식품산업과 영양 1(1), 50-70, 1996 Food Industry and Nutrition

김치공장의 배추 절임공정 개선

*한응수, 석문식**

*농협전문대학, *농협농산물가공기술연구소*

서 론

채소류는 일반적으로 육질에 즙이 많고 특유한 향미를 지녀서 우리의 기호성을 충족시키고 식욕을 증진시킨다. 이러한 채소류는 저장중 증산에 의한 건조, 갈변, 성분의 변화, 미생물의 작용 등에 의하여 장기저장이 어렵게 된다. 따라서 저장성을 향상시키고 향미를 개선할 목적으로 소금, 식초, 간장 등에 채소류를 절여 염분을 침투시키고 효소나 미생물의 작용에 의해 숙성된 식품을 제조하는데 이를 절임식품이라고 한다.

절임식품은 절이는 재료에 따라 소금절임류, 식초절임류, 간장절임류, 겨절임류, 된장절임류 등으로 구분하며 이들 대부분은 가정에서 자가제조하여 소비하는 형태이었으나, 지금은 김치와 단무지 등 대부분이 공장에서 생산되어 시판되고 있다(1).

김치는 젓갈류, 양념류, 각종 향신료 등이 많이 가미된 발효식품으로서 오랫동안 한국인의 식탁에서 빼놓을 수 없는 부식으로 이용되어 왔으며 매년 11월 말에서 12월 초경에 김장을 담그어 채소가 생산되지 않는 겨울철에는 부족한 무기질과 비타민의 좋은 공급원이 되어 왔다. 김치에 대하여 식품공전(2)에서는 배추, 무, 오이, 열무, 파 등과 같은 채소류를 식염에 절인 후 여러 가지 부원료를 첨가하여 발효숙성시킨 것이나 이를 가공한 것으로 정의하고 있으며, 절임류는 채소류, 향신료, 야생식물류, 해조류 등의 식물성 원료를 주원료로 하여 식염, 식초, 당류 또는 장류 등에 절인 후 그대로 또는 이에 다른 식품을 가하여 가공한 것이라 정의하고 있다. 또 KS규격(3)에서는 배추를 절단하여 염수 혹은 소금으로 절인 후 세척, 탈수, 양념혼합 및 발효숙성하여 포장한 것으로 규정하고 있다. 김치는 원료의 생산지역 및 계절에 따라 품질이 다르고 배추의 종류, 양념배합비율 및 숙성방법이 매우 다양하여 알려져 있는 종류만 해도 180여종에 이르고 있으며 김치를 이용한 요리도 50여종이나 조사되었다. 최근 조사에서 나타난 자료에 의하면 총 187종의 김치류가 존재하며 김치형태에 의한 분류와 사용되는 주재료에 의해 분류되고 있다. 형태적 분류로는 김치류, 깍두기류, 동치미류, 절임류, 짠지류, 식해류 등으로 구분할 수 있고 주재료별 분류는 배추 25종, 무 62종, 오이 10종, 기타 채소 54종, 해조류 5종, 동물성 재료 21종으로 알려져 있다. 무를 주재료로 한 것이 62종으로 배추를 사용한 것 보다 2배 이상되는 것은 무가공이 편리한 이유로 생각되며 기타 채소류를 사용한 것도 54종이나 되는 것은 채소류를 고르게 사용함을 알 수 있다(1).

김치는 채소류를 이용한 젖산발효 식품으로 쌀을 주식으로 하는 식생활에서 부식으로서의 중요성을 가지며 현대생활에서 기대할 수 있는 여러 가지 영양학적 특성을 갖고 있다. 이들은 주재료가 채소류이므로 각종 유기산, 비타민 및 무기질을 골고루 가지고 있으며 채소류의 신선한 맛, 젖산발효에 의한 상쾌한 맛, 각종 향신료의 독특한 맛과 젓갈류 등의 감칠 맛 등이 어우러져 식욕을 촉진시켜 준다(4). 저칼로리 식품으로 당과 지방의 함량이 낮으며, 식이성 섬유소가 많이 함유되어 있어 원활한 장의 운동으로 변비, 치질 및 대장암 등의 방지효과가 있다. 항산화성, 항노화성, 항성인병 물질이 존재하여(5) 당류 및 콜레스테롤의 흡수를 저하시키고 유리라디칼을 억제, 제거하며 당뇨병, 심장질환 등의 성인병 예방과 치료에도 도움을 준다. 김치를 담글 때 사용되는 젓갈이나 어패류는 양질의 단백질과 칼슘의 공급원이 되며 채소류는 카로텐, 비타민 B 복합체 및 비타민 C의 공급원이 된다. 또한 발효과정을 통하여 생성된 젖산은 Ca, Fe 등과 같은 무기질의 체내 이용률을 증가시키며, 김치의 숙성에 따라 증가되는 젖산균은 장내 유해균의 생육을 억제하며 정장 효과가 있다(6). 1994년 1월 현재 우리나라의 김치 생산 공장은 174개로서 대부분 영세한 제조업체이다(7). 일본에서서는 1970년대에서 1980년대 중반까지 절임류 생산이 100만톤에 달해 비약적인 성장을 이룩했으나, 1988년 이후 낮은 경제 성장율과 맞물려 정체되고 있는 실정이다. 일본에서의 김치 생산은 1993년 7.5만톤을 생산하여 1973년 대비 생산지수는 295%로 증가하였으며 1990년 들어서는 김치도 역시 정체현상

이지만 한국 김치의 수입은 1990년 이래 연평균 34.2%의 신장율을 보여 한층 더 확대되는 경향을 보이고 있다(8). 1995년 6월말 현재 김치 총 수출실적은 26,173천달러로 전년 동기 대비 금액기준 32.1%, 물량대비 13.8% 증가하였으며, 이중 대일본수출은 금액기준 33.7%, 물량대비 10.3% 증가하여 총 수출물량의 78%를 차지, 수출의 대부분이 일본에 편중되어 있다(9). 1994년도 국내의 전체 김치 수요량은 139만톤이었으며(10), 이중 12.4%와 수출용 김치의 100%가 김치공장에서 제조되었다. 생활패턴의 변화와 수출의 확대 등으로 앞으로 공장제조김치의 소비는 계속 늘어날 전망이다.

김치는 중국의 저(菹)에서 유래했다는 학설이 가장 유력하며 우리나라에서는 고려시대 이색(1320~1396)의 시에서 침채(沈菜)라는 말이 나오고 있으며 문헌으로 김치의 기원을 살필 수 있는 최초의 것은 고려시대 이규보(李奎報 : 1168~1241)가 지은 『동국이상국집(東國李相國集)』으로 보아야 하며 이 책에 "순무는 장을 얻어(장을 담가) 여름 3개월에 먹으며 아주 좋고 소금에 담가 겨울 90일에 대비한다고 하였다(11). 1995년 1월 현재 국내의 김치에 대한 연구현황을 보면 한국, 중국, 일본에서의 김치류의 변화와 교류에 관한 연구 등 역사에 관한 것이 7편, 김치의 재료 및 종류에 관한 것이 45편, 김치조리 부문이 55편, 미생물 및 효소에 관한 것이 118편, 영양 및 생화학분야가 167편, 저장, 포장 및 살균에 관한 것이 78편, 김치의 위생에 관한 것이 31편, 총설이 17편, 특허가 72편 등 도합 590편 이상의 문헌이 발표되어 있으나(2) 이들 중 절임공정과 절임배추에 관한 문헌은 상당히 미약한 편이다. 유 등(13)은 1974년에 이미 소비자 대상의 설문조사를 통하여 공장김치의 생산의 공업표준화를 연구하였고, 그 당시 김치를 사먹어 본 사람이 17.8%이었고 대개 봄, 여름에 사먹었다고 하였다. 절임에 대한 연구에서 절임시간은 짧게는 2시간에서(14,15) 길게는 24시간(16)으로 넓은 범위에 걸쳐 연구했으며, 이들 절임시간은 염 농도, 절임방법 등에 의해 크게 좌우된다. 절임공정시 불충분하게 염분이 침투되면 싱거운 김치가 되며 반대로 지나치면 간이 짜서 김치 품질에 결정적인 영향을 주게된다. 간절임에 대한 연구로 김 등(17)이 배추를 4절하여 소금물 농도별로 30분 마다 염수를 교반하여 절이면서 이때의 이화학적 및 미생물학적 변화를 본 결과 절임배추내 염도가 3%에 도달하는데 염수농도 15%에서 3시간 걸렸으며 장기간 절임은 수용성 성분의 유실을 초래한다고 하였다. 소금의 농도와 시간을 달리하여 최적 절임조건을 시험한 결과 15%의 식염수로 6시간 절이거나 20%의 식염수로 3시간을 절이는 것이 관능검사 결과 좋은 것으로 나타났으며(18), 구(19)는 약 2×2cm로 자른 배추에의 염침투 속도는 절임 온도와 소금 농도의 증가에 따라 25°C와 35°C간에는 큰 차이가 있었으나 4°C와 15°C간에는 별 차이가 없었으며 텍스쳐는 절임시간의 증가에 따라 배추의 견고성과 두께가 감소한다고 하였다. 고냉지 배추를 2등분으로 절단한 후 건염법으로 소금 농도별로 간한 뒤 PE(polyethylene)포장재로 진공포장했을 때의 탈수율이 1주일 후 39.2%, 2주후가 44.6%로서 저장 2주까지 탈수가 계속되었다고 보고하였다(20). 4~5cm로 세절해서 절인 후 김치를 만들었을 때 김치발효는 고온, 저염농도에서 더 빨리 진행되었고 호기성 세균과 사상균수는 발효가 진행되는 동안 계속 감소하였다고 밝혔다. 절임시 염침투 속도(21,22)와 확산(23-25)에 대한 연구로서 조 등(24)은 배추를 절이는 동안 식염의 침투속도를 측정한 결과 배추를 4×7cm 크기로 절단하여 절단면을 파라핀으로 봉한 후 배추의 50배 되는 식염수의 비율로 침지하여 저어주면서 식염 침투상황을 조사한 결과 식염 농도가 높을수록 식염 침투속도가 빨랐다고 한다. 그리고 식염의 침투속도는 1.7×10^{-11}m/s였으며 절인 배추를 다시 세척할 때 탈염속도는 11.6×10^{-11}m/s로 흡수속도의 7배나 높았다고 한다.

권(23)은 무를 염절임할 때 무우내 소금의 침투량 예측모델과 확산도 예측모델식을 수립하여 발표하였다. 김 등(22)은 무로 염절임시 소금의 침투와 칼슘의 용출에 대해 연구한 결과 관능검사에 의해 짠맛으로 가장 바람직한 소금 농도는 1.24%~2.20% 범위였고 이 염농도까지 절이는데 필요한 시간은 3% 처리의 경우 2시간, 5% 처리는 1시간정도 걸린다고 하였으며 이때의 칼슘은 각각 20%, 35%가 용출되어 고농도 단시간 절이는 것 보다 저농도 장시간 절임이 칼슘의 손실이 적었다고 하였다. 김 등(21)도 소금의 침투속도에 대한 연구에서 절임 초기에 빠른 염침투를 보이다가 완만하여진다고 보고하였다. 김치의 짠맛에 대하여서는 조와 이(28)는 염도가 약 2%일 때가 관능검사에서 가장 높이 평가되었으며 2.8% 염도에서는 불량하다고 하였다. 서 등(26)은 서울지역의 가정용 김치 11종에 대하여 조사한 결과 염도가 1.7~5.5%로 보고하였으며, 김 등(27)은 식용에 가장 적합한 소금의 농도를 3%라 하였고 이보다 낮으면 연부(軟腐)를 촉진하고 6%에 가까우면 저장성은 좋으나 색깔과 향미가 좋지않다고 하였다. 우 등(29)은 염도 1.8%(20% 염수에 2시간 절임) 김치가 숙성 3일째 최적기에 가장 맛있다고 보고하였다. 김치의 대규모 제조시 작업장의 온도는 25°C 보다 15°C에서 작업하는 것이 김치저장에 효과적이었으며, 염의 농도는 3%, 저장고의 온도는 -1±1°C가 저장성 향상에 효과적이었고 -5°C에

서는 동결되는 현상을 보인다고 하였다(30). 최 등(31)은 통배추와 절단한 배추를 이용하여 품질수명을 측정한 결과 0°C 저장구는 42일, 4°C 저장구는 19일, 8°C에서는 6일이 절단배추김치의 품질수명으로 추정된다고 하였다.

배추를 절였을 때 절임효과를 나타내 주는 지표로서 조직감 측정(29,34,35)과 미세구조 관찰(32,37)을 하고 있으며, 이 등(33)은 배추 염장과정 중 성분변화와 조직감 변화에서 배추를 20% 소금용액에서 한달간 염장하면서 조직감 변화는 펙틴질 함량, 수분 함량 및 무기질 함량의 변화와 관련이 있으나 셀룰로오즈, 헤미셀룰로오즈, 리그닌 함량과는 비교적 관련이 없는 것으로 나타났고 절단시험에 의한 최대 절단력이 배추의 조직감을 표현하는 좋은 방법이라고 보고하였다. 배추 조직감 측정방법에 대한 객관적인 평가를 위해 다양한 시도가 있었으며 이 등(34,35)은 배추잎의 전장중 1/4 부위에서 시료를 채취하는 것이 좋다고 하였고 절임과 데침에 의해 배추잎의 절단력이 증가하였으며 이것은 주로 세포벽의 구조적 변형에 따라 포개짐에 의한 절단면의 수적 증가에 의한다고 하였다. 압착과 절단시험을 실시하여 비교한 결과 절단시험의 절단강도는 절임배추의 견고성과 씹힘성을 나타내는 지표로 사용될 수 있다고 보고하였다. 윤(36)은 여러 형태의 probe를 사용하여 조직감 측정방법에 대하여 연구하였으며 needle형을 제외하고는 긍정적인 결과를 얻었다.

