒤집어 쌓아 다시 절이고, 절여진 배추를 절임조로부터 꺼내는 과정이 모두 수작업으로 이루어짐으로 소요 노동력의 절반이 절임에 투하되고 있는 실정이다.

절임공정을 기계화하면 쪼갠 배추를 절임망에 담는 작업만이 인력에 의존하고, 쪼갠 배추의 이동, 배추절임, 절임배추 꺼내기, 절임배추의 세척공정으로의 이동이 기계로 가능하고, 바꿔쌓기 공정이 생략되므로 노동생산성도 2배로 높아지는 것이다.

그리고 배추의 절임시간이 15시간에서 5시간으로 줄어들므로 같은 공장에서 같은 시간에 생산량이 3배로 증가는 것이다. 따라서 자본생산성도 3배로 증가한다고 볼 수 있다.

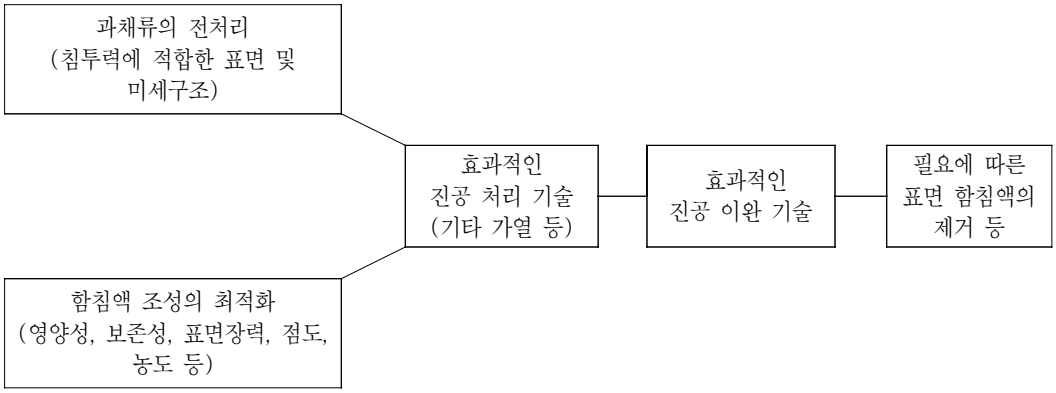
이번에 연구한 결과 배추의 진공함침 기술은 배추의 절임시간을 5시간으로 단축하고, 절임공정을 기계화할 수 있는 기술로 판단되므로 이 기술을 발전시켜 김치공장에 적용하면 현재의 문제점인 김치의 품질균일화 문제와 생산성 향상 문제를 모두 해결할 수 있는 유용한 수단이 될 것이다. 더구나 절임공정에서 여러 가지 영양물질을 강화할 수 있으므로 김치의 다양화에도 기여할 수 있을 것이다.

제2절 연구개발과제의 필요성

1. 기술적 측면

김치는 우리나라에서 주요 부식이며 국제화를 위한 전통식품의 제일 품목이라 말할 수 있다. 품질 좋은 김치를 만들기 위해서는 절임 배추의 품질이 기본이 된다. 절임의 주 메커니즘인 염수의 침투는 절임방법, 염수의 농도, 절임시간, 절임온도 등에 의하여 결정되는데 최근 국외에 **새로운 절임 및 영양물질 침투 방법으로서 진공함침(vacuum impregnation)이 도입**되고 있다. 현재 김치공장의 품질관리에서 가장 중요하게 인식되는 절임공정은 여전히 그 개선의 소지를 갖고 있다. 따라서 개발되는 새로운 기술인 진공함침법을 배추의 절임공정에 적용하면 김치의 생산성을 크게 개선할 수 있다.

과채류의 진공함침법이란 압력 용기에 함침액과 과채류를 함께 넣고 진공을 만든 후에 다시 상압으로 복원시킬 때 얻어지는 매우 효과적이며 강력한 함침액의 침투력에 의한 최신 가공법을 의미한다.



현재 국제 전문 학술지에 발표된 진공함침의 적용 예로는 과채류에 probiotics, 각종 영양물질, 절임(육가공품, 피클 등), pH 저하제, a_w 저하제를 투입 등을 들 수 있는데, 그 중 절임 및 영양강화에 관련된 해당 기술은 크게 압력관련 공정 조건, 함침액의 조성, 원재료 물성의 효과로 나눌 수 있다. 진공함침 공정변수인 압력의 세기, 진공유지시간, 진공처리 횟수 등에 의하여 절임속도, 절임정도, 배추의 미세구조의 상태가 매우 민감하게 영향을 받을 수 있다. 또한 염수의 농도/온도 및 첨가된 영양강화 물질(당, 비타민, 무기질), 진공함침전의 배추의 물성 등에 의하여 배추의 절임 공정 및 영양강화 품질이 결정된다. 국내에서는 과채류 가공분야에도 진공함침법이 소개되지 않은 상태이므로 배추절임에 진공함침기술을 도입할 필요가 있다.

2. 경제·산업적 측면

김치 소비량은 연간 약 150만 톤으로 추정되는데 매년 기업적 생산량이 증가하는 추세에 있다. 김치 제조업체 생산성이 증가하려면 기존의 제조공정상의 취약점이 해결되어야 한다. 만약 절임공정이 개선되어 절임시간이 단축이 된다면 김치공장의 생산성을 대폭 증대시킬 뿐 아니라, 산지에서 배추를 단시간에 절임으로써 약 40만 톤의 배추쓰레기를 줄일 수 있는 방안이 마련될 수 있다. 즉 김치용 배추를 절여서 유통기간이 긴 절임식품으로 유통시킴으로써 배추의 수급안정화를 이룰 수 있을 것이다. 또한 생산 속도의 증가로 인하여 현재 절임용 탱크의 크기도 줄이고 수반되는 공장 부지의 축소 효과도 거둘 수 있다.

진공함침법에 의한 절임식품은 그 내부의 염 농도가 균일한 특성을 갖는데 절임 배추 또한 이와 같은 효과를 받아 품질 향상을 기대할 수 있다. 또한 함침액에 여러 가지 영양성분을 강화하여 김치를 제조할 수 있는 핵심 가공 기술로 예상된다. 진공함침법의 특징에 따라 함침액의 다양한 조성이 가능하기 때문에 매우 다양한 영양강화 김치의 제조가 가능할 것이다. 결과적으로 소비자의 기호도를 높일 수 있어 국내 농가의 주요 농산물인 배추의 소비량을 증대시킬 수 있을 것이다.

약 500개소의 국내 김치 제조업체에 본 기술을 보급하여 원부재료의 수급불안정과 생산기반의 취약점을 해결하는데 도움을 줄 수 있다. 즉, 업체당 생산능력과 가동률을 높여서 김치산업의 경쟁력 강화에 기여할 수 있을 것이다. 또한 원재료의 수급이 안정됨에 따라 제조원가의 안정화도 기대할 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

최근 중국으로부터의 김치 수입량이 증가하면서 김치종주국으로서의 한국의 위상이 흔들리고 있다. 우리나라가 김치종주국의 위상을 확고히 하는 근본적인 방안은 김치의 품질향상과 원가절감에 있다. 배추의 진공함침 기술은 김치의 품질향상과 원가절감에 모두 기여할 수 있으므로 이 기술을 발전시켜

김치공장에 적용시킨다면 김치종주국의 면모를 유지하는데 크게 기여할 수 있을 것이다.

또한 진공함침법으로 절임배추의 영양을 강화하면 새롭고 다양한 김치의 제조가 가능하므로 지금까지의 전통김치와 함께 김치의 세계화에도 기여할 수 있을 것이다.

제3절 연구개발과제의 범위

이번 연구개발과제에서는 배추의 진공함침기술을 개발하고, 그 기술을 활용한 배추절임용 진공함침장치를 개발하는 것이다. 1차 연도에 배추 10포기용 소형 진공함침장치를 제작하여 진공함침 메카니즘과 영양강화 시험을 하고 2차 연도에는 1차 연도 시험결과를 바탕으로 절임장치를 scale up하여 진공함침장치를 1톤 규모로 제작하여 시험하는 것이다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 관련기술의 현황

영양강화 배추절임을 위한 진공함침법의 연구는 진공함침의 공정 개발, 배추의 함침 전·후의 물성과 영양성, 함침액 침투성질의 측면에서 이루어질 수 있다. 여기서, 진공함침법은 압력처리 조건, 진공유지시간, 진공처리 주기 등이 주된 공정 조건이 된다. 배추의 물성은 세포의 미세구조, matrix의 탄성, 점탄성이 중요하고, 영양성은 함침 전·후에 함침액에 첨가된 영양물질의 침투 정도 및 잔존 능력에 따라 좌우된다. 함침액의 침투성질은 염수의 농도, 영양물질의 종류 및 첨가량에 따른 표면장력 및 점도와 함침액과 배추 matrix의 온도 등을 들 수 있다. 이와 관련된 최근 연구 동향을 살펴보면 다음과 같다.

1. 진공함침과 과채류의 물성

과채류의 식품가공 공정에서 액체나 기체 상태의 유체(fluid)를 물질전달 기작을 이용하여 적용하는 예는 건조, 발효, 열처리, 포장 및 저장 등을 들 수 있다. 이 중에서 보다 빠르고 효과적인 외부 물질의 과채류 내부로의 전달을 위해 온도나 압력의 차이를 이용한 연구는 Fito 등이 10여 년 전부터 진행하여 왔다(Fito and Pastor, 1994; Fito et al., 1996). 특히 진공함침을 이용한 유용한 외부 액체상태의 성분을 과채류 내부의 기체와 교환하는 기술은 최근 많은 주목을 받아 왔다. 최근 Mujica-Paz et al.(2003)은 사과, 망고, 바나나 등 과실류에 등장액(isotonic solution)을 진공함침시켜 가해지는 진공 압력과 시간의 영향을 보고하였다. 이 보고에서 각 과실에서의 최적 등장액의 부피를 2차 다항식의 계산식을 통해 밝혀내고, 최적 다공도값(porosity value)을 제시하였다. 진공함침 기술이 대상 과채류의 물성에 미치는 연구는 Fito et al.(2001)과 Martinez-Monzo et al.(2000)에 의해 보고되었다. 그들은 진공함침 기술이 대상 과채류의 세포 구조를 파괴하지 않고 효율적으로 구성성분의 변화를 유도할 수 있다고 보고했다. 또한 여러 가공공정에서 유리하게 쓰일 수 있는 물리화학적 특성을 진공함침기술이 변화시킬 수 있다고 주장하였다. 예를 들면 진공함침으로 인하여 대상 과채류의 밀도를 증가시켜 열전도도(thermal conductivity)와 확산도(diffusivity)에 긍정적인 영향을 주는 것으로 밝혀졌다. 또한 진공함침 기술을 건조에 도입하였을 때 건조효율의 극대화는 물론 과채류의 저장성(shelf-life)를 향상시키는 효과를 가져왔다.

진공함침 기술을 절임에 응용한 예는 Chiralt et al.(2001)에 의해 보고되었다. 육류, 생선류 그리고

치즈의 절임에 진공함침기술을 도입한 결과 절임시간의 단축 및 공정효율의 향상을 가져 왔다고 보고했다. Pavia et al.(2000)은 저염 치즈를 얻기 위해 진공함침 기술을 치즈에 도입하여 숙성정도(ripening)를 조절하는데 이용하였다. 실험결과 진공함침을 한 치즈에서 훨씬 신속한 염지가 이루어졌고, 좀더 균일한(homogeneous) 염분의 분포가 치즈 내에서 형성되었다. 아울러 Escriche et al.(2000)은 진공함침 치즈의 휘발성분의 변화를 보고함으로써 향성분의 진공함침에 의한 도입 가능성을 제시하였다.

진공함침을 기능성 식품에 응용한 예는 여러 비타민, 미네랄, 그리고 다양한 생리활성 물질(physiologically active components)을 과채류에 함침시켜 보고되었다. Fito et al.(2001)은 최근 행해진 진공함침을 도입한 기능성 식품에 대해 매트릭스 공학(matrix engineering)을 도입하였다고 정리하였고, Gras et al.(2003)는 진공함침을 통해 칼슘이 강화된 채소류의 실험결과를 보고하였다. 또한 Betoret et al.(2003)은 장내 활생균(probiotics)을 과일류에 진공함침시켜 활생균 강화 과일류를 만드는데 성공하였다. 위와 같은 연구결과로 비추어 볼 때 절임식품의 대명사인 우리나라의 김치에 여러 생리활성인자를 진공함침기술로 영양강화 시킬 수 있다고 생각된다.

2. 식품의 영양강화

식품의 생체조절성을 강조한 기능성 식품의 개념은 1984년 일본에서 처음 제시되었다. 이후 식품의 건강지향성은 식품산업에서 매우 중요한 핵심어로 자리매김 하였다. Mazza(1998)는 기능성 식품이 21세기에도 가장 촉망받는 분야가 될 것이라고 전망하였다. 기능성 식품에 대해 일본 후생성은 “식품의 성분이 생체방어, 신체리듬조절, 질병의 예방과 회복 등 생체조절기능을 발현하도록 설계, 가공된 식품”라고 정의하였다.

기능성 식품의 설계는 크게 3가지로 나누어 질 수 있는데 첫 번째는 식품 중에 함유된 3차 기능인자를 높은 순도로 분리 정제하는 것이다. 이 경우 호르몬, phytochemicals 등의 성분은 의약품화 할 수 있고, 명백하게 식품성분으로 인정되는 지질, 펩타이드, 올리고당 등은 기능성 식품소재로 사용할 수 있다. 두 번째는 농축으로 타 성분을 제거함으로써 식품이라는 형태에 3차 기능인자의 양을 증가시키는 것이다. 하지만 가장 간단한 방법은 세 번째 방법으로 생체활성 인자들을 식품에 직접 첨가하여 기능성이 강화된 식품을 만드는 것이다(신현경, 1997). 즉 강화식품을 만드는 것으로 이미 철분, 칼슘을 비롯한 무기질, 비타민 C, E 등의 비타민류, 장내 활생균 등의 성분이 첨가된 식품들이 제조되고 있다. 그리고 현재 생리활성인자로 각광 받고 있는 키토산, 올리고당과 같은 probiotics, 그리고 여러 항암, 항균, 항산화제 등도 강화성분으로 식품에 첨가되고 있는 실정이다. 일본에서는 1994년에 모리나가 유업이 신청한 저인밀크의 시판을 허용하였는데, 이 제품은 만성신부전증 환자에게 적절히 설

계된 우유로 칼슘, 철, 각종 비타민을 첨가하여 강화시킨 반면, 인(P), 칼륨, 나트륨은 감소시켜 기능성을 발휘하도록 하였다(조홍연 1994). 강화식품은 현재 각종 생리활성 물질을 제공하여 주는 가장 효율적이고 장기적인 기능성 식품 개발 방법으로 알려져 있다(Hurrell, 1997).

아직까지 김치에 특수한 성분을 강화시켜 제조하였다는 보고는 저장성 증진방안 연구 이외에는 없다. 김치의 저장성 증진 방안 연구에서조차도 김치 고유의 품질을 유지하면서 저장성을 획기적으로 증진시킨 연구결과는 발표되지 않고 있는 실정이다. 고염도 처리, 가열 및 방사선 살균, 저온유통, 완충제 첨가, 천연 항균제 첨가 등 많은 연구와 특허가 발표되고 있으나 획기적인 좋은 결과를 가져다준 예는 없다. 따라서 김치에 가능한 생리활성 인자들을 절임공정에서 진공함침에 의해 효율적으로 첨가, 강화시킨다면 소비자의 기호도를 크게 향상시킬 수 있을 뿐 아니라, 학문적 기여도도 클 것이다. 특히 이 기술을 여름철 고랭지배추에 적용하면 품질을 획기적으로 개선할 수 있을 것이다.

3. 배추절임 기술

김치의 발효는 소금절임으로부터 시작된다. 소금절임시 소금의 삼투압 작용으로 배추조직으로부터 미생물의 영양원이 되는 각종 물질이 유출되며 조직에 불활성 형태로 결합되어 존재하는 각종 효소를 이탈시켜 활성화 형태로 전환하게 된다(변유량, 1994). 또 이로 인해 전분질, 단백질 등 각종 고분자 물질이 분해되어 젖산균의 번식환경이 조성된다(김순동, 1996). 즉 절임을 통해 김치의 저장성과 향미가 개선되는 효과를 가져온다. 절임식품은 절이는 재료에 따라 소금절임류, 식초절임류, 간장절임류, 그리고 된장절임류 등으로 구분된다. 또한 절이는 방식에 따라 물간법과 마른간법으로 나눌 수 있다(한응수, 1996).

현재까지 600여 편의 연구 논문이 김치에 관하여 발표되었으나 절임공정과 절임배추에 관한 문헌은 상당히 미약한 편이다. 절임에 관한 연구에서 절임시간은 짧게는 2시간에서 길게는 24시간으로 넓은 범위에 걸쳐 연구하였으며(김현옥, 1975), 이들 절임시간은 염 농도, 절임방법 등에 의해 좌우된다(이승교, 1984). 간절임에 관한 연구로 김중만 등(1987)이 배추를 4절하여 소금물 농도별로 30분마다 염수를 교반하여 절이면서 이때의 이화학적 및 미생물학적 변화를 고찰한 결과 절임배추내 염도가 3%에 도달하는데 염수 농도 15%에서 3시간 걸렸으며 장기간 절임은 수용성 성분의 유실을 초래한다고 하였다. 절임시 염침투 속도 및 확산에 대한 연구로서 권태연 등(1991)은 배추를 절이는 동안 식염의 침투속도를 측정한 결과 식염농도가 높을수록 식염 침투 속도가 빨랐다고 보고하였다. 또한 무를 염절임할 때 무 내 소금의 침투량 예측 모델과 확산도 예측모델식을 수립하여 발표하였다. 한응수 등(1996)은 절임배추를 효과적으로 저장 유통할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 포장압력을 달리하여 저장하면서 절임배추의 품질 특성을 조사하였다. 그리고 염수의 절임조건은 절임염수의 염도, 온

도, 절임시기, 배추의 쪼개는 방법, 염수순환횟수, 누름힘에 따라 달라진다고 보고하였다(한응수, 1998). 이외에도 김치산업화에 대한 연구들이 수행되어 왔으나 품질관리에 가장 중요한 절임공정에 대해서는 연구가 상당히 미흡한 편이다. 김치의 품질 균일화를 위해 절임공정의 표준화는 물론 새로운 절임방법의 도입은 매우 절실한 과제라 할 수 있다.

제2절 앞으로 전망

먼저 산업적인 면에서 살펴보면 본 기술이 배추절임 제조 현장에 정착된다면 공정 시간 단축에 따른 여러 가지 경제적 효과와 또한 기존의 김치와 다른 영영강화 김치의 제조로부터 얻어지는 소비의 증가를 기대할 수 있을 것이다. 이와 같은 시도는 바로 김치의 국제화에 크게 기여하여 여러 음식문화에 따른 국내 김치 소비의 감소를 막고 국외 잠재 소비를 증대시킬 수 있다.

기술적인 면에서 본 과제의 핵심인 진공함침 기술은 궁극적으로 모든 종류의 과채류에 적용가능하기 때문에 배추절임의 연구로부터 얻어지는 성과는 타 과채류의 특수 가공에 직접적으로 사용될 수 있다. 따라서 본 과제를 통하여 앞으로 국내에도 진공함침법이 과채류 가공의 최신기법으로 연구될 수 있을 것이며 산업계의 적용 또한 가능하게 될 것이다.

과채류의 진공함침은 국제적으로도 연구보고가 다른 분야에 비하여 상대적으로 많지 않은 현황에서 볼 때 앞으로는 가공법의 발전에 따라 진공함침에 관한 연구 및 산업화가 활성화될 것이다.

제3절 기술도입의 타당성

본 과제의 대상은 김치 제조용 배추절임 및 영양강화에 관한 것으로 국외로부터 기술도입은 일본 외에는 불가능한 상태이다. 즉 관련 기술은 응용면에서는 그 대상이 구체적으로 배추에 한정되기 때문에 국외 기술 도입에는 어려움이 있다. 따라서 기존 타 대상의 진공함침 기술과 본 과제의 연구 성과를 배추절임에 적용하여 특정 기술로 정립하는 방법이 바람직하다고 생각된다.

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 배추의 진공함침 절임기술 개발

1. 서설

본 연구개발과제의 목적은 배추의 절이는 시간을 단축하고, 절이는 과정에서 영양을 강화하여 영양이 우수한 김치를 단시간 내에 제조할 수 있는 진공함침 기술을 개발하고 그 기술을 활용한 진공함침 배추절임장치를 개발하는데 있다.

이번에 연구한 결과 배추의 진공함침 기술은 배추의 절임시간을 5시간으로 단축하고, 절임공정을 기계화할 수 있는 기술로 판단되므로 이 기술을 발전시켜 김치공장에 적용하면 현재의 문제점인 김치의 품질균일화 문제와 생산성 향상 문제를 모두 해결할 수 있는 유용한 수단이 될 것이다. 더구나 절임공정에서 여러 가지 영양물질을 강화할 수 있으므로 김치의 다양화에도 기여할 수 있을 것이다.

김치는 우리나라에서 주요 부식이며 국제화를 위한 전통식품의 제일 품목이라 말할 수 있다. 품질 좋은 김치를 만들기 위해서는 절임 배추의 품질이 기본이 된다. 절임의 주 메커니즘인 염수의 침투는 절임방법, 염수의 농도, 절임시간, 절임온도 등에 의하여 결정되는데 최근 국외에 새로운 절임 및 영양물질 침투 방법으로서 진공함침(vacuum impregnation)이 도입되고 있다. 현재 김치공장의 품질관리에서 가장 중요하게 인식되는 절임공정은 여전히 그 개선의 소지를 갖고 있다. 따라서 개발되는 새로운 기술인 진공함침법을 배추의 절임공정에 적용하면 김치의 생산성을 크게 개선할 수 있다.

현재 국제 전문 학술지에 발표된 진공함침의 적용 예로는 과채류에 probiotics, 각종 영양물질, 절임(육가공품, 피클 등), pH 저하제, a_w 저하제를 투입 등을 들 수 있는데, 그 중 절임 및 영양강화에 관련된 해당 기술은 크게 압력관련 공정 조건, 함침액의 조성, 원재료 물성의 효과로 나눌 수 있다. 진공함침 공정변수인 압력의 세기, 진공유지시간, 진공처리 횟수 등에 의하여 절임속도, 절임정도, 배추의 미세구조의 상태가 매우 민감하게 영향을 받을 수 있다. 또한 염수의 농도/온도 및 첨가된 영양강화물질(당, 비타민, 무기질), 진공함침전의 배추의 물성 등에 의하여 배추의 절임 공정 및 영양강화 품질이 결정된다. 국내에서는 과채류 가공분야에도 진공함침법이 소개되지 않은 상태이므로 배추절임에 진공함침기술을 도입할 필요가 있다.

진공함침법에 의한 절임식품은 그 내부의 염 농도가 균일한 특성을 갖는데 절임 배추 또한 이와 같은 효과를 받아 품질 향상을 기대할 수 있다. 또한 함침액에 여러 가지 영양성분을 강화하여 김치를 제조할 수 있는 핵심 가공 기술로 예상된다. 진공함침법의 특징에 따라 함침액의 다양한 조성이 가능

하기 때문에 매우 다양한 영양강화 김치의 제조가 가능할 것이다. 결과적으로 소비자의 기호도를 높일 수 있어 국내 농가의 주요 농산물인 배추의 소비량을 증대시킬 수 있을 것이다.

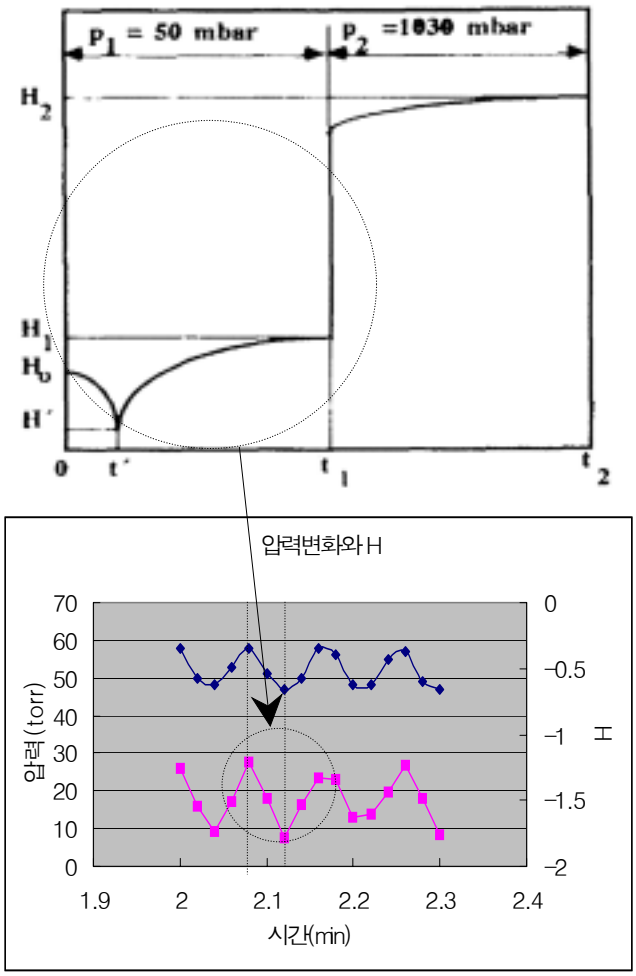
2. 배추 진공함침의 메커니즘 구명

가. Fito의 메커니즘과의 비교 분석

진공함침 진행시간에 따른 H값(함침액 침투율-시료변형율)을 측정한 결과를 기존 연구자에 의하여 제시된 diagram과 비교하였다. Fito의 diagram에서 x축은 함침 진행시간이고 y축은 H값으로 진공/해제시 변화를 나타낸다. 그런데 본 실험에서 사용한 함침기는 압력제어가 on/off 솔레노이드 밸브로 이루어지기 때문에 설정값을 주위로 한 fluctuation이 발생된다. 따라서 그림에서 하나의 주기가 Fito의 진공/해제의 1회 발생으로 간주할 수 있다. Fluctuation을 없이 압력 제어를 할 수 있는 장치는 극도로 고가이므로 본 과제에서 경제적인 수준의 장치를 선택하였다.

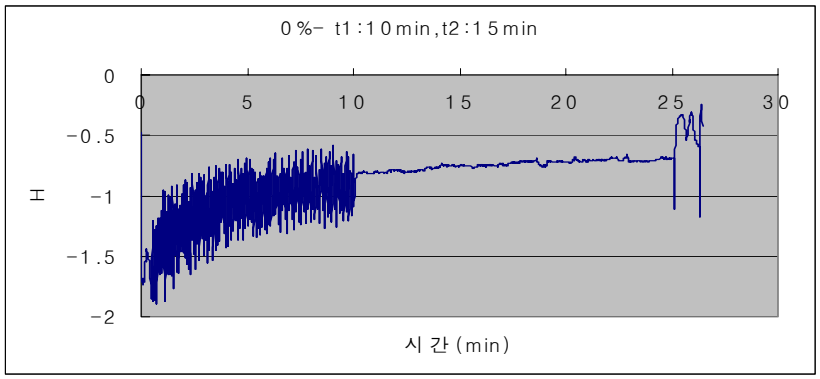
진공함침 진행시간에 따라 H 값을 측정한 결과 다음 그림과 같은 2가지 경우가 발생되었다. 첫 번째 경우는 진공함침에 의하여 시간이 경과될수록 H 값이 계속적으로 증가하였는데 함침액의 침투율이 증가하거나 시료변형률이 감소하였음을 의미한다. 두 번째는 H값이 어느 시점에서 증가율이 떨어지는 경우인데 이는 내부에 깊숙이 침투된 염용액이 배추의 세포에 삼투현상을 일으켜 배추 세포액이 탈수되는 역류현상에 의하여 것으로 판단된다.

상기의 결과로부터 다음과 같은 절임 진공함침의 메커니즘을 설정하였다. 절임시 물질이동 현상으로 염수에 의하여 배추의 세포액이 배출되어 탈수되는데 일반 절임과 진공함침 절임과의 차이점은 삼투 계면의 차이로 간주할 수 있다. 즉, 일반 절임에서 삼투 계면은 그림에서와 같이 배추 표면부위로 제한되나 진공함침은 염수를 배추 내부로 침수시키는 강력한 수단이 되어 삼투 계면은 매우 커지게 된다. 따라서 속성 절임이 가능하게 된다. 또한 통배추에 관하여 적용할 때도 같은 원리로서 배추잎 사이에 존재하는 공간에 염수를 속성적으로 침투시켜 역시 삼투 계면을 확장하게 되어 탈수를 촉진하여 절임속도를 증가시킨다.

