최 종
연구보고서

GA0561-05073

냉동만두피의 품질개선에 관한 연구

The study on the Quality Improvement of Frozen Dumpling-sheet(wrapping-cover)

연 구 기 관
한국식품연구원

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “냉동만두피의 품질개선에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 10 월 14 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원
총괄연구책임자 : 김 은 미
세부연구책임자 : 김 인 호
연 구 원 : 한 혜 경
연 구 원 : 김 종 태
연 구 원 : 김 선 아
연 구 원 : 이 승 주
연 구 원 : 이 민 아

요 약 문

Ⅰ. 제 목

냉동만두피의 품질개선에 관한 연구(The Study on the Quality Improvement of Frozen Dumpling-Sheet(Wrapping-Cover))

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

전분의 노화현상은 전분제품에 심각한 문제로 전분제품의 상당량이 노화에 의해 버려지고 있는 것으로 알려지고 있다. 따라서 전분관련식품업체에서는 전분의 노화방지법을 개발하고 노화속도를 측정하는 방법을 확립하는데 많은 투자와 노력을 하고 있는 실정이다.

현재까지 진행된 전분의 노화억제법은 주로 제빵중심으로 연구되어 왔으며 가장 일반적인 방법으로는 α-amylase와 같은 효소제를 사용하는 방법으로 제빵제조공정에 소량의 α-amylase를 첨가하여 전분의 가용성 부위를 분리하고 짧아진 amylopectin은 결정크기가 작아지면서 노화가 잘 일어나지 않게 하는 방법이다. 이외에 천연의 lecithin을 발효 처리하여 얻은 phospolipid(lysolecithin)는 빵속의 전분입자와 결합하여 전분의 노화를 지연시키는 역할을 하여 제품의 self-life를 연장시키거나 수분 보유력이 좋은 분자올리고당(olygosaccharides), 전화당과 같은 원료를 사용하여 완제품의 수분 보유력을 증대시켜 노화를 지연시키기도 하고 온도에 따른 노화 진행정도를 조사하여 저장온도 조절에 의한 노화억제방법 등의 연구 등이 시행되고 있다.

위와 같은 노화 억제 방법들은 주로 전분으로만 구성된 제빵을 중심으로 사용되어 왔으며 아직까지 특별한 해결책을 찾아내지 못하고 있다. 냉동만두류는 국내에서 가장 소비가 많으면서 일반화된 조리냉동식품으로 제빵제품과는 달리 저장기간이 길고 둘러싸고 있는 전분층(만두피)의 두께가 극히 얇아서 기존 전분제품보다 품질저하 또는 노화현상이 진행되는 특징을 갖고 있다. 특히 전자레인지로 냉동만두를 조리할 경우에는 제품의 급격한 수분탈수로 인해 식용이 불가능할 정도로 제품의 품질이 떨어지는 특징을 보이고 있으나 관련 업계에서는 기존의 노화억제방법조차 적용하고 있지 않은 실정이다.

이는 냉동만두제조회사를 포함한 국내냉동산업이 주로 대기업중심의 산업이기때

문에 중소기업이 참여하기에는 설비투자 등에 한계가 있으며 대기업에서도 시장점유율보다 수익성 확보를 더 중요시하는 경향이 있어 제품의 질보다는 품질이 낮은 원료를 사용하여 박리다매형태의 수익성 위주로 운영해온 것이 중요 요인으로 작용하고 있으며 이외에 기타 외식산업의 발달이 냉동만두시장을 잠식하고 있는 것도 한 요인으로 분석되고 있다. 따라서 급격히 변화하는 소비자의 기호성향에 부합되는 품질보완이 지속적으로 요구되어지고 있다. 본 연구는 우리나라의 대표 냉동식품인 냉동만두(피)를 대상으로 저장조건 및 전자레인지 가열조리에 의해 발생하는 표피의 경화현상에 따른 식감저하, 전분 노화에 따른 품질저하 등의 문제점을 개선하고자 실시하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구 분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2002)	전분의 노화특성과 노화억제방법 검토	○ 관련자료의 수집 ○ 원료전분의 조건별 호화 및 노화 특성 검토 ○ 제조공정별, 제조방법별 노화특성/억제방법
2차년도 (2003)	전분의 노화억제 및 포장방법 검토	○ 첨가소재별 노화특성 및 억제방법 검토 ○ 포장방법 및 재질에 따른 노화억제방법 검토 ○ 전자파 조절에 의한 품질개선 방법 검토 ○ 포장방법별, 전자파 조절에 의한 품질개선
3차년도 (2004)	경제성 분석 및 산업체 적용성 검토	○ 복합 처리조건에 따른 품질 개선 방법 검토 ○ 산업체 적용성 검토 ○ 기존제품과의 품질비교 ○ 제조공정 제시 및 경제성분석

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구결과

1) 전분의 노화특성과 노화억제방법 검토(혼합전분에 의한 효과)

○ 전분성 냉동식품의 저장기간 및 전자레인지 가열조리 중에 발생하는 식품표면의 수분이탈에 따른 전분의 경화·노화현상 및 식감저하 등의 품질저하특성을 일차적으로 원료측면에서 개선하고자 기존에 사용되고 있는 전분류, 검류, 유화제, 효소류 및 물성개량제의 첨가효과와 polyethylene(PE) 포장에 따른 품질변화를 전자레인지 조리특성과 함께 검토하였다. 첨가원료에 대한 개선효과는 현재 산업체에서 적용되고 있는 기본반죽물 조성에 34종의 첨가원료를 농도별로 첨가하여 증숙 및 전자레인지 가열조리에 대한 기호도 조사로 검토하였다.

○ 기호도 조사결과 전자레인지 가열조리보다 증숙조리에 대한 기호성향이 좋은 것으로 조사되었으며 전자레인지 가열조리에 개선효과가 있는 첨가원료로 일차적으로 전분류(TA, ST), 검류(AR, XT), 유화제(E, S1) 등의 총 6종을 선별하였다. 선별된 6종의 첨가원료 중 TA 냉동만두피의 텍스쳐, 외관, 색감에 따른 기호도가 가장 높은 것으로 조사되었다.

○ 선별된 6종의 원료들을 첨가한 혼합전분의 amylogram은 TA혼합반죽물의 호화개시온도(To)가 61.5℃로 가장 낮았고, 최고점도는 227 B.U.로 다른 첨가원료 혼합전분보다 약 14~32 B.U.정도 높게 나타났으며 노화경향을 예측할 수 있는 setback 값도 다른 시료군에 비해 약 24~79 B.U.정도 낮은 191 B.U.로 노화개선에 어느 정도 효과가 있는 것으로 조사되었다.