우와 고(29)는 숙성기간이 길수록 절단강도가 높아진다고 하였으며 김치보존성 연구에는 15% 식염용액에 절임하게 되면 5시간까지는 급격히 절단력이 증가하나 그 이상의 절임시간에 의해서는 크게 변하지 않는다고 보고하였다. 현미경 관찰에서는 세포벽의 변형이 소금 농도가 높을수록 그 변형정도가 심해졌다고 한다(37). 배추 줄기조직의 유세포의 세포벽은 염절임시 수축 파괴되며 세포간 공간의 포집공기와 세포액은 세포수축과 함께 중엽을 파괴하면서 유출되었다고 하였다(32).

이와 같은 배추절임에 관한 연구이외에도 김치의 맛성분(28), 향미성분(15,38-41), 영양성분 발효(42-46), 부재료(47-50), 저장성 연장(51-54) 등 많은 분야에 걸쳐 연구가 이루어져 왔지만 대부분 소량의 시료를 사용하여 실험을 한 것들로서 이들 결과들을 산업적 김치공업에 적용하기는 많은 문제점이 내포되어 있는 실정이다. 김치의 산업화를 위한 실험도 다수 있으며(12, 55,56,60), 그중 한(12)은 배추의 염절임 방법에 따른 특성변화에서 절임시 절임조 하단의 염도가 상단 보다 높다고 보고하였으며, 이 등(55)은 가을배추 품종별로 만든 절임배추의 저장중 특성변화를 관찰한 결과 큰여름과 신기원 등의 절임 · 저장적성이 좋은 품종을 선별하였다. 박 등(56)은 이렇게 저장한 절임배추와 따로 저장한 양념을 사용하여 김치를 제조하고 그 이용성을 연구한 결과 긍정적인 결과를 얻었다고 보고하였다. 이외에도 김치산업화에 대한 연구들이 수행되어 오고 있으나 공장에서 김치를 만드는데 있어서 가장 품질관리에 우선을 두어야 할 곳인 절임공정에 대해서는 연구가 상당히 미흡한 편이다.

김치는 상품학적인 측면에서 품질이 균일해야 하며, 김치공장의 노동생산성을 향상시킬 수 있는 제조특성이 있어야 하겠고 이를 위한 자동화의 필요성이 강조되고 있다. 아울러 배추를 산지에서 절여서 김치공장에 납품하는 방안과 절임배추를 유통하는 방법의 검토가 요망된다. 김치공장에서 다듬기공정 중에 발생하는 폐기물을 감소시켜 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 생산농민에게도 직접적인 생산이익을 줄 수 있을 것이라 생각된다. 절인상태의 배추를 구입하여 공장에서는 양념을 하여 포장, 판매하며, 소비자가 직접 절임배추와 다양한 양념을 구입하여 가족의 기호에 맞게 양념을 처리할 수 있도록 함으로서 유통중에 발생하는 제반문제점을 줄여, 간편성을 증대시킬 수 있을 것이라 판단되고, 배추의 유통수명을 연장하여 수급조절 효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 연구는 먼저 김치의 품질관리를 위한 제조공정을 표준화하기 위한 기초자료로서 12개 농협 김치 공장을 대상으로 각 공장에서의 김치제조 공정 현황을 조사하였다. 조사결과 각 공정을 조절할 수 있도록 하는 것이 우선적으로 해결되어야 함을 알게 되었고, 그 중에서도 절임공정을 표준화하는 것이 가장 중요하다고 판단되어 체계적으로 연구하고자 하였다. 김치제조공정중 절임공정의 전 단계인 원료처리 및 배추절단공정에서부터 본절임공정과 세척, 탈수공정 등에 걸쳐서 중점적으로 연구하였으며 공장에 적용가능하도록 규모를 크게하여 실시하였다. 먼저 절임공정 전에 원료배추의 절단방법에 따른 절임특성에 대해 실험을 수행하였고 본 절임 공정에서는 물간법으로 절일때의 누름압력, 절임시간, 절임방법 등에 대해 연구하였다. 그 후 절여진 절임배추에 대한 세척과 탈수방법을 연구하여 효과적인 방법을 찾는 동시에 차후 공정자동화에 기초자료를 마련함과 아울러 절임공정의 표준화를 이룰 목적으로 연구하였다.

결과 및 고찰

1. 김치 제조공정에 대한 설문조사

1) 김치의 품질요소

김치의 품질평가는 짠맛, 매운맛, 신맛 등의 맛과 색상,

냄새 및 조직감 등이 중요 요소로 알려져 있다(28). 그러므로 본 조사에서는 김치산업체에서 이들 6가지 항목에 대하여 특히 어느 항목에 중점을 두고 있느냐를 조사해 보기 위하여 순위법으로 그 중요도를 평가하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 12개의 김치공장 가운데 짠맛에 대해서 가장 중요하다고 답한 공장이 6곳, 두번째로 중요하다고 답한 공장이 2곳으로, 1위를 10점, 2위 9점, 3위 8점, 4위 7점, 5위 6점, 6위 5점으로 하여 각 요소에 대해서 총점을 구한 결과 짠맛이 106점으로 가장 중요한 것으로 판명되었으며, 다음으로 조직감, 색, 냄새, 매운맛, 신맛의 순으로 중요한 것으로 인식하고 있었다.

이것은 김치를 생산하는 생산담당자나 품질관리담당자가 김치의 생산과정 중에서 김치품질을 평가한 것으로, 최종 소비자가 소비단계에서 평가하는 김치의 품질과는 차이가 있었다. 실제로 양념을 달리하여 제조한 김치의 소비자에 대한 관능검사 결과는 신맛이 김치의 전체적인 기호도와 가장 상관이 깊었으며(r=0.908), 다음으로 냄새, 조직감, 매운맛, 짠맛, 김치의 색, 김치액의 색 순으로 상관관계가 있었다(57). 즉 생산단계에서는 짠맛, 조직감 등이 중요한데 이들의 조절결과가 최종 소비단계에서는 김치의 신맛, 냄새, 조직감 등에 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

2) 김치 제조공정의 영향요소

다음으로 생산한 김치의 품질에 영향을 주는 요소의 중요도를 확인하기 위하여 10가지 영향 요소를 순위법으로 평가하여 Table 2에 나타내었으며 그 결과 김치의 품질에 영향을 미치는 요소로서는 배추의 절임공정이 가장 영향이 큰 것으로 판명되었으며, 다음으로 양념배합비율, 배추품종, 배추생육상태, 숙성공정, 젓갈상태, 유통상태, 양념혼합공정, 탈수공정, 포장공정 순으로 중요한 것으로 인식하고 있었다. 이 결과에서 소비자들은 김치의 신맛, 냄새, 조직감을 중요시하고 있었는데 이들 품질은 공장에서 생산한 김치의 짠맛, 조직감에 관계가 깊으며, 생산한 김치의 짠맛과 조직감에 영향을 주는 요소로서는 배추절임공정, 양념배합비율, 배추품종, 배추생육상태, 숙성공정의 순으로 중요한 것으로 평가되었다.

Table 2. The priority of attributing factors for *kimchi* manufacturing process

Processing factors	Order 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total score*
Salting	6	3	-	-	2	-	1	-	-	-	103
Formulation of seasoning	-	4	3	2	1	2	-	-	-	-	90
Cultivar of *baechu*	3	2	2	1	1	1	1	-	1	-	88
Growing conditions of *baechu*	3	2	1	-	-	1	3	1	1	-	78
Fermentation	-	1	2	4	2	1	1	1	-	-	77
Fermented fish	-	-	1	3	2	1	-	4	-	1	59
Distribution	-	-	1	1	1	3	2	1	2	1	51
Mixing	-	-	1	-	2	2	1	2	3	1	47
Draining	-	-	1	1	1	-	2	3	2	2	44
Packaging	-	-	-	-	-	1	1	-	3	7	22

*Scores : order 1(10 score)~order 10(1 score)

3) 배추 절단방법과 절임방식

김치공장에서의 배추 절단방법과 절임방식은 Table 3과 같으며, 다듬은 배추를 세로로 절단할 때는 크기에 관계없이 반절만 하는 공장이 8곳, 크기에 따라 4kg을 기준으로 반절과 4절을 하는 공장이 3곳이었다. 그리고 절단한 배추를 절임조로 운반할 때는 컨베이어로 운반하는 공장이 4곳, 손으로 운반하는 공장이 4곳, 지게차로 운반하는 공장이 2곳, 지게차와 컨베이어로 운반하는 공장이 2곳이었다. 절단한 배추를 절임조까지 합리적으로 운반할 수 있는 방법이 개발되어야 하겠다.

Table 1. The priority of quality factors for *kimchi* in factories

Order*	Quality factors: Salty taste	Texture	Color	Flovor	Hot taste	Sour taste
1	6	4	2	-	-	-
2	2	3	3	3	1	-
3	1	1	3	2	1	3
4	-	-	2	-	4	6
5	2	3	1	-	5	1
6	-	1	1	7	1	2
Total score	106	98	96	82	80	78

*Scores : order 1(10 score)~order 6(5 score)

배추를 절이는 방식은 물간법이 3공장이었고 물간법과 마른간법을 혼합하여 절이는 공장도 6곳이었다. 배추의 절단방법에 따라 배추내 염도의 균일성이 차이가 많으므로 가장 균일하게 절일 수 있는 절단방법의 개발이 필요하고, 또한 절임방식도 배추를 균일하게 절일 수 있는 방법으로 개선되어야 하겠다.

4) 배추 절임조건

김치공장에서의 배추 절임조건은 Table 4와 같으며 절임시 염수 농도는 평균 9.1%였으나 계절별 평균은 봄 8.8%, 여름 7.5%, 가을 9.0%, 겨울 11.1%로 모두 계절에 따라 달리하고 있었으며 겨울이 가장 높아서 최고 15%까지 있었고 여름에는 가장 낮아서 5%까지 있었다. 절임시간은 평균적으로 17.6시간으로 전날 오후 3~4시경에 절이기 시작하여 이튿날 9시에 세척할 수 있도록 조절하고 있었으며, 계절별로는 봄이 16.7시간, 여름이 16.2시간, 가을이 17.0시간, 겨울은 20.5시간이었다. 또한 가장 짧은 절임시간은 14시간이었고 겨울철에는 40시간까지 절이는 공장도 있었다. 그리고 계절에 따라 염수 농도를 달리하여 절임시간을 일정하게 하는 공장이 4곳이 있었으나 대부분의 공장은 염수 농도와 절임시간 모두를 계절에 따라 달리하고 있

Table 3. Cutting methods of *baechu* and salting types in *kimchi* plants

Number of plant	Cutting methods	Carrying methods	Salting types
1	half	working nearby salting tank	mixed salting
2	half	lift truck+conveyer	mixed salting
3	half	lift truck+conveyer	brine salting
4	half	conveyer	-
5	half	conveyer	mixed salting
6	half, quarter	conveyer	mixed salting
7	half	conveyer	brine salting
8	half	hand	-
9	half, quarter	lift truck	mixed salting
10	half, quarter	hand	-
11	half	lift truck	brine salting
12	-	hand, lift truck	mixed salting
	half 8 half, quarter 3	conveyer 4 lift truck+conveyer 2 lift truck 2 hand 4	brine salting 3 mixed salting 6

Table 4. Salting conditions of *baechu*

Number of plant	Brine concentration(%), salting time(hr), brine temp.(℃)											
	Spring			Summer			Fall			Winter		
	(%)	(hr)	(°C)	(%)	(hr)	(°C)	(%)	(hr)	(°C)	(%)	(hr)	(°C)
1	7	17	18	7	16	23	8	17	18	9	40	10
2	7	16	10	7	17	10	7	16	8	9	18	6
3	10	20	-	8	20	-	10	20	-	11	20	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	11	18	-	10	15	-	11	18	-	12	20	-
6	10	14	15	8	14	15	10	14	15	12	14	15
7	9	15	-	8	15	-	10	15	-	13	15	-
8	11	14	-	10	-	-	9	-	-	11	-	-
9	5	16	12	5	14	17	5	16	12	8	20	5
10	10	22	20	5	19	23	10	22	20	12	24	17
11	7	18	RT[1)]	5	18	CT[2)]	7	18	RT[1)]	10	18	10
12	10	14	-	10	14	-	12	14	-	15	16	-
	8.8	16.7	15	7.5	16.2	16	9	17	15	11.1	20.5	11

[1)]RT : Room temperature, [2)]CT : Cold room temperature

었으며, 그 이유는 계절에 따라 온도가 다르기 때문이었다.

현재 많이 쓰이는 혼합식 절임방식은 절임용기별로 염수 농도가 다르고 같은 절임용기 안에서도 용기하부와 용기상부의 염수 농도가 다르기 때문에 절임방식을 조절해야만 균일한 절임배추를 생산할 수가 있다.

김치공장에서 절임방식을 조절하는 방법은 Table 5와 같으며 조사된 공장 중에서 절임용기에 소금을 넣을 때 기준을 배추의 양에 따라서 소금량을 조절하는 공장이 7곳으로 64%였고, 붓는 물의 양에 따라 소금량을 조절하는 곳이 4곳으로 46%였다. 그러나 물간법으로 하게 되면 넣은 배추의 양에 따라 염수량만 조절하면 되어 절임조간의 염수 농도 차이는 줄일 수 있다. 그러나 절임용기 상・하부간의 염수 농도 차이는 연수를 순환시켜주거나 절이는 중간에 상・하부의 배추를 바꿔 쌓는 방법밖에 없다. 실제로 바꿔 쌓는 작업의 어려움 때문에 한 공장에서만 그것도 동절기에 한해서 바꿔쌓기를 할 뿐이고, 대부분의 공장에서는 상・하부간에 염도차이를 방치하고 있었다. 어떤 공장에서는 소금을 뿌릴 때 하부는 적게 뿌리고 상부는 많이 뿌리는 방식으로 상부와 하부간의 염도차를 줄이기 위해 노력하기도 하였다.