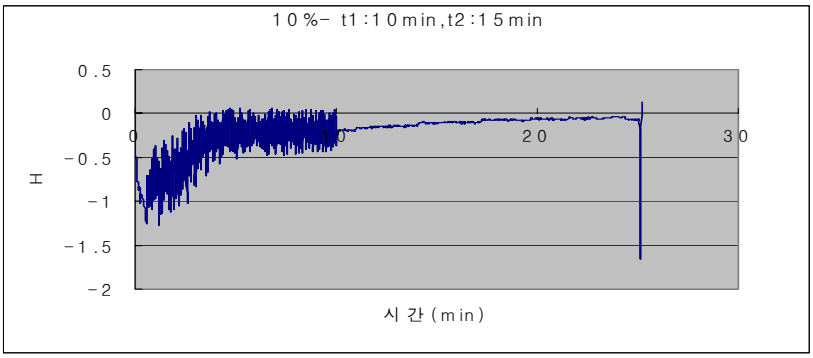


<그림 1-1> Fito의 H vs. 함침시간 diagram과 본 실험의 전형적인 결과의 예

(a)

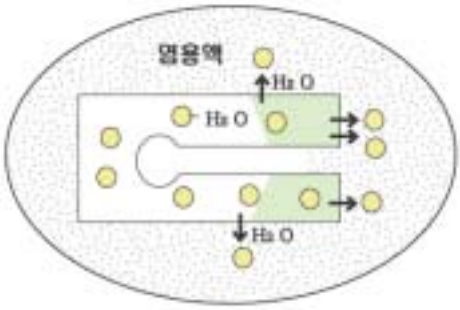


(b)

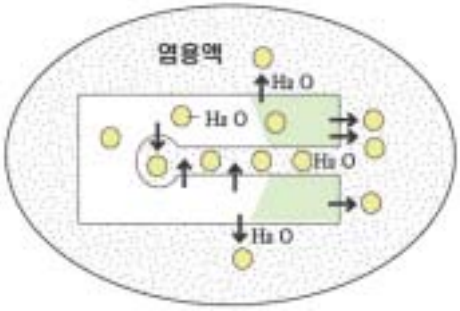


<그림 1-2> (a) : 침투에 의한 H 변화; (b) : 침투 → 삼투에 의한 H 변화

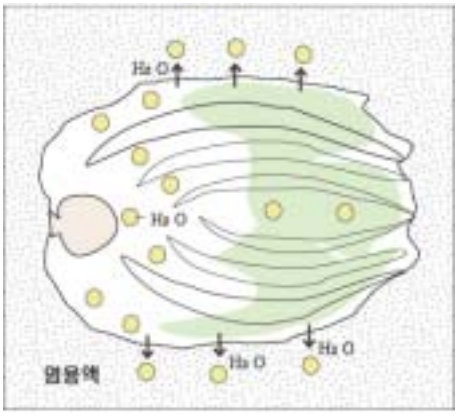
(a) 기존 절임



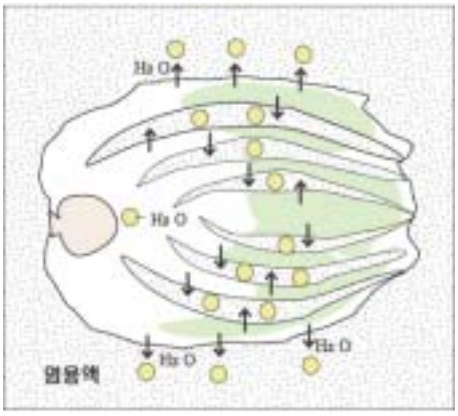
(b) 진공함침 절임



(c) 기존 절임



(d) 진공함침 절임



<그림 1-3> 본 연구에서 얻어진 기존 절임과 진공함침 절임 메커니즘

단, 실험 결과에서 함침액 침투율은 침투와 삼투에 의한 탈수의 총합이므로 대체로 함침 초기에는 H 값의 증가율이 크다가 중말기에 가면 다시 증가율이 감소하는 현상을 관찰하였다.

나. 진공함침 공정설계

진공함침장치는 자체 제작하였으며(결과 참조) 진공함침 시료는 시중 유기농 배추(하나로 마트)를 구입한 후 6℃ 보관하여 2~3일 내에 사용하였다. 배추는 씻지 않은 상태에서 잎 부분을 제외한 넓은 흰색의 가운데 맥 부분(두께 5mm)만을 가로 2.5cm, 세로 2.5cm로 균일하게 절단하여 진공함침장치 내에 소금용액이 담기 용기에 넣고 진공함침 하였다. 진공함침 실험은 크게 두 가지로 하였다. 첫 번째는 <표 1-1>에서와 같이 초기진공도 50 torr의 조건에서 진공유지시간(t1), 진공해제시간(t2)을 달리하였다. 함침액의 농도는 저농도부터 고농도까지 5개의 농도를 설정하여 염수농도 0%, 2%, 5%, 10%, 20%(w/v)를 준비하였다. 단, 함침액의 온도는 15℃에서 수행하였다. 예비실험결과 15~30℃의 구간에서 온도가 높을수록 함침액 침투율은 증가하였으나 함침효과를 명확히 보기 위하여 가장 억제 조건인 15℃를 선택하여 모든 실험에 적용하였다.

두 번째는 <표 1-2>에서와 같이 진공유지시간, 진공해제시간, 해제주기가 동시에 반영된 pulse의 조건을 부가하여 초기진공도, pulse수, 함침시간에 따라 진공함침 하였다. 1회 실험에 배추 5조각을 사용하여 분석에 사용하였다.

<표 1-1> 2단계 진공함침조건(50 torr, t_1 → 350 torr, t_2 → 대기압)

Condition	t_1 (min)	t_2 (min)
T1	5	15
T2	10	15
T3	15	15
T4	15	5
T5	15	10

<표 1-2> Pulse 진공함침조건(고진공 → 500 torr → 고진공 → 500 torr → ..... → 진공 → 대기압)

Condition	Pressure (torr)	Pulse number	Period (min)
1	100	3	10
2	100	3	20

Condition	Pressure (torr)	Pulse number	Period (min)
3	100	6	10
4	100	6	20
5	200	3	10
6	200	3	20
7	200	6	10
8	200	6	20

진공함침장치 내에는 소금액과 잠긴 시료를 담는 용기를 올려놓는 저울과 시료가 뜨지 않게 고정하는 틀을 제작하여 설치하였다. 진공함침 중 부력에 의한 무게 변화와 압력을 측정 및 제어할 수 있는 하드웨어 및 컴퓨터 프로그램을 개발하여 사용하였다(결과 참조).

한편, 저장 중 품질 변화를 위한 진공함침에서는 배추를 절단하지 않고 포기로 사용하였다.

다. 함침액의 침투 측정

함침액의 침투 성능을 나타내기 위하여 함침액침투율(X), 시료변형율(γ), 유효공극률(effective porosity, ε_e)를 다음과 같은 식에 의하여 각각 계산하였다.

$$X = \frac{Mt - Mo}{\rho Vo}$$

$$\gamma = \frac{Vt - Vo}{Vo}$$

$$\epsilon_e = \frac{X - \gamma}{1 - P2/P1}$$

여기서 Mo, Mt는 함침 전후의 시료무게; Vo, Vt는 함침 전의 시료부피; ρ는 함침액의 밀도; P1, P2는 초기진공도와 진공해제압력을 의미한다. 이때 함침 전후의 시료 부피는 메스실린더에 물을 넣고 시료를 넣었을 때 부피 증가로 측정하였다.

무게 데이터 수집 장치에 의하여 측정된 무게의 변화는 함침액의 침투에 의한 부력 변화를 나타낸다. 다음 식에 따라 침투율과 시료변형률의 합인 H를 계산하였다.

$$H = \frac{Lo - Lt - Mw}{\rho Vo}$$

여기서 Lo, Lt는 소금액과 시료를 포함한 용기의 초기 및 시간에 따른 무게; Mw는 가능한 증발량을 의미한다.

라. 염도 측정

염도는 다음과 같이 두 가지 방법으로 측정하였다.

가) 함침액의 함침 전·후의 무게 차이로부터 계산

진공 함침 실험 전·후의 함침액의 무게를 재어 그 차이로부터 배추 속으로 들어가 함침액의 농도를 추정해 보았다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{염도}(\%) = \frac{\text{함침액의농도} * \text{함침액의무게차}}{\text{함침전의시료무게}} * 100$$

Morh법에 의한 염도의 계산은 실험 후 모든 시료를 믹서기(한일믹서기, FM-681)에 갈아서 여과지(No.2)로 여과하여 그 즙액을 사용하였다. 즙액의 1ml을 mess flask에 넣어 증류수로 저용하고, 10ml을 취하여 K_2CrO_4 용액 1mln을 지시약으로 가하고 0.1N $AgNO_3$로 적정하여 다음 식에 의하여 환산하였다.

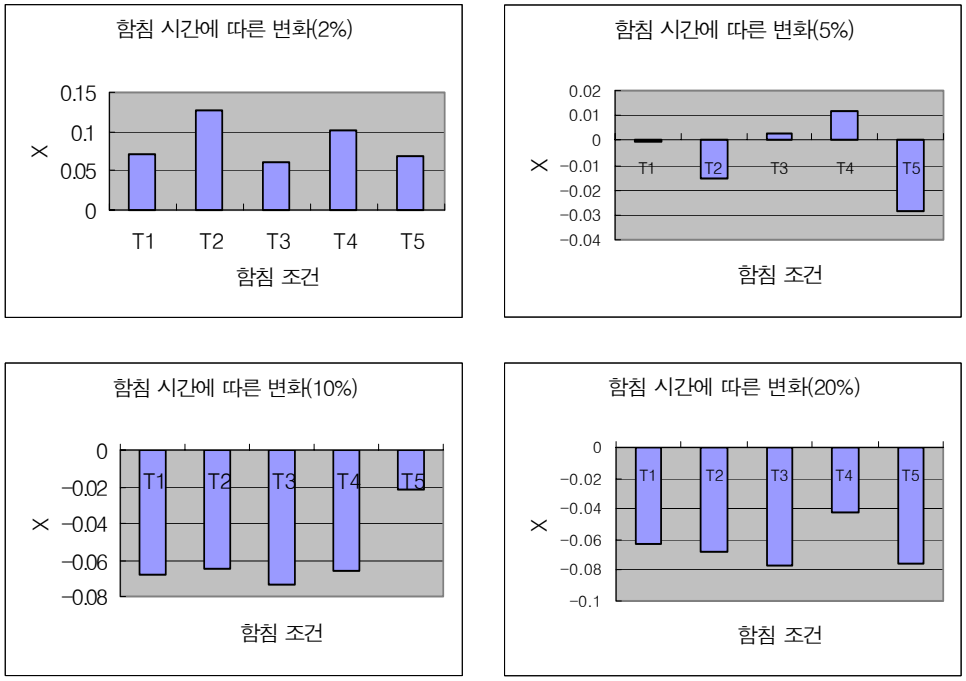
$$\text{염도}(\%) = \text{적정치} * 0.00585 * \frac{10}{100} * \frac{100}{\text{시료채취량}} * factor$$

마. 진공함침공정 조건에 따른 함침액 침투 kinetics

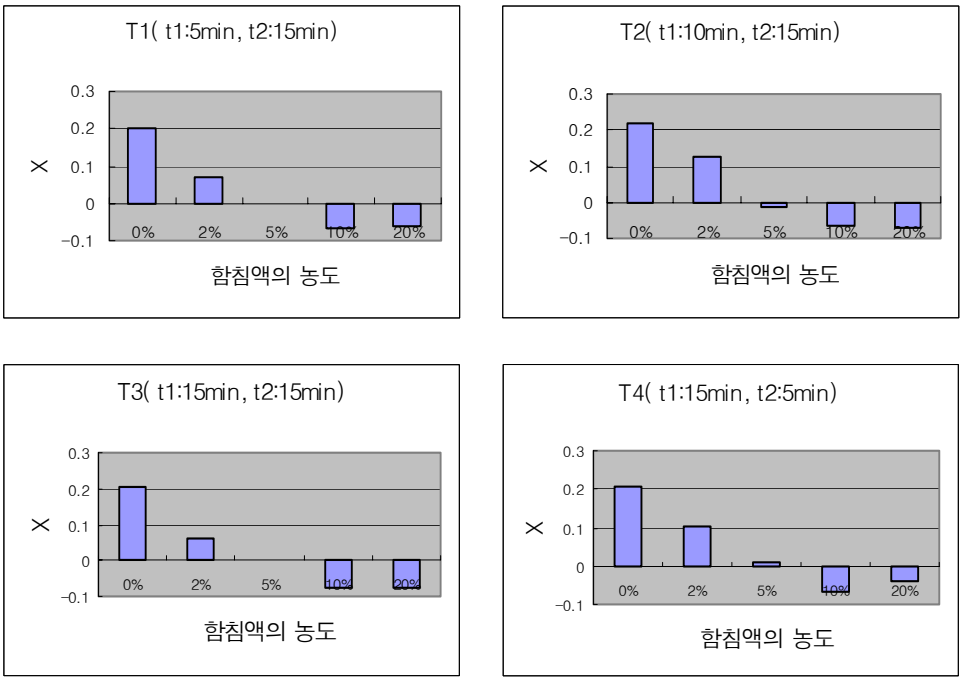
초기진공도, 진공유지시간, 진공해제시간, 함침액의 농도에 따른 함침액 침투 kinetics기작에 관한 결과는 다음과 같다. 즉, 함침조건에 따른 액체 침투율(X)과 시료변형율(γ), effective porosity(εe)는 다음의 표와 같았다.

<표 1-3> 함침조건과 함침액 농도에 따른 함침액침투율(X)

	0%	2%	5%	10%	20%
T1	0.1995	0.0711	-0.0003	-0.0680	-0.0632
T2	0.2174	0.1283	-0.0152	-0.0644	-0.0682
T3	0.2024	0.0614	0.0024	-0.0736	-0.0772
T4	0.2075	0.1011	0.0114	-0.0656	-0.0422
T5	0.1949	0.0681	-0.0282	-0.0219	-0.0753



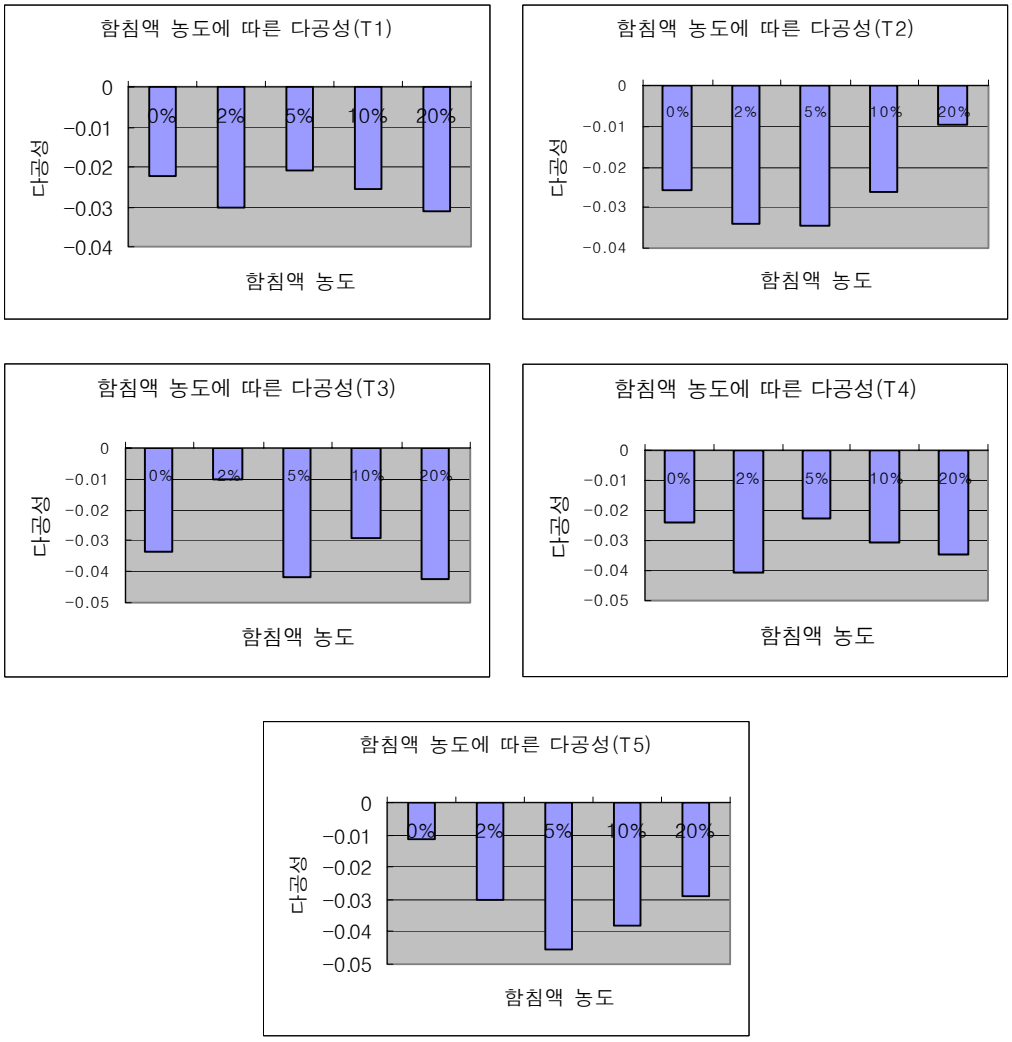
<그림 1-4> 각 함침액 농도에서 함침 조건에 따른 함침액침투율의 변화 그래프



<그림 1-5> 각 함침조건에서 함침액 농도에 따른 함침액침투율의 변화

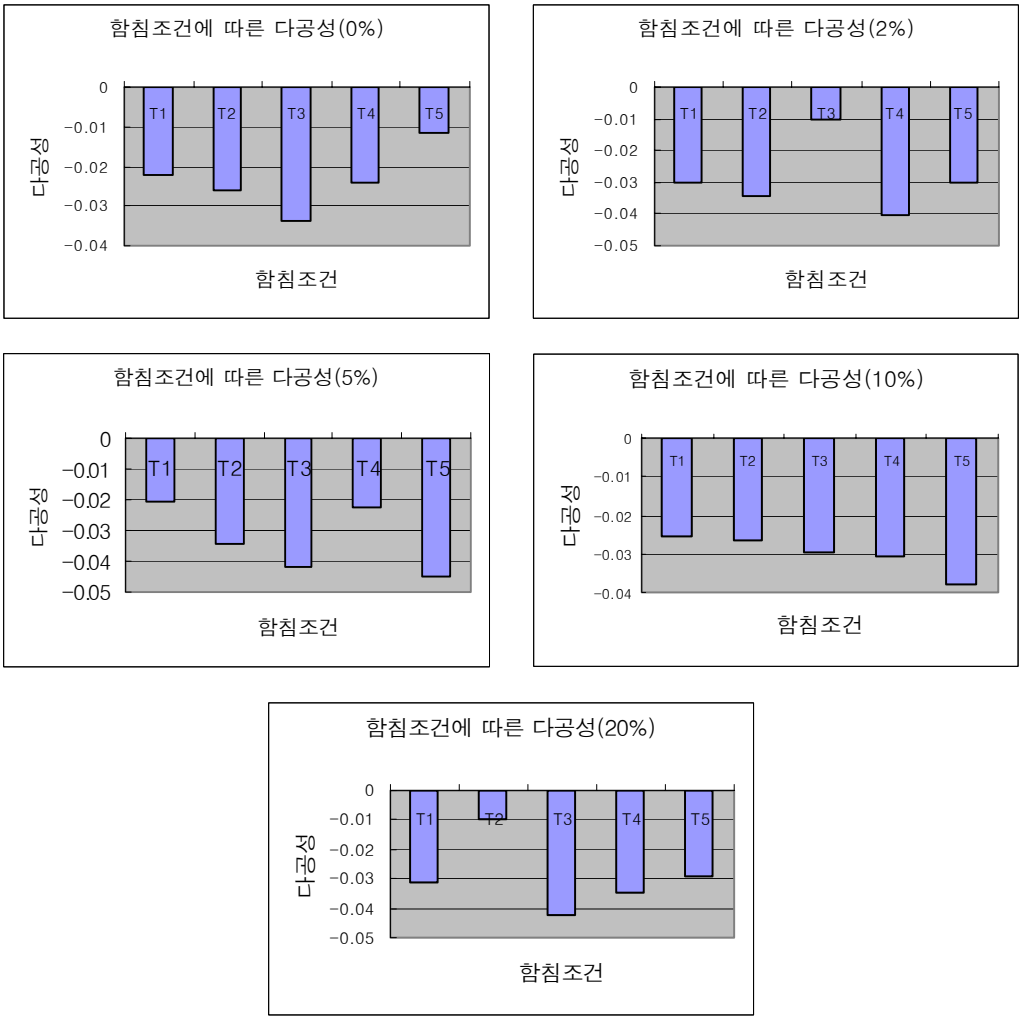
<표 1-4> 함침조건과 함침액 농도에 따른 유효공극률

	0%	2%	5%	10%	20%
T1	-0.2213	-0.0304	-0.0208	-0.0257	-0.0311
T2	-0.0258	-0.0342	-0.0345	-0.0263	-0.0095
T3	-0.0337	-0.0102	-0.0421	-0.0294	-0.0427
T4	-0.0242	-0.0407	-0.0227	-0.0307	-0.0346
T5	-0.0117	-0.0299	-0.0453	-0.0380	-0.0291



<그림 1-6> 각 함침 조건에서 함침액의 농도에 변화에 따른 유효공극률의 변화

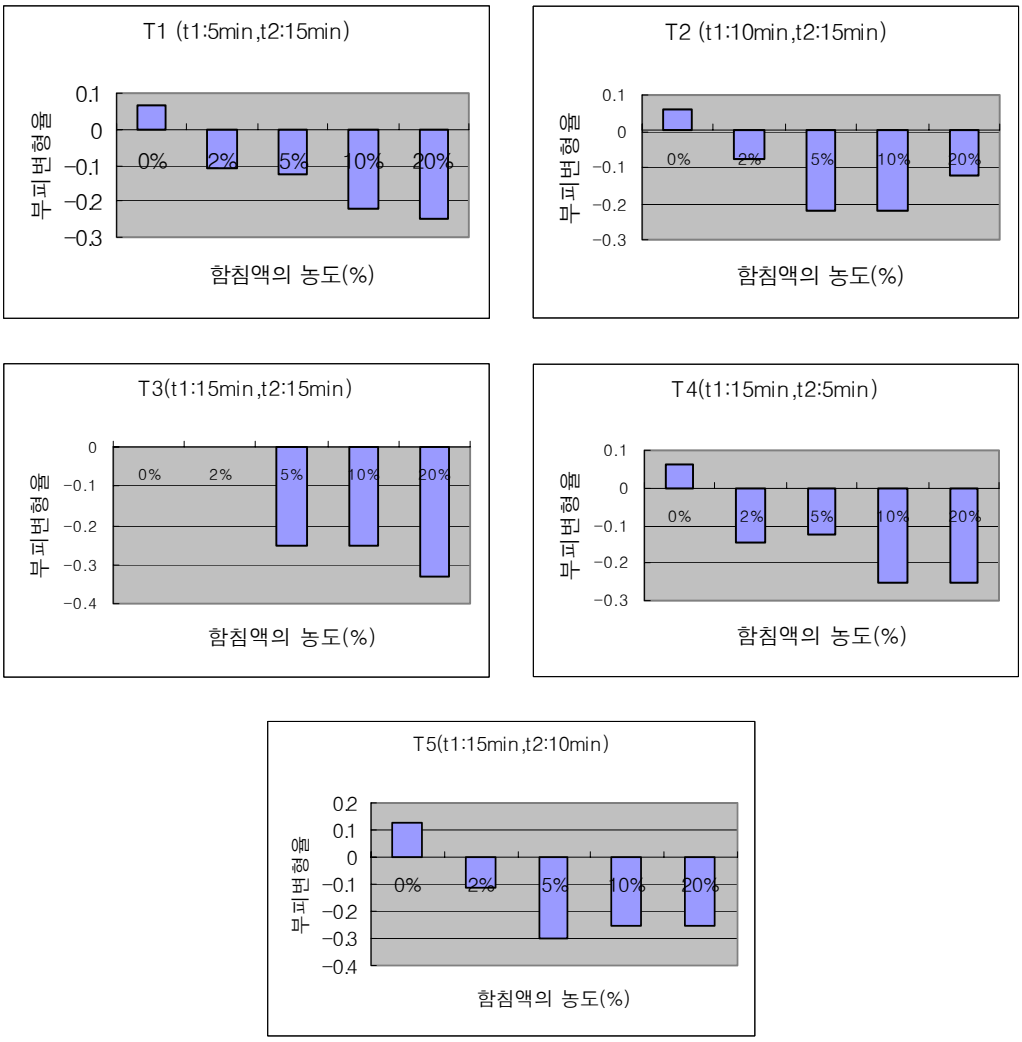
함침 조건에 따른 액체 침투율은 함침액의 농도가 달라짐에 따라서 각각 다른 함침조건에서 최대값을 보여주었는데, 이것으로부터 함침액의 농도에 따라서 함침액이 최대로 침투되는 조건이 다르다는 것을 알 수 있다. 또한 함침액의 농도가 5% 이상일 때 시료의 대부분이 음의 액체 침투율을 가지는 것을 확인할 수 있었는데, 예외적으로 함침액 농도 5%일 때는 함침 조건이 T3(t_1 : 15min, t_2 : 15 min)와 T4(t_1 : 15min, t_2 : 5min)일 때 양의 침투율을 가졌다. 특히 함침액의 농도가 10% 이상일 때는 모든 함침조건에서 음의 액체 침투율을 보여주었다. 이러한 현상은 함침액의 농도가 높아지면 함침액과 배추 사이의 삼투현상이 일어나 함침액이 배추 속으로 침투되는 것보다 배추의 본래 즙액이 나오는 현상이 일어나기 때문인 것으로 생각된다.



<그림 1-7> 각 함침액 농도에서 함침 조건의 변화에 따른 유효공극률의 변화

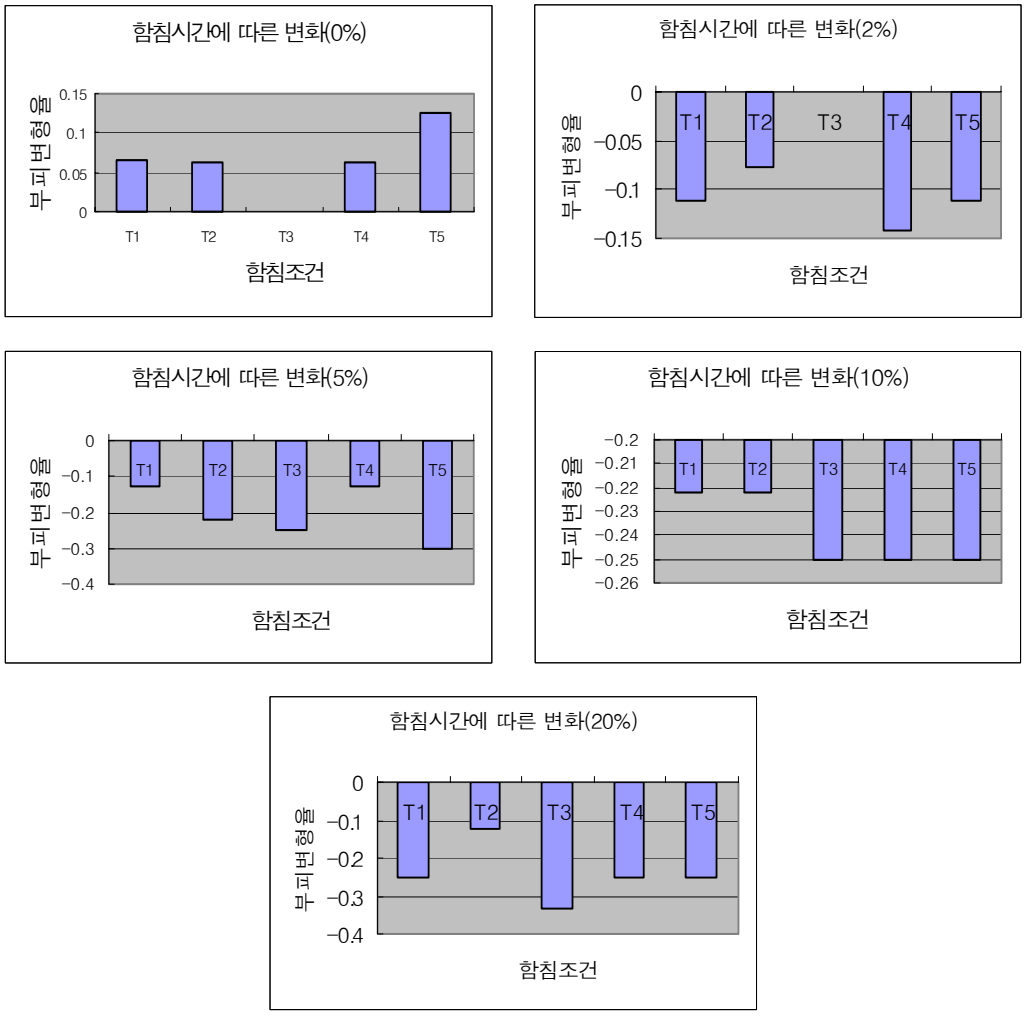
<표 1-5> 함침조건과 함침액 농도에 따른 시료변형율(γ)

	0%	2%	5%	10%	20%
T1	0.0667	−0.1111	−0.1250	−0.2222	−0.2500
T2	0.0625	−0.0769	−0.2222	−0.2222	−0.1250
T3	0	0	−0.2500	−0.2500	−0.3333
T4	0.0625	−0.1429	−0.1250	−0.2500	−0.2500
T5	0.1250	−0.1111	−0.3000	−0.2500	−0.2500



<그림 1-8> 각 함침 조건에서 함침액 농도 변화에 따른 시료변형율의 변화

유효공극률는 sample의 부피당 pore안에 있는 gas의 부피로 정의되는데, 모든 조건에서 음의 값을 나타내었다. 이것으로부터 모든 함침 조건에서 함침액에 의해 배추의 pore가 액체로 치환되어 음의 값을 갖게 된 것이라고 생각된다.