○ 노화정도를 α-amylase-iodine법으로 측정한 결과 대조구가 31.59%(비포장조리), 34.52%(PE 포장조리)로 노화정도가 가장 심한 것으로 나타났으며 E첨가구 20.08%(비포장조리), TA첨가구 20.48%(비포장조라)로 가장 낮게 나타났다. 전자레인지 가열조리 처리구에서는 비포장조리 시료보다 PE 포장조리 시료의 노화가 5~10% 정도 큰 것으로 확인되었다.

○ 기계적 물성은 전자레인지 가열조리 시에는 증숙 처리구보다 hardness, cohesive

-ness, gumminess, chewiness가 감소하는 것으로 나타났고, 첨가구는 대조구에 비해 hardness는 감소, cohesiveness는 증가하는 것으로 나타났다. 미세구조변화는 전자레인지 가열조리에서는 대조구가 격자무늬의 cell형태가 붕괴되고 작고 균일한 기공을 갖는 것으로 조사되어 처리구간의 미세구조 차이를 식별할 수 있었다. 특히 TA 냉동만두피의 경우 균일한 크기의 기공으로 보아 망상구조의 재배열이 다른 첨가구에 비해 덜 붕괴되었다. 전반적인 TA 전분 첨가구가 전자레인지 가열조리에 의한 품질저하를 개선하는 것으로 나타났으며, PE 포장조리에 따른 노화억제 효과는 나타나지 않았다.

2) 전분의 노화억제 및 포장방법 검토

가) 표면도포에 의한 개선효과

○ 전분성 냉동식품의 전자레인지 가열조리에 의한 품질저하현상을 개선하고자 당량(D.E)이 5(M1), 10(M2), 9~12(M3), 18(M4)인 maltodextrin류 4종을 농도별로 제조하여 냉동만두피 표면에 도포(1.25 mL/sheet)하여 개선효과를 검토하였다.

○ 각 처리구별 기호도조사에서 외관은 M1을 제외한 모든 처리구의 5%, 7% 및 10% 농도에서, 텍스쳐는 M3에서 유의적으로 좋은 결과를 보였다. 특히 D.E값이 9~12인 7% M3 도포제가 전자레인지 가열조리 시 표면손상이 적고 식감 및 질감 등의 품질유지에 효과적이었으며, 만두피 말단부분의 경화속도 또한 다른 시료보다 천천히 이루어짐을 확인할 수 있었다.

○ 만두피의 표면에 7% M3을 도포하지 않은 시료(TN), 식용수를 도포한 시료(TW), 7% M3을 도포한 시료(TM)를 제조하여 90일의 저장기간에 따른 물성조사를 하였다. 기계적 물성변화는 0℃와 -20℃에서 저장기간이 길어질수록 hardness, cohesiveness, brittleness 등이 증가하였고, TA 혼합첨가구는 hardness, springi-ness, gumminess, cohesiveness, brittleness 등이 대조구보다 낮은 것으로 조사되었다.

○ 열전위변화는 저장기간이 길어질수록 호화개시온도(To)와 엔탈피가 점차적으로 증가하는 경향을 보였으며, peak의 면적도 함께 증가하였다. 또한 다른 시료들에 비해 TM의 엔탈피(ΔH)가 낮은 것으로 보아 7% M3의 도포가 냉동만두피 표면의 품질저하방지에 효과적임을 확인할 수 있었다.

○ SEM을 사용한 미세구조 관찰 시에도 이를 확인할 수 있었으며 저장된 냉동만두피들의 물성 및 노화정도를 측정한 결과 대조구보다는 7% M3이 도포된 처리구의 노화정도가 낮고 전체적인 기호도가 높게 조시되어 전자레인지 가열조리에 따른 품질개선에 가장 효과적임을 확인하였다.

나) 해조다당류의 첨가에 의한 개선효과

○ 2차년도에는 전분성 냉동식품의 전자레인지 가열조리에 의한 품질저하현상을 개선하기위하여 1차년도에 결정된 반죽조성물에 해조다당류의 첨가에 의한 개선 효과와 만두제조공정 중에 반죽물의 표면도포에 의한 품질개선효과를 검토하였다.

○ 해조다당류의 첨가효과는 TA(타피오카) 반죽물에 해조다당류인 알긴산염과 카라기난을 농도별로 첨가하여 실험시료를 제조하였으며 실험시료의 호화특성을 amylogram으로 측정한 결과 알긴산염 첨가구가 대조구(TA 첨가구)보다 낮은 호화개시온도와 최고점도가 나타났으며 알긴산염의 첨가농도가 증가할수록 호화개시온도와 최고점도는 증가하는 경향을 보였다. 카라기난 첨가구에서는 농도와 관계없이 비슷한 호화개시온도와 최고점도가 나타났으며 알긴산염과 카라기난 첨가효과는 대조구(TA 첨가구)보다 최고점도는 낮았으나 노화개선에서는 알긴산염과 카라기난의 첨가농도가 0.1%일 때에 효과적인 것으로 조사되었다. 알긴산염과 카라기난 첨가에 따른 상승효과와 상대점도 또한 0.1%씩 첨가되었을 때 가장 크게 작용하였다.

○ 저장시료(-20℃에서 7일간 저장)의 노화도를 glucoamylase-DNS법으로 측정한 결과, 대조구(31.89%), TA(29.22%), TCR(27.43%), TSA(22.22%)순으로 TSA 첨가구가 가장 낮게 나타났다. 이들 시료의 포장재질에 따른 노화도 역시 TSA가 가장 낮은 노화도를 보였으며, polypropylene 포장조리 시 냉동만두피의 전자레인지 가열조리에 대한 노화정도가 적게 진행된 것으로 나타났으며, 무포장 상태의 전자레인지 가열조리 시 품질저하정도가 가장 진행된 것으로 조사되었다.

○ 저장기간에 따른 기호도 변화에서도 같은 결과를 보였으며 저장중의 색도변화는 TA, TSA, TCR의 L(명도)값과 b(황색도)값은 저장기간이 길어질수록 증가하였고, a(적색도) TSA에서 다른 시료보다 낮게 나타났다. 기계적 물성변화는 TSA와 TCR에서 hardness를 제외한 adhesiveness, springiness, gumminess, cohesiveness 등이 높게 나타났으며, 대체로 60일 전후에서 물성변화가 큰 것으로 나타났다. 모든 시료의 물성 변화는 60일 이후의

저장기간에는 크게 변화하지 않은 것으로 보아 물성변화는 30일 이후에서 60일 이전으로 전분 노화가 가장 심하게 일어나는 것으로 생각되었다.