그리고 절여진 정도의 판단은 손으로 만져보고 경험적으로 판단하는 공장이 4곳, 염도를 측정하여 판단하는 공장이 6곳, 일정시간의 경과로 결정하는 공장이 2곳이었다. 절임공정이 김치의 품질에 미치는 영향을 고려할 때 절임공정의 정확성과 균일성을 높이기 위한 절임방법이 개발되어야 하겠고, 또한 절임 정도를 정확하게 판단할 수 있는 각 절임조 부위별 절임판단 방법이 개선되어야 할 것으로 판단되었다.

5) 절임배추의 염도

김치공장에서 염도를 측정하여 절임 정도를 판단하는 경우 Table 6과 같이 최적 염도는 평균 2.4%였으며, 67%가 한 포기 전체의 평균으로 판정하고 있었으나 잎과 줄기를 따로따로 측정하여 잎이 4%, 줄기가 2.5%일 때를 기준으로 하는 공장도 있었다. 절임 후 탈염공정을 거치는 것은 큰 의의가 없었다. 절임에 사용한 염수는 재활용하는 곳이 5 공장이었고, 1회 사용 후 버리는 공장이 3, 겨울에만 재사용하는 공장도 4곳이었다. 6 공장은 염수를 뺀 다음 바로 세척공정으로 들어가고 있었다. 오염원 감소와 폐수처리 감소로 인한 환경보호 및 경비절감을 위해 염수를 재활용할 수 있는 다양한 방법을 모색해야 할 것으로 생각되었다.

Table 6. Salinity of salted *baechu* in plants

Number of plant	Salinity(%) of salted *baechu*	Measuring part of *baechu*	Reusing of brine
1	1.8	whole	○
2	2.8	whole	×
3	3~5	-	○
4	-	whole	○
5	-	-	○ ×
6	1.8	whole	○ ×
7	top 4, bottom 2.5	top, bottom	○ ×
8	-	-	○
9	1.8	whole	○
10	3	top, middle, bottom	×
11	1.5	whole	○ ×
12	1.5	bottom	×
	2.38		

○ : Reuse brine, × : Not reuse brine

Table 5. Control of salting conditions of *baechu* in plants

Number of plant	Factors affected the concentration of brine	Salinity control in upper & lower part of salting tank	How to determined the salted state of *baechu*
1	weight of *baechu*	× additional salt spray on upper part	hand
2	weight of *baechu*	× time, labour	salinity, pH, time
3	weight of *baechu*	× additional salt spray on upper part	hand
4	volume of water	×	salinity
5	weight of *baechu*	× time, labour	hand
6	weight of *baechu*	× time	salinity, hand, mouth
7	—	×	salinity
8	volume of water	× time, labour	time
9	weight of *baechu*	× labour	salinity
10	weight of *baechu*	×	salinity
11	volume of water	○ (winter), × (others)	mouth, time
12	volume of water	×	hand, time

○ : Change the position of *baechus* in upper and lower part of salting tank
× : Not change the position of *baechus* in upper and lower part of salting tank

Table 7. Washing methods in plants

Number of plant	Effect of washing	Tools of washing	Washing water	Volume of water(L/ton)
1	desalting	hand	overflow	5,000
2	desalting	hand	batch	8,000
3	desalting	hand & machine	overflow	-
4	desalting	machine	overflow	-
5	-	hand	-	-
6	-	hand	overflow	10,000
7	desalting	hand	overflow	5,000
8	-	hand	overflow	-
9	desalting	hand	overflow	-
10	desalting	hand	overflow	10,000
11	desalting	hand	overflow	5,000
12	desalting	hand	overflow	-

Table 8. Dewatering methods of salted *baechu* in plants

Number of plant	Dewatering method			
	Type	Time	Re-stack	Temperature
1	gravitational draining	4h	×	room temp.
2	gravitational draining	3h	-	room temp.
3	gravitational draining	-	-	-
4	gravitational draining	2h	-	cold room temp.
5	gravitational draining	-	×	cold room temp.
6	gravitational draining	4h	-	cold room temp.
7	gravitational draining	2h	-	room temp.
8	-	-	-	-
9	gravitational draining forced draining	7h, 3h	-	cold room temp.
10	gravitational draining	4h	-	cold room temp.
11	gravitational draining	-	-	cold room temp.
12	gravitational draining	4h	-	cold room temp.

절임배추의 최적 염도에 대해서는 여러 연구가 있었지만 지역별로 기호에 차이가 있어 좀더 체계적인 자료화가 필요하다.

6) 세척방법

세척공정에 대한 설문조사 결과는 Table 7과 같으며 염도가 낮아진다고 인식하고 있는 공장이 6곳이고, 염도가 낮아지면서 부위별로 균일해진다고 인식하고 있는 곳이 3곳이었다. 세척은 1곳을 제외하고는 모두 손으로 하고 있었으며 이 때 소요되는 인력은 세척수를 overflow시키면서 세척하는 대부분의 공장에서는 절임배추 1톤당 3.8/인/시였으나 회분식으로 세척하는 공장에서는 적게 소요되고 있었다.

세척수의 양에 대해서는 큰 관심이 없었으나 대개 배추 1톤을 세척하는데 5~10kl의 물이 소요되었다. 손세척방법은 노동력과 인건비가 많이 소용되며 효율이 떨어지므로 연속적인 세척이 이루어질 수 있도록 자동화할 필요가 있다고 판단되었다.

7) 탈수방법

세척배추의 탈수방법에 대한 설문조사 결과는 Table 8과 같으며 대부분이 이동식 절임탱크나 PVC상자에 세척배추를 담아서 중력을 이용하는 자연탈수 방식이었으나 탈수배추를 PVC상자에 쌓고 사이에 필름을 깔면서 상자를 포개 쌓아서 강제탈수를 하는 곳도 있었다. 중력탈수시간은 2~7시간으로서 평균 3.8시간이었다. 탈수한 배추는 탈수대에 상온으로 방치하는 공장이 30%이고 저온저장고에 저장하면서 쓰는 공장이 70%였다.

탈수공정에 대해서는 기존에 연구된 것이 거의 없으므로 탈수방식, 탈수시간 및 상자 쌓는 방법 등 체계적인 연구가 필요하다고 판단되었다.

2. 배추의 절단방법에 따른 특성변화

배추의 소금절임시 염의 침투속도는 염 농도, 절임시간,

배추의 절단방법, 배추와 절임용액의 중량비율, 염수순환 횟수, 절임온도, 누름압력 등에 따라서 절임효과가 다르다고 생각된다. 본 실험에서의 조건은 저녁에 절이기 시작하여 아침에 꺼내어 김치를 담는 김치공장에서의 작업여건을 고려하여 절임시간은 15시간으로 결정하였고 예비실험을 통하여 절임 후 배추조직내 평균 염도가 2~2.5% 범위가 되는 염수 농도를 조사한 결과 염농도 15%이었으며 첨가염수량은 배추 중량의 2배량으로 하였다. 이때 절임수의 온도는 10~12℃이었으며 이상의 물간법으로 절여진 배추에 대하여 절임과정의 변수 중 배추의 절단방법에 따른 절임특성을 조사하였다.

1) 수 율

절단형태별 배추의 다듬기, 절임 및 저장 후의 수율 변화를 측정한 결과는 Table 9와 같으며, 다듬기 수율은 그룹간의 차이는 적었으나 그룹 Ⅳ가 가장 높아 그룹Ⅱ와 함께 평균 다듬기 수율 82% 보다는 높은 수율을 보인 반면, 그룹Ⅰ, Ⅲ은 각각 80.6%, 81.7%로서 평균 수율 보다 낮았다. 10℃, 15% 염수에서 15시간 동안 절인 후의 평균 절임 수율은 93.8%이었으며, 그룹간에는 유의차가 없었다. 절인 배추를 0℃, 1주일간 저장했을 때의 중량 변화에 따른 평균 저장 수율은 82.6%였으며, 다듬기수율에서와 같이 그룹 Ⅳ에서 제일 높았으며, Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ군은 평균치보다 낮은 값을 나타내었으나 그룹간 유의차는 없었다. 한편 이 등(55)은 실온에서 4일 저장시 배추의 다듬기 수율은 78%라고 하였으며, 한(20)은 여름 고냉지 배추의 다듬기 수율이 69.3%로서 약 30%의 폐기율이 발생다고 하여 본

Table 9. Yield of *baechu* in each process (%)

Group	Cutting method[1)]	Weight of raw *baechu*	Trimming yield	Salting yield	Storage yield	Total yield
Ⅰ	W	3437	78.6^{NS}[2)]	95.0^{NS}	83.7^{a}[3)]	62.5^{NS}
	−S	3433	78.7	94.8	80.8^{ab}	59.7
	−M	3313	80.0	93.9	80.3^{ab}	60.3
	−L	3217	81.3	93.2	82.0^{ab}	62.1
	+S	3133	82.9	92.4	77.3^{b}	59.3
	+M	3057	83.1	89.9	84.3^{a}	63.0
	+L	3137	79.9	91.0	85.1^{a}	61.9
	Mean		80.6^{NS}	92.9^{NS}	81.8^{NS}	61.9^{b}[4)]
Ⅱ	VW	3160	83.2^{NS}	96.0^{a}	80.1^{NS}	64.0^{NS}
	V−S	3013	87.1	95.2^{ab}	82.4	68.3
	V−M	3010	84.2	92.3^{b}	80.2	62.3
	V−L	3150	79.4	94.9^{ab}	80.1	60.4
	V+S	2973	83.5	94.0^{ab}	80.8	63.4
	V+M	3017	80.7	93.9^{ab}	82.8	62.8
	V+L	3283	81.0	91.9^{b}	86.7	64.5
	Mean		82.7	94.0	81.9	63.7^{ab}
Ⅲ	H	3153	83.4^{NS}	94.1^{NS}	78.2^{b}	64.1^{NS}
	HS	3167	82.5	96.0	81.8^{b}	64.8
	HM	3500	74.8	94.4	80.8^{b}	57.1
	HL	3067	83.6	92.7	79.8^{b}	61.8
	HE	3017	84.0	93.9	89.5^{a}	70.5
	Mean		81.7	94.2	82.0	63.1^{ab}
Ⅳ	VH	2917	85.2^{NS}	94.1^{NS}	89.5^{NS}	71.7^{NS}
	VHS	3033	81.9	94.3	82.5	63.7
	VHM	2900	86.8	92.9	80.6	65.0
	VHL	2933	84.2	92.6	83.9	65.4
	VHE	3117	78.2	97.6	91.0	69.4
	Mean		83.3	94.3	85.5	67.1^{a}
Total average		3131	82.0	93.8	82.6	63.6

1)The abbreviation refers to Table 1. 2)NS was not significant.
3)Values with different superscripts within a row in the same group were significantly different(P<0.05)
4)Values with different superscripts within a row between mean of 4 groups were significantly different (P<0.05)

실험결과와 차이를 보였으며 이는 수확시기별로 또한 품종별로 차이가 나기 때문인 것으로 판단되었다. 절임수율에 대해서는 김 등(58)이 10등분하여 50°C, 25% 염수에 24시간 절인 후 절임수율은 75.0% 이상이라고 하였고, 김 등(59)은 줄기부분을 4×4cm 절단하여 4°C에서 10% 염수에 4시간 절임한 것의 수율이 73%라고 하여, 본 실험의 결과와 상이하였으나 이러한 차이는 배추의 절단부위가 많을수록, 높은 온도와 고농도 장시간 절임을 할수록 배추 조직의 탈수가 증가되어 수율이 감소하는 것으로 판단되었다.

배추의 중량에 대한 다듬기 수율과 총 수율을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 배추 중량이 클수록 다듬기 수율($y=-0.0089x+109.98$)과 총 수율($y=-0.0077x+87.81$)은 비슷한 경향으로 줄어들었으며 Table 10에서와 같이 배추의 평균 중량 3,131g을 기준으로 그 이상(A)과 이하(B)의 배추 중량의 무게와 수율을 조사한 결과 평균 중량은 각각 3,257g과 3,004g이었고 다듬기 수율과 총수율은 A가 80.5, 61.5이었고, B가 83.5, 68.1로서 B가 더 높은 수율을 보여 배추가 작을수록 다듬기 수율과 총 수율은 더 높은 것으로 나타났다. 1주 저장 후의 중량 변화를 조사하였을 때 A가 81.4±2.6, B가 83.9±3.8로서 작은 배추의 중량 감소가 큰 배추 보다 적었으나 Table 11에서와 같이 절단방법에 따라서는 차이가 없었다. 이 결과는 한(20)의 고냉지 배추를 5% 건염법으로 절여 저장했을 때의 69.2% 보다 높았으나, 한(69)이 물간법으로 절여 LDPE로 포장하여 1주 저장했을 때의 수율과는 유사한 결과를 보였다.

총 수율은 그룹 Ⅳ에서 67.1%로 가장 높은 수율을 보인 반면, 통배추 절단군인 그룹 Ⅰ은 61.9%로서 그룹 Ⅲ과 함께 평균 총 수율인 63.6% 보다 낮은 값을 보였으며, 그룹 Ⅳ와 그룹 Ⅰ의 총 수율은 유의적인 차이를 보였다. 그러나, 그 차이는 절단 방법에 의한 차이 보다는 배추통이 큰 것 보다는 작은 것(3,100g 이하)에서 다듬기 수율이 더 높기 때문이므로, 절단방법 보다는 배추 중량에 의해 더 큰 영향을 받으며, 수율과 배추 중량 간에는 음의 상관관계($r=-0.5852$, $p<0.05\%$)를 나타내었다.