<그림 1-9> 각 함침액 농도에서 함침조건 변화에 따른 시료변형율의 변화

시료변형율은 함침액의 농도가 0%인 때와 함침액 농도 2%일 때 T3를 제외하고는 모두 음의 변형율을 보여주었다. 액체 침투율이 음의 값을 나타내는 것을 고려해보면, 삼투현상으로 인해 배추의 본래 즙액을 잃어버려서 대부분의 시료가 수축하여 음의 시료 변형율을 가지는 것으로 생각된다.

함침액의 농도에 따른 함침액침투율(X)과 시료변형율(γ), 유효공극률(ε_e)를 비교해보았다. 함침액

의 농도가 0%, 2% 일 때에만 양의 함침액침투율을 갖고, 함침액의 농도가 10% 이상일 때는 모두 음의 함침액침투율을 나타내었다. 특히 함침액 농도가 20%일 때 가장 낮은 함침액침투율을 가졌다.

시료 변형율은 함침액의 농도가 0%일 때를 제외하고 모두 음의 값을 보였으며, 변형율은 함침액의 농도가 높아질수록 작아지는 경향을 보였다.

유효공극률는 모든 함침액 농도에서 음의 값을 가졌다.

각 함침조건별로 얻어진 함침액침투율의 평균을 계산해 보았을 때, 진공시간(t_1)이 15분, 진공 해제시간(t_2)이 5분일 때의 함침액침투율이 가장 높았고, 진공시간(t_1)이 15분, 진공 해제시간(t_2)이 15분일 때의 함침액침투율이 가장 낮았다. 이것으로 보아 해제시간이 짧을 때가 함침액 침투가 더 효과적이라고 생각할 수 있었다.

시료 변형율은 함침액이 0%일 때를 제외하고 모든 함침조건에서 음의 값을 보였다. 각 조건에서의 시료변형율의 평균값으로부터 진공시간(t_1)이 10분, 진공 해제시간(t_2)이 15분일 때의 시료변형율이 가장 컸고, 진공시간(t_1)이 15분, 진공 해제시간(t_2)이 15분일 때의 시료 변형율이 가장 작았다.

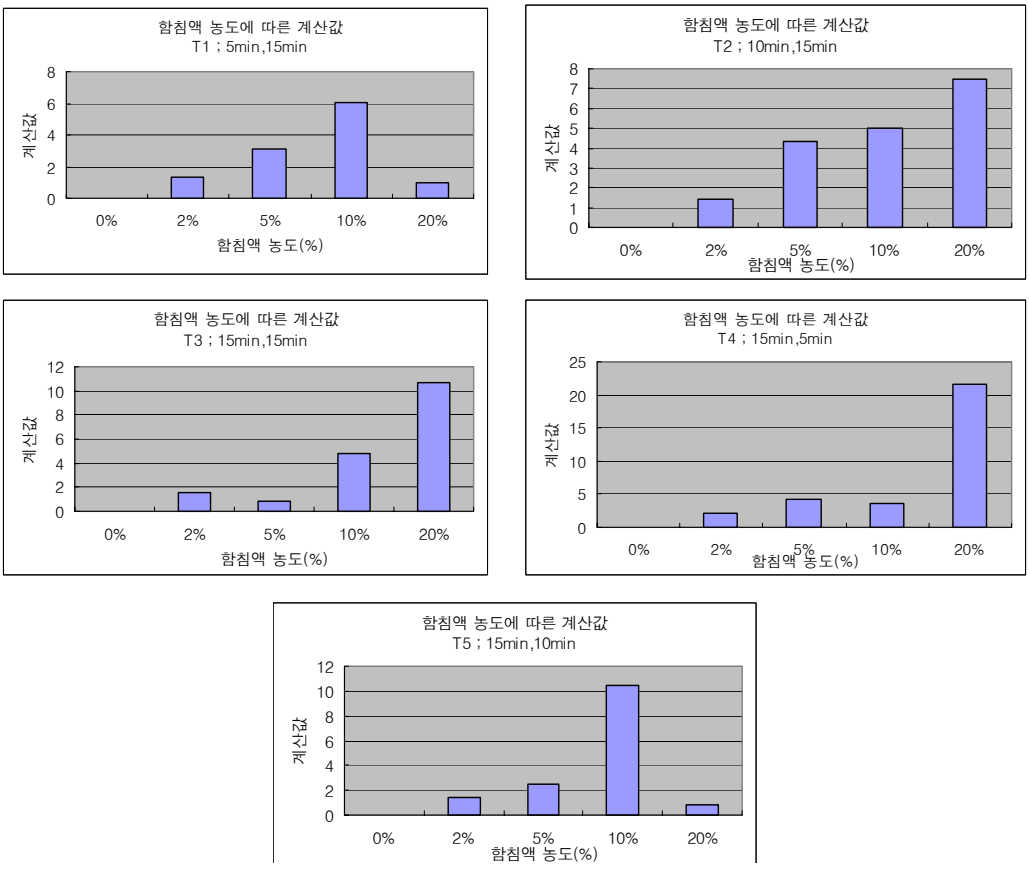
유효공극률(ε_e)는 모든 조건에서 음의 값을 보였다. 각 조건에서의 유효공극률의 값을 평균으로 계산 해 보았을 때 진공시간(t_1)이 5분, 진공 해제시간(t_2)이 15분일 때가 가장 큰 ε_e값을 보여주었고 진공시간(t_1)이 15분, 진공 해제시간(t_2)이 15분일 때가 가장 작았다.

진공시간(t_1)이 15분, 진공 해제시간(t_2)이 15분일 때가 평균적으로 시료 변형율과 액체 침투율, 유효공극률가 작았던 것으로 보아 긴 진공시간과 진공 해제 시간이 함침액의 침투와 시료변형, 배추의 공극률에 있어서 큰 영향을 주는 것으로 생각되었다. 특히 X, γ, ε_e 값 모두 그 평균값이 진공 해제 시간이 15분일 때 가장 작았던 것으로 보아, 진공 해제 시간이 길 경우 진공과 진공해제에 의한 Hydro Dynamic Mechanism을 저해하는 것으로 생각된다.

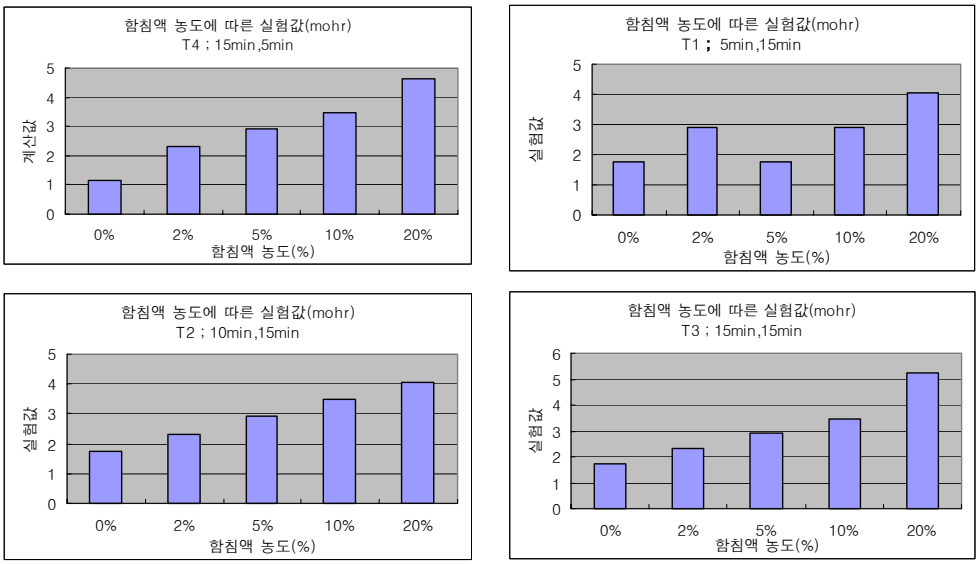
함침액의 함침 전·후의 무게 차이로부터 계산한 값과 Morh법에 의한 계산하여 얻은 배추의 염도는 다음과 같다.

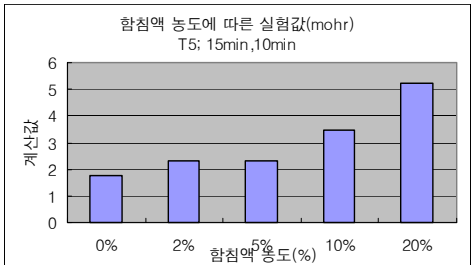
<표 1-6> 함침조건과 함침액 농도에 따른 계산법과 Morh법에 의한 염도 측정 결과(%)

	0%		2%		5%		10%		20%	
	계산값	morh법	계산값	morh법	계산값	morh법	계산값	morh법	계산값	morh법
T1	0	1.7408	1.3456	2.9013	3.1021	1.7408	6.0167	2.9013	0.9786	4.0618
T2	0	1.7408	1.3947	2.3210	4.2995	2.9013	5.0467	3.4816	7.4440	4.0618
T3	0	1.7408	1.5858	2.3210	0.8020	2.9013	4.8410	3.4816	10.6856	5.2224
T4	0	1.1605	2.1399	2.3210	4.2785	2.9013	3.4963	3.4816	21.7136	4.6421
T5	0	1.7408	1.4306	2.3210	2.5016	2.3210	10.4224	3.4816	0.7838	5.2224



<그림 1-10> 함침액의 무게차로부터 계산한 염도 그래프





<그림 1-11> Morh법에 의한 염도 그래프

두 가지 염도 측정에서 함침액의 농도가 높아질수록 배추의 염도도 높아지는 경향을 볼 수 있었다. 그런데 함침액의 무게 차이로부터 계산한 염도의 경우 함침액의 농도가 20%일 때 함침 조건에 따라서 일반적인 경향과 반대로 낮은 염도를 보이기도 했다. 이와 같은 현상과 더불어, 함침액의 무게차에 의해 계산된 염도와 Morh법에 의해 얻은 염도가 20%이상의 차이를 보이는 것으로 보아 계산된 염도는 함침액의 농도가 높아질 수 록 배추의 염도도 증가하는 경향을 보이기는 하지만 그 값의 정확성은 Mohr법에 비해 낮다고 생각된다.

반면, Morh법에 의한 염도 측정은 함침액의 농도 증가에 따라 배추의 염도가 증가하는 경향성을 뚜렷이 관찰할 수 있었다. 또한 Morh법에 의한 염도 측정에서 함침액의 농도가 0%일 때의 배추 즙액의 염도가 2%로 측정된 것으로 보아 절이지 않은 배추의 염도가 2% 정도일 것이란 추측을 할 수 있었다.

Morh법에 의한 염도 측정으로부터 함침액의 농도가 20%일 때 배추의 염도가 4~5%에 도달한다는 사실을 확인할 수 있었다.

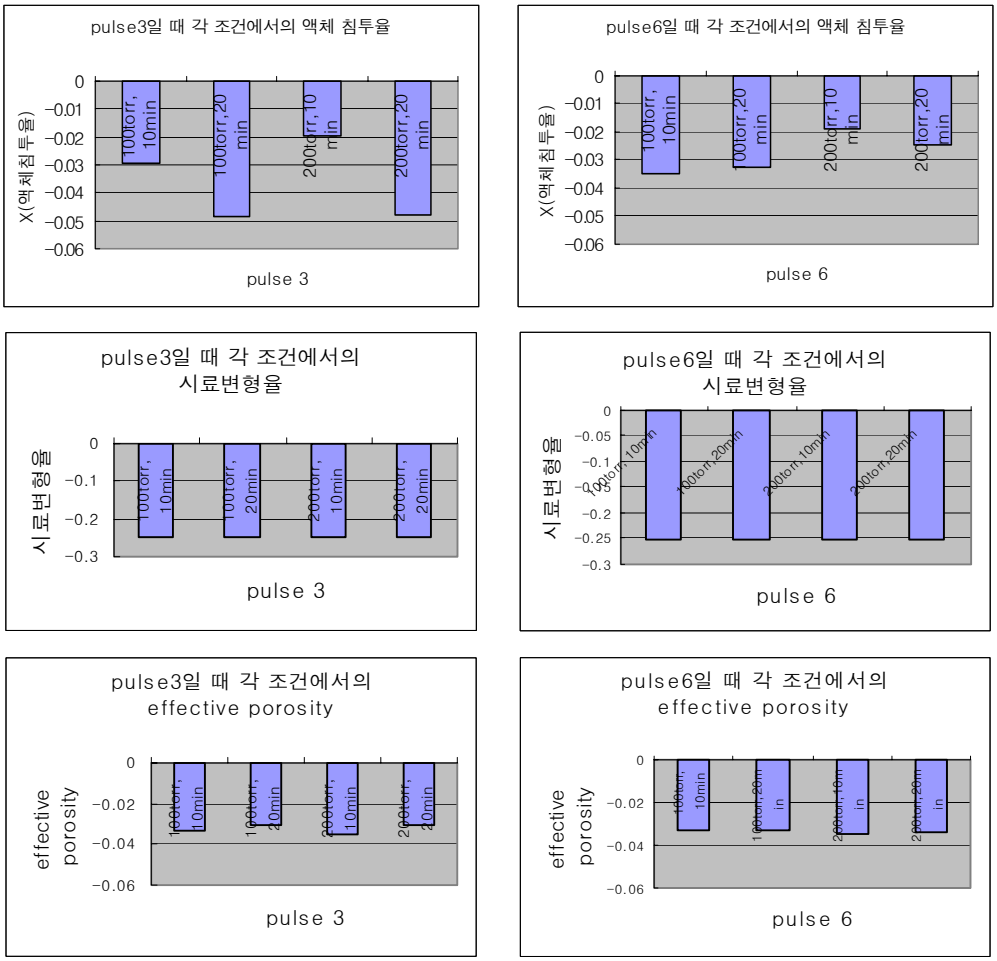
바. 진공/해제(pulse) 주기에 따른 함침액 침투 kinetics

이 실험은 통배추를 절임에 있어서 기존의 진공함침 방법으로 실험할 경우에 통배추 잎 사이의 공기층에 의해 함침이 잘 이루어지지 않은 것으로부터 진공상태와 해제를 일정간격동안 반복하였을 때의 함침효과를 관찰해보았다. 이 실험으로부터 얻은 각 조건에서의 액체 침투율(X)와 시료변형율(γ)의 결과는 다음과 같다.

<표 1-7> Pulse 회수와 진공 압력, 함침시간에 따른 액체 침투율(X)와 시료변형율(γ) 결과

	3 pulses		6 pulses	
	X	γ	X	γ
100torr, 10min	−0.0294	−0.2500	−0.0346	−0.2500

	3 pulses		6 pulses	
	X	γ	X	γ
100torr, 20min	−0.0483	−0.2500	−0.0327	−0.2500
200torr, 10min	−0.0196	−0.2500	−0.0189	−0.2500
200torr, 20min	−0.0481	−0.2500	−0.0247	−0.2500



<그림 1-12> pulse 회수에 따라 각 조건에서의 함침액침투율과 시료 변형율, 유효공극률의 변화

Pulse 회수를 3과 그의 2배인 6으로 정하고 각 실험 조건에서의 함침액침투율과 시료 변형율을 비교해 보면 다음과 같다.

모든 실험 결과는 음의 함침액 침투율과 음의 시료 변형율을 나타내었다. Pulse회수의 경우 평균적

으로 pulse회수가 3일 때가 6일 때보다 더 큰 침투율을 보였다. Pulse 3, 100torr에서 20분간 진공함침을 한 경우만 예외적으로 가장 작은 침투율을 보였는데, 이것은 실험과정에서 압력이 해제될 때 압력의 변화로 인한 현상으로 생각된다.

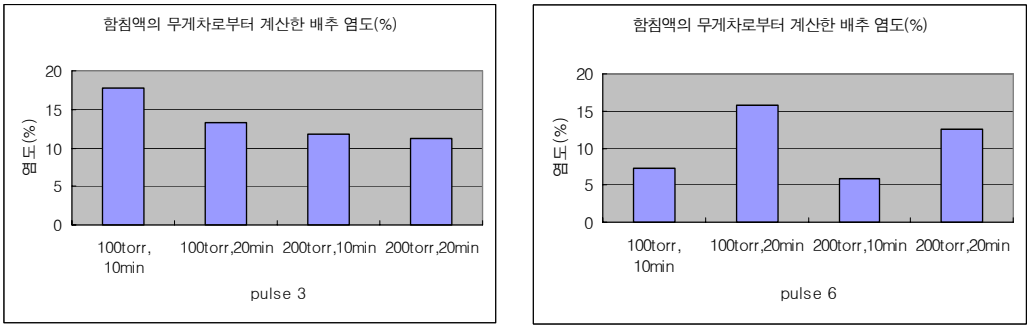
액체 침투율의 결과로부터 진공압력 200torr에서 pulse 회수를 6으로 하여 20분 동안 함침하였을 때 가장 큰 액체 침투가 일어난다고 생각할 수 있다.

시료변형율은 모든 실험에서 동일하게 나타났는데, 이것으로부터 pulse를 가한 진공함침이 시료의 변형을 일정하게 할 수 있다는 것을 추측해 볼 수 있었고, 따라서 액체 침투율에 의한 함침 효과의 비교를 좀 더 명확히 할 수 있을 것이라는 생각을 해 보았다.

진공 함침 후의 배추의 염도는 함침액의 무게 차이로부터 계산하였다.

<표 1-8> 함침액의 무게차로부터 계산된 염도(%)

	3 pulses	6 pulses
100torr, 10min	17.6908	7.2778
100torr, 20min	13.2552	15.7829
200torr, 10min	11.7526	5.8337
200torr, 20min	11.2477	12.4634



<그림 1-13> Pulse 회수에 따른 각 조건에서의 계산법에 의한 배추 염도(%)

Pulse 회수에 따른 진공함침 실험에서 pulse 회수가 3일 때 평균적으로 더 높은 염도를 보였으며, 특히 pulse 3일 때 낮은 압력에서(100torr) 짧은 시간(10min)동안 진공함침 할 경우가 염도가 가장 높았다. Pulse 회수가 6일 때는 100torr에서 20분 동안 진공 함침한 시료의 염도가 가장 높았다. 이것으로부터 pulse 회수가 적을 때는 짧은 시간동안 함침을 하고, pulse 회수가 많을 때는 그 회수가 적

을 때보다 상대적으로 긴 시간동안 함침을 하는 것이 좋을 것이라고 생각해 보았다.

3. 진공함침 공정 조건의 최적화

가. 공정조건 최적화 방법

진공함침 조건에서 효과적으로 나타난 pulse 방식의 공정 최적화를 linear programing 기법을 통하여 계산하였다. 먼저 요인 실험계획으로 <표 2>와 같은 조건에서 진공함침한 배추의 함침액 침투률과 조직감(bending force)를 측정하여 다음과 같은 모형에 대하여 다중 선형회귀분석을 실시하였다.

$$Y1 = aX1 + bX2 + cX3$$
$$Y2 = AX1 + BX2 + CX3$$

여기서 Y1, Y2는 침투율과 조직감; X1, X2, X3는 진공도, pulse수, 함침시간을 의미한다.

Linear programing의 constraint는 함침액 침투량의 범위로 설정하였고 최소화는 조직감으로 정하여 SAS(version 8.2)로 프로그래밍하여 최적화하였다. 최소화는 배추가 잘 절여질수록 bending force가 줄어들기 때문이다.

$$Y1 \rightarrow Boundary$$
$$Y2 \rightarrow Minimize\ !$$

나. 공정조건 최적화 결과

초기진공도, 진공유지시간, 진공해제속도를 최적화하기 위하여, 진공도, 함침시간 및 진공해제/유지주기인 pulse수를 최적화하였다. 다음 식은 pulse 진공함침 조건-진공도(X1), pulse수(X2), 함침시간(X3)-에 대한 침투율(Y1)과 조직감(Y2)을 각각 회귀분석한 결과이다.

$$Y1 = 2.018 \times 10^{-6} X1 + 0.000134 X2 - 0.0021 X3 \qquad R^2=0.92$$
$$Y2 = 7.6607 X1 - 161.3 X2 + 36.6071 X3 \qquad R^2=0.89$$

상기 회귀식에서 침투율(Y1)을 염도가 1.7~2.3에 대한 값을 constraint로 설정하여, 즉 $-0.0282 < Y1 < -0.0003$의 조건에서 Y2를 최소화한 결과는 다음과 같다.

X1 = 55.1 torr

X2 = 8.75 = 8 pulse

X3 = 13분

Y1 = −0.0583

Y2 = 329g − force

4. 결 론

실험실용으로 배추 10포기를 절일 수 있는 진공함침장치를 설계하여 제작하였다. 그리고 제작한 진공함침장치로 배추를 진공함침하는 공정에서의 함침액 침투 kinetics를 구명하였다.

1) 본 연구로부터 파악된 메커니즘은 다음과 같다. 진공함침에 의하여 염수액이 배추내부 조직으로 깊숙이 침투하여 염수와의 접촉 면적이 증가한다. 따라서 삼투현상이 증가하여 탈수에 의한 절임(숨죽이기)이 촉진된다. 특이할 점으로 함침액 침투율이 높은 경우는 탈수가 억제되어 오히려 절임이 불량한 의미를 나타낸다.
2) 배추로의 함침액 침투율은 초기진공도(50~200 torr)에 따라 큰 차이가 없어 침투와 삼투 세기가 균형을 이루는 것으로 나타났다.
3) 진공해제시간(50 torr → 350 torr, 5~15분 → 대기압)이 길어질수록 삼투현상에 의하여 함침액 침투는 낮아졌다.
4) 진공해제주기인 pulse(△300~400 torr/ pulse)의 수에 따라 함침액 침투율은 감소하여 절임효과가 증가하였다.
5) 함침액의 온도(15~30℃)가 높을수록 함침액 침투율은 증가하였다.
6) 함침액 농도(10~30%, w/v)에 따라 함침액의 침투율은 감소하여 함침에 의하여 촉진되는 삼투현상이 증가되었다.

또한 실험실용 진공함침장치로 함침액 침투속도에 대한 kinetics를 연구하여 가장 좋게 평가된 pulse 법, 함침액의 농도 20%, 함침액의 온도 15℃의 조건에서 2^n factorial 실험계획과 linear programing 기법으로 진공함침 절임공정조건을 최적화하였다. 계산된 최적 조건은 다음과 같다.

1) 초기진공도 : 55.1 torr
2) 진공 pulse수(진공해제시간 및 주기) : 8회
3) 절임시간 : 13분

결론적으로 배추의 절임에서 진공함침은 기존의 Fito가 제안한 메커니즘과 근본적인 차이를 갖는 것으로 생각된다. 즉, 기존의 메커니즘에 따르면 진공 및 그 해제에 의하여 함침액이 내부로 침투되는 양과 침투 시간을 증가되는데, 절임에서는 함침액이 오히려 줄어드는 상반되는 현상이 나타난다. 왜냐하면 삼투현상이 연관되어 일단 증가된 함침액에 의하여 배추 내부의 체액이 빠져나가게 되어 전체적으로는 배추가 함유하는 액의 양은 줄어들기 때문이다.

따라서 본 연구에 의하여 발견된 진공함침과 삼투의 복합 메커니즘을 적용하여 배추절임은 물론이고 그 밖의 절임이 관련된 진공함침의 공정 조건과 절임 식품의 물성의 품질의 변화를 예측함으로서 실제 현장에서 품질 및 생산 관리를 보다 효과적으로 할 수 있을 것으로 생각된다.

제2절 배추 진공함침장치의 설계 및 제작

1. 서설

본 연구개발과제의 목적은 배추의 절이는 시간을 단축하고, 절이는 과정에서 영양을 강화하여 영양이 우수한 김치를 단시간 내에 제조할 수 있는 진공함침 기술을 개발하고 그 기술을 활용한 진공함침 배추절임장치를 개발하는데 있다.

김치의 품질 균일화는 절임공정의 기계화에 달려 있다고 볼 수 있으므로 배추의 절임공정을 표준화하고 기계화함으로써만이 공장김치의 품질을 어느 정도 균일화시킬 수 있다.

김치 소비량은 연간 약 150만 톤으로 추정되는데 매년 기업적 생산량이 증가하는 추세에 있다. 김치 제조업체 생산성이 증가하려면 기존의 제조공정상의 취약점이 해결되어야 한다. 만약 절임공정이 개선되어 절임시간이 단축이 된다면 김치공장의 생산성을 대폭 증대시킬 뿐 아니라, 산지에서 배추를 단시간에 절임으로써 약 40만 톤의 배추쓰레기를 줄일 수 있는 방안이 마련될 수 있다. 즉 김치용 배추를 절여서 유통기간이 긴 절임식품으로 유통시킴으로써 배추의 수급안정화를 이룰 수 있을 것이다. 또한 생산 속도의 증가로 인하여 현재 절임용 탱크의 크기도 줄이고 수반되는 공장 부지의 축소 효과도 거둘 수 있다.

이번 연구개발과제에서는 배추의 진공함침기술을 개발하고, 그 기술을 활용한 배추절임용 진공함침장치를 개발하는 것이다. 1차 연도에 배추 10포기용 소형 진공함침장치를 제작하여 진공함침 메카니즘과 영양강화 시험을 하고 2차 연도에는 1차 연도 시험결과를 바탕으로 절임장치를 scale up하여 진공함침장치를 100포기용 규모로 제작하여 시험하는 것이다.

2. 진공함침장치의 개념설계

기본 구조는 배추를 넣고 진공함침하는 탱크와 물과 소금을 넣고 염수액을 만드는 탱크로 구성하였다. 탱크의 재질은 염수에 안정한 스테인레스 스틸이 기본이었으며, 또한 진공에 견디는 내구성도 고려하였다. 탱크의 뚜껑은 탈착식으로 작업상의 효율성을 고려하였다. 기본 작동은 본 장치가 설치되는 현장에 있는 호이스트를 사용하여 개폐하는 것을 가정하여 설계하였다. 또한 진공함침의 온도 제어를 위하여 탱크의 외부는 단열재로 외장되었다.

진공함침 탱크내부에는 염수 탱크로부터 수송되는 염수의 유입구가 필터와 함께 설치되었으며 염수 탱크에는 온도 제어를 위한 전기 히터가 내장되었고, 외부에서 염수의 양을 측정할 수 있는 수위를 나타내는 파이프가 설치되었다. 염수의 수송을 위하여 중간에 펌프를 설치하였다.

진공의 유지와 해제를 위하여 진공펌프, 압력계, 진공차단용 솔레노이드 밸브, 진공해제용 솔레노이

드 밸브, ON/OFF 자동제어기 등을 설계하였다. 진공 유지는 진공펌프의 가동과 진공해제용 밸브를 잠그고, 진공 해제는 진공해제용 밸브를 열고, 진공차단용 밸브를 잠그도록 자동제어기를 설계하였다. 진공도의 조절은 진공제어용 소형 솔레노이드 밸브를 사용하여 가능케 하였다.

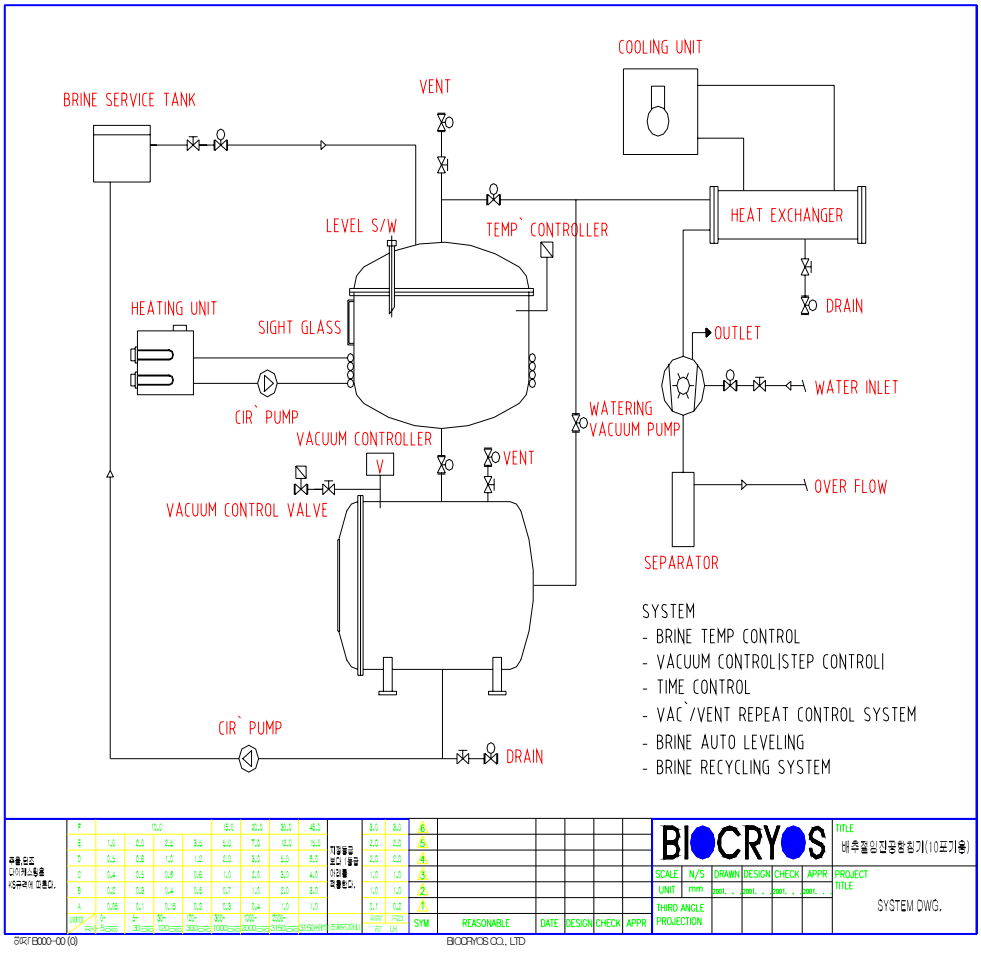
진공함침 탱크내 배추 시료 용기는 쇠창살 우리식으로 하되 내부에는 여러 층의 차단판으로 나누어 지게 하여 상부의 배추가 하부의 배추를 누르는 현상을 배제 하였다.