○ 열시차주사열분석기를 사용한 노화특성을 보면 저장기간이 길어질수록 TSA를 제외한 TA와 TCR에서 호화개시온도(To)가 낮은 쪽으로 이동되고, 30일을 전후로 모든 시료의 엔탈피가 점차적으로 증가하였으며 TA와 TCR의 경우 엔탈피의 증가폭이 컸다. 특히 TSA 경우에는 호화개시온도가 저장기간이 길어질수록 감소하다가 다시 증가하는 특이한 경우를 보였지만, 흡열엔탈피(△H)값이 낮은 것으로 나타나 다른 시료보다 전자레인지 가열조리에 의한 품질개선효과가 클 것으로 생각되었다.

3) 경제성 분석 및 산업체 적용성검토(전자레인지 제작, 혼합효과, 경제성 분석)

○ 전분성 냉동식품에 적합한 적정 전자파 가열조건을 설정하고자 임의적으로 전자파 조절이 가능한 전자레인지를 자체 제작하여 실험에 활용하였다. 본 연구에서 제작한 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)는 Ib 조절기를 통해 전자파 강도를 조절하였고 가열기는 열풍기와 전기히터로 구성하였다.

○ 열풍은 압조절에 따라 모터의 회전속도에 의해 풍량을 조절하도록 하여 외부공기를 흡입하면 건조공기로 사용하는데 흡기팬의 출구쪽에 전기히터(1.5 kW)가 설치되어 흡입된 외부공기를 가열열풍으로 만들어 전자레인지 내에 공급할 수 있도록 설계하였다.

○ 시료로부터 증발된 수분은 전자레인지 내에 설치된 배기닥트를 통해 흡입된 열풍에 의해 방출된다. 전자파 혼합가열조리 실험장치의 온도조절 시스템인 Ib 조절기 및 열풍장치는 시료의 가열조리조건과 특성을 고려하여 전자파 조절과 열풍기가 독립적으로 작동되도록 구성하였다.

○ 조리가열 중 시료의 무게는 load cell에 의해 시시각각으로 변하는 무게변화를 측정하였으며 전자파가 전자레인지 밖으로 누설되는 것을 확인하기 위하여 전자파 누설측정장치를 활용하였다. Batch형의 전자레인지(Fig. 5)에서 냉동만두피를 load cell과 연결된 중량 측정용 선반에 올려놓고 내부에 별도로 정착된 온도센서에 시료조각을 끼운 후 전자파 출력은 강약(180, 200, 220, 240 Ib)으로 조절하였고, 출력

시간을 임의 설정 조절하였으며, 풍량과 공기온도를 제어할 수 있는 팬은 0~10단계까지 조절하면서 사용하였다.

○ 냉동만두의 적합한 가열조건은 Ib값이 220, 열풍은 5, 시료중심온도는 80℃, 배기온도는 82℃일 때 효과적이었다. 제조한 전자레인지와 시판용 전자레인지의 냉동만두에 대한 가열효과를 비교 검토하여 제시하였다(Table 26)

○ 시판용 제품과 시제품과의 전자레인지 가열처리에 의한 품질변화를 기호도조사로 비교한 결과 일반제품보다 전자레인지 가열에 의한 품질변화가 낮아 시제품보다 상대적으로 높은 기호도를 보였으며 SEM을 사용한 미세구조 관찰 시에도 이를 확인할 수 있었다. 생산단가를 소비자 가격(2005년 10월 소비자물가자료)을 토대로 비교·분석한 결과 전체적으로 첨가시료에 따라 약 2%의 제조원가가 상승하는 것으로 조사되었다.

2. 활용에 대한 건의

○ 국내 외식산업 시장규모는 90년대 10.7조에서 2000년 기준으로 30조원을 넘어서고 있으며 기존 단체급식 업체의 고유 외식 브랜드화에 따라 시장의 경쟁이 더욱 치열하게 되고 2000년 이후 한식 전문 레스토랑이 중국 및 미국시장에 성공적으로 진출하여 시장성의 확대 가능성을 보여주었다.

○ 만두는 우리나라 식품으로 보다는 세계 공통 식품으로 인식되고 있으며 한국의 만두제품(냉동만두)은 해외 진출 유통업체나 외식업체를 통해 소규모로 유통되고 있으나 소비자 반응은 우수한 것으로 나타났다. 현재 가장 문제가 되는 것은 해외 소비자의 식재료에 대한 안정성과 신뢰도 확보로 생각된다.

○ 특히 냉동식품이 제품을 급속 동결시켜 제품의 품질변화 없이 장기간 보존가능한 유일한 가공식품에도 불구하고 냉동식품을 저급한 식품으로 인식하고 있는 소비자의 부정적인 인식이 냉동식품시장의 성장둔화의 가장 근본적인 원인임. 이러한 소비자의 인식전환을 위해서는 획기적인 제품개발에 앞서 제품의 품질을 우선시하여 소비자의 신뢰를 얻을 필요가 있다.

○ 만두는 향후에도 지속적인 성장가능한 품목군으로 최근의 만두파동으로 잠시 소비

위축을 초래했으나 업계와 유관기관의 끊임없는 노력으로 회복하였으며 이를 계기로 관련업체는 소비자의 니즈에 맞춘 차별화된 다양한 제품개발이 필요하다고 생각된다.

SUMMARY

1. The properties and improvement of starch retrogradation(quality deterioration) with microwave oven cooking(1st study).

○ This study conducted to improve the properties of frozen dough foods(buns and noodles etc.) on the quality deterioration with microwave oven cooking. Microwave helps reduce cooking time by high temperature, but swiftly snatches moisture from foods such as frozen starches(buns and noodles etc) and makes surface of foods harder and quality deterioration.

○ For improvement of these problems, manufactured each mixing dough containing additives of 34 types : starches, modified starches, gums and emulsifiers etc. Each mixing dough produced in sheet type(30×30×1 ㎜) and steamed them, was quickly froze at -70℃, packed just half with polyethylene. Packed samples and non-packed samples kept at -20℃ for 48 hours. After they were steam and microwave treatment, studied for improvement effects of quality as sensory evaluation to select improvement agents.