Table 10. Difference of yield between heavy and light *baechu*

	Average weight(g)	Trimming yield(%)	Salting yield(%)	Storage yield(%)	Total yield(%)
A	3257±128	80.5±2.4	94.0±1.5	81.4±2.6	61.5±2.2
B	3004± 61	83.5±2.4	93.6±1.8	83.9±3.8	68.1±8.4

A: Heavy *baechu* more than total average weight
B: Light *baechu* less than total average weight

Table 11. Comparison of yields with weight of *baechu* among the groups

Group	Average weight	Trimming yield	Salting yield	Storage yield	Total yield
Ⅰ	3247±140	80.6	92.9	81.8	61.9
Ⅱ	3087±105	82.7	94.0	81.9	63.7
Ⅲ	3181±154	81.7	94.2	82.0	63.1
Ⅳ	2980± 75	83.3	94.3	85.5	67.1

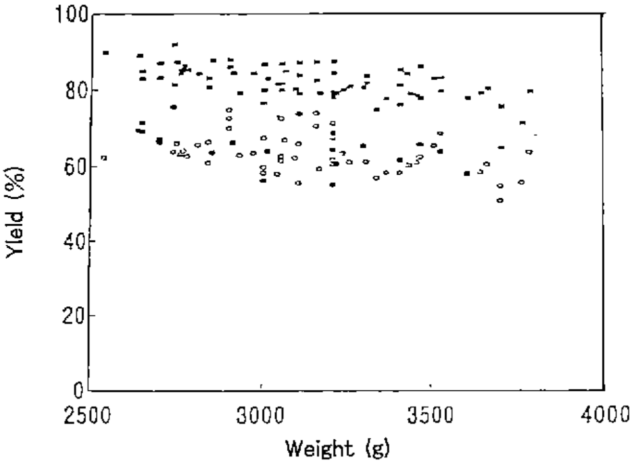

Fig. 1. Relationship between yield and weight of raw *baechu*.
■ : Trimming yield, ○ : Total yield

2) 염도

절단방법을 각기 달리한 배추를 10°C, 15% 염수로 15시간 절인 후 배추의 부위별 염도를 측정한 결과는 Table 12와 같다. 통배추군인 그룹 Ⅰ, Ⅱ에서 부위별 평균 염도는 잎이 3.73%와 3.86%로 가장 높고 중간과 밑동부분은 2.07~2.26%로서 비슷하였으며, 통배추군(Ⅰ,Ⅱ)이 잎(top), 중간(middle), 밑동부위(bottom)의 염도차가 가장 커서 중간과 밑동부분이 덜 절여진 것을 알 수 있었다. 절단방법에 따른 부위별 염도는 잎부위는 차이가 없었으며, 중간부위는 +M(V+M)과 +L(V+L)의 절단형태가 다른 처리구 보다 높은 값을 보여 +자로 길게 자를수록 중간부위의 염도가 높아짐을 알 수 있었다. 특히 밑동부분은 절단유무에 따라 유의차가 있음을 볼 수 있었으며 그룹 Ⅰ에서 밑동부분의 염도는 절단길이에 따라 차이를 보였고, 그룹 Ⅱ에서는 -형태 보다 +형태가 유의하게 더 높았다. 또한 밑동부분에서 그룹Ⅰ이 2.26%, 그룹 Ⅱ가 2.07%로 Ⅰ군에서 염도가 더 높아 V형 절단에 의한 효과는 없는 것으로 판단되었다. 전체부위(whole)의 염도에서 그룹 Ⅰ, Ⅱ 모두 +M, +L에서 염도가 가장 높아 +로 길게 자를수록 전체 염도가 높아졌다.

1주 저장 후 그룹 Ⅰ, Ⅱ의 잎부위 염도가 각각 3.73%, 3.86%에서 2.85%, 2.97%로 현격히 낮아진 반면, 중간과 밑동부위는 거의 변화가 없어 각 부위별 염도 차이가 상당히 감소하였다. 포기 전체(whole)의 염도는 +M, +L, V+M, V+L이 다른 절단형태 보다 대부분 유의적인 높은 값을 나타내어 +형태로 길게 자를수록 염도가 적게 감소함을 알 수 있었다. 용출된 즙액의 염도는 배추의 염도 보다 높은 값을 나타내었다. 이는 절인 후 세척을 하지 않고 탈수만 하여 배추표면에 고농도의 염수가 남아 있다가 즙액으로 씻겨 나왔기 때문으로 판단되었다.

반절배추군인 그룹 Ⅲ, Ⅳ에서 염도는 길이별로 밑동에서 잎방향으로 절단한 처리구인 HS, HM, HL의 부위별 염도차가 절단하지 않은 처리구인 H, HV의 염도 보다 더 적었다. HE 처리구는 다른 처리구 보다 각 부위별 염도가 더 높았으나, HS, HM, HL 처리구 간에는 유의차를 보이지 않았다.

1주 저장 후에는 각 처리구에서, 배추부위별 염도 차이가 줄어들었으며 HE와 H 처리구 간에는 유의적인 염도 차이를 보였으며 HE와 HS, HM, HL 간에도 다소 염도차가 있었다.

각 그룹별 배추에 있어서 통배추군 보다 반절배추군이 평균과 각 부위별 염도에서 더 높은 값을 나타내어 통배추

Table 12. Changes in salinity of salted *baechu* after salting and after 1 week storage

Group	Cutting[1] method	Salted *baechu*				Stored salted *baechu*				
		Top	Middle	Bottom	Whole	Top	Middle	Bottom	Whole	Juice
Ⅰ	W	$3.81^{NS2)}$	$1.58^{b3)}$	1.60^{b}	2.23^{NS}	2.27^{c}	1.59^{c}	1.38^{c}	1.75^{c}	3.58^{c}
	−S	3.06	1.74^{b}	2.16^{ab}	2.32	2.71^{bc}	1.60^{c}	1.81^{bc}	2.04^{bc}	4.23^{bc}
	−M	3.66	1.95^{b}	2.23^{ab}	2.61	2.64^{bc}	1.55^{c}	1.25^{c}	1.82^{c}	4.45^{bc}
	−L	3.63	2.11^{b}	2.46^{ab}	2.73	2.45^{c}	2.35^{ab}	2.19^{ab}	2.33^{b}	4.95^{ab}
	+S	3.30	1.83^{b}	1.89^{b}	2.34	2.68^{bc}	2.18^{b}	2.39^{ab}	2.42^{b}	5.39^{ab}
	+M	4.04	2.89^{a}	2.45^{ab}	3.12	3.36^{ab}	2.38^{ab}	2.63^{a}	2.79^{a}	5.52^{ab}
	+L	4.60	2.74^{a}	3.01^{a}	3.45	3.82^{a}	2.77^{d}	2.54^{a}	3.04^{a}	6.14^{a}
	Mean	$3.73^{b4)}$	2.12^{NS}	2.26^{NS}	2.70^{NS}	2.85^{b}	2.06^{NS}	2.03^{NS}	2.31^{NS}	4.90^{NS}
Ⅱ	VW	4.06^{NS}	1.88^{NS}	1.21^{a}	2.38^{c}	2.46^{b}	1.78^{c}	1.62^{c}	1.95^{d}	3.63^{b}
	V−S	3.56	1.65	1.52^{b}	2.24^{c}	3.00^{b}	1.73^{c}	1.74^{c}	2.16^{cd}	3.91^{b}
	V−M	4.14	2.26	1.87^{b}	2.76^{bc}	2.75^{b}	1.53^{c}	1.40^{c}	1.89^{d}	4.71^{b}
	V−L	3.61	2.21	1.55^{b}	2.46^{c}	2.61^{b}	2.43^{b}	2.43^{b}	2.49^{bc}	4.63^{b}
	V+S	3.47	2.15	2.45^{a}	2.70^{bc}	2.72^{b}	2.25^{b}	2.25^{b}	2.41^{bc}	4.61^{b}
	V+M	3.90	2.31	2.86^{a}	3.03^{ab}	3.62^{a}	2.35^{b}	2.36^{b}	2.77^{b}	5.78^{a}
	V+L	4.29	2.58	3.01^{a}	3.29^{a}	3.61^{a}	3.36^{a}	3.34^{a}	3.44^{a}	6.11^{a}
	Mean	3.86^{a}	2.15	2.07	2.69	2.97^{a}	2.20	2.16	2.44	4.77
Ⅲ	H	4.33^{NS}	2.33^{NS}	1.75^{b}	2.80^{NS}	2.39^{b}	1.72^{c}	1.62^{b}	1.96^{b}	3.75^{c}
	HS	3.66	2.02	2.37^{ab}	2.69	3.27^{ab}	2.42^{ab}	2.40^{ab}	2.70^{a}	4.89^{b}
	HM	4.16	2.23	2.59^{ab}	2.99	3.25^{ab}	2.20^{bc}	2.28^{ab}	2.57^{a}	5.22^{ab}
	HL	4.55	2.19	2.48^{ab}	3.07	2.95^{ab}	2.55^{ab}	2.53^{ab}	2.67^{a}	5.74^{a}
	HE	4.70	2.48	2.73^{a}	3.30	3.78^{a}	2.92^{a}	3.01^{a}	3.21^{a}	5.79^{a}
	Mean	4.28^{a}	2.25	2.39	2.97	3.13^{ab}	2.36	2.37	2.61	5.08
Ⅳ	VH	4.29^{NS}	1.78^{NS}	1.88^{b}	2.65^{NS}	2.82^{NS}	1.85^{b}	1.67^{b}	2.12^{b}	4.44^{b}
	VHS	4.14	2.19	2.65^{ab}	3.00	3.35	2.46^{ab}	2.24^{ab}	2.69^{ab}	4.43^{b}
	VHM	4.47	2.50	2.32^{ab}	3.10	3.80	2.38^{ab}	2.11^{ab}	2.76^{ab}	4.72^{b}
	VHL	4.42	2.37	2.19^{ab}	2.99	2.96	2.39^{ab}	2.50^{ab}	2.62^{ab}	4.86^{b}
	VHE	4.59	2.80	2.73^{a}	3.37	3.94	3.04^{a}	2.80^{a}	3.26^{a}	5.73^{a}
	Mean	4.38^{a}	2.33	2.36	3.02	3.38^{a}	2.43	2.27	2.69	4.83
Total average		4.02	2.20	2.25	2.82	3.05	2.24	2.19	2.49	4.88

1) The meaning of abbreviation were refered in Table 1

2) NS was not significant

3) Values with different superscripts between cutting methods within a column in a same group were significantly different ($p<0.05$)

4) Values with different superscripts between means of 4 groups within in a column were significantly different($p<0.05$)

군 보다는 반절배추군의 염도가 더 높다는 것을 알 수 있었으며, 그룹 Ⅲ, Ⅳ간에는 염도 차이가 없어 핵부분(core)을 V홈으로 파내는 효과는 없었다. 반절배추군의 평균 염도는 2.97%와 3.02%로 김치가공에는 높은 염도이었으며, 이는 세척과정을 거치지 않았기 때문이며 세척하면 적정 염도인 2.39%와 2.30%로 낮아졌다. 김 등(17)은 길이로 4쪽으로 절단한 배추를 15% 염수에서 4시간 동안 절임한 후 염도가 3.0%라고 하였으며 이것은 본 실험에서 HE시료의 염도와 동일하지만 매 30분 마다의 염수교반, 높은 절임온도 그리고 짧은 탈수시간으로 인하여 HE 시료구 보다 더 빨리 절여진 것으로 판단되었다.

상기의 절단방법별로 절단하고 절여서 0°C에서 1주일 동안 저장한 후 포기전체 평균 염도는 2.82%에서 2.49%로 감소하였고, 1주 저장 동안 절인 배추에서 무게비 17.4%의 즙액이 용출되었으며 즙액의 평균 염도는 4.88%로서 절인 배추의 염도 2.49% 보다 높았다. 즙액의 염도는 각 그룹들 간에는 차이가 없었으나 그룹 내에서의 절단방법에 따라서는 차이가 있었으며, 주로 절단면이 넓고 염수 농도가 높은 처리구(+L, V+M, V+L, HL, HE, VHE)들에서 염도가 높아 즙액으로의 염용출이 더 많음을 알 수 있었다.

절인배추를 세척하지 않고 1주일 저장한 후 배추 한 포기 내의 엽신부와 중록부 간의 염도 차이는 저장 전 1.82%

Table 13. Changes in salinity of washed salting *baechu* after salting and after 1 week storage