3. 실험실용 진공함침장치개발 및 제작

가. 실험실 규모 설계 및 제작

1) 실험실 규모 설계

실험실용 진공함침장치는 배추 10포기 규모로 설계하였고 설계도 도면은 다음과 같다.



<그림 2-1> 실험실 규모의 진공함침장치의 설계도

주요 제원

- 전체 크기(가로 1.5m, 세로 5m, 높이 1.3m)
- 절임조 크기(가로 1m, 세로 1m, 높이 1m)
- 염수조 크기(가로 1m, 세로 1m, 높이 1m)
- 진공펌프(수펌프, max. 35 torr, HP 3)
- 공도조절(솔레노이드 밸브 on/off 제어)
- 온도조절(max. 100℃)

2) 실험실 규모 제작

설계도면을 바탕으로 재료와 부품을 구입하여 참여기업인 (주)바이오 크라이오스에서 스테인레스 재질로 기계를 제작하였고, 재료와 부품목록은 다음 표와 같다.

<표 2-1> 실험실 규모의 진공함침장치 제작의 재료와 부품목록

품 명	규 격	단위	수량	단 가	금 액	비 고
진공조절용밸브	solenoid 1/2“	ea	1		400,000	
열 교 환 기	sts	set	1		500,000	
순 환 펌 프	20 lpm	ea	2	500,000	1,000,000	
전 자 밸 브	sts1/2"-1"	ea	6	100,000	600,000	
수 동 볼 밸 브	sts1/2"-1"	ea	6	50,000	300,000	
피 팅 류	sts	lot	1		300,000	
보 온 재	atmaflex	lot	1		100,000	
열 매 유	100cs	liters	40	5,000	200,000	
냉 매	R22	kg	15	5,000	750,000	
온 도 조 절 계	PID	ea	1		400,000	
기 록 계	6point	ea	1		1,200,000	
진 공 조 절 계	digital	ea	1		2,056,000	
계 장 류		lot	1		1,000,000	
수 위 조 절 계	전극봉식	ea	1		(200,000)	
함 침 탱 크	sts304*3t,380L	set	1	(4,000,000)	(4,000,000)	
염 수 탱 크	sts304*3t,470L	set	1	(5,000,000)	(5,000,000)	
염수보충탱크	sts304,100L	ea	1	(500,000)	(500,000)	
프 레 임		set	1	(300,000)	(300,000)	
냉 각 유 니 트	1hp	set	1	(3,000,000)	(3,000,000)	
가 열 유 니 트	2kw	set	1	(1,000,000)	(1,000,000)	
진 공 시 스 템	수봉식2hp	set	1	2,500,000	2,500,000	
전 자 밸 브	sts1/2"-1"	ea	10	100,000	1,000,000	
합 계						( )기업현물

실험실에 설치된 진공함침장치의 사진은 아래와 같다.

<그림 2-2> 실험실 규모의 진공함침장치의 사진

나. 진공함침장치 데이터 수집 및 압력 제어 시스템 개발

컴퓨터와 저울은 RS-232 통신, 압력제어기와는 RS-485 통신 방식으로 연결되었다. 컴퓨터 프로그램은 2개의 version으로 2단계용과 pulse용으로 GUI(graphic user interface)의 형태로 MS Visual Basic(version 6.0)를 사용하여 개발하였다. 프로그램은 크게 진공함침장치와의 제어계측을 위한 통신과 신호처리 및 GUI의 부분으로 작성하였다. 그 창은 <그림 2-3>과 같다.

프로그램의 내용은 먼저 원하는 진공도를 입력하고 진공유지/해제를 다수할 경우 그 단계수를 입력한다. 또한 각 단계의 유지 시간을 입력한다. 사용자가 입력한 모든 내용은 바로 아래 표 창에 나타나게 되어 만약 입력에 오류가 있으면 수정할 수 있게 하였다. 입력 내용이 올바를 경우에 완료 버튼을 클릭한다.

작동을 하기 위하여 진공함침 조건 표 바로 아래 시작 버튼을 누른다. 진공함침이 시작됨과 동시에 시간 경과에 따른 압력이 오른쪽 표에 차례로 기록된다. 또한 시간별 압력의 진행을 보기 위하여 그래프 버튼을 누르면 그래프 상에 시작 이후의 모든 기록이 그림으로 도시되도록 하였다. 작업이 종료되면 시간별 압력의 모든 기록을 *.txt의 파일로 저장할 수 있도록 하였다.

상기의 모든 과정은 그림으로 진행되도록 프로그램을 작성하였다.

<그림 2-3> 진공함침장치 데이터 수집 및 제어 프로그램의 screen

개발한 프로그램의 code는 다음과 같다.

```
Const MB_YESNO = 4
Const Mb_ICONEXCLAMATION = 48
Const IDYES = 6
Const MB_ICONQUESTION = 32

Private sp, tempp(10) As String
Private timm(10), xxx(10) As Single
Private stcks, aa, bb As String
Private cks As Single
Private PauseTime, start, vacuumstart As Single

Private tim(2000), tem(2000), ttem, sme(2000), ssme, ttt As Single
Private n, aaa, crit As Integer
Private DD1, DD2 As String
Private Commstr, Commstr1, Commstr2 As String
Private MyPos11, MyPos12 As Integer
Private Mypos25, Mypos26, Mypos27, Mypos28 As Integer
Private Value1, value2 As Single
Private ch1, ch2, ch3, ch4 As Single
Private crit_1, spp, tempo, interval As Single

Private Sub cmdStart_Click()

Msg = "완료 버튼을 누르셨읍니까?"
Style = vbYesNo + MB_ICONQUESTION + vbDefaultButton2 ' Define buttons.
Title = "다단계 조건 입력 완료 확인"
```

```
Response = MsgBox(Msg, Style, Title)
If Response = vbYes Then
    GoTo 1111
End If
GoTo 2222

1111  ttem = 0
      ssme = 0
      nnn = 0
      crit_1 = 2

interval = xxx(1) / aaa

sp = "7.6E+02"
setpoint
spp = "0"

vacuumstart = Timer

For n = 1 To 2000 ' 그래프, 테이블 데이터 수집 회수 (최고 점수)

    DoEvents
    '데이터 수집 subroutine
    acquisition

    tim(n) = Timer - vacuumstart
    tem(n) = ttem
    sme(n) = ssme

            PauseTime = 0.5 '데이터 수집 간격 ' 총 9개의 Indicator 의 Data 수집시간이 1초임.
            start = Timer
            Do While Timer < start + PauseTime
            DoEvents
            Loop

    tempo = tem(n) - interval * nnn

    If crit_1 = 1 Then GoTo 3333

    If interval * nnn <= tem(n) And tem(n) > interval * (nnn + 1) Then
        crit_1 = 1
        If tempo < interval - 60 Then
            sp = tempp(1)
        Else
            sp = "7.6E+02"
        End If
        'Set point 설정: SP1
        If spp <> sp Then setpoint
        spp = sp
    Else
        nnn = nnn + 1
        crit_1 = 2
    End If

3333
    Table
    Graph

Next n

2222 End Sub
Private Sub setpoint()
 ' 입력값 sp의 형태(예): "1.4E+01"

        a1 = Mid(sp, 1, 1)
        a2 = Mid(sp, 2, 1)
        a3 = Mid(sp, 3, 1)
        a4 = Mid(sp, 4, 1)
        a5 = Mid(sp, 5, 1)
        a6 = Mid(sp, 6, 1)
        a7 = Mid(sp, 7, 1)
        cks = 2 + Asc("0") + Asc("0") + Asc("1") + Asc("0") + Asc(a1) + Asc(a2) + Asc(a3) + Asc(a4) + Asc(a5) +
```

```
Asc(a6) + Asc(a7) + 3
        십진_이진St화
        bb = Right(stcks, 4)
        이진St_십진화 '이렇게 나온 십진수는 16진수로 변환 시킴: Hex$(십진수) - 이함수의 결과는 string도 됨
        aa = Chr(2) + "0010" + sp + Chr(3) + Hex$(value2)

        MSComm1.Output = aa

End Sub
Public Sub acquisition()

            PauseTime = 0.5 '데이터 수집 간격 ' 총 9개의 Indicator 의 Data 수집시간이 1초임.
            start = Timer
            Do While Timer < start + PauseTime
            DoEvents
            Loop

' 압력 데이터 불러오기
  cks = 2 + Asc("0") + Asc("0") + Asc("0") + Asc("0") + 3
  십진_이진St화
  bb = Right(stcks, 4)
  이진St_십진화 '이렇게 나온 십진수는 16진수로 변환 시킴: Hex$(십진수) - 이함수의 결과는 string도 됨
  aa = Chr(2) + "0000" + Chr(3) + Hex$(value2)

  MSComm1.Output = aa

'압력 데이터 읽기
  Commstr1 = MSComm1.Input
  MyPos11 = InStr(1, Commstr1, "OK", 1) ' string 위치
  MyPos12 = MyPos11 + 2
  DD1 = Mid(Commstr1, MyPos12, 7)
  ttem = Val(DD1)

'무게 데이터 읽기
  Commstr2 = MSComm2.Input
  Mypos25 = InStr(1, Commstr2, ",", 1) ' string 위치
  Mypos26 = Mypos25 + 1
  Mypos27 = Mypos25 + 4
  Mypos28 = Mypos25 + 12
  DD2 = Mid(Commstr2, Mypos26, 1) + " " + Mid(Commstr2, Mypos27, 6) '+ " " + Mid(Commstr2, Mypos28, 1)'
  ssme = Val(DD2)

End Sub

Public Sub Table()

  grdtable.Row = n

   ' 열번호 0번에 시간(분)을 출력한다.
   grdtable.Col = 0
   grdtable.Text = Format(tim(n) / 60, "####0.00")

    '행번호 n,열번호 1번에 압력(torr)를 출력한다.
   grdtable.Col = 1
   grdtable.Text = tem(n)

    '열번호 2번에 무게(g)를 출력한다.
   grdtable.Col = 2
   grdtable.Text = sme(n)

   grdtable.Col = 3
'    grdtable.Text = Commstr1

 grdtable.Col = 4
'    grdtable.Text = Commstr2


End Sub
Public Sub Graph()

     Graph2.ThisSet = 1
     Graph2.ThisPoint = n
```

```
    Graph2.XPosData = tim(n) / 60
    Graph2.GraphData = tem(n)

    Graph2.ThisSet = 2
    Graph2.ThisPoint = n
    Graph2.XPosData = tim(n) / 60
    Graph2.GraphData = sme(n)

    Graph2.GraphType = 9
    Graph2.DrawMode = 3

    DoEvents

End Sub

Private Sub Command14_Click() ' 설정치 입력 표

   grdtable1.Row = Text17

   ' 열번호 0번에 단계를 list
   grdtable1.Col = 0
   grdtable1.Text = Text17
   aaa = Text17

   '행번호 n,열번호 1번에 시간을 list
   grdtable1.Col = 1
   grdtable1.Text = Text16
   timm(1) = Text16 ' 시간(분)

   '열번호 2번에 압력을 list
   grdtable1.Col = 2
   grdtable1.Text = Text15
   tempp(1) = Text15 'string 변수

End Sub

Private Sub Command21_Click() ' 설정치 입력 취소

    timm(1) = 0
    tempp(1) = ""
   aaa = 0

   grdtable1.Clear

   grdtable1.Row = 0  '현재의 행을 0번으로 한다.
   grdtable1.Col = 0 '행번호 0,열번호 0번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable1.Text = "펄스수"
   grdtable1.Col = 1 '행번호 0,열번호 1번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable1.Text = "시 간(분)"
   grdtable1.Col = 2 '행번호 0,열번호 2번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable1.Text = "압 력(torr)"

End Sub

Private Sub Command13_Click() ' 설정치 입력 완료

      xxx(1) = timm(1) * 60 '분을 초로 환산

End Sub

Private Sub cmdSteady_Click() 'table

    grdtable.Visible = True
    Graph2.Visible = False

End Sub

Private Sub cmdAutoStart_Click() 'graph

    grdtable.Visible = False
    Graph2.Visible = True
```

```
End Sub

Private Sub 십진_이진St화()

  stcks = ""
  For i = 11 To 0 Step -1
  If cks >= 2 ^ i Then
  cks = cks - 2 ^ i
  stcks = stcks + "1"
  GoTo 7
  End If
  If cks < 2 ^ i Then stcks = stcks + "0"
7 Next

End Sub

Private Sub 이진St_십진화()

  ch1 = Mid(bb, 1, 1)
  ch2 = Mid(bb, 2, 1)
  ch3 = Mid(bb, 3, 1)
  ch4 = Mid(bb, 4, 1)
  value2 = (ch1 * 2 ^ 3) + (ch2 * 2 ^ 2) + (ch3 * 2) + ch4

End Sub

Private Sub Form_Load()

  MSComm1.PortOpen = True     '통신, 데이타 수집 프로토콜
  MSComm1.InBufferCount = 0
  MSComm2.PortOpen = True     'USB, 데이타 수집 프로토콜
  MSComm2.InBufferCount = 0

  grdtable.Visible = True
  Graph2.Visible = False

  Width = Screen.Width * 1 ' 폼의 너비를 설정합니다.
  Height = Screen.Height * 1   ' 폼의 높이를 설정합니다.
  Left = (Screen.Width - Width) / 2   ' 폼을 가로로 중앙에 놓습니다.
  Top = (Screen.Height - Height) / 2  ' 폼을 세로로 중앙에 놓습니다.

  Show

  '테이블

   grdtable.Row = 0 '현재의 행을 0번으로 한다.
   grdtable.Col = 0  '행번호 0,열번호 0번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable.Text = " 시 간(분)"
   grdtable.Col = 1  '행번호 0,열번호 1번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable.Text = " 압 력(torr)"
   grdtable.Col = 2  '행번호 0,열번호 2번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable.Text = " 무 게(g)"

   setColWidth
   setRowHeight

   grdtable1.Row = 0  '현재의 행을 0번으로 한다.
   grdtable1.Col = 0 '행번호 0,열번호 0번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable1.Text = "펄스수"
   grdtable1.Col = 1 '행번호 0,열번호 1번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable1.Text = "시 간(분)"
   grdtable1.Col = 2 '행번호 0,열번호 2번에 텍스트를 출력한다.
   grdtable1.Text = "압 력(torr)"


  ' 그래프
    Graph2.NumPoints = 2000
    Graph2.NumSets = 2

    Graph2.ThisSet = 1
    Graph2.SymbolData = 7
```

```
    Graph2.ColorData = 14

    Graph2.ThisSet = 2
    Graph2.SymbolData = 9
    Graph2.ColorData = 15

'     Graph2.LegendText = "압력"
 '    Graph2.LegendText = "무게"
    Graph2.AutoInc = 0

    DoEvents

End Sub

Public Sub setRowHeight()

    grdtable.RowHeight(0) = 300
    grdtable1.RowHeight(0) = 300

End Sub

Public Sub setColWidth()

    Dim Counter
        grdtable.ColWidth(0) = 900
        grdtable.ColWidth(0) = 900
    For Counter = 1 To 2
        grdtable.ColWidth(Counter) = 1000
        grdtable1.ColWidth(Counter) = 1000
    Next

End Sub

Private Sub cmdAutoEnd_Click()

    Msg = "지금까지의 data를 저장하시겠습니까?"
    Style = vbYesNo + MB_ICONQUESTION + vbDefaultButton2 ' Define buttons.
    Title = "자료저장 확인"
    Response = MsgBox(Msg, Style, Title)
    If Response = vbYes Then

      ' CancelError를 True로 설정합니다.
        CommonDialog1.CancelError = True
        On Error GoTo ErrHandler
        ' 플래그를 설정합니다.
        CommonDialog1.Flags = cdlOFNHideReadOnly
        ' 필터를 설정합니다.
        CommonDialog1.Filter = "All Files (*.*)|*.*|Text Files" & _
        "(*.txt)|*.txt|Batch Files (*.bat)|*.bat"
        ' 기본 필터를 지정합니다.
        CommonDialog1.FilterIndex = 2
        ' 저장  대화 상자를 표시합니다.
        CommonDialog1.ShowSave

        ' 선택된 파일 이름을 표시합니다.
        SaveFile (CommonDialog1.FileName)
    End If

ErrHandler:
    ' 취소 단추를 눌렀습니다.

End Sub

Sub SaveFile(FullPathName As String)

    Dim f, K, FileChanged As Integer
    On Error GoTo SaveError
    If FullPathName = "" Then
        MsgBox "화일을 저장하는 동안 에러가 발생했습니다. 다시 한번 시도해 주십시오.", 48#
    End If
    f = FreeFile
    Open FullPathName For Output As #f
```

```
    Print #f, "시간(분)", "압력(torr)", "무게(g)"
    For K = 1 To 2000
        Print #f, Format(tim(K) / 60, "####0.00"), tem(K), sme(K)
    Next
    Close #f
    FileChanged = False
    Exit Sub

SaveError:
     MsgBox "에러입니다. 다시한번", 48
   Exit Sub
End Sub

Private Sub cmdEnd_Click()

   Dim Message As String
   Dim Dialogtype As Integer
   Dim Title As String
   Dim Response As Integer
   Message = "진공함침 자동제어 프로그램을 종료합니까?"
   Dialogtype = MB_YESNO + MB_ICONQUESTION
   Title = "진공함침 자동제어 프로그램"
   Response = MsgBox(Message, Dialogtype, Title)
   If Response = IDYES Then
      For i = 1 To aaa
      timm(i) = 0
      tempp(i) = ""
      Next
      aaa = 0

      grdtable1.Clear

      MSComm1.PortOpen = False     '데이타 수집 프로토콜
      MSComm2.PortOpen = False    '데이타 수집 프로토콜

      End

   End If

End Sub
```

4. 실험실 규모 진공함침장치 설계 및 제작

가. 진공함침장치의 scale up 조건 설정

1) 장치의 scale up

Scale up은 일반적으로 scale up factor를 찾아서 그것을 기준으로 하여 설계상의 수치를 증가하는 것이 보통인데, 본 연구에서는 함침조를 100포기용으로 확장함에 있어서 공학적 접근이 아닌 발견된 현상을 기초로 하여 scale up을 시도하였다.

먼저 배추의 절임조의 형태는 너무 넓지도 좁지도 않은 정방형에 가까운 구조가 바람직하게 판단되었다. 넓을 경우에는 작업장의 면적을 차지하게 되면, 좁을 경우에는 배추 시료를 탱크에 투입하는데 문제점이 있기 때문이다. 또한 진공조는 압력의 내구성 때문에 일반적으로 구형, 원통형, 정방형이 바람직한 것으로 알려져 있다.

염수의 용해를 위한 탱크의 모양 및 크기는 진공함침조와 동일하게 설계하였다. 염수 탱크의 중요한 규격은 염수 용해를 위한 열전달이라고 할 수 있는데 염수 제조시에는 순환펌프를 작동하면서 히

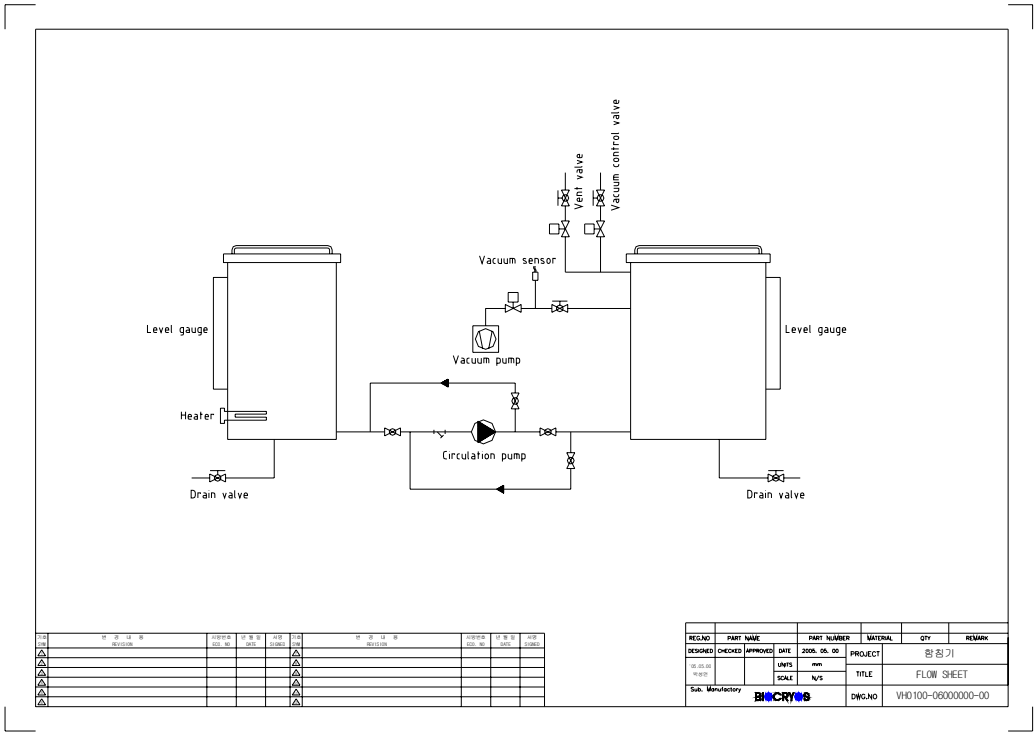
터를 가동하기 때문에 scale up상에는 전혀 문제가 없었다.

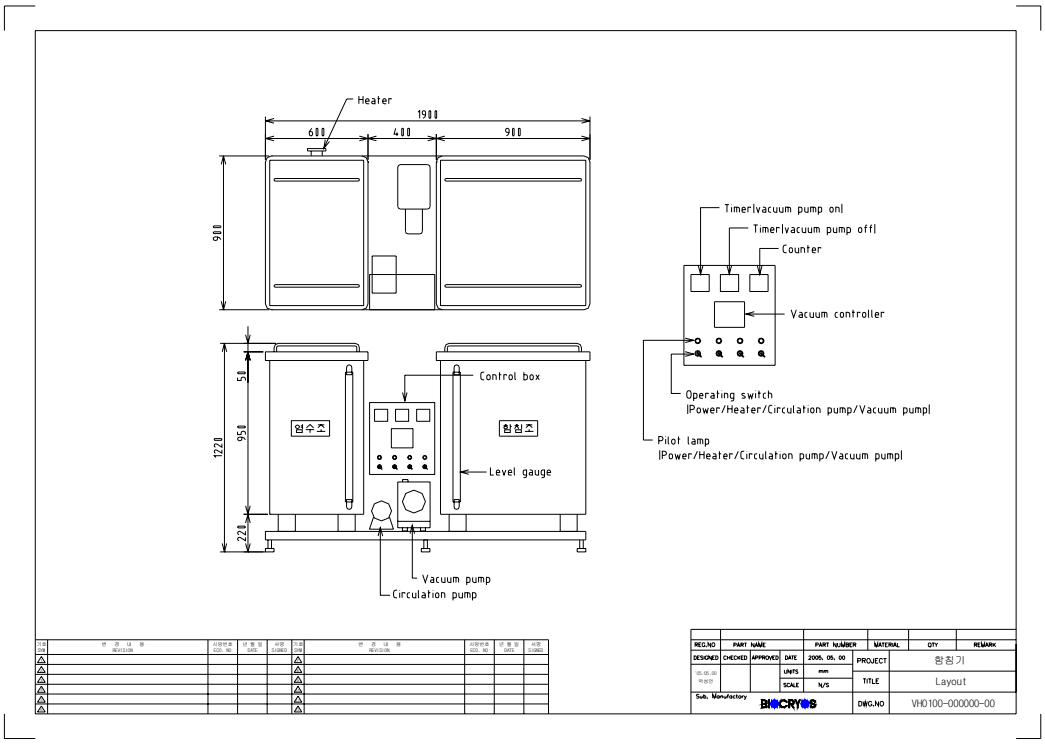
배추 시료 용기의 scale up에 가장 어려운 점이 있는 것으로 나타났다. 즉, 100포기용 배추 시료통(grid)에 배추를 모두 채운 경우에는 상부의 배추가 하부의 배추를 눌러 내리는 현상으로 인하여 절임의 정도가 균일하지 않게 나타났다. 따라서 시료 용기를 scale up함에 있어서는 큰 용기의 내부에 상부와 하부를 나눌 수 있는 차단 판(grid)를 설치하여 시료 용기의 한개 층에 한개 층의 배추만 배열되도록 설계하여 scale up 상의 눌림 현상을 배제할 수 있었다.

2) 공정조건의 scale up

장치의 크기가 실험실용에서 100포기 규모로 scale up 됨에 따라 진공함침의 공정 조건상에 수정이 가해졌다. 즉, 용기 내부의 진공도를 보다 균일하게 하기 위하여 특정 진공도에 도달하는 시간과 해제하는 시간을 더 길게 작동하였다. 진공유지 및 해제 시간 또한 실험실용보다 더 길게 설정하였다. 진공유지/해제의 반복수도 더 크게 하였다.

나. 진공함침장치의 설계도





<그림 2-4> Pilot 규모 진공함침장치의 설계도면

상기의 설계 도면을 설명하면 크게 함침 탱크와 염수 탱크가 있다. 염수조에는 염수양을 측정할 수 있는 수위계가 있고, 염수 용해 및 가열을 위한 전기 히터, 배수를 위한 배수구가 내재된다. 함침조에는 진공펌프 및 제어 시스템이 연결되어있으며 역시 함침중의 염수양을 측정할 수 있는 수위계가 있으며, 배출구가 설치되었다. 두 개의 탱크는 순환펌프로 연결되었다

다. 진공함침장치의 제작

<그림 2-5> Pilot 규모 진공함침장치

<표 2-2> Pilot 규모의 진공함침장치 제작의 재료와 부품목록

품 명	규 격	단 위	수량	단 가	금액	관련내용
함침탱크	sts304,5000L	set	1		4,990,000	함침기
염수탱크	sts304,6000L	set	1		5,000,000	설 계
염수보충탱크	sts304,500L	set	1		80,000	제 작
프레임		set	1		100,000	
망 바스켓	sts304	ea	1		400,000	
냉각 유니트	30hp	set	1		3,500,000	
가열 유니트	0.1ton	set	1		2,300,000	
진공시스템	15hp	set	1		500,000	
진공조절용 밸브	solenoid 1/2"	ea	1		40,000	
열교환기	sts	set	1		2,300,000	
순환펌프	200 lpm	ea	1		350,000	
전자밸브	sts1"-2"	ea	10	20,000	200,000	
수동볼 밸브	sts1"-2"	ea	10	7,000	70,000	
피팅류	sts	lot	1		100,000	
보온재	atmaflex	lot	1		150,000	
열매유	100cs	liters	400	500	200,000	
냉 매	R22	kg	150	500	75,000	
온도조절계	PID	ea	1		40,000	
진공조절계	digital	ea	1		260,000	
계장류		lot	1		300,000	
수위조절계	전극봉식	ea	1		20,000	
온도센서	PT100	ea	2	2,500	5,000	
진공센서	pirani	ea	1		20,000	
합 계						

라. 진공함침장치의 시운전

시운전의 과정은 다음과 같았으며 그 결과 나온 절임 배추의 품질은 매우 양호한 것으로 실험되었다.

1) 염수 탱크에 소금과 물을 채우고 가열한다.
2) 배추 시료 용기에 배추를 채운다.
3) 진공도 조절 밸브를 작동하여 진공도 유지가 안정한지를 확인한다.
4) 배추 시료 용기를 함침 탱크로 호이스트를 사용하여 이송한다.
5) 순환펌프를 작동하여 염수 탱크의 염수를 함침 탱크로 이송한다.
6) 함침 탱크의 뚜껑을 덮고 단단히 조인다.
7) 진공도, 진공도 유지 및 해제 시간, 유지/해제 횟수를 자동 제어기에 입력한다.
8) 진공도가 유지 되었다가 일단 해제가 되면 함침 탱크의 뚜껑을 열고 호이스트로 배추 용기를 상하로 여러 차례 올리고 내려 배추 내 염수를 새로이 갈아주는 효과를 극대화한다.
9) 다음의 진공 유지/해제의 주기가 시작되기 전에 신속히 함침 탱크의 뚜껑을 덮고 단단히 조인다.
10) 예정된 진공 유지/해제의 주기가 완료될 때까지 8)~9)의 작업을 반복한다.
11) 함침이 완료되면 뚜껑을 열고 배추 용기를 완전히 꺼내며, 함침 탱크에 남아있는 염수는 순환펌프를 역방향으로 작동하여 염수 탱크로 수송하여 재활용한다.

5. 결 론

진공함침장치의 설계의 기본 개념과 완성한 제품의 내용은 다음과 같았다.