○ Among the 34 additives, 6 additives as modified starches(TA, ST), gums(AR, GA) and emulsifiers(E, S1) were selected. These additives were more effective than control for physical properties and retrogradation of frozen dough. In view of the results so far achieved by amylogram, scanning electron microscope, textural analysis and differential scanning calorimetry, each additives had difference properties respectively. Among the 6 additives, the mixing dough containing tapioca modified starch has the best preference for appearance, color, and texture.

2) The improvement of starch retrogradation(quality deterioration) and investigation of packing method for microwave oven cooking (2nd study)

○ This study(2nd study) was conducted to investigate additional effect of seaweeds polysaccharide(sodium alginate and carrageenan) and the surface spraying effect of materials on the rheological properties of frozen starch with microwave heating.

○ For additional effect of seaweeds polysaccharide, manufactured mixed doughes with algae polysaccharide ; sodium alginate, carrageenan, produced each mixing dough in sheet type(50×50×1 ㎜) and steamed them, were quickly frozen at -70℃ and packed with polypropylene. Packed samples kept at -20℃ for 90 days. After microwave treatment, TSA(dough containing tapioca modified starch and 0.1% sodium alginate) was more effect than control for physical properties and surface hardening, showed synergistic effect and relative viscosity, scanning electron microscope, textural analysis and differential scanning calorimetry.

○ For study of the surface spraying effect of materials on the rheological properties of frozen starch with microwave heating. Microwave helps reduce cooking time by high temperature, but swiftly snatches moisture from foods such as frozen starches (buns and noodles etc) and makes surface of foods harder. Four types of maltodextrin materials have been prepared for different concentration solutions and sprayed on surface doughs of sheet type. Sprayed dough samples were quickly frozen at -70°C and wrapped with polypropylene film. All the treated samples were kept at 0°C, -20°C and -50°C, and then taken out periodically for measurement of the quality during storage period. The factor decided sensory quality of frozen starch after heating with microwave energy, were texture and surface color. The quality of frozen starches deteriorated with long term storage even at low temperatures of -20°C and -50°C, and the spray materials were found to improve the textural and physical properties of frozen starches in the microwave heating. Particularly, maltodextrin with D.E value of 9~12 had the most desirable effects of quality improvement.

3. The economical analysis and industrial application (3rd study)

○ This study(3rd study) was manufactured microwave oven that is artificially control microwave condition, to establish suitable operating condition of microwave oven for frozen starch.

○ Manufactured microwave oven consist of Ib controller, a heater and an electric heating fan. and it has consumption electric power 1,150 W, generating power of high-frequency(radio) waves 750 W and frequency 2,450㎒.

○ The power of microwave is regulate with Ib controller and the amount of hot air is controled with rotation velocity of moter. When the outdoor air enter the inside of oven, it is changed hot air by electric heater(1.5 kw) and supply heat source of microwave oven.

○ The optimum operating condition of microwave oven for frozen starch were Ib value 220, hot-air capacity 5, central temp. of food 80℃ and ventilation temp. 82℃. The manufactured microwave was compared with commercial microwave for heating effect of frozen starch(Table).

○ As compared with commercial product by preference, the experimental products have better quality for microwave oven cooking and the results were identified so far achieved by scanning electron microscope. the production cost of them were 2% higher than established production cost by data analysis of consumer price.

CONTENTS

Ⅰ. Introduction ····· 31
1. Introduction ····· 31
2. The necessity of technical development ····· 33

Ⅱ. The recent technical development of frozen food industry at home and abroad ····· 35
1. The recent technical development of frozen food industry at home and abroad. ····· 35
2. The present position and issue of related technique ····· 38

Ⅲ. The result and conclusion ····· 40

1. Materials and method ····· 40

1) The properties and improvement of starch retrogradation (quality det-erioration) with microwave oven cooking ····· 40

(1) Materials ····· 40
① Manufacturing method of base dough ····· 40
② Manufacturing method of mixing dough ····· 40
a. Content of additive ····· 40
b. Manufacturing method of mixing dough ····· 40
c. Storage and treatment ····· 41

(2) Method ····· 45
① Sensory evaluation ····· 45
② Statistical analysis ····· 45
③ Amylogram ····· 45
④ Retrogradation test by α-amylase-iodine method ····· 45
⑤ Rheology test by texture analyser ····· 46
⑥ Observation of micro-structure by SEM ····· 46

2) Improvement of microwave heating properties of frozen dough by surface spray of materials ····· 47

(1) Materials ····· 47
① Manufacturing method of base dough ····· 47
② Retrogradation by packing material and methode ····· 47
③ Coating agents ····· 48
④ Storage and treatment ····· 48

(2) Method ····· 50
① Sensory evaluation ····· 50
② Statistical analysis ····· 50
③ Colorimetry ····· 50
④ Rheological property by rheometer ····· 50
⑤ Retrogradation test ····· 50
a. Retrogradation test by glucoamylase-DNS method ····· 50
b. Retrogradation test by DSC ····· 51
⑥ Observation of micro-structure by SEM ····· 51

3) Additional effects of sodium alginate and carrageenan in frozen dough by microwave heating treatment ····· 52

(1) Materials ····· 52
① Manufacturing method of base dough ····· 52
② Manufacturing method of mixing dough ····· 52
③ Storage and treatment ····· 52

(2) Method ····· 54
① Sensory evaluation ····· 54
② Statistical analysis ····· 54
③ Viscosity and Synergistic effects ····· 54
④ Retrogradation test ····· 55
a. Retrogradation test by glucoamylase-DNS method ····· 55

b. Retrogradation test by DSC ····· 55
⑤ Colorimetry ····· 56
⑥ Rheological property by rheometer ····· 56
⑦ Observation of micro-structure ····· 56

4) The quality improvement by regulating microwave condition ····· 57

(1) Manufacturing microwave oven ····· 57
① Material and Method ····· 57
a. Materials ····· 57
b. Manufacturing method ····· 57
ⓐ The optimum range of microwave ····· 61
ⓑ The optimum heating condition(hot air) ····· 61
c. The comparison of efficiency between commercial and manufactured microwave oven ····· 61
ⓐ The comparison of efficiency ····· 61
ⓑ The change of moisture ····· 61
ⓒ The change of temperature ····· 61
ⓓ Moisture content ····· 61
ⓔ Specific volume ····· 62
② The comparison of heating effect between commercial and manufactured microwave oven product ····· 62

2. Result and conclusion ····· 63

1) The properties and improvement of starch retrogradation(quality deterioration) by microwave oven cooking. ····· 63