Group	Cutting[1)] method	Salted *baechu* Top	Middle	Bottom	Whole	Stored salted *baechu* Top	Middle	Bottom	Whole	Juice
I	W	2.21$^{a3)}$	1.60^{b}	1.78^{c}	1.86^{b}	1.79^{b}	1.05^{c}	1.25^{b}	1.36^{c}	2.62^{c}
	−S	2.18^{a}	1.77^{b}	1.94^{c}	1.96^{b}	2.01^{b}	1.28^{c}	1.48^{b}	1.59^{c}	3.25^{bc}
	−M	2.31^{a}	1.50^{b}	2.31^{bc}	2.04^{b}	2.17^{ab}	1.19^{c}	1.18^{b}	1.51^{c}	3.74^{ab}
	−L	2.41^{a}	1.58^{b}	2.10^{bc}	2.03^{b}	2.06^{b}	1 78^{b}	1.76^{b}	1.86^{bc}	3.98^{ab}
	+S	2.93^{ab}	1.64^{b}	2.14^{bc}	2.23^{b}	2.26^{ab}	1.94^{ab}	2.23^{a}	2.14^{ac}	3.71^{ab}
	+M	3.16^{ab}	2.74^{a}	3.87^{a}	3.09^{a}	2.41^{ab}	2.51^{a}	2.46^{a}	2.45^{a}	4.07^{ab}
	+L	3.72^{b}	2.86^{a}	2.88^{ab}	3.15^{a}	2.84^{a}	2.37^{a}	2.39^{a}	2.53^{a}	4.77^{c}
	Mean	2.70^{ab}	1.95^{NS}	2.36^{NS}	2.34^{NS}	2.22^{NS}	1.73^{NS}	1.82^{b}	1.92^{NS}	3.73^{NS}
II	VW	2.52^{b}	1.69^{b}	1.59^{b}	1.94^{b}	2.26^{b}	1.59^{ab}	1.45^{c}	1.77^{bc}	3.21^{bc}
	V−S	2.46^{b}	1.74^{b}	1.75^{b}	1.98^{b}	2.00^{b}	1.31^{b}	1.31^{c}	1.54^{c}	2.79^{c}
	V−M	2.23^{b}	1.67^{b}	1.56^{b}	1.82^{b}	2.34^{b}	2.11^{ab}	2.21^{b}	2.22^{b}	3.87^{ab}
	V−L	1.95^{b}	1.55^{b}	1.59^{b}	1.70^{b}	1.87^{b}	1.82^{ab}	1.73^{bc}	1.81^{bc}	3.39^{bc}
	V+S	2.37^{b}	1.62^{b}	2.51^{a}	2.16^{b}	2.22^{b}	1.69^{ab}	1.96^{b}	1.96^{bc}	3.51^{bc}
	V+M	2.38^{b}	2.04^{b}	2.34^{ab}	2.25^{b}	2.05^{b}	2.23^{ab}	2.03^{b}	2.10^{bc}	4.49^{a}
	V+L	3.31^{a}	3.02^{a}	2.61^{a}	2.98^{a}	2.90^{a}	2.43^{a}	2.81^{a}	2.71^{a}	4.61^{a}
	Mean	2.46$^{b3)}$	1.90	1.99	2.12	2.23	1.88	1.93^{ab}	2.02	3.70
Ⅲ	H	2.66^{NS}	1.56^{b}	2.00$^{NS2)}$	2.08^{b}	2.26^{NS}	1.68^{b}	1.66^{c}	1.87^{b}	3.35^{b}
	HS	2.91	1.60^{b}	1.72	2.08^{b}	2.22	1.57^{b}	1.79^{bc}	1.86^{b}	3.28^{b}
	HM	3.05	2.10^{ab}	2.38	2.51^{ab}	2.58	1.83^{b}	1.89^{bc}	2.10^{b}	3.90^{ab}
	HL	2.82	2.33^{a}	2.63	2.59^{ab}	2.29	1.98^{ab}	2.21^{b}	2.16^{b}	4.24^{a}
	HE	3.17	2.28^{a}	2.62	2.69^{a}	2.92	2.27^{a}	2.66^{a}	2.62^{a}	4.49^{a}
	Mean	2.92^{a}	1.97	2.27	2.39	2.45	1.87	2.04^{a}	2.12	3.86
Ⅳ	VH	2.93^{NS}	1.54^{b}	1.38^{NS}	1.95^{b}	1.88^{NS}	1.40^{c}	1.59^{b}	1.62^{b}	2.80^{b}
	VHS	2.58	1.67^{b}	1.93	2.06^{b}	2.51	1.68^{bc}	1.70^{b}	1.96^{ab}	3.57^{ab}
	VHM	2.40	1.94^{ab}	1.97	2.10^{b}	2.40	1.77^{bc}	1.92^{ab}	2.03^{ab}	3.86^{ab}
	VHL	2.84	2.11^{ab}	2.14	2.37^{b}	2.16	2.08^{ab}	2.10^{ab}	2.11^{ab}	4.05^{ab}
	VHE	3.06	2.73^{a}	2.80	3.01^{a}	2.90	2.45^{a}	2.45^{a}	2.60^{a}	4.40^{a}
	Mean	2.85^{a}	1.99	2.04	2.30	2.37	1.87	1.95^{ab}	2.07	3.74
Total average		2.73	1.95	2.17	2.29	2.32	1.84	1.94	2.03	3.76

[1)]The abbreviations are the same as described in Table 1

[2)]NS was not significant

[3)]Values with different superscripts between cutting methods within a column in a same group were significantly different ($p<0.05$)

[4)]Values with different superscripts between means of 4 groups within in a column were significantly different($p<0.05$)

(4.02~2.20%)이었으나 저장 후 0.81%(3.05~2.24)로 그 차이가 상당히 줄어들었으며, 특히 그룹 Ⅲ에서 저장 전 2.03%에서 저장 후 0.77%로 두드러진 감소를 보였다. 이것은 저장기간 동안 염도의 평형화 현상이 계속되어 엽신부에서 염이 많이 빠져나오고 중륵부에서는 물이 더 많이 용출되어 나오기 때문이라고 생각되었다. 이러한 결과는 한(60)이 액에 잠기지 않게 저장한 절임배추의 염도가 액에 잠기게 저장한 것에서 보다 더 신속하게 감소하였다고 한 보고와 박 등(56)이 절임배추의 염도는 0°C에서 15일 동안 저장시 3%에서 1.55%로 감소하였다고 하는 보고와 같은 경향이었다.

배추를 10°C, 15% 염수에서 15시간 절인 다음 흐르는 수조에서 3회 세척한 후의 배추 절단형태별 염도 변화는 Table 13과 같으며 전반적으로 세척 전의 결과(Table 12)와 유사한 경향이었다. 잎의 평균 염도는 통배추군 보다 반절배추군에서 다소 높았으나 중간과 밑둥치부분은 차이를 보이지 않았다.

그룹 Ⅰ에서 절단형태별 염도는 +M과 +L 절단구에서 잎, 중간, 밑둥치의 각각 평균치인 2.70%, 1.95%, 2.36%보다 높은 값을 나타내어 절단면이 넓을수록 염도가 높음을 알 수 있었고, 0°C 1주 저장 후에도 각 부위별 +M, +L절단구가 높은 염도를 나타내었다. 전체 염도가 세척

Table 14. Changes in pH of salted *baechu* after salting and after 1 week storage

Group	Cutting[1)] method	Salted *baechu*				Stored salted *baechu*				
		Top	Middle	Bottom	Whole	Top	Middle	Bottom	Whole	Juice
Ⅰ	W	$5.91^{ab3)}$	6.04^{ab}	6.02^{ab}	5.99^{ab}	5.87^{a}	5.87^{ab}	5.88^{ab}	5.87^{a}	5.42^{b}
	−S	5.93^{ab}	5.97^{ab}	5.95^{ab}	5.95^{ab}	5.77^{ab}	5.83^{abc}	5.81^{abc}	5.80^{abc}	5.46^{bc}
	−M	5.89^{ab}	6.05^{ab}	5.99^{ab}	5.98^{ab}	5.83^{ab}	5.89^{a}	5.91^{a}	5.88^{a}	5.50^{a}
	−L	5.85^{b}	5.98^{ab}	5.94^{ab}	5.93^{b}	5.83^{ab}	5.81^{bcd}	5.84^{abc}	5.83^{ab}	5.53^{a}
	+S	5.99^{a}	6.12^{a}	6.12^{a}	6.08^{a}	5.85^{ab}	5.85^{abc}	5.86^{abc}	5.85^{a}	5.51^{a}
	+M	5.89^{ab}	5.94^{ab}	5.99^{ab}	5.94^{b}	5.76^{ab}	5.78^{cd}	5.76^{bc}	5.77^{bc}	5.48^{ab}
	+L	5.86^{b}	5.95^{b}	5.92^{b}	5.91^{b}	5.73^{b}	5.75^{d}	5.74^{c}	5.74^{c}	5.45^{ab}
	Mean	$5.91^{a4)}$	6.01^{a}	5.99^{a}	5.97^{a}	5.80^{a}	5.83^{a}	5.83^{a}	5.82^{a}	5.48^{b}
Ⅱ	VW	$5.86^{NS2)}$	6.00^{NS}	6.13^{a}	5.99^{a}	5.75^{a}	5.76^{ab}	5.76^{ab}	5.76^{ab}	5.36^{NS}
	V−S	5.91	6.05	6.06^{ab}	6.01^{a}	5.76^{a}	5.81^{a}	5.82^{a}	5.80^{a}	5.34
	V−M	5.89	5.98	6.03^{ab}	5.97^{ab}	5.73^{ab}	5.81^{a}	5.80^{cab}	5.78^{ab}	5.38
	V−L	5.93	5.97	6.06^{ab}	5.99^{a}	5.74^{a}	5.73^{b}	5.71^{bc}	5.73^{b}	5.33
	V+S	5.87	5.95	5.92^{bc}	5.91^{ab}	5.73^{ab}	5.72^{b}	5.73^{abc}	5.73^{b}b	5.38
	V+M	5.92	6.00	5.93^{bc}	5.95^{ab}	5.70^{ab}	5.77^{ab}	5.78^{ab}	5.75^{ab}	5.41
	V+L	5.85	5.93	5.87^{c}	5.88^{b}	5.66^{b}	5.62^{c}	5.66^{c}	5.65^{c}	5.39
	Mean	5.89^{a}	5.98^{a}	6.00^{a}	5.96^{a}	5.72^{b}	5.75^{b}	5.75^{b}	5.74^{b}	5.37^{c}
Ⅲ	H	5.87^{a}	5.92^{a}	5.97^{a}	5.92^{a}	5.71^{NS}	5.74^{NS}	5.75^{a}	5.73^{NS}	5.64^{NS}
	HS	5.85^{a}	5.90^{a}	5.87^{b}	5.87^{ab}	5.62	5.61	5.64^{b}	5.62	5.57
	HM	5.74^{b}	5.79^{b}	5.75^{c}	5.76^{c}	5.65	5.69	5.67^{b}	5.67	5.59
	HL	5.76^{b}	5.84^{ab}	5.82^{bc}	5.81^{bc}	5.69	5.65	5.66^{b}	5.67	5.58
	HE	5.76^{b}	5.83^{ab}	5.77^{c}	5.79^{c}	5.65	5.64	5.63^{b}	5.64	5.64
	Mean	5.80^{b}	5.86^{b}	5.84^{b}	5.83^{b}	5.66^{c}	5.67^{b}	5.67^{c}	5.67^{c}	5.60^{a}
Ⅳ	VH	5.79^{NS}	5.91^{NS}	5.87^{NS}	5.86^{NS}	5.72^{NS}	5.76^{a}	5.82^{a}	5.76^{a}	5.78^{a}
	VHS	5.89	5.82	5.87	5.86	5.67	5.67^{b}	5.75^{b}	5.67^{b}	5.72^{b}
	VHM	5.81	5.83	5.87	5.84	5.66	5.67^{b}	5.69^{b}	5.66^{b}	5.63^{b}
	VHL	5.83	5.85	5.82	5.83	5.71	5.65^{b}	5.69^{b}	5.71^{b}	5.54^{b}
	VHE	5.83	5.82	5.79	5.81	5.68	5.64^{b}	5.67^{b}	5.68^{b}	5.53^{b}
	Mean	5.75^{c}	5.85^{b}	5.84^{b}	5.81^{b}	5.69^{c}	5.68^{c}	5.72^{b}	5.70^{c}	5.60^{a}
Total average		5.86	5.94	5.93	5.91	5.73	5.75	5.73	5.74	5.51

[1)]The meaning of abbreviation were refered in Table 1
[2)]NS was not significant
[3)]Values with different superscripts between cutting methods within a column in a same group were significantly different ($p<0.05$)
[4)]Values with different superscripts between means of 4 groups within in a column were significantly different($p<0.05$)

전 결과(Table 12)와 같이 저장에 따라 줄어들었으며 엽신부가 2.70에서 2.22로 크게 감소하여 각 부위별 염도차가 줄어들었다.

그룹 Ⅱ에서도 V+M, V+L 절단구가 그룹 Ⅰ과 유사한 경향을 보였으며, 1주 저장 후에는 V+L 처리구만 다소 높은 값을 유지하였다. 그룹 Ⅲ에서는 HM, HL, HE 절단구의 pH가 각 부위에서의 평균 염도 보다 높아서 절단길이가 길수록 부위별 염도와 평균 염도가 다같이 상승하는 것으로 나타났다.

그룹 Ⅲ과 Ⅳ에서는 저장 1주 후 각 부위별 염도차가 줄어들었다. 밑동 핵의 V형 절단에 대한 염도차는 세척 전 결과(Table 12)와 같이 효과가 없었다.

1주 저장 후 용출된 즙액의 염도는 각 그룹별로 큰 차이는 보이지 않았으나 절단면이 넓은 처리구(+M, +L, V+M, V+L, HL, HE, VHL, VHE)에서 4% 이상의 높은 염도를 나타내어 세척 전 결과(Table 12)와 유사한 경향이었다. 위의 결과에서 절인 배추의 세척 후 평균 염도와 1주 저장 후 평균 염도는 각각 2.29%, 2.03%로서 김치 담기에 적합한 것으로 생각되었다.