1) 기본 구조는 배추를 넣고 진공함침하는 탱크와 물과 소금을 넣고 염수액을 만드는 탱크로 구성하였다. 탱크의 재질은 염수에 안정한 스테인레스 스틸이 기본이었으며, 또한 진공에 견디는 내구성도 고려하였다. 탱크의 뚜껑은 탈착식으로 작업상의 효율성을 고려하였다. 기본 작동은 본 장치가 설치되는 현장에 있는 호이스트를 사용하여 개폐하는 것을 가정하여 설계하였다. 또한 진공함침의 온도 제어를 위하여 탱크의 외부는 단열재로 외장되었다.
2) 진공함침 탱크내부에는 염수 탱크로부터 수송되는 염수의 유입구가 필터와 함께 설치되었으며 염수 탱크에는 온도 제어를 위한 전기 히터가 내장되었고, 외부에서 염수의 양을 측정할 수 있는 수위를 나타내는 파이프가 설치되었다. 염수의 수송을 위하여 중간에 펌프를 설치하였다.
3) 진공의 유지와 해제를 위하여 진공펌프, 압력계, 진공차단용 솔레노이드 밸브, 진공해제용 솔레노이드 밸브, ON/OFF 자동제어기 등을 설계하였다. 진공 유지는 진공펌프의 가동과 진공해제용 밸브를 잠그고, 진공 해제는 진공해제용 밸브를 열고, 진공차단용 밸브를 잠그도록 자동

제어기를 설계하였다. 진공도의 조절은 진공제어용 소형 솔레노이드 밸브를 사용하여 가능케 하였다.

4) 진공함침 탱크내 배추 시료 용기는 쇠창살 우리식으로 하되 내부에는 여러 층의 차단판으로 나누어지게 하여 상부의 배추가 하부의 배추를 누르는 현상을 배제 하였다.

5) 상기의 기본 개념을 갖는 실험실 규모로서 배추 10포기 규모 진공함침장치를 개발하여 제작하였다. 본 장치는 개발된 데이터 수집 및 압력 제어 시스템에 의하여 작동된다.

6) 상기의 기본 개념을 갖는 pilot 규모로서 배추 100포기 규모 진공함침장치를 개발하여 제작하였다.

제3절 배추의 진공함침 영양강화기술 개발

1. 서 설

최근 건강 기능성 식품이 주목을 받고 있다. 건강 기능성이란 특별한 화제로서 이것은 향후 식품 산업의 발달에도 매우 큰 영향을 끼칠 것으로 생각된다. 이러한 관점에서 기능성 식품 산업은 몇 년 전부터 식품 업계에서 중요한 비중을 차지하게 되었다. 건강 기능성 식품이란 어떤 식품 또는 식품의 성분이 그것이 원래 가지고 있던 영양 성분 이상의 건강 이익을 제공 하는 것이라고 정의된다. 일반적으로 강화식품은 생리활성기능을 가진 물질을 식품에 첨가하여 건강 유지와 질병 예방에 잠재적인 이익을 가지는 식품으로 설명될 수 있다(M. L. Gras, D. Vidal, N. Betoret, A. Chiralt, P. Fito; 2003). 따라서 건강 기능성을 가진 강화식품의 생산을 위해서는 강화물질을 효과적으로 식품에 침투시키는 기술이 매우 중요하다. 이러한 측면에서 진공함침 기술은 많은 연구에서 물질 전달 기작을 매우 효과적으로 향상시킬 수 있다고 보고되었다. 특히 진공함침을 이용하여 유용한 외부 액체상태의 성분을 과채류 내부의 기체와 교환하는 기술은 최근 많은 주목을 받아 왔다. 진공함침(vacuum impregnation)은 진공과 상압으로의 복원으로 인한 압력 차이에 기본을 두고 있으며, 그 이론은 진공과 상압의 압력 차이로 인한 hydrodynamic 기작에 의해 다공성 생산물의 공극 안으로 생산물 세포 내부의 기체와 외부의 액체간의 교환을 일으켜 효과적인 물질교환을 가능케 하는 것으로 요약할 수 있다(Fito, 1994). 최근 Mujica-Paz 등(2003)은 사과, 망고, 바나나 등 과실류에 등장액(isotonic solution)을 진공함침시켜 가해지는 진공 압력과 시간의 영향을 보고하였다. 진공함침 기술이 대상 과채류의 물성에 미치는 연구는 Fito *et al.*(2001)과 Martinez-Monzo *et al.*(2000)에 의해 보고되었는데, 그들은 진공함침 기술이 대상 과채류의 세포 구조를 파괴하지 않고 효율적으로 구성성분의 변화를 유도할 수 있다고 보고하였다. 이러한 관점에서 진공함침 기술은 영양 기능적 식품의 가공에 매우 효과적으로 이용될 가능성을 가지고 있다.

현재 건강 기능성 식품의 공급은 기능성 식품이나 영양 보충제 등을 따로 섭취하는 형태로 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 이런 많은 건강·영양 기능적 식품들은 그 효과와 안전성이 아직 완벽히 확보되지 않아서 위험성도 가지고 있다. 따라서 우리나라에서 주요 부식으로 섭취되는 김치와 같은 식품에 영양 기능적 물질을 첨가한다면, 다른 보충제를 섭취하지 않고도 안전하게 부족한 미네랄이나 비타민을 공급받을 수 있을 것이다. 또한 김치는 국제화를 위해서도 매우 큰 비중을 갖는 전통식품이다. 국제화를 위해 김치가 품질 좋은 김치의 기본조건인 절임배추의 품질과 함께 영양 기능적인 측면이 부가된다면 세계적으로 더 큰 경쟁력을 가질 수 있을 것이다. 절임과정의 주 메커니즘인 염수의 침투는 절임방법, 염수의 농도, 절임시간에 의해서 결정이 된다. 그런데 김치공장의 품질관리에서 가장

중요하게 인식되는 절임공정은 여전히 그 개선의 소지를 갖고 있다. 따라서 김치의 국제화를 위해서 김치 제조공정의 과학화 및 생산성 향상을 위한 지속적인 연구가 요구되고 있다. 또한 김치 생산에 있어 기존의 김치와 달리 비타민류와 당류, 조미료류를 첨가하여 기능성 김치를 제조할 수 있을 것이고, 이러한 관점에서 김치의 절임공정에 진공함침 기술 등의 새롭게 개발된 기술의 도입 가능성이 제기되어 왔다.

진공함침 기술을 절임에 응용한 예는 Chiralt *et al.*(2001)에 의해 보고되었다. 육류, 생선류 그리고 치즈의 절임에 진공함침기술을 도입한 결과 절임시간의 단축 및 공정효율의 향상을 가져 왔다고 보고하였다. Pavia *et al.*(2000)은 저염 치즈를 얻기 위해 진공함침 기술을 치즈에 도입하여 숙성정도를 조절하는데 이용하였다. 실험결과 진공함침을 한 치즈에서 훨씬 신속한 염지가 이루어졌고, 좀더 균일한 염분의 분포가 치즈 내에서 형성되었다. 아울러 Escriche *et al.*(2000)은 진공함침 치즈의 휘발성분의 변화를 보고함으로써 향성분의 진공함침에 의한 도입 가능성을 제시하였다. 세계적으로 여러 종류의 강화식품을 생산하는데 그 이용가능성이 많이 연구되고 있다.

이러한 사실로부터, 본 연구진은 진공함침을 김치 제조과정의 절임공정과 실제 영양 물질의 침투에 적용한다면, 단시간에 김치 제조에 필요한 염도에의 도달과 더불어 김치 제조에 적합한 조직을 가진 절임배추의 가공과 함께 영양 기능적 물질이 강화된 김치의 생산이 가능할 것으로 생각하였다. 이에 따라 본 연구에서는 김치 제조에 적합한 조건에서 진공함침 절임배추와 영양강화 진공함침배추김치를 제조하여 그 특성을 분석하였다.

2. 배추절임용 영양강화 함침액의 개발

본 연구의 부가적인 기대효과는 품질이 낮은 배추(여름고랭지배추, 봄하우스배추)를 진공함침 절임공정을 통하여 품질이 우수한 절임배추로 생산하는 것이다. 이러한 목적으로 염수를 기본으로 하고 여기에 각종 영양소를 첨가하여 영양강화 함침액을 개발하고, 영양강화 함침액에 배추를 절이면서 각종 영양소의 침투특성을 구명하였다.

가. 배추절임용 영양강화 함침액의 조성

진공함침 절임과정을 통하여 품질을 우수한 영양강화 절임배추의 특성을 파악하기 위해 식염을 넣지 않는 상태에서 각종 영양강화 물질(올리고당류로 프락토올리고당과 갈락토올리고당, 유청칼슘, 비타민으로 비타민C와 비타민B2, 그리고 조미료로 GMP와 IMP)을 20% 농도로 첨가하여 100torr, pulse 6, 10min의 조건에서 함침액의 침투율(X), 시료변형율(γ), 유효공극률(ε_e)를 실험하였다. 또한 진공함침 배추절임에 적합한 식염농도(20%)에서 각 영양소를 첨가(각 1% 농도)하여 침투특성을 구

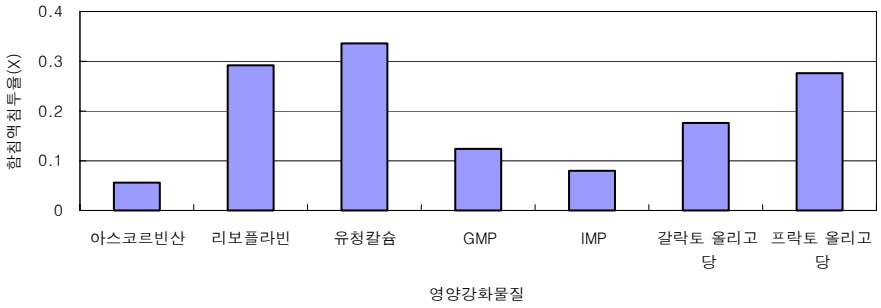
명하였다.

나. 배추절임용 영양강화 함침액의 개발

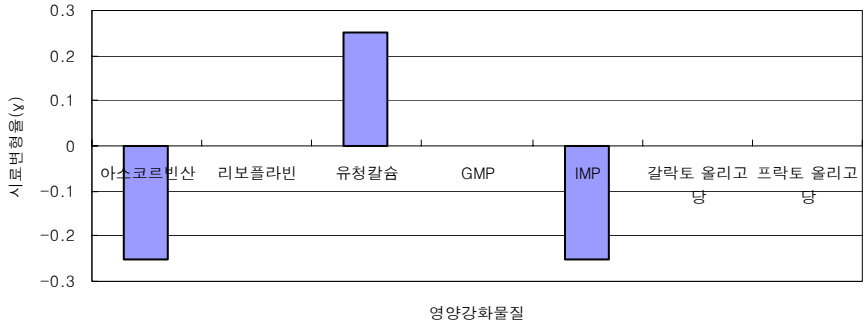
영양강화물질로 비타민C(ascobic acid), 비타민B2(riboflavin), 유청칼슘, 프락토올리고당, 갈락토올리고당, GMP, IMP를 각각 20%의 농도로 준비하여 100torr, pulse 6, 10min의 조건에서 침투 정도를 실험하였다. 결과는 아래 <표 3-1>에 나타내었다. 침투율(X)에서는 유청칼슘이 가장 높게 나타났고 비타민B2, 프락토올리고당, 갈락토올리고당이 그 뒤를 이었다. 비타민C 및 조미료류(GMP, IMP)는 비교적 침투율이 낮았다. 유효공극율(ε)은 IMP가 가장 낮은 값을 보였고 비타민C, 유청칼슘, 프락토올리고당 순서로 증가하였다. 시료변형율은 유청칼슘이 가장 높은 값을 나타내었고 비타민C, IMP 순으로 감소하였다. 유청칼슘, 비타민C, 그리고 IMP를 제외한 비타민B2 등은 부피변화를 보이지 않았다.

<표 3-1> 각 영양강화 물질들에 따른 함침액침투율(X), 시료변형율(γ), 유효공극률(ε)

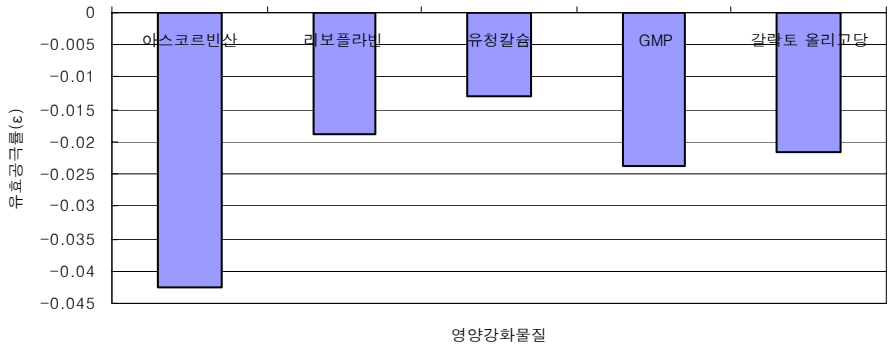
영양강화물질	함침액침투율(X)	시료변형율(γ)	유효공극률(ε)
아스코르빈산	0.05568	−0.25	−0.0463
리보플라빈	0.2934	0	−0.0445
유청칼슘	0.3365	0.25	−0.0131
GMP	0.1246	0	−0.0189
IMP	0.0814	−0.25	−0.0502
갈락토 올리고당	0.1756	0	−0.0266
프락토 올리고당	0.2776	0	−0.0421



<그림 3-1> 각 영양 강화 물질들의 함침액 침투율(X)



<그림 3-2> 각 영양 강화 물질들의 시료변형율(γ)

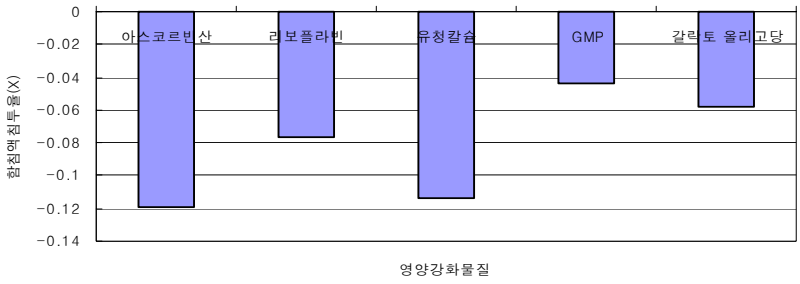


<그림 3-3> 각 영양 강화 물질들의 유효공극률(ε)

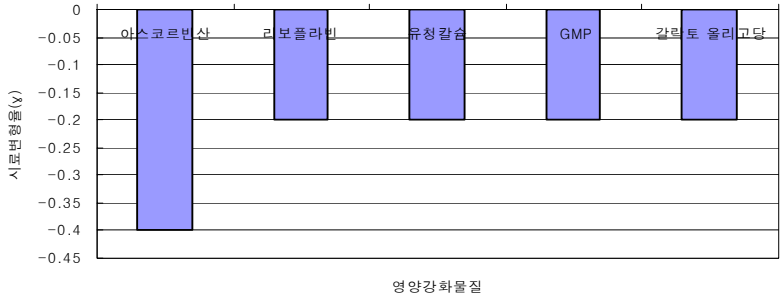
한편, 진공함침 배추절임에 적합한 식염농도(20%)에서 각 영양소(비타민B2, C, 유청칼슘, GMP, 갈락토올리고당)를 첨가(각 1% 농도)하여 침투특성을 시험한 결과는 <표 3-2>에 나타내었다. 침투율(X)에서는 GMP가 가장 높게 나타났고 갈락토 올리고당, 비타민B2, 유청칼슘 그리고 비타민C가 그 뒤를 이었다. 수용액 상태에서의 각 영양성분들의 침투 양상과는 달리 식염수에서는 모두 음의 값을 나타내었는데, 이는 소금에 의한 삼투압에 기인한다고 해석할 수 있다. 시료변형율은 비타민C를 제외하면 거의 유사한 값을 나타내었는데 비타민C의 경우 -0.4의 값을 보여 주었다. 이 또한 수용액 상태에서의 시료변형율 양상과는 다르게 소금의 영향(삼투압)으로 배추의 부피가 감소한 데 원인이 있다고 할 수 있다. 유효공극률(ε)은 비타민C가 가장 낮은 값을 보였고, GMP, 갈락토올리고당, 비타민B2, 유청칼슘 순서로 증가하였다.

<표 3-2> 식염수(20%) 내 각 영양강화 물질들(각 1%)의 함침액침투율(X), 시료변형율(γ), 유효공극률(ε)

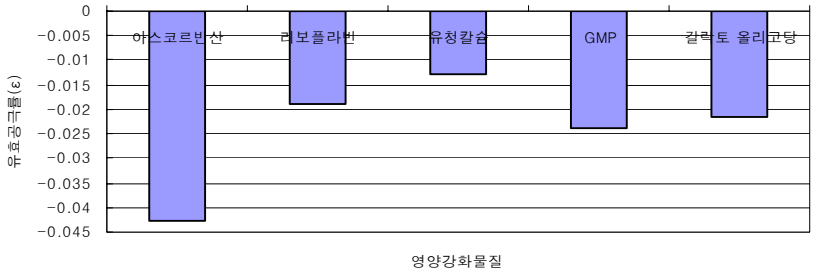
영양강화물질	함침액침투율(X)	시료변형율(γ)	유효공극률(ε)
아스코르빈산	−0.1191	−0.4	−0.0426
리보플라빈	−0.0782	−0.2	−0.0188
유청칼슘	−0.1141	−0.2	−0.0130
GMP	−0.0440	−0.2	−0.0236
갈락토 올리고당	−0.0577	−0.2	−0.0216



<그림 3-4> 식염수 내 각 영양 강화 물질들의 함침액 침투율(X)



<그림 3-5> 식염수 내 각 영양 강화 물질들의 시료변형율(γ)



<그림 3-6> 식염수 내 각 영양강화물질들의 유효공극률(ε)

위의 함침액으로 봄 하우스배추를 진공함침한 결과 배추의 중륵부가 뻣뻣한 단점이 있었으므로 함침액의 조성을 여러 가지로 바꾸어가면서 조직감을 측정하였다. 그 결과 MSG를 첨가한 경우 조직감이 개선되었고 경제적인 이유로 올리고당보다 포도당이 적합하였다. 그리고 배추김치에서는 비타민C가 중요하므로 봄 하우스배추의 영양강화 함침액으로 포화염수에 포도당, MSG 및 비타민C 혼합한 용액을 선정하였다.

3. 영양강화 진공함침 배추김치의 개발

진공함침 방법으로 절임배추를 제조하여 디들의 이화학적, 미생물학적, 관능적 품질의 특성을 분석하였다.

가. 재료 및 방법

1) 시료 전처리

시료는 농협 하나로 마트에서 균일한 크기의 배추를 구입하여 겉잎을 제거한 후 +모양의 칼집을 내었다.

2) 함침액의 제조

가) 염수 제조

농협 아리플러스 천일염을 구입하여 30%의 포화염수로 제조하였다.

나) 영양 강화 함침액의 제조

포화염수에 포도당 5%, MSG 2.5%, ascorbic acid 0.5%가 되도록 함침액에 혼합하였다.

3) 배추 진공함침 절임

가) 상압절임

김치공장에서의 일반적인 배추절임 조건인 12% 염구에서 떠오르지 않도록 눌러주면서 15시간 동안 절임 하였다.

나) 진공함침절임

포화염수 온도를 40℃로 가열한 후 다듬고 쪼갠 배추를 넣고(염수온도 24℃로 하가함) 2분 동안 600torr까지 감압하였다가 2분간에 걸쳐 상압으로 회복시켰다. 그 후 24분간 상압에서 절이고 2분간 염수를 빼낸 다음 배추를 다시 염수에 넣고 2분간 감압, 2분간 해제, 24분 유지를 30분 주기로 반복하면서 5시간을 절였다.

다) 영양강화 진공함침절임

포화염수에 포도당 5.0%, MSG 2.5%, 비타민C 0.5%를 넣고 용해시켜 진공함침방법 동

일하게 절였다.

4) 김치 제조

절임이 끝난 배추는 3회씩 3번 세척하여 30분 동안 탈수 한 후에 농협 아름찬김치용 표준양념을 버무려서 김치를 제조하였다.

5) 염도 측정

염도는 Morh법에 의하여 분석되었다. 실험 후 모든 시료를 믹서기(한일믹서기, FM-681)에 갈아서 여과지(No.2)로 여과하여 그 즙액을 사용하였다. 즙액 1ml을 mess flask에 넣어 증류수로 정용하고, 10ml을 취하여 K_2CrO_4 용액 1ml을 지시약으로 가하고 0.1N $AgNO_3$로 적정하여 다음 식에 의하여 환산하였다.

$$\text{염도}(\%) = \text{적정치} * 0.00585 * \frac{10}{100} * \frac{100}{\text{시료채취량}} * factor$$

6) 환원당의 정량

환원당은 DNS(3,5-Dinitrosalicylic acid)법으로 Shimadzu사 UV 1201을 사용하여 분광광도법으로 측정하였다. 각 시료 10g을 취하여 증류수 40ml로 9500rpm에서 1분간 균질화시킨 후 filter paper No.2로 분산된 시료를 걸러서 검액으로 사용하였다. 검액 1ml과 DNS 시약 3ml을 test tube에서 혼합하여 5분 동안 수욕상에서 가열한 후 상온에서 냉각시켰다. 냉각된 시료 1ml을 취하여 적당히 희석한 후 550nm에서 흡광도를 측정하여 glucose 표준곡선에 따라 환원당의 농도를 결정하였다.

7) 즙액량 측정

저장기간 동안 배추조직에서 용출된 즙액의 양은 밀봉한 필름 봉투 안에 고인 즙액을 3분간 중력탈수하여 액량을 측정하였다(한응수 외 3인; 1996).

8) 비타민C의 정량

가) 시료 전처리

분쇄된 시료 10g을 공전 삼각플라스크에 취하여 시료와 동량의 10% 메타인산용액을 가하고 10분간 혼합하였다. 그 후 5%의 메타인산용액 40ml을 가하여 5,000rpm에서 5분간 균질화한 후 시료를 모두 100ml 메스플라스크에 옮겨 5% 메타인산용액으로 최종 부피를 맞추었다. 그 후 fliter paper No.2로 즙액을 여과하고 0.45㎛의 syringe filetr로 여과한 액을 검액으로 하였다.

나) HPLC 분석

HPLC는 Waters 600 controller, 600 pump, 717 plus autosampler와 486 Turnable

absorbance detector로 구성된 것을 사용하였다. 역상 분배형 C18 column을 사용하여 0.05M KH_2PO_4 : Acetonitrile이 60 : 40으로 혼합된 용매를 1ml/min으로 흘려주어 분석하였다. injection volume은 20㎕로 하였고, UV detector를 사용하여 254nm에서 아스코르빈산이 검출되었다.

9) pH 측정

분쇄한 시료의 즙액을 filter paper No.2로 여과하여 즙액을 ORION model 520A pH meter를 사용하여 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

상압절임배추, 진공함침배추, 영양강화 진공함침배추의 품질을 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 염도 특성

상압절임배추, 진공함침배추, 영양강화 진공함침배추의 염도와 이들 절임배추에 양념을 혼합하여 제조한 김치의 염도는 <표 3-3>과 같다. 상압절임배추에 비하여 배추세포내로 염분을 침투시키는 진공함침절임배추와 진공함침김치가 높은 염도를 보여주었다.

<표 3-3> 진공함침 절임배추와 진공함침 김치의 염도

(단위 : %)

처 리 구	염 도
상압절임배추	1.86±0.69
진공함침배추	2.57±0.64
영양강화 진공함침배추	2.28±0.03
상압절임김치	2.21±072
진공함침김치	2.71±0.46
영양강화 진공함침김치	2.82±0.61

2) pH 특성

모든 처리구의 pH는 <표 3-4>와 같이 pH 6~7 사이에 분포하였다. 이렇듯 pH가 중성과 약산성부근에 있는 이유는 아직 유산균에 의한 발효가 일어나지 않았기 때문으로 생각된다.

<표 3-4> 진공함침 절임배추와 진공함침 김치의 pH

처 리 구	pH
상압절임배추	6.50±0.07
진공함침배추	6.45±0.05
영양강화 진공함침배추	6.66±0.20
상압절임김치	6.20±0.04
진공함침김치	6.35±0.01
영양강화 진공함침김치	6.16±0.07

3) 조직감 특성

굽힘힘은 <표 3-5>와 같이 상압절임배추에 비하여 진공함침절임배추가 높게 나타났다. 이는 진공함침절임시 배추의 중륵부까지 절여지지 않았기 때문인 것으로 보여진다. 이러한 현상은 진공함침 김치에서도 관찰할 수 있었다. 그러나 영양강화 김치의 경우에서는 함침액에 포함된 MSG가 중륵부의 조직을 부드럽게 하여 굽힘힘을 작게 한 것으로 보여진다.

<표 3-5> 진공함침 절임배추와 진공함침 김치의 굽힘힘

(단위 : g force)

처 리 구	굽 힘 힘
상압절임배추	620±22
진공함침배추	954±39
영양강화 진공함침배추	690±21
상압절임김치	596±32
진공함침김치	865±42
영양강화 진공함침김치	556±32

4) 즙액률 특성

즙액률은 <표 3-6>과 같이 상압절임과 진공함침절임, 영양강화 진공함침 절임 3가지 경우에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 김치의 경우 양념에 포함된 여러 가지 성분들로 인해 더 높은 즙액률을 보여주었다.

<표 3-6> 진공함침 절임배추와 진공함침 김치의 즙액률

(단위 : %)

처 리 구	즙 액 률
상압절임배추	6.62±2.94
진공함침배추	6.53±2.36
영양강화 진공함침배추	6.27±2.84
상압절임김치	6.94±3.27
진공함침김치	6.80±3.29
영양강화 진공함침김치	7.23±3.31

5) 환원당 특성

환원당함량은 <표 3-7>와 같이 포도당을 첨가하여 진공함침 한 영양강화 진공함침절임배추가 일반 함침으로 제조한 절임배추보다 환원당 함량이 높다는 것을 알 수 있었다. 더구나 진공함침의 경우 수용액 중의 용질들을 과채류 세포내로 침투시키기 때문에 저장기간 중에도 이것이 파괴되지 않고 높게 유지되는 것을 관찰 할 수 있었다. 이로부터 진공함침을 이용하여 절임배추를 생산할 때 함침액에 포도당을 첨가하면 부족한 환원당을 효과적으로 보충할 수 있다는 사실을 확인할 수 있다.

<표 3-7> 진공함침 절임배추와 진공함침 김치의 환원당

(단위 : mg/L)

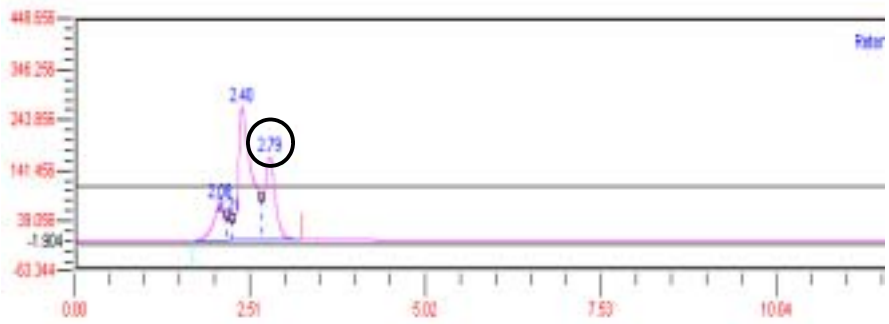
처 리 구	환 원 당
상압절임배추	3.29±0.48
진공함침배추	3.39±0.26
영양강화 진공함침배추	3.69±0.47
상압절임김치	4.27±0.74
진공함침김치	4.43±0.50
영양강화 진공함침김치	5.28±0.60

6) 비타민C 분석

비타민C는 수용성 성분으로서 염절임 과정에서 삼투현상과 다량의 수분에 노출되어 일반적인 배추절임 공정에서 손실되기 쉬운 성분이다. 따라서 이 성분을 진공 함침이란 기술을 응용하여 절임과정 중에

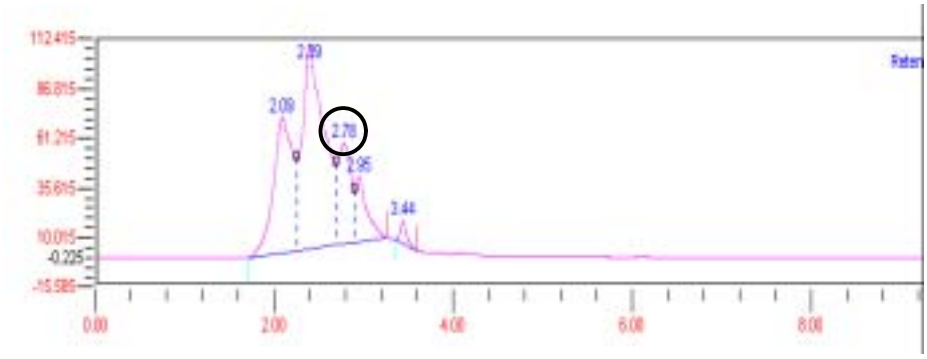
배추 조직 안으로 침투시킨다면 절임공정 중의 비타민C의 손실을 보충할 수 있을 것이라 기대하였다. 실제 함침액 부피의 1%에 해당되는 아스코르빈산을 첨가하였고, 이에 따른 실험결과는 다음과 같다.

먼저 비타민C 표준용액의 HPLC 피크는 <그림 3-7>과 같고 검은색 원으로 표시된 부분이 비타민C이다.



<그림 3-7> 비타민C 표준용액(100ppm)의 HPLC peak

위에서 언급한 조건에서 시료의 비타민 C를 분석한 peak는 <그림 3-8>과 같다.