(1) Properties of gelatinization and retrogradation in frozen dough by microwave oven cooking ····· 63
① The effects of materials added to improve the quality of frozen dough ····· 63
a. Starch ····· 63

b. Gum and polysaccharide ····· 64
c. Emulsifier ····· 65
d. Enzyme ····· 65

(2) Retrogradation properties and control method by manufacturing process and method ····· 69
① The effects of materials added to improve the quality of frozen dough ····· 71
a. Amylogram ····· 71
b. Retrogradation properties ····· 72
c. Physical rheology ····· 74
d. Observation of micro-structure ····· 75

2) The retrogradation control by packing method ····· 80

(1) Improvement of starch retrogradation(quality deterioration) by packing method for microwave oven cooking ····· 80
① Control method of retrogradation by packing materials ····· 80
a. Retrogradation properties by packing materials ····· 81
b. Retrogradation properties by packing conditions during the cooking ·· 81
② The improvement of quality deterioration by various coating agents ····· 83
a. The improvement of quality deterioration by coating agents ····· 83
③ The change of quality by the storage conditions ····· 85
a. The change of chromaticity ····· 85
b. The change of physical rheology ····· 88
c. The properties of retrogradation ····· 91
d. The observation of micro-structure ····· 94

(2) The improvement of quality deterioration by mixed treatment ····· 96
① The quality maintenance and synergistic effects ····· 97
a. Amylogram ····· 97
b. Viscosity and synergistic effects ····· 99
② Retrogradation properties ····· 100
a. Retrogradation properties by packing materials ····· 100

b. Retrogradation properties by added material ····· 101
③ The change of quality by storage conditions ····· 102
a. Sensory evaluation ····· 102
b. Colorimetry ····· 103
c. Physical rheology ····· 104
d. Retrogradation properties ····· 105
e. Observation of micro-structure ····· 106

3) The economical analysis and industrial application ····· 108

(1) The quality improvement by regulation of microwave ····· 108
① The quality improvement by regulation of microwave ····· 108
a. Heating properties of microwave ····· 108
② Heating condition of microwave ····· 109
a. The optimum range of microwave ····· 109
b. The optimum heating condition(hot air) ····· 113
③ Heating properties of commercial and manufactured microwave oven ····· 114
a The comparison of efficiency ····· 114
b The change of moisture ····· 116
c The change of temperature ····· 118
d Specific volume ····· 120

(2) The comparison of heating properties ····· 121

(3) The industrial application and economical analysis ····· 122
① Comparison of industrial application ····· 122
② The economical analysis ····· 126
a. The quality comparison ····· 126
b. The observation of micro-structure ····· 128
c. The comparison of production costs ····· 130

Ⅳ. Achievement and contribution ····· 132

Ⅴ. The application plan of result ····· 133

Ⅵ. Reference ····· 135

Table contents

Table 1. Composition of materials for base and mixing dough ····· 41
Table 2. The additives used to improve physical properties of frozen dough ····· 42
Table 3. Composition of materials for base and Tapioca dough ····· 47
Table 4. Composition of materials for tapioca doughs with algae polysaccharide ····· 53
Table 5. Sensory evaluation of frozen doughs containing various starches by steam and microwave heating treatment ····· 66
Table 6. Sensory evaluation of frozen doughs containing gums and polysaccharides by steam and microwave heating treatment ····· 67
Table 7. Sensory evaluation of frozen doughs containing emulsifiers and enzymes by steam and microwave heating treatment ····· 68
Table 8. Sensory evaluation of frozen dough to select the optimum concentration ····· 70
Table 9. Amylogram characteristics of suspension containing various starches and additives ····· 72
Table 10. Degree of retrogradation of frozen dough containing various starches and additives ····· 73
Table 11. Textural properties of frozen doughs containing various starches and dditives ····· 75
Table 12. Degree of retrogradation for frozen dough ····· 81
Table 13. Sensory evaluation of microwave-heated frozen doughs coated with maltodextrin solutions of each concentration ····· 84
Table 14-1. Hunter color values of frozen doughs packed in polypropylene during storage periods ····· 86
Table 14-2. Hunter color values of non-packed frozen doughs during storage periods ····· 87
Table 15-1. Textural properties of frozen doughs packed in polypropylene during storage periods ····· 89
Table 15-2. Textural properties of non-packed frozen doughs during storage periods ····· 90

Table 16-1. DSC thermal properties of frozen doughs packed in polypropylene during storage ····· 92
Table 16-2. DSC thermal properties of non-packed frozen doughs during storage periods ····· 93
Table 17. Amylograph characteristics of suspension with tapioca and sodium alginate of each concentration ····· 98
Table 18. Amylograph characteristics of suspension with tapioca and carrageenan of each concentration ····· 98
Table 19. Viscosity and synergistic effects of suspension with tapioca and alge polysaccharides of different concentration ····· 99
Table 20. Degree of retrogradation for frozen doughs with the differentpackage material ····· 100
Table 21. Degree of retrogradation for frozen doughs stored for 7 days ····· 101
Table 22. Sensory evaluation1) of frozen doughs2) stored for 30 day ····· 102
Table 23. Hunter color values of frozen dough packed in polypropylene during storage periods ····· 103
Table 24. Comparison of textural properties of frozen doughs on storage periods ····· 104
Table 25. DSC thermal properties of frozen doughs on storage periods ···· 105
Table 26. The optimization range of temperature condition used to manufactured microwave oven ····· 111
Table 27. The optimization range of fan condition used to manufactured microwave oven ····· 113
Table 28. Evaporation loss of moisture after microwave oven cooking of frozen dumpling ····· 117
Table 29. The change of temperature after microwave oven cooking of frozen dumpling ····· 119

Table 30. The change of moisture and specific volume after microwaveoven cooking of frozen dumpling ····· 120
Table 31. Sensory evaluation of frozen doughs stored for 3 and 30 days ····· 121
Table 32. Sensory evaluation of frozen doughs stored for 3 and 30 days ····· 127
Table 33. The cost per unit of manufacturing products ····· 131