3) pH

절단방법별 절임배추의 pH 변화는 Table 14과 같다. 그룹간의 pH는 통배추군(whole Baechu group)인 그룹 Ⅰ,

Table 15. Changes in pH of washed salting *baechu* after salting and after 1 week storage

Group	Cutting[1)] method	Salted *baechu* Top	Middle	Bottom	Whole	Stored salted *baechu* Top	Middle	Bottom	Whole	Juice
Ⅰ	W	6.00$^{NS2)}$	6.03$^{ab3)}$	5.99^{NS}	6.01^{NS}	5.93^{ab}	5.96^{ab}	5.92^{b}	5.93^{ab}	5.46^{ab}
	−S	5.99	5.96^{ab}	5.95	5.96	5.85^{ab}	5.89^{abc}	5.90^{b}	5.88^{bc}	5.43^{b}
	−M	6.02	6.06^{a}	5.95	6.01	5.96^{a}	6.00^{a}	6.05^{a}	6.00^{a}	5.54^{a}
	−L	6.03	6.09^{a}	6.03	6.05	5.84^{abc}	5.86^{bc}	5.83^{b}	5.84^{bcd}	5.52^{ab}
	+S	6.03	6.08^{a}	6.00	6.04	5.88^{ab}	5.83^{bc}	5.86^{b}	5.86^{bcd}	5.49^{ab}
	+M	5.95	5.95^{ab}	5.94	5.94	5.80^{bc}	5.76^{c}	5.80^{b}	5.79^{cd}	5.48^{ab}
	+L	5.91	5.90^{b}	5.96	5.93	5.72^{c}	5.76^{c}	5.79^{b}	5.76^{d}	5.49^{ab}
	Mean	5.99$^{a4)}$	6.01^{a}	5.97^{b}	5.99^{a}	5.85^{a}	5.87^{a}	5.88^{a}	5.87^{a}	5.49^{b}
Ⅱ	VW	5.99^{a}	6.02^{a}	6.03^{NS}	6.01^{a}	5.72^{b}	5.73^{ab}	5.73^{cd}	5.73^{b}	5.34^{b}
	V−S	6.00^{a}	6.03^{a}	6.05	6.03^{a}	5.84^{ab}	5 85^{a}	5.86^{a}	5.85^{a}	5.44^{a}
	V−M	6.03^{a}	6.04^{a}	6.08	6.05^{a}	5.78^{ab}	5.74^{ab}	5.76^{c}	5.76^{b}	5.42^{ab}
	V−L	6.08^{a}	6.07^{a}	6.07	6.07^{a}	5.88^{a}	5.83^{ab}	5.84^{ab}	5.85^{a}	5.38^{ab}
	V+S	6.00^{a}	6.05^{a}	5.95	6.00^{a}	5.77^{ab}	5.81^{ab}	5.79^{bc}	5.79^{ab}	5.43^{ab}
	V+M	6.00^{a}	6.00^{a}	5.98	5.99^{a}	5.81^{ab}	5.75^{ab}	5.79^{bc}	5.78^{ab}	5.40^{ab}
	V+L	5.87^{b}	5.86^{b}	5.94	5.89^{b}	5.73^{b}	5.72^{b}	5.69^{d}	5 72^{b}	5.46^{a}
	Mean	6.00^{a}	6.01^{a}	6.01^{a}	6.01^{a}	5.79^{b}	5.78^{b}	5.78^{b}	5.78^{b}	5.41^{c}
Ⅲ	H	5 94^{NS}	5.97^{a}	5.91^{a}	5.94^{a}	5.70^{NS}	5.72^{NS}	5.73^{NS}	5.72^{NS}	5.68^{NS}
	HS	5.87	5.90^{ab}	5.86^{ab}	5.87^{b}	5.73	5.76	5.72	5.74	5.59
	HM	5.88	5.84^{b}	5.84^{c}	5.82^{b}	5.74	5.75	5.75	5.75	5.66
	HL	5.87	5.83^{b}	5.79^{bc}	5.83^{b}	5.77	5 75	5.71	5.74	5.64
	HE	5.85	5.83^{b}	5.80^{bc}	5.83^{b}	5.68	5.68	5.67	5.67	5.72
	Mean	5.88^{b}	5.87^{b}	5.82^{c}	5.86^{b}	5.72^{c}	5.73^{b}	5.71^{c}	5.72^{c}	5.66^{a}
Ⅳ	VH	5.81^{NS}	5.87^{NS}	5.89^{NS}	5.85^{NS}	5.80^{NS}	5.81^{NS}	5.78^{NS}	5.80^{NS}	5.68^{NS}
	VHS	5.88	5.92	5.88	5.89	5.73	5.75	5.6	5.75	5.69
	VHM	5.89	5.87	5.88	5.88	5.77	5.78	5.75	5.77	5.63
	VHL	5.85	5.84	5.85	5.84	5.73	5.67	5.67	5.69	5.65
	VHE	5.78	5.78	5.79	5.78	5.71	5.68	5.69	5.69	5.61
	Mean	5.84^{c}	5.85^{b}	5.86^{c}	5.85^{b}	5.75^{c}	5.74^{b}	5.73^{c}	5.74^{c}	5.65^{a}
Total average		5.93	5.94	5.92	5.93	5.81	5.78	5.78	5.78	5.55

[1)]The meaning of abbreviation were refered in Table 1

[2)]NS was not significant

[3)]Values with different superscripts between cutting methods within a column in a same group were significantly different ($p<0.05$)

[4)]Values with different superscripts between means of 4 groups within in a column were significantly different($p<0.05$)

Ⅱ의 pH가 반절배추군(half cutting groups)인 그룹 Ⅲ, Ⅳ 보다 높았으며($p<0.05$), 배추 부위별로는 평균에서와 같이 잎 5.86, 중간 5.94, 밑둥치 5.93으로 거의 차이를 보이지 않았다. 그룹 Ⅰ, Ⅱ에서 절단형태별 pH는 +L, V+L 절단구가 5.91, 5.88로 다른 처리구들의 pH 보다 낮은 값을 보였으며 그룹 Ⅲ, Ⅳ에서도 단순한 반절절단구(H, VH) 보다 길이로 더 절단한 처리구들의 pH가 다소 낮은 결과를 보였다. 절임배추의 평균 pH는 5.91이었으며, 이 값은 이 등(55)의 6.05 보다는 낮았지만 박 등(56)의 결과와는 일치하였다.

0°C, 1주일 저장 후의 pH는 모든 그룹에서 약간씩 낮아졌으며 이들도 저장 전과 같이 그룹 Ⅰ, Ⅱ의 pH가 그룹 Ⅲ, Ⅳ 보다는 다소 높았고, 그룹 Ⅰ, Ⅱ에서는 +L, V+L의 평균 pH가 각각 5.74, 5.65로서 각 그룹에서 가장 낮은 값을 보였으나, 그룹 Ⅲ, Ⅳ에서는 절단형태별 유의적인 차이를 보이지 않았다.

1주 저장 후 즙액의 평균 pH는 5.51로서 절임배추의 pH 5.74 보다 0.23 더 낮아서 생성된 유산이 즙액에 더 많이 존재함을 알 수 있었고, 특히 통배추군에서 즙액의 pH가 낮았다. 그러나 절임배추의 pH는 반대로 통배추군에서 더 높아서 배추와 즙액간의 pH 차이가 반절배추군에서 보다 훨씬 컸다. 그것은 반절배추군에서는 절단면이 넓어서 생성된 유산이 즙액과 배추간에 더 빠르게 확산되어 평형에 이르기 때문으로 생각된다.

절임・세척 후의 pH는 Table 15와 같이 그룹 Ⅰ, Ⅱ에서의 평균 pH가 5.99, 6.01로서 5.86, 5.85인 그룹 Ⅲ, Ⅳ 보다 약간 높은 값을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 절단형태별로는 각 그룹에서 절단면이 넓은 +L, V+L, HE, VHE 절단구가 다른 절단구 보다 높은 pH값을 나타내었다.

1주 저장 후의 pH는 저장 전과 유사하게 통배추군인 그룹 Ⅰ, Ⅱ가 반절배추군인 그룹 Ⅲ, Ⅳ 보다 높은 값을 보였으며, 즙액은 반대의 결과를 보여 그룹 Ⅲ, Ⅳ가 더 높은 값을 보였고 모든 그룹에서 저장 전 보다 평균 pH가 0.15 낮아졌다. 이들 결과는 Table 14의 세척 전 pH 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

이상의 결과로부터 절단면이 넓을수록 절임배추의 pH가 더 빠르게 낮아져서 발효가 신속히 일어나는 것을 알 수 있었다. 그리고 절단면이 넓은 배추에서는 배추와 즙액간에 더 빨리 평형이 이루어져서 즙액과 배추간의 pH차이가 작아짐을 알 수 있었다.

Table 16. Changes in yield of salted *baechu* with brine circulation and pressing conditions (%)

Pressing condition	Number of brine circulation		
	0	1	2
Heavy pressing[1)]	92.98	84.95	90.20
Light pressing[2)]	93.69	88.15	91.41

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2

[2)]Light pressing : pressed slightly

3. 배추의 절임방법에 따른 특성변화

1) 누름압력에 따른 변화

수율변화

배추를 10°C, 15% 염수에서 15시간 절이면서 누름압력을 달리하고, 염수를 순환함에 따른 절임수율의 변화를 조사한 결과는 Table 16과 같다. 배추가 염수 위로 떠오르지 않게만 누르는 가누름 방식이 40kg으로 눌러 절이는 방식보다 일관성 있게 수율이 높았으나 그 차이는 크지 않았다. 염수순환 횟수에 따라서는 순환하는 것이 순환하지 않은 것 보다 수율이 낮았다. 변 등(59)은 2% 이상의 염수 농도에서는 세포외부의 삼투압이 높아 세포내부의 수분이 탈수되면서 원형질 분리와 원형질막 파괴에 따라 세포내액이 용액 중으로 급속히 유실되어 중량감소가 일어나게 된다고 하였다.

염도변화

배추를 15% 염수에 15시간, 1회 염수순환의 조건으로 절이면서 눌러주는 압력을 달리했을 때의 염도 변화를 조사하였으며 Table 17은 절임압력에 따른 절임조의 부위별 배추염도를 나타낸 것이다. 압력조건에 관계없이 절임조 하부(lower part)의 배추염도가 상부(upper part)배추의 염도 보다 0.24~0.31% 높았다. 압력조건별로는 40kg 누름보다 가누름(pressed slightly)했을 때의 염도가 높은 경향을 나타내었으나 유의적 차이는 없었다. Table 18은 이때의 배추부위별 염도를 나타낸 것으로서 절임배추의 엽신부 염도는 절임조 상부가 하부 보다 높게 나타났으나, 중륵부의 염도는 하부가 상부 보다 높게 나타나 절임조의 상부보다 하부에서 배추의 엽신부와 중륵부간의 염도차가 줄어드는 것을 알 수 있었다.

누름 조건별로는 엽신부의 염도는 절임조 상・하부 모두에서 가누름했을 때의 염도가 40kg 누름 보다 높게 나타났으나 중륵부의 염도는 차이를 보이지 않았다. 즉 가누름했을 때 배추의 엽신부 염도가 더 증가하여 전체 염도를 상승시키는 것으로 판단되었다.

배추를 절인 후 흐르는 물에서 3회 세척한 다음의 누름조건별 절임조 상・하부 간의 염도변화는 Table 19와 같다. 절임조 상부에 있어서 세척 전과는 달리 가누름의 염도가 40kg 누름 보다 낮아졌는데 이는 Table 17에서 보는 바와 같이 가누름에서 높았던 과잉의 엽신부 염도가 씻겨

져 나감에 따라 전체 염도가 낮아진 것으로 판단되었다.

누름조건별 절임조 상 · 하부간의 배추내 염도 차이는 Table 20과 같으며 세척 전과 같이 상부배추의 엽신부와 중륵부간의 염도 차이가 하부배추의 염도차 보다 커 하부가 상부 보다 더 고르게 절여짐을 알 수 있었다.

Table 17. Salinity of salted *baechu* from upper and lower parts of salting tank with pressing conditions (one time brine circulation)

Parts of salting tank	Pressing condition	
	Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	2.86	2.95
Lower part	3.10	3.26

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

Table 18. Salinity of top and bottom of salted *baechu* with pressing conditions(one time brine circulation)

Parts of salting tank	Parts of salted *baechu*	Pressing condition	
		Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	top	3.84	4.21
	bottom	2.30	2.21
Lower part	top	3.56	3.94
	bottom	2.75	2.80

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

Table 19. Salinity of washed salting *baechu* from upper and lower parts of salting tank with pressing conditions(one time brine circulation)

Parts of salting tank	Pressing condition	
	Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	2.46	2.20
Lower part	2.33	2.34

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

Table 20. Salinity of top and bottom of washed salting *baechu* with pressing conditions(one time brine circulation)

Parts of salting tank	Parts of salted *baechu*	Pressing condition	
		Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	top	3.13	2.65
	bottom	2.18	1.93
Lower part	top	2.58	2.55
	bottom	2.25	2.25

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

이상의 결과로부터 누름압력의 차이는 크지 않았으며, 절임조부위에서는 상부 보다 하부의 염도가 높았으나 세척함에 의해 비슷하게 되었으며 상부 보다 하부에서 배추의 엽신부와 중륵부간의 염도차가 적어 더 고르게 절여짐을 알 수 있었다.

pH변화

절임 중 누르는 압력조건에 따른 절임배추의 pH 변화는 Table 21과 같이 절임조 하부가 상부 보다 낮았고, 절임조 하부에서는 누름압력에 따라서 pH 차이가 없었으나 상부에서는 가누름에서 더 낮은 경향이 있었다.

그리고 배추부위별 pH는 Table 22와 같이 절임조 상부에서는 엽신부가 낮았으나 하부에서는 차이를 보이지 않았다. 누름 조건별로는 가누름이 40kg 누름 보다 절임조 상부에서 조금 낮게 나타났으나 유의적 차이는 없었다.

절인 후 세척한 배추의 pH는 Table 23에서 보듯이 가누

Table 21. pH of salted *baechu* from upper and lower parts of salting tank with pressing conditions (one time brine circulation)

Parts of salting tank	Pressing condition	
	Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	5.85	5.79
Lower part	5.74	5.73

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

Table 22. pH of top and bottom of salted *baechu* with pressing conditions(one time brine circulation)

Parts of salting tank	Parts of salted *baechu*	Pressing condition	
		Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	top	5.78	5.72
	bottom	5.84	5.80
Lower part	top	5.70	5.75
	bottom	5.73	5.73

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

Table 23. pH of whole washed salting *baechu* from upper and lower parts of salting tank with pressing conditions(one time brine circulation)

Parts of salting tank	Pressing condition	
	Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	5.79	5.82
Lower part	5.78	5.81

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

Table 24. pH of top and bottom of washed salting *baechu* with pressing conditions(one time brine circulation)

Parts of salting tank	Parts of salted *baechu*	Pressing condition	
		Heavy pressing[1)]	Light pressing[2)]
Upper part	top	5.75	5.80
	bottom	5.77	5.79
Lower part	top	5.77	5.82
	bottom	5.76	5.77

[1)]Heavy pressing : pressed with 40kg/3000cm^2
[2)]Light pressing : pressed slightly

름에서 약간 높은 경향이었으나 절임조의 상부와 하부간의 차이가 없어지고, 엽신부와 중륵부간에도 유의적인 차이(Table 24)가 없었다.