<그림 3-8> 시료 중의 비타민 C peak

분석 결과에 따른 각 실험구의 비타민C 함량은 <표 3-8>과 같다. 표에서 보듯이 일반 진공함침보다 영양강화 물질을 첨가하여 진공함침한 시료의 비타민C 함량이 다른 시료에 비해 높은 비타민C 함량을 가진 것으로 분석되었다. 따라서 이로부터 진공함침을 이용하여 배추를 절일 때 함침액에 비타민C를 일정량 첨가해 준다면, 절임 배추와 김치의 비타민C 함량에 큰 도움이 될 것이라고 판단해 볼 수 있다.

<표 3-8> 진공함침 절임배추와 진공함침 김치의 비타민C 함량

(단위 : ㎍/ml)

처 리 구	비 타 민 C
상압절임배추	10.74±4.29
진공함침배추	12.56±5.10
영양강화 진공함침배추	22.32±10.07
상압절임김치	6.74±4.20
진공함침김치	6.56±5.68
영양강화 진공함침김치	10.07±0.50

4. 결 론

영양강화 함침액을 이용하여 품질이 낮은 배추(여름고랭지배추, 봄하우스배추)를 진공함침 절임과정을 통하여 품질이 우수한 절임배추로 생산하기 위한 방법을 연구하였다. 이러한 목적으로 식염수를 기본으로 하고 여기에 각종 영양소를 첨가하여 영양강화 함침액을 개발하고, 영양강화 함침액에 배추를 절이면서 각종 영양소의 침투특성을 구명하였다. 당의 함량을 높이기 위해서 올리고당류으로 프락토올리고당과 갈락토올리고당, 조직감을 개선하기 위해서 유청칼슘, 기능성을 강화하기 위하여 비타민으로 비타민C와 비타민B2, 그리고 맛을 강화하기 위해서 조미료로 GMP와 IMP를 사용하여 소금을 첨가하지 않은 상태에서 진공함침 시험을 하였다. 시험결과 유청칼슘, 비타민B2, 프락토올리고당, 갈락토올리고당, GMP, IMP, 그리고 비타민C 순서로 침투속도가 낮았다. 진공함침 배추절임을 고농도 염수(20%)에서 각 영양소를 첨가(각 1% 농도)하여 실험한 결과, 침투율(X)에서는 GMP가 가장 높게 나타났고 갈락토올리고당, 비타민B2, 유청칼슘 그리고 비타민C가 그 뒤를 이었다. 시료변형율은 비타민C를 제외하면 거의 유사한 값을 나타내었는데 비타민C의 경우 −0.4의 값을 보여 주었다. 유효공극률(ε)은 비타민C가 가장 낮은 값을 보였고, GMP, 갈락토올리고당, 비타민B2, 유청칼슘 순서로 증가하였다.

이러한 연구를 바탕으로 하여 영양 강화 함침액의 조성에 있어서 비타민C와 당류, 조미료류를 첨가한 함침액이 경제적인 이유로 실제적으로 응용될 수 있을 것이라 판단하였다. 따라서 이 물질들을 혼합한 함침액의 조성을 연구하였다.

염도 30%의 포화염수에 진공함침한 절임배추의 특성은 염도 2.57%, pH 6.45, 굽힘힘 945g force, 즙액률 6.53%, 환원당 3.39mg/L, 비타민C 12.56㎍/ml로 조직감이 조금 뻣뻣하였다. 조직감의 뻣뻣함을 개선하기 위하여 다양한 물질을 첨가한 결과 포화염수에 포도당 5%, MSG 2.5%, 비타민C 0.5%가

봄 하우스배추의 영양강화 진공함침액으로 적당하였다.

이러한 영양강화 진공함침액에 진공함침된 절임배추의 특성은 염도 2.28%, pH 6.66, 굽힘힘 690g force, 즙액률 6.27%, 환원당 3.69mg/L, 비타민C 22.32㎍/ml로 굽힘힘이 작아져서 조직감이 개선되었고, 당함량과 비타민 C함량이 높아졌다. 또한 같은 조성의 영양 강화 진공함침액으로 진공함침한 절임배추에 양념을 혼합하여 제조한 배추김치의 특성은 염도 2.82%, pH 6.16, 굽힘힘 556g force, 즙액률 7.23%, 환원당 5.28mg/L, 비타민C 10.07㎍/ml로서 영양뿐만 아니라 맛과 조직감이 개선된 김치를 제조할 수 있었다.

이러한 연구 결과로부터 포화염수에 포도당, MSG, 비타민 C를 첨가한 진공함침액은 여름 고랭지배추나 봄 하우스배추의 영양강화에 적합하였다.

위와 같은 실험결과로부터 진공함침 기술이 일반 절임배추의 생산과 김치제조에 효과적으로 응용될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 더 나아가 영양물질을 진공함침을 통해 배추 세포내로 직접 침투시켜 첨가함으로써 절임배추와 김치 품질향상에 크게 기여할 것으로 판단된다.

제4절 진공함침 절임배추의 김치가공특성 평가

1. 서 설

진공함침절임배추의 김치가공특성을 평가하기 위하여 3단계로 시험하였다.

첫째는 배추의 진공함침조건을 시험하기 위한 과정에서 배추의 절임시간을 최대한 단축하여 시험하였고, 둘째는 pilot단위로 진공함침절임배추를 생산하여 저온저장하면서 절임배추의 품질을 평가하였으며, 셋째는 진공함침 시 여러 가지 영양물질을 첨가하여 배추를 절이고 이 절임배추에 표준양념을 혼합하여 김치를 제조하여 저온저장하면서 김치가공특성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

가. 진공함침조건시험 평가

1) 절임배추의 염도와 pH 분석

진공함침한 절임배추시료를 한국산업규격의 김치류 시험방법(H 2170-1996)에 따라 고형물과 즙액으로 분리하여, 즙액은 원액 그대로 측정하였고 고형물은 믹서(Green power, Korea)로 마쇄한 후 거즈로 착즙하여, 즙액만을 pH meter(Orion, 520A, USA)와 염도계(Orion conductivity meter, model 15, USA)를 사용하여 측정하였다.

2) 절임배추의 조직감 분석

절임배추의 조직감으로는 굽힘힘(bending force)을 측정하였다. 절임배추의 중간잎을 선정하고 그 잎의 총 길이 중 아래로부터 1/4되는 점을 중심으로 폭 2cm, 길이 5cm 크기로 시료를 채취하였다.

구부림시험은 Texture Analyzer(Stable Micro Systems, TA-XT2, England)에 높이 30mm, 길이 70mm, 폭 3mm의 접촉면이 둥근 지지대 2개를 30mm 간격으로 고정시키고, 그 위에 안쪽면이 위로 향하도록 시료를 걸쳐놓은 다음, 접촉면이 둥근 탐침(three point rig, 직경 3mm, 길이 70mm)으로 눌러 구부리면서 이때 걸리는 힘(bending force)을 측정하였다. 이때 측정기기 조건은 누름속도 1mm/sec, strain 40%였다.

3) 절임배추의 즙액률 분석

절임배추가 들어 있는 단위 포장 제품의 총무게를 측정한 다음, 포장 용기의 한 부분을 개봉하고 비스듬히 눕혀 3분 동안 즙액이 흘러내리게 한 후 무게(포장용기+고형물)를 측정하였다. 다음에 고형물을 들어내고 빈 포장용기의 무게를 달아 다음 식에 따라 즙액률을 계산하였다.

$$\text{즙액률}(\%) = \frac{\text{즙액의 무게}(g)}{\text{총무게}(g) - \text{포장용기의 무게}(g)} \times 100$$

4) 절임배추의 관능검사

관능검사는 농협대학 학생을 선발하여 훈련시키고 검사하였으며 시료를 접시에 담아 제공하고 검사하였다. 평가내용은 색, 향, 맛, 텍스처 전체품질을 5점 척도법으로 평가하였다.

5) 진공함침절임배추의 제조

진공함침절임조건 시험시 절임배추는 월동배추를 농협유통센터에서 구입하여 그 중에서 무게와 모양을 기준으로 균일성이 높은 30포기를 선정하고, 이들을 실험실에서 다듬은 다음, 다시 균일성이 좋은 16포기를 선정하여 시험하였다.

이들을 4포기씩 나누어 대조구(C), 15분 진공함침구(S), 30분 진공함침구(M), 45분 진공함침구(L)로 구분하고 각각을 중륵부분만을 열십자(+)로 10cm 가량 쪼갠 다음 진공함침하였다.

진공함침한 절임배추를 4조각으로 쪼개어 수도물에서 3회 세척한 다음 다공성 PVC tray에 담아 30분간 탈수하였다. 탈수가 된 절임배추를 1/4조각씩 지퍼백에 넣고 공기를 뺀 다음 포장하였다. 포장한 시료를 처리구별로 16쪽씩 중형 PVC상자에 담아 5℃에 저온저장하면서 10일 간격으로 품질(염도, pH, 조직감, 즙액률, 관능검사)을 측정하였다.

나. 진공함침 절임배추의 품질 평가

진공함침절임배추의 품질평가시험 시 봄 하우스배추를 농협유통센터에서 구입하여 그 중에서 무게와 모양을 기준으로 균일성이 높은 80포기를 선정하고, 이들을 공장에서 다듬은 다음, 다시 균일성이 좋은 45포기를 선정하였다.

이들을 15포기씩 나누어 상압절임구, 진공함침절임구, 영양강화 진공함침절임구로 시험하였다. 상압절임구는 공장에서의 일반적인 절임방법에 따라 반4절한 배추를 12% 염수로 상온(20℃)에서 16시간 절였고, 진공함침절임배추는 반4절한 배추를 0℃로 가열한 포화염수에서 5시간 절였다. 이때 절임조의 압력을 2분간에 걸쳐 600토르로 낮추어 탈기하고 다시 2분간에 걸쳐 상압으로 회복시킨 다음 24분간 유지하였다. 그 다음 염수로부터 배추를 호이스트로 꺼내어 1분간 묽어진 염수를 빼내고 다시 염수에 잠기게 하였다. 그런 후에 다시 2분간에 걸쳐 절임조 내의 압력을 600토르로 나추었다가 2분간에 걸쳐 상압으로 회복시키고 절이는 조작을 반복하였다. 즉 30분 주기로 진공, 해제, 절임, 탈수, 침지 공정을 반복하여 5시간 동안 10화 반복하여 절였다.

절여진 배추는 지하수로 3회씩 3번 9회 세척하여 1시간 탈수하고 지퍼백에 포장하여 저온저장하면서 품질을 평가하였다. 품질평가방법은 가의 방법과 같았다.

다. 영양강화 진공함침배추김치의 품질 평가

영양강화 진공함침 배추김치의 품질평가는 진공함침절임배추의 품질평가와 같은 방법으로 배추를 절이고 시험하였다. 단 이때 포화염수에 포도당 5.0%, MSG 2.5%, 비타민C 0.5%가 되도록 영양성분을 강화하였고, 절여서 세척 탈수한 배추에 농협 아름찬김치의 표준양념을 절임배추 7대 양념3의 비율로 혼합하여 지퍼백에 포장하였다. 포장한 김치는 5℃에서 4주간 저장하면서 가의 방법과 같은 방법으로 품질을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 진공함침 절임배추의 품질 분석

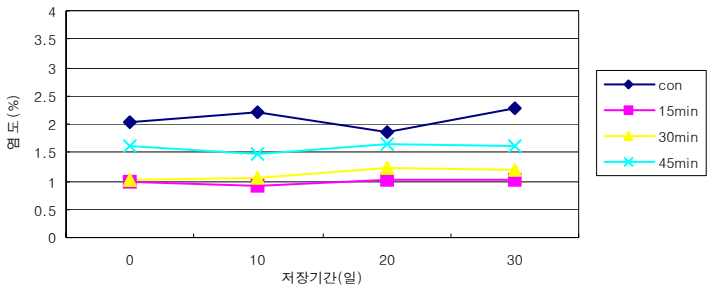
1) 진공함침 절임배추의 염도 변화

진공함침 절임배추의 염도는 대조구 > 45분 진공함침구 > 30분 진공함침구 > 15분 진공함침구 순으로 높았고, 즙액의 염도가 고형물 염도보다 높았으며, 초기에는 즙액과 고형물간에 염도차이가 컸으나 점차 작아졌는데, 그 이유는 고형물 염도는 처음 수준을 유지한데 비하여 즙액의 염도가 빠르게 낮아졌기 때문이다. 즙액의 염도가 낮아진 이유는 저장기간이 경과함에 따라 배추조직의 안쪽 세포에서 세포액이 용출되어 나왔기 때문으로 보인다.

<표 4-1> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 고형물의 염도 변화

(단위 : %)

구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	2.03	2.21	1.87	2.27
15분	1.00	0.90	1.02	1.03
30분	1.01	1.06	1.22	1.21
45분	1.60	1.47	1.66	1.60

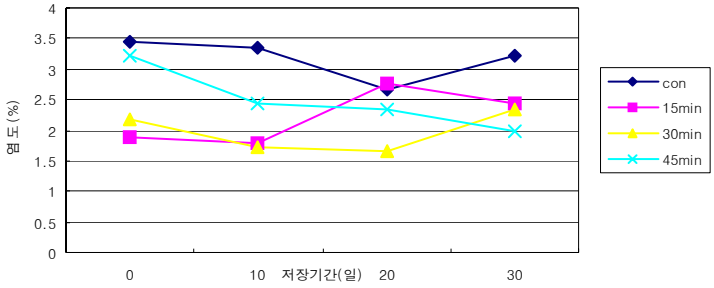


<그림 4-1> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 고형물의 염도 변화

<표 4-2> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 즙액의 염도 변화

(단위 : %)

구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	3.44	3.36	2.67	2.71
15분	1.88	1.80	1.78	0.88
30분	2.17	1.72	1.65	1.51
45분	3.23	2.45	2.35	1.97



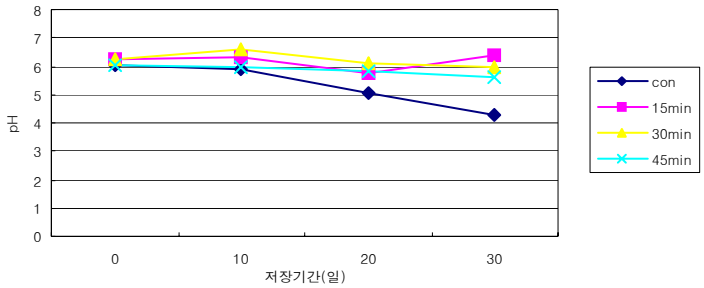
<그림 4-2> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 즙액의 염도 변화

2) 진공함침 절임배추의 pH 변화

진공함침 절임배추의 pH는 초기에는 6.0~6.5 사이였으나 저장기간이 경과하면서 낮아졌는데, 대조구와 45분 진공함침구에서는 빠르게 낮아졌으나, 15분, 30분 진공함침구에서는 느리게 낮아졌다. 그리고 고형물 pH보다 즙액의 pH가 더 낮아서 즙액이 더 빠르게 발효됨을 알 수 있었다. 또 고형물의 pH는 대조구에서 빠르게 낮아졌으나, 즙액의 pH는 대조구와 진공함침구에서 모두 빠르게 낮아졌다.

<표 4-3> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 고형물의 pH 변화

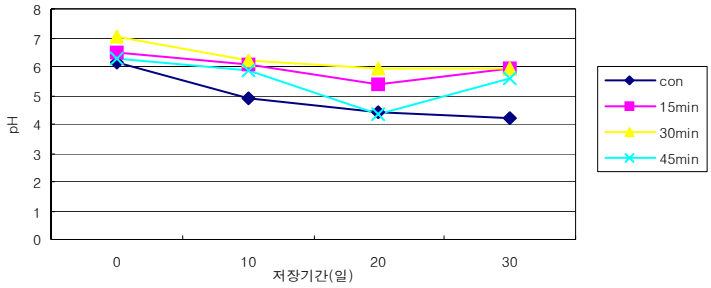
구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	6.07	5.88	5.02	4.30
15분	6.24	6.35	6.24	6.36
30분	6.24	6.62	6.10	5.94
45분	6.05	5.97	5.79	5.62



<그림 4-3> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 고형물의 pH 변화

<표 4-4> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 즙액의 pH 변화

구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	6.12	4.90	4.44	4.21
15분	6.45	6.10	5.37	5.91
30분	7.01	6.23	5.92	5.92
45분	6.29	5.83	4.35	5.57



<그림 4-4> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 즙액의 pH 변화

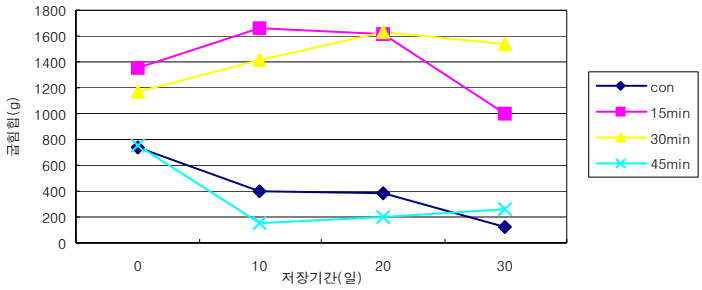
3) 진공함침 절임배추의 조직감 변화

진공함침 절임배추 중륵부의 굽힘힘은 처리구별로 차이가 커서 잘 절여진 대조구와 45분 진공함침구는 저장기간에 따라 굽힘힘이 점차 낮아졌으나 15분, 30분 진공함침구는 더 뻣뻣해졌다. 특히 45분 진공함침구는 10일차와 20일차에서 대조구보다도 더 약해서 약간 흐느적거렸다.

<표 4-5> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 굽힘힘 변화

(단위 : g force)

구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	736	398	391	121
15분	1,349	1,661	1,615	1,005
30분	1,171	1,408	1,636	1,541
45분	754	147	198	262



<그림 4-5> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 굽힘힘 변화

4) 진공함침 절임배추의 즙액률 변화

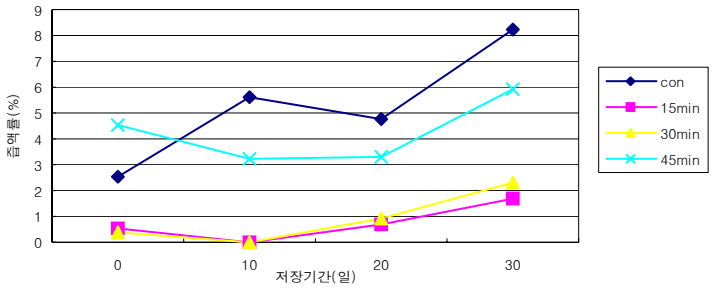
진공함침 절임배추의 즙액률은 초기에는 45분 진공함침구에서 4.52%로 가장 높고 15분, 30분 진공함침구는 즙액이 거의 없었다. 그러나 10일차에는 대조구가 5.64%로 높아졌고 45분 진공함침구는 3.25%로 낮아졌으며 15분, 30분 진공함침구는 즙액이 없었다. 20일차에도 10일차와 유사하였으나 15분, 30분 진공함침구에서 약간의 즙액이 발생하였다.

저장 초기에 진공함침구와 대조구에서 즙액이 많이 나온 것은 완전히 절여져 세포가 많이 죽어서 즙액이 많이 흘러나온 것이고, 15분, 30분 진공함침구는 세포가 살아 있어서 즙액이 용출되지 않다가 20일차에는 겉잎이 일부 죽으면서 즙액이 조금 용출되었다.

<표 4-6> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 즙액률 변화

(단위 : %)

구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	2.52	5.64	4.75	8.23
15분	0.57	0.12	0.66	1.73
30분	0.42	0.15	0.90	2.28
45분	4.52	3.25	3.33	5.89



<그림 4-6> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 즙액률의 변화

5) 진공함침 절임배추의 전체적인 품질변화

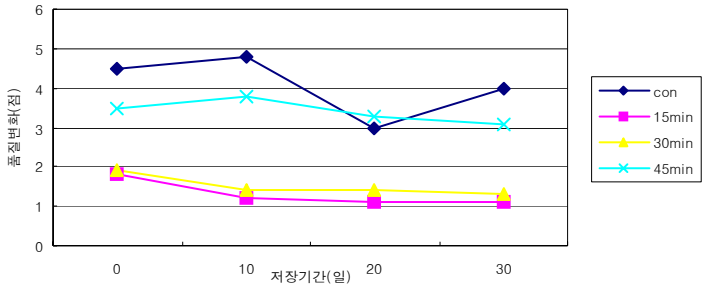
진공함침 절임배추의 전체적인 품질은 초기에는 대조구가 가장 우수하였고, 45분 진공함침구가 중간이었으며, 15분, 30분 진공함침구는 불량하였다.

이러한 경향은 10일까지 지속되었으나 20일에는 대조구의 색이 검어지면서 품질이 크게 떨어졌고, 45분 진공함침구는 그대로 유지되었으며, 15분, 30분 진공함침구는 속잎은 노란색이 유지되었으나 뻣뻣하였고 겉잎은 부드러워졌으나 검게 변색되어 한포기내에서 품질이 균일하지 못하였다.

이상의 결과에서 배추의 진공함침 절임시간은 45분 이상이 되어야 김치의 제조에 적합한 것으로 판단되었다.

<표 4-7> 진공함침 절임배추의 저온(5℃) 저장 중 전체품질 변화

구분 \ 저장기간(일)	0	10	20	30
CON	4.5	4.8	3.0	4.0
15분	1.8	1.2	1.1	1.1
30분	1.9	1.4	1.4	1.3
45분	3.5	3.8	3.3	3.1



<그림 4-7> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 전체적인 품질 변화

나. 진공함침 절임배추의 이화학적/미생물학적 품질 변화

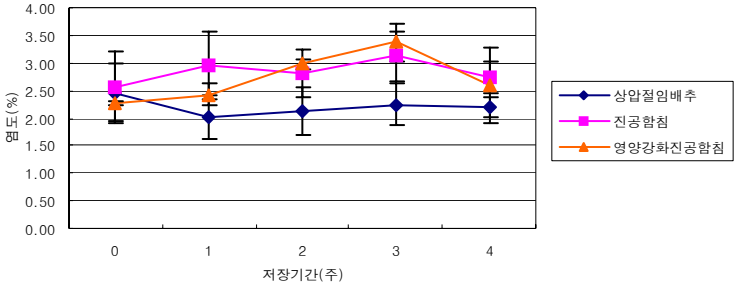
1) 진공함침 절임배추의 염도 변화

염도는 상압절임배추에 비해 진공함침에 의해 염분이 배추 세포내로 침투하여 저장 기간 동안의 전체적인 염도의 감소는 있으나, 진공함침을 이용한 실험구는 상압에서 처리된 실험구에 비하여 높은 염도를 유지하였다. 모든 실험구에서 증가와 감소가 반복되는 양상을 보였으며 그 염도 범위가 2%에서 4% 사이로 김치를 만들기 위한 적당한 수준의 염도를 유지한다는 것이 관찰되었다. 절임배추의 경우 초기에 가장 낮은 것은 그 시점까지 탈수가 완료되지 않아서 배추 표면의 세척수가 남아 있기 때문이고 그 이후에 염도가 증가하는 이유는 탈수가 완료되어 배추 조직 내 염도와 즙액의 염도가 평형상태로 돌아가면서 다시 배추 조직의 염도가 증가하는 것이라고 추측할 수 있다(한응수 외 3인; 1996). 또한 진공함침을 이용하지 않은 절임배추의 경우 저장 기간이 길어질수록 염도가 감소하는 경향을 보이며 이는 즙액이 유출되면서 배추 조직 내의 염분이 함께 유출되기 때문이라고 보고되어 있는데(한응수 외 3인; 1996), 진공함침을 이용한 절임배추는 저장기간이 길어질수록 오히려 염도가 증가하는 현상을 보여주었다. 이는 진공함침의 경우 배추 표면만 절이는 일반 절임과 달리 염분을 배추 세포내로 침투시키기 때문에 삼투에 의한 탈수 작용을 촉진시켜 배추 세포내의 염분을 농축시키는 효

<표 4-8> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 염도변화

(단위 : %)

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	2.5±0.5	2.6±0.6	2.3±0.0
1	2.0±0.4	3.0±0.6	2.4±0.2
2	2.1±0.4	2.8±0.4	3.0±0.1
3	2.3±0.4	3.1±0.5	3.4±0.4
4	2.2±0.2	2.7±0.3	2.6±0.7



<그림 4-8> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 염도변화

과를 가지기 때문이라고 추측된다.

저장 기간에 따른 각 실험구의 염도 변화는 <표 4-8> 및 <그림 4-8>과 같다.

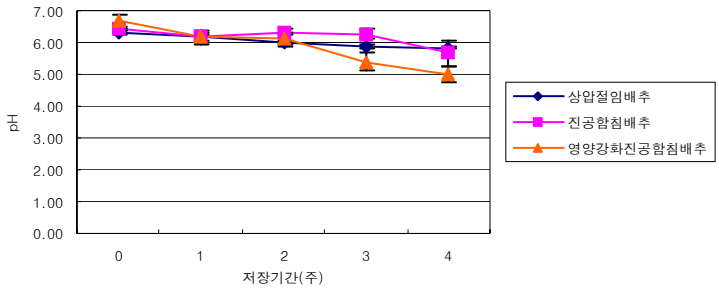
진공함침 절임배추의 염도는 저장 기간 동안 2% 이상의 염도를 계속 유지하였다. 특히 진공함침 절임배추와 영양강화 진공함침 절임배추는 배추 세포 내부로 소금 용질 입자를 직접 침투시키는 효과로 인해 상압절임배추에 비하여 높은 수준의 염도를 보였다.

2) 진공함침 절임배추의 pH 변화

저장 기간에 따른 각 실험구의 pH 변화는 <표 4-9> 및 <그림 4-9>와 같은 양상을 보였다.

<표 4-9> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 pH 변화

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	6.3±0.1	6.5±0.1	6.7±0.2
1	6.2±0.2	6.3±0.1	6.2±0.2
2	6.0±0.1	6.3±0.1	6.1±0.2
3	5.9±0.1	6.3±0.2	5.4±0.3
4	5.8±0.0	5.7±0.4	5.0±0.2



<그림 4-9> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 pH의 변화

진공함침절임배추의 pH는 초기 6.5에서 저장 기간이 길어질수록 감소하였고, 상압절임배추와 진공함침절임배추의 pH는 비슷하였으며,영양강화진공함침절임배추의 pH는 첨가한 비타민과 포도당의 영향으로 pH 감소폭이 더 컸다. 이는 유산균에 의해 생성된 유기산 때문에 일어나는 현상이다. 따라서 이와 같은 pH 저하율 경향으로부터 상압절임배추보다 영양강화 진공함침 처리가 된 절임배추가 유산균에 의한 발효작용이 더 활발히 일어난다고 생각해 볼 수 있다.

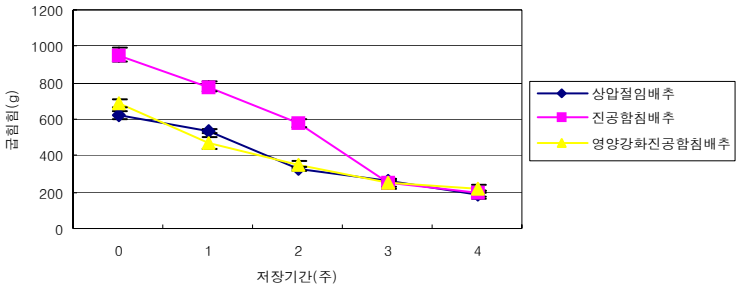
3) 진공함침 절임배추의 굽힘힘 변화

진공함침절임배추의 굽힘힘은 <표 4-10> 및 <그림 4-10>과 같이 5시간 절임 후 굽힘힘이 954g force로 상압절임배추의 620g force보다 1.5배 컸고, 각 처리구의 굽힘힘은 저장기간이 길어질수록 점점 감소하는 경향을 보였다. 진공함침 절임배추는 저장초기에 굽힘힘이 가장 컸는데, 이는 배추의 중륵부까지 충분히 절여지지 않았기 때문에 나타난 현상으로 보인다. 이와는 반대로 영양강화진공함침 절임배추는 함침액에 포함된 MSG로 인해 조직이 부드러워져서 굽힘힘이 작게 나타나 상압절임배추와 비슷하였다.

<표 4-10> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 굽힘힘의 변화

(단위 : g force)

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	620±22	954±39	690±21
1	536±13	780±23	469±36
2	327±16	576±19	354±13
3	262±10	248±25	248±16
4	184±21	196±16	217±22



<그림 4-10> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 굽힘힘의 변화

4) 진공함침 절임배추의 즙액률 변화

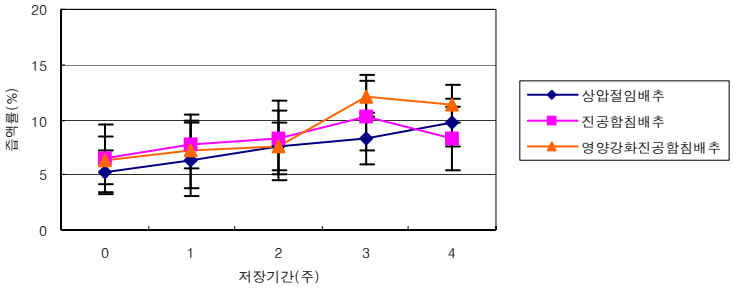
진공함침절임배추의 즙액률은 <표 4-11> 및 <그림 4-11>과 같이 초기 6.5%에서 점차 높아져 3주차에는 10.3%까지 높아졌다. 절임배추의 즙액률은 저장 수율을 결정하는 큰 요인이 되며 이들 용출 즙액량은 저장 기간별 수율과 매우 강한 음의 상관관계가 있다고 보고되어 있다. 상압 절임구보다는 진공함침을 이용한 실험구의 즙액률이 더 높았다. 이는 진공함침 공정중의 감압과 상압 회복의 반

복 시에 배추의 세포 조직이 파괴되어 그 즙액이 더 많이 용출되는 것으로 생각되어진다. 즙액률을 통한 저장성에서는 상압 절임 배추의 저장성이 가장 우수하다고 생각되어지나, 진공함침을 이용한 각 실험구간에서는 용출량의 차이가 크지 않아서 장기간 저장 시에도 그 저장성이 유사하게 유지될 것으로 판단되었다.