Figure contents

Fig. 1. Manufacturing process of frozen dough(sheet). ····· 43
Fig. 2. The change of frozen dough during manufacturing process. ····· 44
Fig. 3. Manufacturing Process of frozen dough(Sheet) coated with various maltodextrin solution. ····· 49
Fig. 4. Inside flow chart of manufactured microwave oven ····· 58
Fig. 5. Manufactured microwave oven of batch type ····· 59
Fig. 6. Inside of manufactured microwave oven. ····· 60
Fig. 7. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs by steam treatment. ····· 77
Fig. 8. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs by microwave treatment. ····· 78
Fig. 9. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs by microwave treatment after polyethylene packed. ····· 79
Fig. 10. Polyethylene and polypropylene pack used to storage and cook of frozen doughs. ····· 82
Fig. 11. Frozen dough packed with polypropylene. ····· 82
Fig. 12. Scanning electron micrograph(SEM) of frozen doughs stored for 30 days at different temperatures. ····· 95
Fig 13. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs stored for 30 days at -20℃. ····· 107
Fig. 14. Evaporation loss of moisture after microwave oven cooking of frozen dumpling. ····· 117
Fig. 15. The change of temperature after microwave oven cooking of frozen dumpling. ····· 119
Fig. 16. Scanning electron microscope(SEM) of frozen dough stored for 10 days at -20℃. ····· 129

목 차

제 1 장. 연구개발과제의 개요 ····· 31
제 1 절. 연구의 개요 ····· 31
제 2 절. 연구의 필요성 ····· 33

제 2 장. 국내외 기술개발 현황 ····· 35
제 1 절. 국내·외 냉동산업의 현황과 문제점 ····· 35
제 2 절. 관련기술 현황과 문제점 ····· 38

제 3 장. 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 40

제 1 절 재료 및 방법 ····· 40

1. 원료전분의 전자레인지 가열조리에 대한 호화 및 노화특성 검토 ····· 40

가. 재료 ····· 40
1) 기본반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조 ····· 40
2) 혼합반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조 ····· 40
가) 첨가원료의 첨가량 결정 ····· 40
나) 혼합반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조 ····· 40
다) 시료의 저장 및 전처리 ····· 41

나. 실험 방법 ····· 45
1) 기호도 조사 ····· 45
2) 통계처리 ····· 45
3) 첨가원료에 따른 호화양상 ····· 45
4) α-amylase-iodine 법을 이용한 노화도 측정 ····· 45
5) Texture analyser를 사용한 물성 측정 ····· 46
6) 첨가원료에 따른 미세구조 관찰 ····· 46

2. Maltodextrin류 표면도포에 의한 냉동만두피의 전자레인지 가열특성 개선효과 ····· 47

가. 재료 ····· 47
1) 기본 및 혼합반죽물의 제조 ····· 47
2) 포장재질 및 포장방법에 따른 노화정도 ····· 47
3) 도포제의 선별 ····· 48
4) 시료의 저장 및 전처리 ····· 48

나. 실험 방법 ····· 50
1) 기호도 조사 ····· 50
2) 통계처리 ····· 50
3) 색도측정 ····· 50
4) 물성측정 ····· 50
5) 노화도 측정 ····· 50
가) Glucoamylase-DNS법 ····· 50
나) 열시차주사열분석 ····· 51
6) 미세구조 관찰 ····· 51

3. 해조다당류의 첨가가 냉동만두피의 품질 및 전자레인지 가열특성에 미치는 영향 ····· 52

가. 재료 ····· 52
1) 기본 반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조 ····· 52
2) 해조다당류가 첨가된 냉동만두피의 제조 ····· 52
3) 시료 저장 및 전처리 ····· 52

나. 실험 방법 ····· 54
1) 기호도 조사 ····· 54
2) 통계처리 ····· 54
3) 첨가원료에 따른 상승효과 및 상대점도 계산 ····· 54
4) 노화도 측정 ····· 55
가) Glucoamylase-DNS 법 ····· 55

나) 열시차주사열분석 ····· 55

5) 색도측정 ····· 56
6) 물성측정 ····· 56
7) 미세구조 관찰 ····· 56

4. 전자파 조절에 의한 품질개선방법 검토 ····· 57

가. 전자레인지 제작 ····· 57
1) 재료 및 방법 ····· 57
가) 재료 ····· 57
나) 제작 방법 ····· 57
(1) 적정 전자파 범위설정 ····· 61
(2) 적정 열풍 범위설정 ····· 61
다) 전자레인지 성능 비교실험 ····· 61
(1) 전자레인지 성능 비교실험 ····· 61
(2) 수분변화 ····· 61
(3) 온도변화 ····· 61
(4) 수분함량 ····· 61
(5) 비체적 ····· 62

나. 기존 제품과의 품질 비교 ····· 62

제 2 절. 결과 및 고찰 ····· 63

1. 전자레인지 가열조리에 대한 전분의 노화특성과 노화억제방법 검토 ····· 63

가. 원료전분의 전자레인지 가열조리에 대한 호화 및 노화 특성 검토 ····· 63
1) 첨가원료별 전자레인지 가열조리에 대한 개선효과 및 선별 ····· 63
가) 전분류 첨가에 따른 개선효과 ····· 63
나) 검류 및 다당류 첨가에 따른 개선효과 ····· 64
다) 유화제 첨가에 따른 개선효과 ····· 65
라) 효소류 첨가에 따른 개선효과 ····· 65

나. 제조공정별, 제조방법별 노화특성 및 억제방법 ····· 69
1) 선별된 첨가원료별에 따른 개선효과 ····· 71
가) 첨가원료에 따른 호화양상 ····· 71
나) 첨가원료에 따른 노화특성 ····· 72
다) 첨가원료에 따른 물성변화 ····· 74
라) 첨가원료에 따른 미세구조 관찰 ····· 76

2. 전분의 노화 억제 및 포장방법 검토 ····· 80

가. Maltodextrin류 표면도포에 의한 냉동만두피의 전자레인지 가열 특성 개선효과 ····· 80
1) 포장재질에 따른 노화억제방법 검토 ····· 80
가) 포장재질별 노화특성 ····· 81
나) 포장상태에 따른 노화특성 ····· 81
2) 도포제 종류에 따른 냉동만두피 표면개선효과 ····· 83
가) 도포제에 의한 품질개선효과 ····· 83
3) 저장조건에 따른 품질변화 ····· 85
가) 냉동만두피의 색도변화 ····· 85
나) 냉동만두피의 물성변화 ····· 88
다) 냉동만두피의 노화특성 ····· 91
라) 냉동만두피의 미세구조 관찰 ····· 94

나 복합 처리 조건에 따른 품질 개선 방법 검토 ····· 96
1) 해조다당류 첨가가 냉동만두피의 품질에 대한 미치는 효과 ····· 97
가) 해조다당류 첨가에 따른 점도변화 ····· 97
나) 혼합효과 및 상대점도의 계산 ····· 99
2) 해조다당류 첨가에 따른 노화특성 ····· 100
가) 포장재질에 따른 노화특성 ····· 100
나) 첨가원료에 따른 노화 특성 ····· 101
3). 저장기간에 따른 품질변화 ····· 102
가) 냉동만두피의 기호도 ····· 102
나) 냉동만두피의 색도변화 ····· 103
다) 냉동만두피의 물성변화 ····· 104