2) 염수순환에 따른 변화

염도변화

배추를 15%염수에 40kg/3000cm^{2}의 누름으로 15시간 절이면서 염수를 순환하지 않은 것, 절임 7시간째 1회 순환한 것. 5시간 간격으로 2회 순환한 것으로 염수순환 횟수를 달리했을 때 절임배추내의 염도 변화를 조사하였다. 절임조 부위별 염수순환에 따른 염도 변화는 Fig. 2와 같이 절임조 상부배추 보다 하부배추의 염도가 높게 나타났으며 염수를 순환함에 따라 상부의 염도는 근소한 차이로 증가하였으나, 하부의 염도는 변화가 없었다. 염수순환에 따른 절임조 상·하부간의 염도 차이는 줄어들지 않고 그 차이를 유지하는 것으로 나타나 염수를 순환함에 따라 절임조 부위별 염도차를 줄여주는 효과는 없는 것으로 판단되었다.

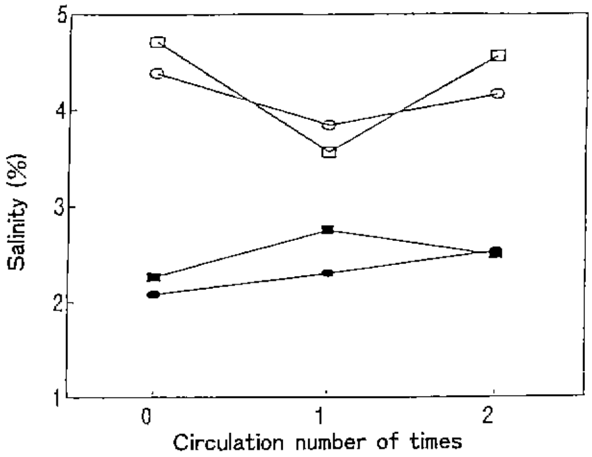

Fig. 3. Changes in salinity of top and bottom of salted *baechu* with brine circulation(40kg/3000cm^2 pressing).
-○- : Top in the upper part of salting tank
-●- : Bottom in the upper part of salting tank
-□- : Top in the lower part of salting tank
-■- : Bottom in the lower part of salting tank

그러나 염수순환에 따른 절임배추의 부위별 염도 변화는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 엽신부에서는 염도가 증가하지 않았으나 중륵부에서는 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 즉 염수를 순환함에 따라 엽신부는 0회(대조구) 상부 4.38%에서 2회 4.16%로, 하부 0회 4.71%에서 2회 4.56%로 각각 염도가 약간 감소하였나, 중륵부는 0회(대조구) 상부 2.08%에서 2회 2.53%, 하부 0회 2.26%에서 2회 2.49%로 상당히 증가하는 경향을 나타내었다.

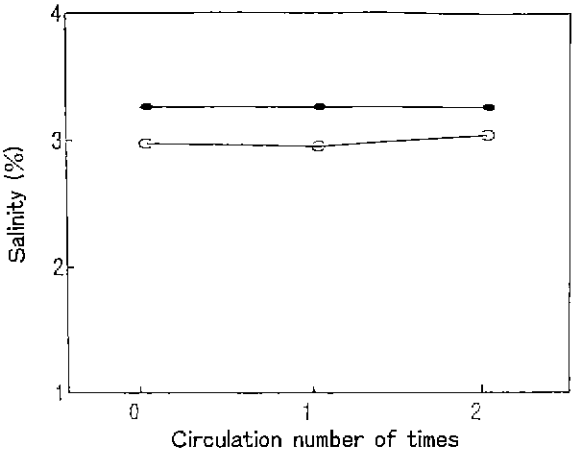

Fig. 2. Changes in salinity of salted *baechu* from upper and lower parts of salting tank with brine circulation(40kg/3000cm^2 pressing).
-○- : Upper part of salting tank
-●- : Lower part of salting tank

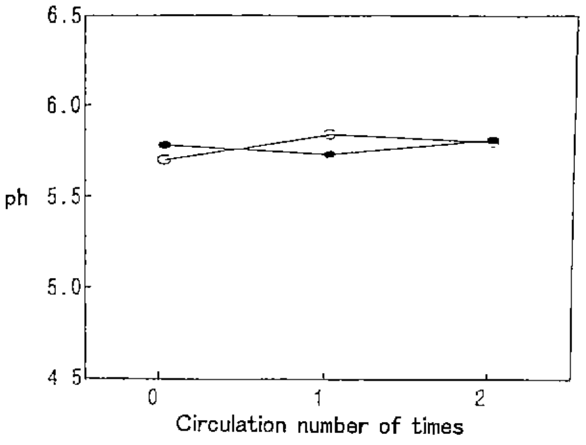

Fig. 4. Changes in pH of salted *baechu* from upper and lower parts of salting tank with brine circulation (40kg/3000cm^2 pressing).
-○- : Upper part of salting tank
-●- : Lower part of salting tank

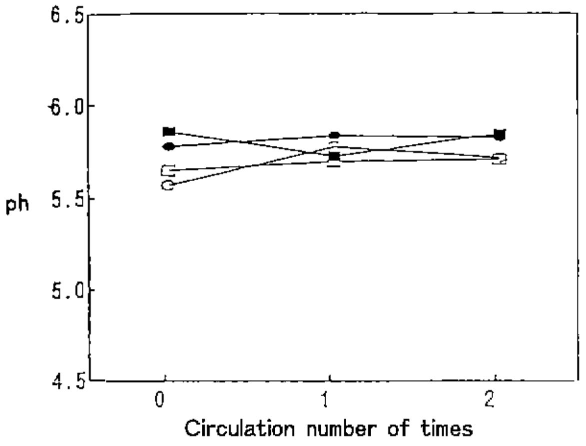

Fig. 5. Changes in pH of top and botton of salted *baechu* from upper and lower parts of salting tank with brine circulation(40kg/3000cm^2 pressing).
-○- : Top in the upper part of salting tank
-●- : Bottom in the upper part of salting tank
-□- : Top in the lower part of salting tank
-■- : Bottom in the lower part of salting tank

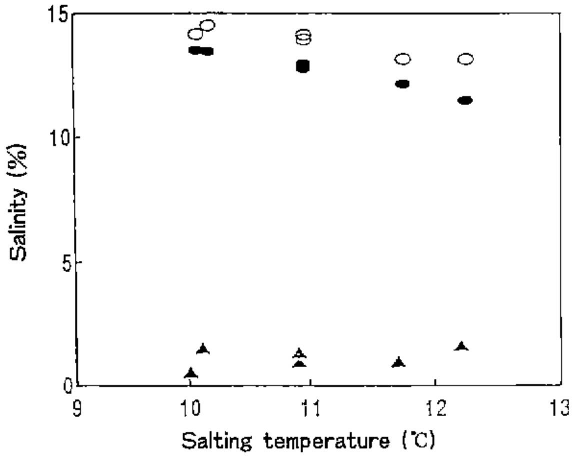

Fig. 6. Relationship between salinity and temperature of brine in upper and lower parts of salting tank(40kg/3000cm^2 pressing).
○: Upper part of salting tank
●: Lower part of salting tank
▲: The difference between lower and upper part of salting tank

이들 결과로부터 염수 순환에 따라 절임조 상 · 하간의 평균 염도 차이는 줄어들지 않고 일정하게 유지되었으나, 배추부위별로는 엽신부 염도는 약간 줄어들고 중록부 염도는 상당히 증가하는 것을 알 수 있었다.

pH 변화

절임 중 염수순환 횟수를 달리함에 따른 pH 변화를 조사하였으며 절임조 부위별 평균 pH의 차이를 Fig. 4에 나타내었다. 염수순환에 따라 절임조 상 · 하부간의 pH는 거의 차이를 보이지 않았으며 2회 순환시에는 일치하는 값을 보였다.

한편 염수순환에 따른 절임배추 부위별 pH 변화는 Fig. 5와 같이 엽신부의 pH가 염수순환으로 약간 상승하는 경향을 보였으며 중록부 보다 낮은 pH를 나타내었다.

3) 절임온도에 따른 변화

배추절임시 염수의 온도는 배추내 소금 침투속도에 큰 영향을 미치는 중요한 요인이다. 본 실험에서는 김장배추와 월동배추 생산시기에 공장에서 절이는 조건으로 하여 실험하는 과정에서 염수 온도의 변화에 따른 절임 후 절임조 부위별 염수의 농도변화를 조사하였다(Fig. 6). 절임 온도조건은 10~12℃였으며 이때 절임온도가 상승할수록 절임조의 염수 농도는 감소하고, 절임조 부위별 염수 농도 차이는 줄어들지 않았다. 이 결과에서 염수의 온도가 높을수록 배추내 염침투속도는 빨라지고 절임조 상 · 하부간의 염수 농도 차이는 절임 온도와 무관한 것을 알 수 있었다.

4. 절임배추의 세척방법에 따른 변화

1) 세척효율

김치공장의 자동화에 요구되는 절임배추 세척공정에서의 효과적인 이물질 제거방법을 연구하기 위하여 배추를 10℃, 15% 염수에서 15시간 절인 후 30분 탈수한 절임배추로 세척효율을 조사하였다. 제조한 흙탕물에 절임배추를 담갔다가 꺼내어 30분 재탈수하여 이물질들을 배추 표면에 고르게 부착시켰으며, 이들을 3단 세척조에서 세척방법을 달리하여 세척한 다음 배추에 남아있는 이물질의 양을 조사하였다. 그 결과 Table 25에서와 같다. 세척 횟수의 증가에 따라 각 방법에서 뚜렷한 이물질의 감소경향을 보였고 3회 3단 세척시까지는 이물질의 감소폭이 컸으나, 5회 세척 이후는 감소 폭이 작게 나타났다. 상하 · 좌우의 세척방향에 따라 1회 3단 세척시는 잔류 이물질량의 차이가 없었으나 7회 세척시에는 상하방향이 0.084g, 좌우방향이 0.165g으로서 3회 세척 이상 부터 세척방향에 의해 뚜렷한 유의차를 나타내어 상하방향의 세척이 좌우방향의 세척 보다 세척율이 높음을 알 수 있었다.

2) 염도변화

절인 배추를 세척조속의 흐르는 물에서 3회 세척한 처리구와 세척하지 않고 탈수상자에 담아 탈수한 처리구간의 염도 변화는 Table 26과 같다. 세척하지 않은 처리구가 세척한 처리구 보다 염도가 높았으며 특히 탈수상자의 하부 보다는 상부에서 높아 0.62%의 차이를 보였다. 같은

Table 25. Amount of residual dirt with vertical and horizontal washing

Number of washing times	Residual dirt(g/kg)	
	Vertical	Horizontal
3	0.417[a]	0.411[a]
9	0.222[b]	0.212[ab]
15	0.104[c]	0.180[b]
21	0.084[c]	0.165[b]

[abc]Tukey's studented range(HSD) test, $p<0.05$
[***]$p<0.001$

Table 26. Changes in salinity of salted *baechu* with washing methods

Washing	Draining time(hr)	Parts of draining box		
		Upper	Lower	Difference
W	0	2.89	2.57	0.32
	4	2.34	1.97	0.37
NW	0	3.51	2.78	0.73
	4	2.96	2.52	0.44

W : washing
NW : not washing

탈수상자 안에서 상층부 배추와 하층부 배추의 염도는 상부 배추의 염도가 더 높았으며 세척하지 않은 것(0.73%)이 세척한 것(0.32%) 보다 상·하부 염도 차이가 더 컸으나 4시간 경과 후는 각각 0.44%, 0.37%로서 상·하부 염도차이가 줄어들었다. 이 결과는 탈수조 내에서 상층부 배추가 하층부 배추 보다 탈수속도가 빨라 상대적인 염의 농축이 일어나고 또한 하층부에서는 표면의 염이 계속 씻겨 나가기 때문일 것으로 판단되며, 탈수시간 경과에 따라서 하층부에도 상당한 탈수가 일어나 상층부와의 염도차이가 크게 줄어드는 것으로 판단되었고, 그 차이는 배추를 쌓는 높이와 비례할 것으로 생각되었다.

배추 절임공장에서 세척하지 않고 탈수·유통시키면 김치공장에서 이를 다시 세척 후 탈수해야 하므로 이중 탈수가 일어나게 되어 품질저하를 초래할 수 있다. 그러나 절임공장에서 세척 후 위생적인 탈수·유통과정을 거쳐 운반한다면 김치공장에서는 바로 양념속 넣기 공정으로 들어갈 수 있다. 그러므로 절임공장에서 세척하는 방법과 절임공장에서는 세척하지 않고 김치공장에서만 세척 탈수하는 방법과의 비교 연구가 필요하다.

3) pH 변화

절인 배추를 흐르는 물에서 3회 세척한 처리구와 세척하지 않은 처리구간의 pH 변화는 Table 27과 같다. 세척유무에 따라서는 거의 차이를 볼 수 없었으며, 같은 탈수상자

Table 27. Changes in pH of salted *baechu* with washing methods

Washing	Parts of draining box		
	Upper	Lower	Difference
W	5.69	5.74	0.05
NW	5.65	5.74	0.09

W : washing
NW : not washing

내 상·하부에 따른 pH 변화는 최대 0.09%로서 그 차이는 크지 않으나 하부배추가 상부 보다 높은 경향을 보였다. 이는 절단형태별 pH 변화의 결과와 같이 염도가 상승하면 pH가 낮아지기 때문인 것으로 판단되었다.

5. 절임배추의 탈수방법에 따른 변화

배추를 산지에서 절여서 유통시키는 방법은 배추원료의 부피감소로 인한 물류비용 감소, 산지 농민들의 부가가치 창출 및 김치가공공장에서의 부대경비 절감 등 많은 잇점이 있으므로 산지에서 배추를 절여서 유통하는 것에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 실험은 산지의 배추절임공장에서 절임배추를 전국에 유통시킬 때 걸리는 최대 시간을 12시간으로 가정하고서, 15% 염수에서 15시간 1회 염수순환하여 절인 배추를 절임조의 아래에서 3번째 층부터 7번째 층까지를 시료로 사용하여 각 시간경과별 및 유통중 저장온도 등의 환경변화에 따른 탈수 정도와 염도, pH의 변화를 측정하였다.