<표 4-11> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 즙액률의 변화

(단위 : %)

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	5.2±2.1	6.5±3.1	6.3±2.2
1	6.3±3.3	7.8±2.2	7.1±3.3
2	7.7±3.2	8.3±3.3	7.6±2.1
3	8.3±2.4	10.3±3.2	12.1±1.9
4	9.2±2.2	8.3±2.8	11.4±1.7



<그림 4-11> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 즙액량의 변화

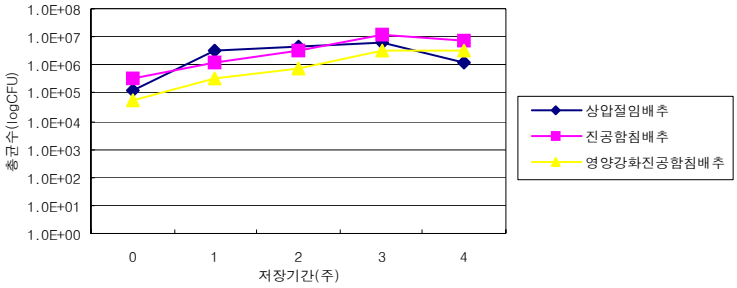
5) 진공함침 절임배추의 총균수(유산균수) 변화

진공함침절임배추의 총균수는 <표 4-12> 및 <그림 4-12>와 같이 절임이 끝난 후 35만 마리로 상압절임배추보다 많았고, 각 처리구의 총균수는 저장기간이 길어질수록 점점 증가하였다가 3주째부터 감소하는 경향을 보여주었다. 이는 3주째에 유산균에 의한 발효가 가장 왕성하고 그 이후에는 발효의 부산물로 생육환경이 변화함에 따라서 유산균의 수가 감소하는 것으로 보여진다. 그러나 영양강화 진공함침 절임배추는 4주째에도 높은 총균수를 보여주었는데, 이는 함침액에 첨가된 영양물질들이 미생물의 발효작용을 장기간 유지시킬 수 있도록 도와주기 때문인 것으로 생각된다.

<표 4-12> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 총균수의 변화

(단위 : cfu)

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	1.2×10^{5}	3.5×10^{5}	6.0×10^{4}
1	3.3×10^{6}	1.3×10^{6}	3.6×10^{5}
2	4.7×10^{6}	3.2×10^{6}	7.5×10^{5}
3	6.2×10^{6}	1.1×10^{6}	3.1×10^{6}
4	1.2×10^{6}	7.2×10^{6}	3.3×10^{6}



<그림 4-12> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 총균수의 변화

6) 진공함침 절임배추의 환원당 변화

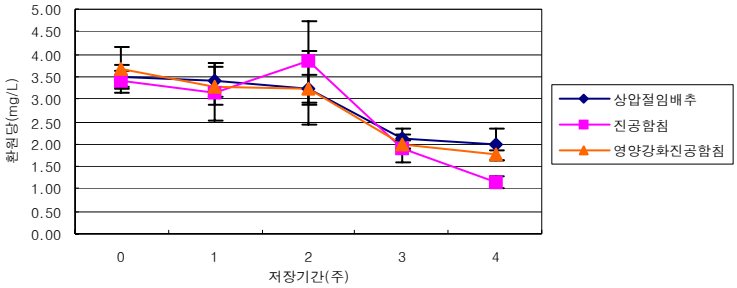
진공함침절임배추의 환원당함량은 <표 4-13> 및 <그림 4-13>과 같이 초기 3.4mg/L로 상압절임배추와 비슷하였고, 모든 실험구에서 환원당은 저장 기간이 길어질수록 점차 감소하는 추세를 보였다. 이는 저장 기간이 증가할수록 미생물에 의한 발효가 일어나기 때문인데 이때 환원당이 미생물의 기질로 사용되기 때문이다. 따라서 모든 실험구에서 미생물에 의한 발효로 인해 환원당의 함량이 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 초기에는 감소 폭이 작다가 2주차부터 그 폭이 커지는 것으로 보아 저장 기간이 2주 때에 미생물에 의한 발효작용이 활발하다는 것을 알 수 있다. 이러한 경향과는 달리 일반 진공함침 절임배추에서는 2주 때에 환원당 함량이 소폭 증가하였는데, 이것은 소당류나 다당류가 효소에 의해 분해되어 환원당이 증가했기 때문일 것이라고 생각할 수 있다(한응수 외 2인; 1998).

<표 4-13> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 환원당 함량의 변화

(단위 : mg/L)

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	3.5±0.2	3.4±0.3	3.7±0.5

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
1	3.4±0.4	3.2±0.7	3.3±0.4
2	3.2±0.8	3.8±0.9	3.2±0.3
3	2.1±0.2	1.9±0.3	2.0±0.1
4	2.0±0.4	1.2±0.1	1.8±0.1



<그림 4-13> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 환원당 함량의 변화

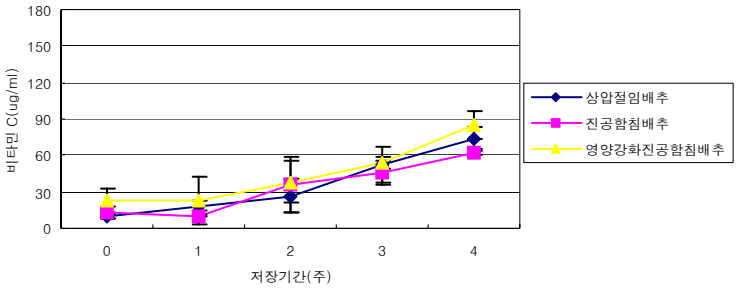
7) 진공함침 절임배추의 비타민C 변화

진공함침절임배추의 비타민C함량은 <표 4-14> 및 <그림 4-14>와 같이 초기 12.6㎍/ml로 상압절임배추와 비슷하였고, 영양강화 진공함침절임배추는 22.3㎍/ml로 높았으며, 일반적으로 모든 실험구의 비타민C 함량은 저장 기간이 길어질수록 점차 증가하는 추세를 보여주었다. 비타민C 함량이 증가하는 이유는 절임배추와 김치 모두 저장 과정 동안 유산균에 의한 발효 과정을 거치게 되는데, 이에 따라 발효 과정의 부산물로서 비타민C 함량이 증가하는 것으로 추측된다.

<표 4-14> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 비타민C 함량 변화

(단위 : ㎍/ml)

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	10.3±2.6	12.6±5.1	22.3±10.1
1	18.6±3.6	10.3±0.8	22.6±19.7
2	26.8±13.3	36.0±22.2	38.4±17.7
3	52.1±15.2	45.4±10.2	54.0±4.7
4	73.5±10.4	62.9±1.9	85.0±11.7



<그림 4-14> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 비타민C의 함량 변화

다. 진공함침 절임배추의 관능품질 변화

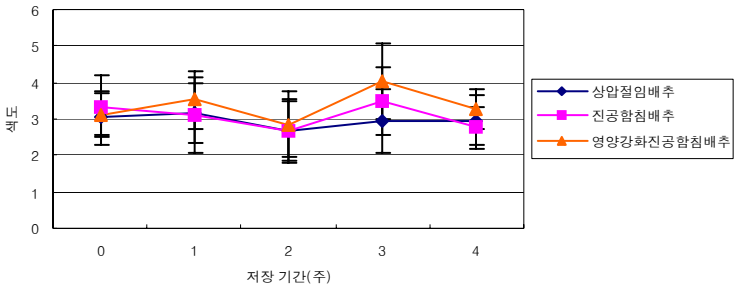
진공함침 절임배추의 품질을 관능검사로 평가한 결과, 색, 냄새, 맛, 조직감의 품질요소와 전체적인 품질이 보통(3점) 수준으로 나타났고, 포화염수에 포도당, MSG, 비타민 C를 첨가한 영양강화 진공함침 절임배추의 품질은 보통 이상으로 나타났다. 진공함침 절임배추의 품질이 상압절임배추보다 낮은 이유는 짠맛이 너무 강했고 배추 중륵부의 조직이 뻣뻣하였기 때문인데, 첨가한 포도당과 MSG의 영향으로 맛이 개선되었고 MSG의 첨가로 중륵부의 조직감이 개선되어 영양강화 절임배추의 품질은 진공함침 절임배추나 상압절임배추의 품질보다 더 우수하였다.

1) 진공함침 절임배추의 색의 관능검사

진공함침 절임배추의 색은 초기에 보통(3점)이상으로 시작하여 2주차에는 보통이하로 낮아졌으나 3주차에는 개선되었고 4주차에 다시 낮아졌다. 영양강화 진공함침 절임배추의 색이 진공함침 절임배추나 상압절임배추의 색보다 우수하였다.

<표 4-15> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 색의 관능적 품질변화

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	3.1±0.7	3.4±0.8	3.1±0.6
1	3.2±0.8	3.1±1.0	3.5±0.8
2	2.7±0.8	2.7±0.9	2.9±0.9
3	3.0±0.9	3.5±0.9	4.0±1.0
4	2.9±0.7	2.8±0.5	3.3±0.6



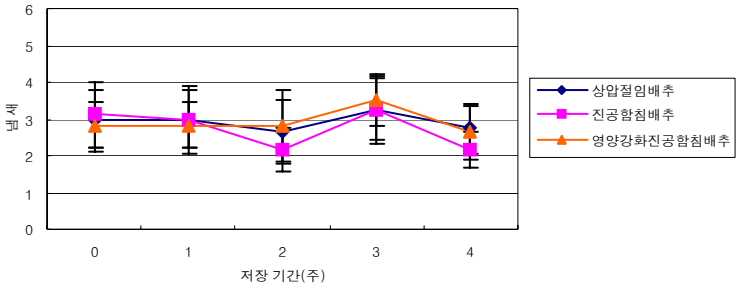
<그림 4-15> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 색의 관능적 품질변화

2) 진공함침 절임배추의 냄새의 관능검사

진공함침 절임배추의 냄새는 상압절임배추와 차이가 없었고, 대부분이 보통(3점) 이하로 낮았으나 3주차에는 모두 보통이상으로 좋아졌다가 4주차에 본래 수준으로 낮아졌다.

<표 4-16> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 냄새의 관능적 품질변화

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	3.0±0.8	3.1±0.9	2.8±0.6
1	3.0±0.9	3.0±0.8	2.8±0.6
2	2.7±0.9	2.5±0.6	2.8±1.0
3	3.2±0.8	3.3±0.8	3.5±0.7
4	2.7±0.7	2.2±0.5	2.6±0.7



<그림 4-16> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 냄새의 관능적 품질변화

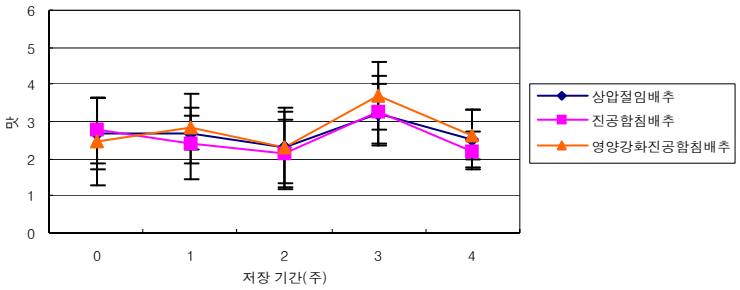
3) 진공함침 절임배추의 맛의 관능검사

진공함침 절임배추의 맛은 3주차를 제외하고는 모두 보통(3점) 이하의 낮은 평가를 받았는데, 그

이유는 염도가 2.6% 이상으로 너무 높아서(적정염도는 2.0% 수준임) 짠맛이 강했기 때문이다. 영양강화 절임배추의 맛은 포도당의 단맛과 MSG의 감칠맛이 강화되어 짠맛만의 진공함침 절임배추나 상압절임배추보다 더 우수하였다.

<표 4-17> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 맛의 관능적 품질변화

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	2.7±0.9	2.8±0.9	2.5±1.2
1	2.7±0.5	2.4±1.0	2.8±0.9
2	2.3±1.0	2.2±0.9	2.3±1.1
3	3.2±0.8	3.3±0.9	3.7±0.9
4	2.5±0.8	2.2±0.5	2.6±0.7



<그림 4-17> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 맛의 관능적 품질변화

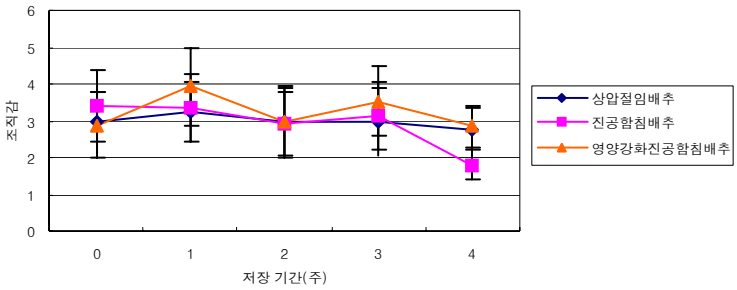
4) 진공함침 절임배추의 조직감의 관능검사

진공함침 절임배추의 조직감은 초기에는 2.88로 보통 이하였으나 1주차에는 3.35로 개선되었고, 2주차에 낮아졌다가 3주차에 개선되었으며 4주차에 다시 낮아졌다. 영양강화 진공함침 절임배추의 조직감은 초기에 3.41로 좋았고 1주차에는 3.94로 개선되었으며 4주차까지 보통이상을 유지하였다. 그 이유는 첨가한 MSG가 배추의 조직을 연화시켜 중륵부의 조직감이 개선되었기 때문이다.

<표 4-18> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 조직감의 관능적 품질변화

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	3.0±0.8	3.4±1.0	2.9±0.9
1	3.2±0.8	3.4±0.9	3.9±1.1

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
2	3.0±0.9	2.9±0.9	3.0±1.0
3	3.0±0.9	3.1±0.9	3.5±1.0
4	2.8±0.6	1.8±0.4	2.8±0.6



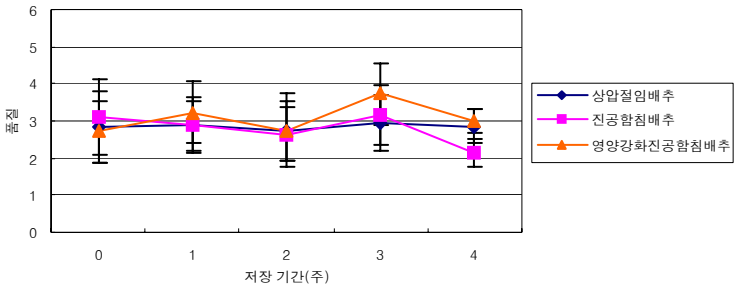
<그림 4-18> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 조직감의 관능적 품질변화

5) 진공함침 절임배추의 전체적인 품질의 관능검사

절임배추의 전체적인 품질은 저온저장 기간 동안 1주차부터 3주차까지 좋아졌다가 4주차에는 다시 낮아졌다. 특히 진공함침 절임배추는 초기 2.71점에서 점차 개선되었으나, 4주차에는 2.15로 나빠졌다. 그러나 포도당, MSG, 비타민C를 강화한 영양강화 진공함침 절임배추는 초기부터 보통 이상(3.12점)으로 출발하여 3주차에는 3.74점으로 우수하였고, 4주차에도 보통수준(3.00점)을 유지하여 상압절임배추나 단순 진공함침 절임배추보다 우수하였다. 그 이유는 포도당과 MSG의 강화로 맛이 향상되었고 MSG에 의해 조직감이 개선되었기 때문으로 판단된다.

<표 4-19> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 전체적인 품질의 관능적 변화

저장기간(주)	상압절임배추	진공함침배추	영양강화진공함침배추
0	2.8±1.0	3.1±1.0	2.7±0.8
1	2.9±0.7	2.9±0.7	3.2±0.8
2	2.7±0.8	2.7±0.7	2.9±1.0
3	3.0±0.8	3.2±0.8	3.7±0.8
4	2.9±0.5	2.2±0.4	3.0±0.3



<그림 4-19> 진공함침 절임배추의 저온저장 중 전체적인 품질의 관능적 변화

라. 영양강화 진공함침 배추김치의 이화학적/미생물학적 품질변화

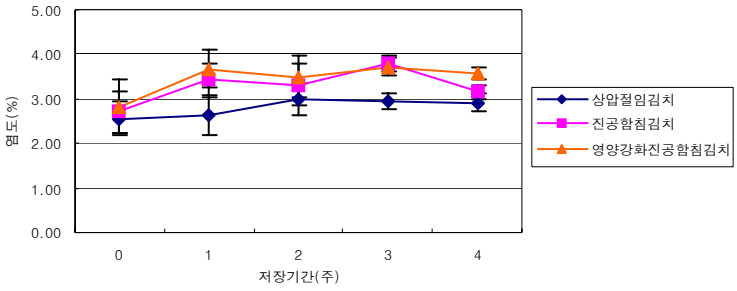
1) 영양강화 진공함침 배추김치의 염도 변화

상압배추김치는 진공함침 김치에 비하여 염분이 세포 안까지 침투하지 못하기 때문에 낮은 수준의 염도를 보여주었다. 저장기간에 따른 각 실험구의 염도 변화는 모든 실험구에서 증가와 감소가 반복되는 양상을 보였으며 초기 염도보다 말기 염도가 증가하는 현상을 보여주었다. 이러한 경향으로부터

<표 4-20> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 염도변화

(단위 : %)

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	2.6±0.4	2.7±0.5	2.8±0.6
1	2.6±0.4	3.4±0.4	3.7±0.4
2	3.0±0.4	3.3±0.5	3.5±0.5
3	2.9±0.2	3.8±0.2	3.7±0.2
4	2.9±0.2	3.2±0.2	3.6±0.1



<그림 4-20> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 염도변화

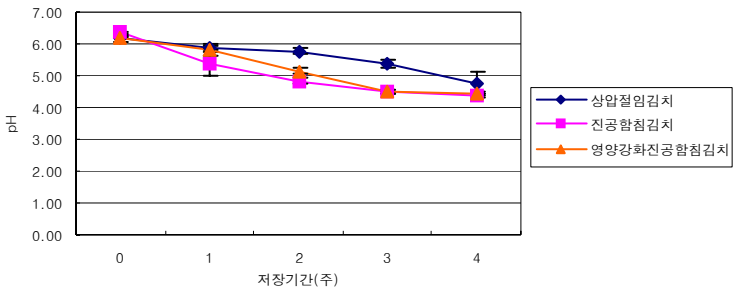
일반적으로 염도는 저온에서 4주간 저장 중에 그 경향성에 큰 변화가 없었으나 김치의 경우에서 약간 높아지는 현상을 관찰할 수 있었다. 그 이유는 김치의 경우에는 양념 자체의 염분으로 인하여 절임 배추보다 더 높은 염도를 나타낸다고 생각된다.

2) 영양강화 진공함침 배추김치의 pH 변화

일반적으로 김치는 저장 기간이 길어질수록 그 pH가 감소하며, 이 pH의 변화는 저장 기간 동안의 가장 큰 변화이다. 김치가 저장되는 동안의 pH의 변화는 가장 큰 변화로 나타나며 이는 유산균에 의해 유기산이 생성되기 때문이라고 보고되었다(한응수 외 3인; 1996). 모든 시료가 저장 기간이 길어질수록 pH가 감소하였으며, 김치의 경우가 pH가 더 급격하게 감소하였다. 또한 상압 김치에 비하여 진공함침 절임배추와 김치의 pH 저하폭이 더 컸다. 이러한 사실로 미루어볼 때, 상압김치보다 진공함침을 이용한 절임배추와 김치의 유산균에 의한 발효가 더 활발히 일어나 pH가 저하가 상대적으로 더 빠르게 일어나는 것으로 보인다.

<표 4-21> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 pH 변화

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	6.2±0.0	6.4±0.0	6.2±0.1
1	5.9±0.1	5.4±0.4	5.8±0.2
2	5.8±0.1	4.8±0.1	5.1±0.1
3	5.4±0.1	4.5±0.1	4.5±0.1
4	4.7±0.4	4.4±0.0	4.5±0.0



<그림 4-21> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 pH 변화

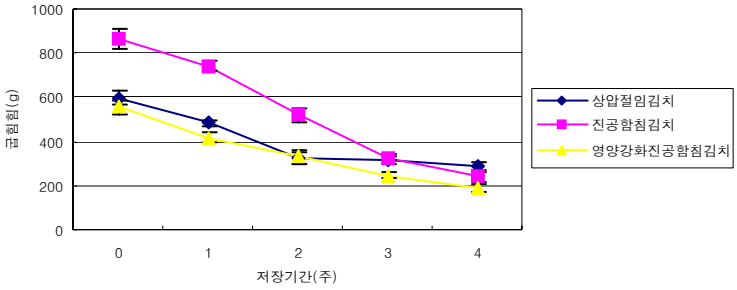
3) 영양강화 진공함침 배추김치의 굽힘힘 변화

각 처리구의 굽힘힘은 저장기간이 길어질수록 점차 감소하였다. 특히 영양강화진공함침김치의 경우에는 첨가된 MSG로 인해 중륵부의 조직이 연화되어 그 굽힘힘이 가장 작은 것으로 판단된다.

<표 4-22> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 굽힘힘의 변화

(단위 : g force)

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	596±32	865±42	556±32
1	484±13	741±22	417±25
2	325±24	522±32	329±31
3	316±21	327±16	246±14
4	284±26	242±32	193±22



<그림 4-22> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 굽힘힘의 변화

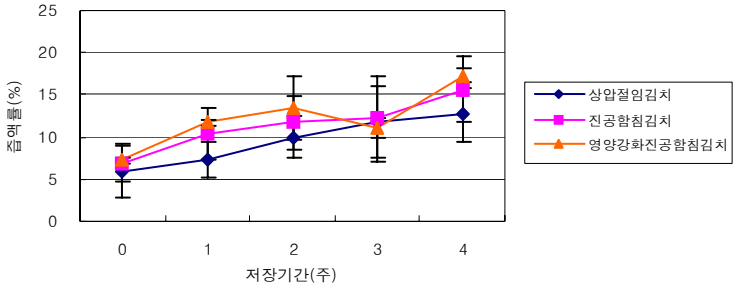
4) 영양강화 진공함침 배추김치의 즙액률 변화

일반적으로 즙액 용출량은 저장 수율을 결정하는 가장 큰 요인이 되며, 이들 용출 즙액량은 저장 기간별 수율과 비교한 연구에서 이들 사이에 강한 음의 상관관계가 있다고 보고되었다(한응수 외 3인; 1996). 따라서 본 실험결과를 통해 장기간의 김치의 저장성을 평가할 수 있는데, 상압 절임구보다는 진공함침을 이용한 실험구의 즙액량이 더 많았다. 이는 진공함침 공정중의 감압과 상압 회복의 반복시에 배추의 세포 조직이 파괴되어 그 즙액이 더 많이 용출되는 것으로 생각되어진다. 즙액량을 통한 저장성에서는 상압김치의 저장성이 가장 우수하다고 생각되어지나, 진공함침을 이용한 각 실험구간에서는 용출량의 차이가 크지 않아서 장기간 저장시에도 그 저장성이 유사하게 유지될 것으로 판단되었다.

<표 4-23> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 즙액률의 변화

(단위 : %)

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	6.0±3.1	6.8±2.10	7.2±0.3
1	7.3±2.2	10.4±3.1	11.7±0.3
2	10.0±2.4	11.7±3.1	13.5±3.8
3	11.8±4.2	12.2±5.1	14.1±1.2
4	12.7±3.2	15.6±3.9	17.3±0.8



<그림 4-23> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 즙액률 변화

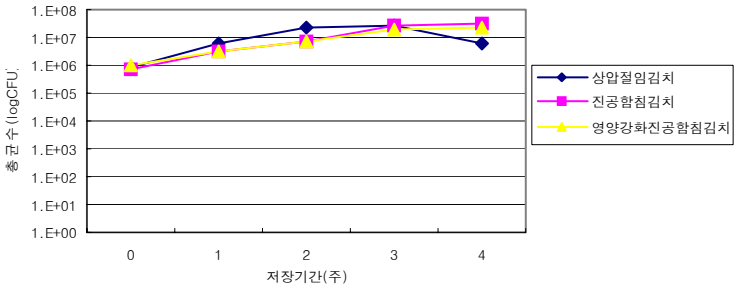
5) 영양강화 진공함침 배추김치의 총균수(유산균수) 변화

저장기간이 길어짐에 따라서 상압절임김치는 3주째에 최대의 총균수를 보이다가 4주째에 감소한 반면 진공함침김치와 영양강화 진공함침김치의 총균수는 4주째까지 높게 유지되었다. 이는 진공함침 기술로 배추 세포내로 침투한 여러 영양물질들이 미생물의 기질로 작용하여 그 발효작용을 돕는 것으로 보여진다.

<표 4-24> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 총균수의 변화

(단위 : cfu)

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	8.3×10^{5}	7.0×10^{5}	9.9×10^{5}
1	6.2×10^{6}	3.2×10^{6}	3.2×10^{6}
2	2.3×10^{7}	7.7×10^{6}	7.1×10^{6}
3	2.6×10^{7}	2.5×10^{7}	1.9×10^{7}
4	6.4×10^{6}	3.2×10^{7}	2.3×10^{7}



<그림 4-24> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 총균수의 변화

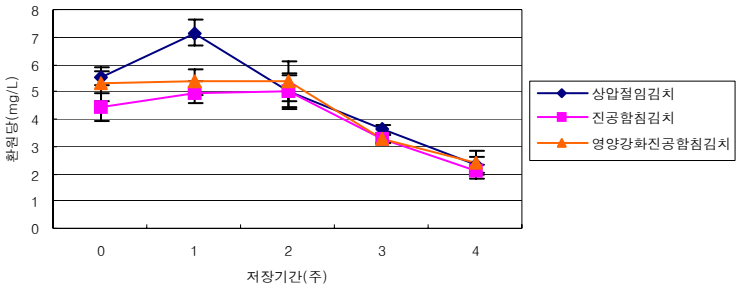
6) 영양강화 진공함침 배추김치의 환원당 변화

모든 실험구에서 환원당은 저장 기간이 길어질수록 점차 감소하는 추세를 보였다. 이는 저장 기간이 증가할수록 미생물에 의한 발효가 일어나기 때문인데 이때 환원당이 미생물의 기질로 사용되기 때문이다. 따라서 모든 실험구에서 미생물에 의한 발효로 인해 환원당의 함량이 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 초기에는 감소폭이 작다가 2주부터 그 폭이 커지는 것으로 보아 저장 기간이 2주 때에 미생물에 의한 발효작용이 활발하다는 것을 추측해 볼 수 있다. 상압 김치에 비하여 진공함침을 이용한 김치의 환원당 함량이 더 급격하게 감소하는 것으로 보아 진공함침을 이용한 것이 저장 기간 동안 미생물에 의한 발효가 더욱 활발하다고 추측해 볼 수 있다. 또한 포도당을 첨가하여 진공함침 한 절임배추와 김치가 일반 진공함침으로 제조한 절임배추와 김치보다 환원당 함량이 높다는 것을 알 수 있었다. 더구나 진공함침의 경우 수용액 중의 용질들을 과채류 세포내로 침투시키기 때문에 저장기간 중에도 이것이 파괴되지 않고 높게 유지되는 것을 관찰 할 수 있었다. 이로부터 진공함침을 이용할 때 함침액에 포도당을 첨가하면 부족한 환원당을 효과적으로 보충할 수 있다는 사실을 확인할 수 있다.

<표 4-25> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 환원당 함량의 변화

(단위 : mg/L)

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	5.51±0.27	4.43±0.50	5.28±0.60
1	7.15±0.45	4.98±0.43	5.37±0.48
2	5.01±0.66	5.03±0.57	5.39±0.73
3	3.62±0.18	3.29±0.20	3.27±0.16
4	2.31±0.31	2.08±0.26	2.43±0.40



<그림 4-25> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 환원당 함량의 변화

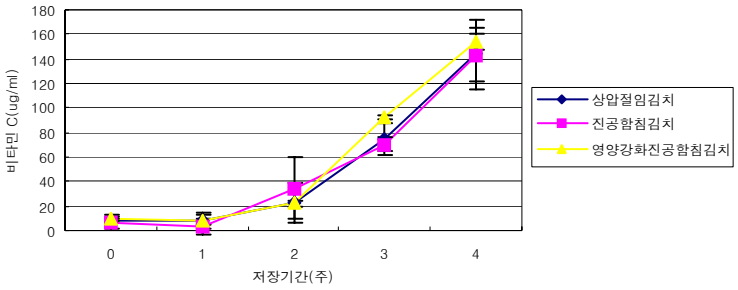
7) 영양강화 진공함침 배추김치의 비타민C 변화

진공함침절임배추김치의 비타민C 함량은 초기 6.6㎍/ml에서 점차 높아져 4주차에는 143.2㎍/ml까지 높아졌으나 상압절입배추김치와 차이가 없었고, 영양강화 진공함침절임배추김치의 비타민C함량은 다른 처리구보다 높았다. 비타민C함량은 저장기간이 지나면서 점차 높아졌다.