라) 냉동만두피의 노화특성 ····· 105
마) 냉동만두피의 미세구조 관찰 ····· 106

3. 경제성 분석 및 산업체 적용 실험 ····· 108

가. 전자파 조절에 의한 품질개선방법 검토 ····· 108
1) 전자파 조절에 따른 품질 개선방법 검토 ····· 108
가) 전자파 가열특성 ····· 108
2) 전자파 가열조건 검토 ····· 109
가) 적정 전자파 범위설정 ····· 109
나) 전자레인지의 적정 열풍 범위설정 ····· 113
3) 일반 및 제작 전자레인지의 냉동만두에 대한 가열특성 비교 ····· 114
가) 전자레인지 비교 ····· 114
나) 수분변화 ····· 116
다) 온도변화 ····· 118
라) 비체적 ····· 120

나. 일반제품과 시제품과의 품질 비교 ····· 121

다. 산업체 적용성 및 경제성 분석 ····· 122
1) 산업체 적용성 비교 ····· 122
2) 경제성 분석 ····· 126
가) 냉동만두피의 품질 비교 ····· 126
나) 냉동만두피의 미세구조 관찰 ····· 128
다) 생산원가 비교 ····· 130

제 4 장. 목표달성도 및 관련분야의 기여도 ····· 132

제 5 장. 연구개발 결과의 활용계획 ····· 133

1. 연구개발 결과의 활용 ····· 133

가. 학술논문개제 및 발표 ····· 133

1) 학술 논문개제 ····· 133
2) 학술 발표 ····· 133

나. 산업재산권 ····· 134

2. 연구개발 결과의 활용 계획 ····· 134

제 6 장. 참고문헌 ····· 135

제 1 장. 연구개발과제의 개요

제 1 절. 연구의 개요

우리나라 냉동조리식품의 대표주자인 만두는 원래 중국의 남만인(南蠻人)들의 음식으로 한국에는 조선 영조 때의 사람 이익(李瀷)의 글에 만두이야기가 나오는 것으로 보아 조선 중기 이전에 중국에서 들어온 것으로 보인다. 우리나라에서는 만두가 상용식이 아니고 겨울, 특히 정초에 먹는 절식으로 경사스러운 잔치에는 특히 고기를 많이 넣은 고기만두를 만들어 섭식하여왔다. 또, 지금은 사라진 풍습이지만 예전에는 큰잔치에서 끝을 장식하는 특별음식으로 대만두(大饅頭)를 만들기도 하였는데, 이것은 호두알만한 작은 만두를 큰만두 속에 가득 집어넣어 만든 것으로 이 대만두의 껍질을 자르고 그 속에서 작은 만두를 하나씩 꺼내 먹었다. 그러나 근래에는 절식으로 뿐만 아니라 평상시에도 손쉽게 흰떡과 함께 또는 그대로 만두국을 끓여 먹는 상식으로 섭식할 뿐 아니라 최근에는 대중음식으로 자리 잡아 편이점, 휴계소, 음식점 등 주변에서 쉽게 접할 수 있는 음식으로 판매되고 있으며 동시에 가정용 외식제품으로 냉동상태의 산업적 제품형태도 일반화 되어 있다.

일반적인 만두의 제조방법은 많은 시간과 노동력을 필요로 하기 때문에 근래에 와서는 가정에서 직접제조하기 보다는 가정에서 단순하게 가열하여 바로 섭취할 수 있는 제품형태로 생산되어 판매되고 있다. 특히 만두제품은 간편, 맛, 건강의 3요소를 고루 갖춘 식품으로 식품에 대한 선호가 급격히 변화하는 현대인의 선호추세에 가장 잘 부응하는 식품 중 하나로 생각할 수 있다. 이는 만두가 밀가루 반죽을 최대한 얇게 밀어서 만든 껍질에 여러 가지 재료들을 잘 다져서 섞고 양념하여 만든 소를 싸서 만든다는 점에서 다양한 원료가 한꺼번에 골고루 들어간 완전식품의 특징을 갖고 있고 개인의 기호도에 따라 조성을 쉽게 변경할 수 있기 때문이다. 따라서 최근에는 기본 제조방법은 기존의 만두제조방법과 유사하지만 첨가재료 또는 약간의 형태변화를 주어 신세대의 기호에 맞는 새로운 형태의 제품들이 판매되고 있다.

현재까지 만두가 우리나라 조리냉동식품의 선두주자로 많은 발전을 해왔고 시장잠재력 또한 큰 것으로 알려지고 있다. 그러나 제품 자체가 갖고 있는 노화현상이 기존 일반제품보다 빠르게 심각하게 진행되고 이것이 전자레인지용 제품개발에 한계로 작용한다는 점에서 편리화, 고급화를 추구하는 소비자의 기호성향을 맞추는데 많은 제한을 받고 있다. 따라서 냉동식품업계에서는 전자레인지용 제품에 많은 관심을 갖고 있음에도 가장 잠재력이 큰 냉동만두제품에 대해서는 만족할만한 제품을 내놓지

못하고 있는 실정이다. 이는 추후 냉동만두제품의 품질과 관련하여 가장 개선되어야 할 문제로 대두되고 있으며 현재까지 품질면이나 기술적인 면에서 보완해야할 연구과제로 남아있다.

제 2 절. 연구의 필요성

급격한 산업화에 따른 경제성장과 여성들의 사회참여 증가 등은 많은 생활양식의 변화를 초래하고 식문화는 점차 고급화, 다양화, 간편화를 추구하는 경향을 보이고 있다. 이에 따라 외식 횟수가 증가하면서 외식산업이 활성화되고 일반 가정에서 즉석에서 쉽게 섭식이 가능한 인스턴트식품, 레토르트식품 등의 가공식품들의 수요가 증가하는 특징을 보이고 있다. 특히 우리나라에서 냉동가공식품은 1980년 초부터 냉동만두류를 필두로 생산 판매하기 시작하면서 많은 냉동조리식품이 상품으로 나왔으며 최근 들어서는 국민식생활의 간편·편이지향적인 추세에 따라 편의식품의 소비급증과 함께 지속적인 증가를 보이고 있다.