1) 탈수시간에 따른 변화

수 율

배추를 절인 후 절임조에서 꺼낸 배추를 구멍있는 플라스틱 상자(45L)에 쌓아 0°C와 20°C에서 각각 저장하면서 탈수시간 경과에 따른 절임배추의 수율을 조사한 결과는 Table 28과 같다. 초기 30분 탈수시간 경과시점을 0시간(대조구)으로 하고 그 때의 절임배추 중량을 100으로 보고 각 시간별 탈수 수율을 조사한 결과 4시간 경과 후 94.8%, 12시간 경과 후 90.7%로서 초기 4시간 동안 많은 탈수가 일어남을 알 수 있었다. 이 결과들은 탈수시간에 따른 염도 변화에서 초기 4시간 동안 염도가 많이 줄어든 것과도 유사한 경향이었다. 탈수 중 온도에 의한 영향은 0°C와 20°C 간에 수율 차이를 보이지 않았으며 12시간 탈수 시까지도 수율에 대한 온도의 영향은 보이지 않았다.

염 도

절임배추를 절임조에서 꺼낸 후 탈수 상자에 쌓아 0°C에 저장하면서 탈수시간 경과에 따른 절임배추의 염도 변

Table 28. Changes in yield of salted *baechu* with draining time and temperature (%)

Draining temperature(°C)	Draining time (hr) 0	4	8	12
0	100.0	94.85	92.25	90.72
20	100.0	94.77	92.16	90.64

화를 조사한 결과는 Table 29와 같다. 세척 처리구와 세척하지 않은 처리구 모두 초기 4시간 동안 염도가 많이 감소하였으며 그 이후는 염도가 조금 밖에 감소하지 않았다. 이 결과들에서 탈수 4시간 후에는 거의 탈수가 완료되는 것을 알 수 있었다.

pH

탈수시간 경과에 따른 절임배추의 pH의 변화는 Table 30과 같으며 12시간 탈수까지는 세척 유 · 무에 관계없이 pH의 변화가 없었다. 즉 0°C에서는 12시간까지는 탈수시키며 김치원료로 사용이 가능하였다.

2) 탈수 온도에 따른 변화

염 도

각 온도에서 12시간 탈수 후 평균 염도는 Table 31에 나타낸 바와 같이 탈수시간 경과에 따라 절임배추내 염도가 감소하는 것으로 나타났으며, 실제로 12시간 탈수 후 0°C에서는 염도가 평균 0.40% 낮아졌지만, 20°C에서는 평균 0.81%가 낮아져 20°C에서 탈수할 때 염도가 더 크게 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 탈수상자 상 · 하부간의 염도 차이는 20°C에서 탈수하는 것이 0°C 보다 더 작았으며, 이는 0°C의 경우 상부의 탈수는 지연되는데 비해 하부

Table 29. Changes in salinity of salted *baechu* with draining time (°C)

Washing	Draining time (hr) 0	4	8	12
W	2.69	2.32	2.28	2.36
NW	3.02	2.72	2.88	2.55

W: washing
NW: not washing

Table 30. Changes in pH of salted *baechu* with draining time (0°C)

Washing	Draining time (hr) 0	4	8	12
W	5.76	5.75	5.74	5.73
NW	5.74	5.74	5.71	5.74

W: washing
NW: not washing

Table 31. Changes in salinity of salted *baechu* with draining time and temperature (%)

Draining Temp.(°C)	Parts of draining box	Draining time (hr) 0	4	8	12
0	upper	3.06	2.49	2.74	2.68
	lower	2.32	2.14	1.82	2.04
	difference	0.74	0.35	0.92	0.64
20	upper	2.72	2.19	2.60	1.97
	lower	2.82	1.79	2.58	2.00
	difference	0.10	0.40	0.02	0.03

는 누르는 무게에 의해 계속 탈수가 일어나기 때문에 상 · 하부간의 차이가 생기는 것으로 생각되며, 20°C에서는 상 · 하부간의 탈수속도가 비슷하기 때문으로 생각되었다.

pH 변화

절임배추의 탈수시간에 따른 pH변화는 Table 32와 같이 0°C와 20°C 탈수구 모두에서 변화가 나타나지 않아 12시간 탈수까지는 pH의 영향이 거의 없는 것으로 판단되었다. 그러나, 탈수 초기에서부터 0℃ 보다 20°C 처리구에서 pH가 약간 낮았으며 12시간 탈수 후에도 그대로였다.

3) 탈수방향에 따른 변화

배추를 15% 염수에서 15시간 절이고 세척한 후 다공성

Table 32. Changes in pH of salted *baechu* with draining temperature

Draining Temp.(°C)	Parts of draining box	Draining time (hr) 0	4	8	12
0	upper	5.71	5.74	5.73	5.73
	lower	5.80	5.76	5.75	5.73
20	upper	5.67	5.66	5.68	5.69
	lower	5.68	5.74	5.63	5.74

Table 33. Changes in yield of salted *baechu* with stacking methods (%)

Draining time(hr)	Stacking method ∩	∪
0	100.00	100.00
4	94.01	94.40
8	92.00	92.54
12	90.73	91.29
18	89.34	89.71
24	88.51	88.42

∩: Stacked the cutting surface of half cut *baechu* facing downward
∪: Stacked the cutting surface of half cut *baechu* facing upward

플라스틱 상자에 쌓기 방법을 달리하여 쌓은 다음 시간에 따른 탈수율의 변화를 조사한 결과 Table 33과 같다. 쌓는 방법에 있어서 반절배추의 절단면이 아래로 향하게 쌓은 것(∩)과 절단면이 위로 향하게 쌓은 것(∪)의 방법에 따른 시간별 중량 감소율의 차이는 없었다. 탈수시간에 의한 중량 감소는 4시간 경과시 94.01%로 6%의 감소를 보여 초기 4시간의 중량 감소폭이 가장 컸으며, 12시간 경과 후 90.73%, 24시간 후는 88.51%로 절임배추의 중량이 감소하여, 12시간까지 대부분의 탈수가 이루어지는 것으로 판단되었다.

문 헌

1. 박완수, 구영조, 안병학, 최신양, 조동욱, 이명기 : 김치류의 표준가공 공정 설정. 한국식품개발연구원보고서, p.5(1994)
2. 한국식품공업협회 : 식품공전. p.525(1995)
3. KS : 김치류. 한국표준협회, H2169(1991)
4. 구영조, 최신양 : 김치의 과학기술. 도서출판 창조(1991)
5. 최홍식 : 한국인의 생명, 김치. 도서출판 밀알(1995)
6. 박건영 : 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과. 한국영양식량학회지, **24**(1), 169(1995)
7. 서구화의 물결 속에 침몰하는 전통식품, 김치. 식품산업, p.60(1994, 4)
8. 농수산물 유통공사 : 일본의 김치시장(1995)
9. 최신양 : 김치류의 산업화와 세계화 방안. 식품기술, 한국식품개발연구원, **8**, 91(1995)
10. 최태동 : 김치산업 육성전략에 관한 연구. 한국식품개발연구원보고서(1994)
11. 주영하 : 김치, 한국인의 먹거리, 김치의 문화인류학. 도서출판 공간, p.57(1994)
12 한기영 : 배추의 염절임 방법에 따른 특성 변화. 서울여자대학교, 석사학위논문(1995)
13. 유태종, 정동효 : 김치의 공업적 생산을 위한 공업표준화에 관한 연구. 한국식품과학회지, **6**, 116(1974)
14. 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, **7**, 74(1975)
15. 천종희, 이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, **8**, 9(1976)
16. 이승교, 김화자 : 절임조건별 배추에 의한 김치의 숙성중 riboflavin과 ascorbic acid의 함량변화. 한국영양식량학회지, **13**, 131(1984)
17. 김중만, 김인숙, 양희천 : 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **16**. 75(1987)
18. 이혜수 : 배추를 절이는 소금의 농도와 시간 대한가정학회지, **10**, 617(1972)
19. 구경형 : 김치의 물리화학적 및 관능적 성질에 관한 연구. 세종대학교, 석사학위논문(1987)
20. 한응수 : 김치 제조용 고냉지 배추의 염장 저장 방법. 한국식품과학회지, **25**, 118(1993)
21. 김우정, 구경형, 조한옥 : 김치의 절임 및 숙성과정 중 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, **20**, 483(1988)
22. 김순동, 김미정 : 무우의 소금절임 과정중 소금의 침투와 칼슘의 용출. 한국영양식량학회지, **17**, 110(1988)
23. 권태연, 최용희 : 무우의 염절임시 소금의 침투량과 확산도 예측 모델. 한국영양식량학회지, **20**, 572(1991)
24. Cho, H Y., Kim, J. B. and Pyun, Y. R. : Diffusion of sodium chloride in Chinese cabbage during salting. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 711(1988)
25. Drusas, A. and Vagenas, G. K. : Diffusion of sodium chloride in green olives. *Journal of Food Engineering*, **7**, 211(1988)
26. 서기봉, 김기성, 신동화 : 기업적 생산을 위한 김치제조 시험. 농어촌개발공사 식품연구소 사업보고, p.125(1976)
27. Kim, M. J. : Fermentation and preservation of Korean kimchi. Leeds Univ., England, Master's thesis(1967)
28. Cho, Y. and Rhee, H. S. : A study on flavorous taste components in kimchis. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **11**, 26(1979)
29. 우경자, 고경희 : 절임정도에 따른 배추김치의 질감과 맛에 관한 연구. 한국식문화연구논총, p.163(1998)
30. 최신양, 김영봉, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조 : 김치제조시의 온도 및 염농도에 따른 저장효과. 한국식품과학회지, **22**, 707(1990)
31. 최기찬, 김미연, 정신교 : 저장온도 및 포장재에 따른 절단배추 김치의 품질변화 및 Shelf-life. 한국농산물저장유통학회지, **2**, 277(1995)
32. 유명식, 김주봉, 변유량 : 염절임 및 가열에 의한 배추조직의 구조와 펙틴의 변화. 한국식품과학회지, **23**, 420(1991)
33. 이희섭, 이철호, 이귀주 : 배추의 염장과정 중 성분변화와 조직감의 변화. 한국조리과학회지, **3**, 64(1987)
34. 이철호, 황인주, 김정교 : 김치제조용 배추의 구조와 조직감 측정에 관한 연구. 한국식품과학회지, **20**, 742(1988)
35. 이철호, 황인주 : 절단시험과 압착시험에 의한 배추잎의 조직감 측정 비교. 한국식품과학회지, **20**, 749(1988)
36. 윤의정 : 배추의 조직감 측정 방법에 관한 연구. 고려대학교, 석사학위논문(1989)
37. 변유량 : 배추조직의 가열연화와 열처리의 최적화 연구. 한국음식문화연구원논총, **1**, 293(1988)
38. 천종희, 이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, **8**, 90(1976)
39. 윤진숙, 이혜수 : 김치의 휘발성 향미성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, **9**, 116(1977)
40. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, **16**, 169(1984)
41. 허우덕, 허재호, 석호문, 남영중, 신동화 : 김치의 저장 중 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, **20**, 511(1988)
42. 정하숙, 고영태, 임숙자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향. 한국영양학회지, **18**, 36(1985)
43. 안숙자 : 김치에 당근을 섞었을 때의 vitamin C의 변화. 대한가정학회지, **10**, 793(1972)
44. 강근옥, 구경형, 이형재, 김우정 : 효소 및 염의 첨가와 순간열처리가 김치발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **23**, 183(1991)

45. 최신양, 이인선, 유진영, 정건섭, 구영조 : 김치발효에 대한 nisin의 저해 효과. 한국산업미생물학회지, **18**, 620(1990)
46. 구경형, 강근옥, 장영상, 김우정 : 염혼합물의 첨가가 김치의 물리적 및 관능적 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **23**, 123(1991)
47. 이상금, 신말식, 전덕영, 홍윤호, 임현숙 : 마늘첨가량을 달리한 김치의 숙성에 따른 변화. 한국식품과학회지, **21**, 68(1989)
48. 박우포, 김재욱 : 조미료, 젓갈 등이 김치발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, **34**, 242(1991)
49. 박우포, 김재욱 : 향신료가 김치발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, **34**, 235(1991)
50. 이진희, 이혜수 : 양파가 김치발효에 미치는 영향. 한국조리과학회지, **8**, 27(1992)
51. 김우정, 강근옥, 경규항, 신재익 : 김치의 저장성 향상을 위한 염혼합물의 첨가. 한국식품과학회지, **23**. 288(1991)
52. 노홍균, 박인경, 김순동 : 소금절임시 키토산 첨가가 김치의 보존성에 미치는 효과. 한국영양식량학회지, **24**, 932(1995)
53. 김용두 : 김치 부풀어오름 방지에 관한 연구. 농협보고서 (1995)
54. 고하영, 이현, 양희천 : 절임배추 및 김치의 동결저장에 따른 품질변화. 한국영양식량학회지, 22, 62(1993)
55. 이인선, 박완수, 구영조, 강국희 : 품종별 가을배추로 제조한 절임배추의 저장중 특성변화. 한국식품과학회지, **26**, 239 (1994)
56. 박완수, 이인선, 한영숙, 구영조 : 분리 저장한 절임배추와 김치 속을 이용한 김치의 제조. 한국식품과학회지, **26**, 231 (1994)
57. 한응수, 김재학, 권혜순, 석문식, 민인기 : 양념을 달리한 김장김치의 품질 특성. 협동조합연구, 농협전문대학. **17**, 133(1995)
58. Kim, D. K., Kim, M. H. and Kim, B. Y. : Mass transfer during salting and desalting process of Chinese cabbage. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **22**, 317(1993)
59. Kim. J. B., Yoo, M. S., Cho, H. Y., Choi, D. W. and Pyun, Y. R. : Changes of physical characteristics of Chinese cabbage during salting and blanching. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 445(1990)
60. Han, E. S. : Salting storage effects of Chinese cabbage for the kimchi processing plant. *Cooperative Review*, **14**, 148(1993)
61. Han, E. S. : Quality changes of salted Chinese cabbage by packing methods during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 283(1994)