<표 4-26> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 비타민C 함량의 변화

(단위 : ㎍/mll)

저장기간(주)	상압절임김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	7.6±0.8	6.6±5.7	10.1±0.5
1	8.9±4.3	3.8±6.6	7.5±6.5
2	22.3±16.5	34.4±25.1	22.5±2.5
3	75.3±12.9	70.2±5.4	92.7±1.8
4	143.7±22.3	143.2±28.2	153.8±7.0



<그림 4-26> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 비타민C 함량의 변화

마. 영양강화 진공함침 배추김치의 관능품질 변화

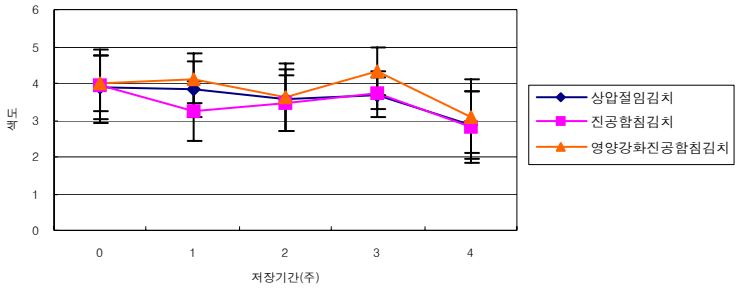
김치의 관능평가 결과는 양념의 영향 때문에 절임배추보다 높은 점수를 얻을 수 있었다. 즉 순수한 절임배추보다 양년을 혼합한 김치가 패널로부터 좋은 점수를 받았고, 양념의 영향으로 대조구와 처리구간의 차이도 작아졌다. 영양강화 진공함침 절임배추로 제조한 배추김치의 품질이 순수한 진공함침 절임배추로 제조한 김치나 상압절임 배추김치보다 더 우수하였다. 그 이유는 진공함침 배추김치는 짠맛이 너무 강하고 배추 중륵부의 조직감이 뻣뻣하였으나 영양강화 진공함침 배추김치는 강화한 포도당과 MSG의 영향으로 맛이 향상되었고 MSG의 영향으로 중륵부의 조직감이 부드럽게 개선되었기 때문이다.

1) 영양강화 진공함침 배추김치의 색의 관능검사

김치의 색은 전체적으로 저장 초기부터 좋은 수준(4점)으로 시작하여 3주차까지 비슷한 수준을 유지하였으나 4주차에는 보통 수준으로 낮아졌다. 그러나 영양강화 진공함침 배추김치의 색은 4주차까지 보통 수준을 유지하였다.

<표 4-27> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 색의 관능적 품질 변화

저장기간(주)	상압김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	3.9±0.9	3.9±1.0	4.0±0.8
1	3.8±0.8	3.2±0.8	4.1±0.7
2	3.6±0.8	3.5±0.7	3.6±0.9
3	3.7±0.6	3.7±0.4	4.3±0.7
4	2.9±0.9	2.8±1.0	3.19±1.0



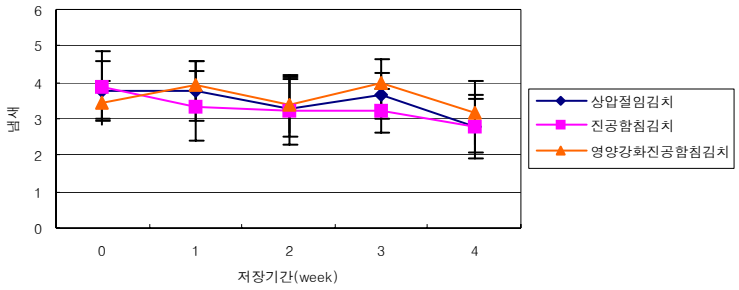
<그림 4-27> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 색의 관능적 품질 변화

2) 영양강화 진공함침 배추김치의 냄새의 관능검사

김치의 냄새는 저장초기에 모두 보통 이상으로 시작하여 3주차까지 그 수준을 유지하였으나, 4주차에는 보통 이하로 낮아졌다. 그러나 영양강화 진공함침 배추김치의 냄새는 1주차에 3.94로 개선되어 3주차까지 유지되다가 4주차에 3.17점으로 낮아졌으나 보통 이상을 유지하여 진공함침 배추김치나 상압절임 배추김치보다 양호하였다.

<표 4-28> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 냄새의 관능적 품질 변화

저장기간(주)	상압김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	3.8±0.8	3.9±1.0	3.4±0.6
1	3.8±0.8	3.4±1.0	3.9±0.6
2	3.3±0.8	3.2±0.9	3.4±0.8
3	3.6±0.6	3.2±0.6	4.0±0.7
4	2.8±0.7	2.8±0.9	3.2±0.9



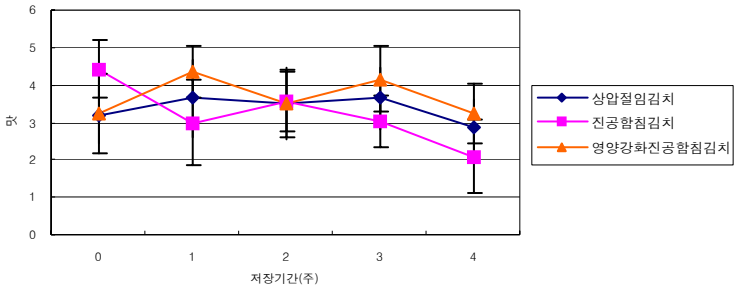
<그림 4-28> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 냄새의 관능적 품질 변화

3) 영양강화 진공함침 배추김치의 맛의 관능검사

김치의 맛은 염도가 2.7% 이상으로 높아서 짠맛이 너무 강한 이유로 좋은 평가를 받지 못하였다. 특히 진공함침 배추김치는 초기에는 4.41점으로 좋았으나, 계속 낮아져서 4주차에는 2.09점으로 낮아진 반면, 영양강화 진공함침 배추김치의 맛은 발효 중기(1, 3주)에 좋아졌고 4주차에도 보통 이상이었다. 2주차에는 대조구와 처리구간의 맛의 차이가 없었는데, 이는 발효가 적정수준에 달했기 때문에 대조구와 처리구간에 차이가 작아진 것으로 보인다.

<표 4-29> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 맛의 관능적 품질변화

저장기간(주)	상압김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	3.2±0.8	4.4±0.8	3.2±1.1
1	3.6±1.0	3.0±1.1	4.4±0.7
2	3.5±1.0	3.6±0.8	3.5±0.9
3	3.6±0.8	3.1±0.7	4.2±0.9
4	2.8±0.7	2.1±1.0	3.2±0.8



<그림 4-29> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 맛의 관능적 품질변화

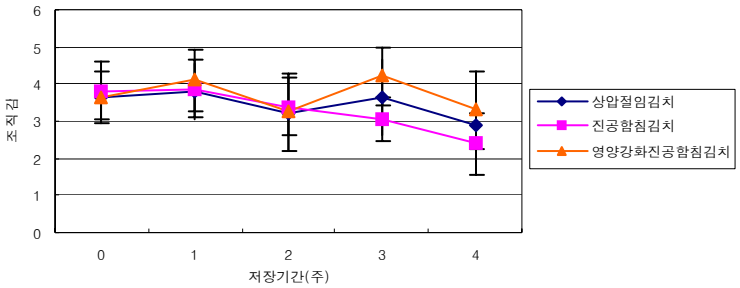
4) 영양강화 진공함침 배추김치의 조직감의 관능검사

김치의 조직감은 초기부터 3.6점 이상으로 좋았고, 1주차에는 모두 조금씩 개선되었으며, 3주차까지 보통 이상을 유지하였으나, 4주차에는 보통 수준으로 낮아졌다. 특히 진공함침 배추김치의 조직감은 1주 이후로 계속 나빠져서 4주차에는 보통 이하가 되었는데 이는 배추의 중륵 부분이 덜 절여졌기 때문으로 판단된다. 그러나 포도당, MSG, 비타민 C를 강화한 영양강화 진공함침 배추김치는 발효 중기(1주, 3주)에 좋다(4점)는 평가를 받았고, 4주차에도 3.30점으로 보통 이상이었다. 그 이유는 배추의 중륵부분까지 잘 절여져서 조직감이 우수하였기 때문이며 이는 MSG 등 첨가한 영양강화 물질이 절임배추의 조직감에 영향을 준 것으로 보인다.

<표 4-30> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 조직감의 관능적 품질변화

저장기간(주)	상압김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	3.6±0.7	3.8±0.8	3.7±0.7
1	3.8±0.7	3.9±0.8	4.1±0.8
2	3.2±1.0	3.40±0.8	3.3±1.0

저장기간(주)	상압김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
3	3.6±1.0	3.1±0.6	4.2±0.8
4	2.9±1.1	2.4±0.9	3.3±1.1



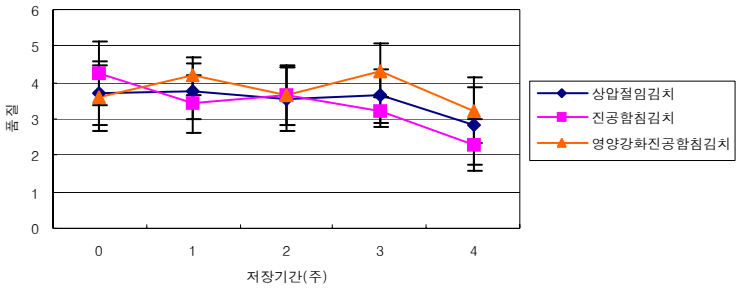
<그림 4-30> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 조직감의 관능적 품질변화

5) 영양강화 진공함침 배추김치의 전체적인 품질의 관능검사

배추김치의 전체적인 품질은 3주차까지 등락을 반복하며 보통 이상을 유지하였으나 4주차에는 보두 낮아져서 보통 수준으로 낮아졌다. 특히 4주차에는 상압절임 배추김치와 진공함침 배추김치는 모두 보통 이하로 낮아졌고 영양강화 진공함침 배추김치만인 보통 이상을 유지하였다. 영양강화 진공함침 배추김치의 전체적인 품질이 우수한 평가를 받은 이유는 포도당의 첨가로 당함량이 높아져서 김치의 맛이 개선되었고, MSG의 첨가로 중륵부의 조직감이 개선되었기 때문으로 판단된다.

<표 4-31> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 전체적인 품질의 관능적 변화

저장기간(주)	상압김치	진공함침김치	영양강화진공함침김치
0	3.69±0.87	4.24±0.88	3.59±0.91
1	3.75±0.76	3.41±0.77	4.18±0.51
2	3.57±0.88	3.65±0.79	3.65±0.79
3	3.65±0.74	3.21±0.41	4.32±0.73
4	2.83±1.06	2.30±0.70	3.22±0.90



<그림 4-31> 영양강화 진공함침 배추김치의 저온저장 중 전체적인 품질의 관능적 변화

4. 결 론

포화염수에서 600토르로 5시간 동안 진공함침(25℃)한 절임배추의 이화학적/미생물학적 품질특성은 염도 2.5%, pH 6.5, 굽힘힘 954g force, 즙액률 6.5%, 총균수 35만 마리, 환원당함량 3.4mg/L, 비타민C함량 12.6㎍/ml로 상압절임배추에 비해 염도가 높고 굽힘힘이 컸다. 그리고 진공함침 절임배추의 관능적 품질은 짠맛이 너무 강하고, 증륵부의 조직이 뻣뻣하여 상압절임배추보다도 낮은 평가를 받았다. 그러나 포화염수에 포도당, MSG, 비타민C를 첨가하여 진공함침한 영양강화 진공함침절임배추의 품질은 강화한 영양물질의 영향으로 맛이 향상되고 조직감이 개선되어 저온에서 4주간 저장하면서 관능검사한 결과 진공함침 절임배추나 상압절임배추보다 관능품질이 더 우수하였다.

영양강화 진공함침절임배추에 표준양념을 혼합하여 제조한 영양강화 진공함침배추김치의 이화학적/미생물학적 품질특성은 염도 2.8%, pH 6.2, 굽힘힘 556g force, 즙액률 7.2%, 총균수 99만 마리, 환원당함량 5.3mg/L, 비타민C함량 10.1㎍/ml였다. 그리고 이들 배추김치를 관능검사한 결과는 영양강화 진공함침 배추김치의 전체적인 품질이 단순 진공함침 배추김치나 상압절임 배추김치의 품질보다 우수하였다. 그 이유는 영양강화 진공함침 배추김치의 맛과 조직감이 다른 처리구보다 더 우수하였기 때문이고, 이는 첨가한 포도당과 MSG의 영향으로 맛이 향상되었고 첨가한 MSG의 영향으로 조직감이 개선되었기 때문이다.

포도당과 MSG를 첨가하여 진공함침한 절임배추로 제조한 영양강화 진공함침배추김치의 품질이 상압절임배추김치나 진공함침배추김치보다 더 우수하였다.

제5절 결 론

배추를 신속하게 절이고 절이는 과정에서 영양물질을 강화할 수 있는 기술로서 진공함침기술은 매우 효과적이었고, 진공함침기술을 실용화할 수 있는 기계장치도 1톤 규모로 제작하였다. 제작한 진공함침장치로 배추를 600토르 이상에서 5시간 이내로 진공함침하여 제조한 진공함침 절임배추의 품질은 김치를 제조하기에 적합하였다. 그러나 500토르 이하에서 단시간 진공함침하는 경우 배추의 중륵부가 투명해지고 조직이 뻣뻣한 단점이 있어서 압력을 600토르 이상으로 유지하는 것이 바람직하였다.

포화염수에서 600토르로 5시간 동안 진공함침(25℃)한 절임배추의 이화학적/미생물학적 품질특성은 염도 2.5%, pH 6.5, 굽힘힘 954g force, 즙액률 6.5%, 총균수 35만 마리, 환원당함량 3.4mg/L, 비타민C함량 12.6㎍/ml로 상압절임배추에 비해 염도가 높고 굽힘힘이 컸다. 그리고 진공함침 절임배추의 관능적 품질은 짠맛이 너무 강하고, 중륵부의 조직이 뻣뻣하여 상압절임배추보다도 낮은 평가를 받았다. 그러나 포화염수에 포도당, MSG, 비타민C를 첨가하여 진공함침한 영양강화 진공함침절임배추의 품질은 강화한 영양물질의 영향으로 맛이 향상되고 조직감이 개선되어 진공함침 절임배추나 상압절임배추보다 더 우수하였다.

영양강화 진공함침절임배추에 표준양념을 혼합하여 제조한 영양강화 진공함침배추김치의 이화학적/미생물학적 품질특성은 염도 2.8%, pH 6.2, 굽힘힘 556g force, 즙액률 7.2%, 총균수 99만 마리, 환원당함량 5.3mg/L, 비타민C함량 10.1㎍/ml였다. 그리고 이들 배추김치를 관능검사한 결과는 영양강화 진공함침 배추김치의 전체적인 품질이 단순 진공함침 배추김치나 상압절임 배추김치의 품질보다 우수하였다. 특히 영양강화 진공함침 배추김치의 맛과 조직감이 다른 처리구보다 더 우수하였는데, 맛은 첨가한 포도당과 MSG의 영향으로 향상되었고 조직감은 MSG의 영향으로 개선된 것으로 판단된다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도

1. 연구개발 목표

배추의 절임시간을 5시간 이내로 단축할 수 있는 진공함침 절임기술을 개발하고, 이 기술을 실용화할 수 있는 배추의 진공함침 절임장치를 배추 100포기를 1회에 절일 수 있는 규모로 제작하며, 함침액의 조성을 비타민, 무기질 등으로 다양하게 조합하여 진공함침함으로써 절임배추의 영양을 강화하는 기술을 개발하였다.

2. 연차별 연구개발 목표와 내용

1차 연도
○ 배추에 대한 진공함침 기술의 개발
★ 실험실용 진공함침기의 제작(용기 크기는 배추 10 포기 용) ★ 초기진공도에 따른 함침액 침투 kinetics 규명 ★ 진공해제속도에 따른 함침액 침투 kinetics 규명 ★ 공정의 온도에 따른 함침액 침투 kinetics 규명 ★ 진공/해제 주기에 따른 함침액 침투 kinetics 규명 ★ 함침액의 농도에 따른 함침액 침투 kinetics 규명
○ 배추절임용 영양강화 함침액의 개발
★ 소금물의 종류와 농도별 침투특성 규명 ★ 당의 종류와 농도별 침투특성 규명 ★ 비타민의 종류와 농도별 침투특성 규명 ★ 무기질의 종류와 농도별 침투특성의 규명 ★ 조미료의 종류와 농도별 침투특성의 규명
○ 배추절임용 진공함침 공정 조건의 최적화
★ 초기진공도의 최적화 ★ 진공유지 시간의 최적화 ★ 진공해제 속도의 최적화 ★ 진공유지/해제 주기의 최적화 ★ 절임온도의 최적화

○진공함침 절임배추의 품질분석
★ 진공함침 절임배추의 염도분석 ★ 진공함침 절임배추의 조직감 분석 ★ 진공함침 절임배추의 저장성 분석

2차 연도
○배추 진공함침 장치의 scale-up 조건 설정
★ 배추량이 배추 진공함침의 메커니즘에 미치는 효과분석 초기진공도와 함침액 침투 진공해제속도와 함침액 침투 공정의 온도와 함침액 침투 진공/해제 주기와 함침액 침투 함침액의 농도와 함침액 침투
○진공함침 절임배추로 제조한 김치의 발효특성 및 품질분석
★ 진공함침 절임배추로 제조한 김치의 저장 중 품질분석 산도분석 pH 분석 미생물분석 조직감분석 관능품질 평가
○배추 진공함침 장치의 시작품 설계 및 제작
★ 시작품은 배추 100 포기용 실용규모로 제작 및 운전조건 확립 ★ 진공함침기의 설계와 제작 및 운전조건 확립 ★ 진공도 조절 시스템의 설계와 제작 및 운전조건의 확립

3. 평가의 착안점

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도(점수)
1차년도 (2003~2004)	○ 배추에 대한 진공함침 절임기술을 개발 했는가? ○ 함침액 조성 개발 ○ 진공함침의 메커니즘 규명 ○ 진공함침 절임공정의 최적화	40 20 20 20

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도(점수)
2차년도 (2004~2005)	○ 실용규모의 진공함침 절임장치를 개발했는가? ○ 공정의 최적화 ○ 시작품 제작 ○ 진공함침 절임배추김치의 품질은 우수한가?	40 20 20 20
최종평가	○ 실용규모의 진공함침 배추절임장치를 개발했는가? ○ 절임시간이 5시간 이내인가? ○ 균일한 절임이 이루어지는가? ○ 절임장치의 조작이 편리한가?	40 20 20 20

* 척도(점수)의 합계는 각 연도 100임.

4. 연구개발의 목표달성도

연구개발의 목표달성도는 크게 4가지로 평가할 수 있다.

첫째, 실용규모의 진공함침장치를 개발하였다. 배추 100포기를 1회에 절일 수 있는 가로 1m, 세로 1m, 높이 1m의 진공함침 배추절임장치를 개발하였다.

둘째, 개발한 진공함침기로 5시간 내에 염도 2.5%의 절임배추를 생산하였다.

셋째, 진공함침기로 절인 배추의 염도와 조직감이 상압절임배추에 비해 짜고 뻣뻣하였으나, 함침액에 포도당과 MSG를 첨가하여 맛이 개선되고 중륵부의 굽힘힘이 개선된 균일한 절임배추를 생산할 수 있었다.

끝으로, 개발한 진공함침장치는 배추를 스테인리스 망에 담아 호이스트로 이동 운반하고, 진공함침장치의 진공속도, 진공해제속도, 진공유지시간 등을 자동 조절하여 조작이 편리하였다.

제2절 관련분야에의 기여도

과채류의 진공함침 기술을 배추절임에 적용하여 배추의 절임공정을 획기적으로 개선하였다. 즉, 절임시간을 5시간으로 단축하였고, 포도당, MSG, 비타민C 등 영양물질을 강화할 수 있었으며, 더불어 배추의 조직감이 개선되어 일반 속성절임방법의 단점을 보완할 수 있었다. 이번에 개발한 진공함침기술을 계속 연구개발하여 산업적 생산체계로 발전시켜 김치공장에 적용시킨다면 공장김치의 품질향상과 생산성증대에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 추가연구의 필요성

이번 연구에서 개발한 배추의 진공함침장치는 생배추를 1톤 절일 수 있는 규모이므로 그대로 김치공장에 적용시키기는 어렵다. 왜냐하면 김치공장의 운영특성상 1일 10톤 정도의 절임배추를 생산할 수 있어야 경제성이 있기 때문이다. 그러므로 1톤 규모로 개발된 현재의 진공함침 절임장치를 병렬 또는 직렬로 연결하여 하루 10톤 규모로 생산할 수 있는 시스템으로 발전시켜야만 김치공장에 도입할 수 있을 것이다. 이 단계의 연구는 생산기술연구이므로 생산기술자, 식품공학자, 김치연구자가 협력하여 연구해야만 소기의 성과를 얻을 수 있을 것이다.

제2절 타 연구에의 응용

배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술을 배추의 속성절임뿐만 아니라 무, 고추, 마늘, 양파 등 한국 고유의 각종 절임식품에 응용하여, 이들 절임식품의 다양화와 품질균일화 및 생산성 향상에 기여할 수 있을 것이다.

제3절 기업화 추진방안

배추의 속성절임 및 영양강화를 위한 진공함침 기술은 3가지 방향으로 기업화를 추진할 수 있다.

첫째는 이동식 배추절임장치를 개발하는 것이다. 이는 이번에 개발한 기술의 속성절임(5시간) 특성을 활용한 분야로서 트레일러나 대형 트럭위에 배추절임장치를 설치하고 이 장치를 배추산지를 따라 이동시키면서 산지에서 배추를 효율적으로 절여서 김치공장이나 유통센터로 공급하는 사업이다. 기존의 배추 산지수집상이나 유통업자가 기업화하기에 적합하다.

둘째는 기존 김치공장의 절임공정을 개선하는 것이다. 이는 진공함침기술의 품질균일화 특성을 활용한 분야로서, 기존 공장의 배추절임 공정을 진공함침 절임장치로 교체하는 것으로서 김치 제조업체의 생산성을 2배로 증대시킬 수 있다. 즉, 현재의 공장규모로 김치생산량을 2배로 늘릴 수 있다. 또한 배추의 진공함침 절임 기술을 공장에 적용하여 김치의 품질균일화를 기할 수 있다. 이는 기존의 김치공장에서 공동연구를 통하여 사업화할 수 있다.

셋째는 김치를 다양화시키는 것이다. 이는 본 기술의 영양강화 특성을 활용한 분야로서 절임공정에서 소금뿐만 아니라 당, MSG, 비타민 등 여러 가지 영양물질을 배추조직 속으로 침투시켜 다양한 형태의 김치를 생산하는 것이다. 이는 김치뿐만 아니라 장아찌 등 여러 가지 절임식품에 응용할 수 있고 소규모로도 가능하므로 사업화 기회는 많다고 볼 수 있다. 그러나 이 분야는 기본적인 연구가 좀더 필요하다.

제6장 참고문헌

1. 권태연, 최용희, 무의 염절임시 소금의 침투량과 확산도 예측 모델, 한국영양식량학회지, 20, 572-576(1991).
2. 김순동, 김치의 보존성 증진 방안, 식품산업과 영양, 191, 71-80(1996).
3. 김중만, 김인숙, 양희천, 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구, 한국영양식량학회지, 16, 75 (1987).
4. 김현옥, 이혜수, 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구, 한국식품과학회지, 7, 74 (1975).
5. 변유량, 유명식, 조형용, 최동원, 염절임 및 열처리 과정중 배추의 물리적 특성과 조직의 변화, 한국식품과학회지 '김치의 과학' 심포지엄논문집(1994).
6. 신현경, 생체기능조절 천연소재 및 기능성 식품 ; 기능성 식품의 개발 및 연구동향, 산학수산, 30, 2-13(1997).
7. 이승교, 김화자, 절임조건별 배추에 의한 김치의 숙성 중 리보플라빈과 아스코빅 산의 함량변화, 한국영양식량학회지, 13, 131(1984).
8. 이승주, 즉석풀림성 볶음곡류과립분의 제조방법. 대한민국특허 제132186호(1997).
9. 이승주, 정필호, 식품동결건조기의 자동제어. 산업식품공학, 1, 240-246(1997).
10. 이승주, 김영임, 권영안, 목철균, 박종현, 컵음료 자동판매기용 분말의 물성 분석, 산업식품공학, 3, 230-233(1999).
11. 이승주, 권영안, 목철균, 박종현, 분무건조 오미자차의 계면물성. 산업식품공학, 4, 51-54(2000).
12. 조홍연, 기능성 식품, 생물산업, 44-51(1995).
13. 한응수, 석문식, 김치공장의 배추 절임공정 개선, 식품산업과 영양, 1996, 1, 50-70.
14. 한응수, 석문식, 김치제조용 배추의 염수절임기술 개발, 대산논총, 1998, 6, 191-203.
15. 한응수, 석문식, 박지현, 이호재, 절임배추의 포장 압력 및 저장온도에 따른 품질 변화, 한국식품과학회지, 1996, 28, 650-656.
16. 한응수, 석문식, 박지현, 조재선, 이호재, 고랭지배추의 염수절임 중 염수의 품질 변화, 산업식품공학, 1998. 2, 85-89.
17. 한응수, 석문식, 박지현, 장기저장 중 절임배추와 그 삼출액의 특성 변화, 농산물저장유통학회지,

1998, 5, 165-169.
18. 한응수, 석문식, 박지현, 포장방법을 달리한 절임배추의 장기저장 중 품질변화, 한국식품과학회지, 1998. 30, 1307-1311.
19. 한응수, 구본열, 김공환, 절임배추의 탈수특성과 냉각특성, 산업식품공학, 2000. 4, 156-161.
20. Eung Soo Han, Moon Shik Seok, Ji Hyun Park and Jae Sun Jo, Changes in moisture content of auttumn baechu during brine salting, Foods and Biotechnology, 1998, 5, 1-6.
21. Eung Soo Han and Bon Youl Koo, Changes of salinity and bending force in winter baechu during brine salting, Foods and Biotechnology, 2000, 9, 382-386.
22. Eung Soo Han, Quality characteristics of kimchi prepared with stored field salted highland baechu, Foods and Biotechnology, 2003, 12.
23. Chiralt, A., Fito, P., Barat, J. M., Andres, A., Gonzalez-Martinez, C., Escriche, I. and Camacho, M. M., Use of vacuum impregnation in food salting process, Journal of Food Engineering, 49, 141-151(2001).
24. Escriche, I., Fuentes, C., Gonzalez, C. and Chiralt, A., Development of Medium Volatility Compounds in Manchego-type Cheese as Affected by Salt Content and Salting Method, Journal of Food Composition and Analysis, 13, 827-836(2000).
25. Fito, P., Chiralt, A., Betoret, N., Gras, M., Chafer, M., Martinez-Monzo, J., Andres, A. and Vidal, D., Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering: Application in functional fresh food development, Journal of Food Engineering, 49, 175-183(2001).
26. Fito, P., Modeling of vacuum osmotic dehydration of food. Journal of Food Engineering 22, 313-328(1994).
27. Fito, P., Andres, A., Chiralt, A. and Pardo, P., Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food liquid systems. Journal of Food Engineering, 27, 229-240(1996).
28. Fito, P., Chiralt, A., Barat, J. M., Andres, A., Martinez-Monzo, J. and Martinez-Navarrete, N., Vacuum impregnation for development of new dehydrated products, Journal of Food Engineering, 49, 297-302(2001).
29. Gras, M. L., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A. and Fito, P., Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: Interactions with cellular matrix, Journal of Food Engineering, 56, 279-284(2003).

30. Hurrell, R. F., Preventing iron deficiency through food fortification. Nutrition Reviews, 55 210-222(1997).
31. Lee, K. G. and Shibamoto, T., Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herbs and spices. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 4947-4952(2002)
32. Lee, K. G., Shibamoto, T., Antioxidant activities of volatile components isolated from *Eucalyptus* species. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81, 1573-1579(2001)
33. Lee, K. G., Mitchell, A. E., Shibamoto, T., Determination of antioxidant properties of aroma extracts from various beans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 4817-4820 (2000).
34. Lee, S. J., Rha, M., Koh, W, Park, W., Lee, C., Kwon, Y. A., Hwang, J. K., Measurement of cooked noodle stickiness using a modified instrumental method. Cereal Chemistry, 79, 838-842(2002)
35. Lee, S. J., Chang-Gi Hong C. G., Han, T. S., Kang, J. Y., Kwon, Y. A., Application of fuzzy control to start-up of twin screw extruder. Food Control, 13, 301-306(2002)
36. Martinez-Monzo, J., Barat, J. M., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A. and Fito, P., Changes in thermal properties of apple due to vacuum impregnation, Journal of Food Engineering, 43, 213-218(2000)
37. Mazza, G., Functional foods: Biochemical and processing aspects, Technomic Publishing Company, Lancaster(1998).
38. Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Lopez-Malo, A., Palou, E. and Welti-Chanes, J., Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure, Journal of Food Engineering, 56, 307-314(2003).
39. Pavia, M., Trujillo, A. J., Guamis, B. and Ferragut, V., Ripening control of salt-reduced Manchego-type cheese obtained by brine vacuum-impregnation, Food Chemistry, 70, 155-162(2000).

주　　의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.