국내 냉동가공식품시장에서 가장 대표적인 품목군은 냉동만두제품으로 지난 2002년 약 1천 159억 원에서 2003년 약 1천 522억 원대의 시장을 형성하여 냉동식품 전체 시장 중에서 약 35%를 차지하였다. 특히 만두류는 불경기에 성장하는 품목이긴 하지만, 한국인의 식습관에 가장 적합한 특징으로 원료 및 형태에 따라 다양한 제품의 구현이 가능하기 때문에 향후 지속적인 성장이 가능한 품목군으로 평가되고 있다. 만두제품도 소비자의 기호성향에 따라 기존의 교자만두에서 군만두, 철판군만두, 물만두, 포자만두, 손만두 등으로 제품이 고급·세분화되면서 조리법도 만두의 종류에 따라 다르지만 주요 조리열원으로는 가장 빠르고 손쉽게 조리가 가능한 전자파가 주로 사용되고 있다. 이러한 현상은 전자레인지의 보급률을 증가 시키고 이를 활용한 즉석식품의 활용도를 증가시키는 결과를 가져왔다.

현재 시판되는 대부분의 냉동식품이 이미 가열 조리된 상태로 냉동되어 판매되는 제품으로 가정에서 손쉬운 가열조작에 의해 섭식이 가능하도록 제조된 제품이다. 특히 냉동만두류와 일부 국수제품류는 대표적인 전분성 냉동식품으로 이들 제품은 저장기간이 긴 장점은 있으나 냉동저장 중 낮은 온도에서 식품표면의 수분이탈현상에 의해 전분분자간의 결합력이 증가하여 노화를 유발하거나 분자간의 결합이 유발되어 amylose분자가 본래와 다른 형태로 재결정화 되고, 유통과정 중 적정온도의 유지가 이뤄지지 않을 경우 전분의 점도증가 등으로 인한 경화현상, 전분 노화현상 및 식감저하 등의 품질저하현상이 발생하는 등의 문제점을 갖고 있다. 이러한 전분질 냉동식품의 유통, 저장 과정 외에 발생하는 문제점은 전자파를 이용한 전자레인지 가열조리시에도 유사한 결과를 초래한다.

전자레인지 가열조리는 식품에 투여되는 겉과 속의 에너지양에 차이가 있으나 직접가열에 비해 상대적으로 우수한 동시 가열성을 가지며, 열효율이 높아 조리시간이 짧고, 안정성이 높고, 여분의 열이나 연기가 없어 섭식용기를 그대로 활용할 수 있으

며 직접가열에 비해 식품의 색, 형태변화가 심하지 않는 등 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 전자레인지 가열조리에 의한 급격한 온도상승은 식품성분 중 전분의 전분-지방 복합체 형성(amylose-lipid complex), 겔화촉진, 결합수 등의 변화에 따른 경화 현상 등을 유발하여 일반 열전도에 의한 가열과는 다른 품질을 저하시키는 문제점을 발생시키는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 우리나라의 대표 냉동식품인 냉동만두(피)를 대상으로 저장기간 및 전자레인지 가열조리 후에 발생하는 품질저하현상을 개선하고자 실시하였다. 먼저 원료측면에서 문제해결을 위해 기존의 기본반죽물조성에 분자가 크고 불균일한 타원형의 서류전분 등, 전분질 식품의 경화를 억제하는 유화제류, 전분사슬을 가수분해하여 전분분획들이 쉽게 결정화되는 것을 방지하는 효소 등을 첨가하여 이들의 개선효과를 검토하고, 첨가원료 중 선별된 시료군을 대상으로 당량(dextrose equivalent; D.E)값이 5~18인 maltodextrin류 시트형태의 냉동만두피 표면에 도포하여 저장온도 및 저장기간에 따른 변화를 검토하였으며 이외에도 냉동전분류에 적합한 전자레인지를 자체적으로 제작하여 냉동만두류에 적합한 전자레인지 가열조건을 설정하였다.

제 2 장. 국내외 기술개발 현황

제 1 절. 국내·외 냉동산업의 현황과 문제점

우리나라에서 냉동가공식품은 냉동만두류를 필두로 1980년 초부터 생산 판매하기 시작하여 그 후 많은 냉동조리식품이 상품으로 생산판매 되어왔다. 최근 들어 국민식생활의 간편·편이지향적인 추세에 따라 편의식품의 소비가 급증하면서 1995년 현재 15개 업체에 이르고 있으며 조리냉동식품은 60개 업체에 달하며 계속적으로 증가할 추세로 예측되고 있다. 그러나 아직까지 관련협회와 조합 등의 단체가 전무한 실정으로 정확한 생산 및 소비, 수출입 등을 추정하기가 어려운 실정이다.

조리냉동식품의 시장현황을 전체냉동식품시장을 토대로 추정해보면 다음과 같다. 냉동식품시장은 1986년 아시안게임, 1988년 서울올림픽을 기점으로 해태제과, 제일제당, 동원산업 등이 가세하면서 활성화되기 시작하였다. 그 후 1996년 대림수산, 1998년 빙그레가 냉동식품에 진출하면서 냉동식품은 매년 평균 30%이상의 성장을 거듭해오다 1996년에는 최고치인 3,100억원에 이르렀다. 그러다가 1997년 이후에는 매년 감소를 보여 1997년 3,050억원, 1998년에는 1997년 대비 8%가 하락한 2,800억원대, 1999년 2,500억원대로 매년 매출이 감소하였으며 2000년을 기점으로 증가하는 경향을 보여 2003년에는 전체시장규모가 4,250억원으로 증가하였으며 2004년에는 전년대비 1.2% 성장률을 보인 4,300억원의 매출을 기록한 것으로 파악되었다.

표 1) 냉동식품 시장규모의 변동 추이 (단위:억원)

연 도	전체시장규모
1994	2,700
1995	2,900
1996	3,100
1997	3,050
1998	2,800
1999	2,500
2000	2,600
2001	2,562
2002	3,879
2003	4,250
2004	4,300

특히 국민소득의 증가와 여성의 사회진출확대는 소비자들의 식품에 대한 요구를 간편성과 편리성으로 냉동식품은 조리냉동식품과 완전조리냉동식품이 주류를 이루게 되었으며 전체냉동식품시장에서 냉동만두류는 가장 점유율인 큰 32%(2004년)를 차지하고 있다. 2003년은 광우병, 조류독감, 만두파동 등 식품업계가 전반적으로 큰 어려움을 겪은 시기로 특히 만두업계는 2003년 6월에 발생한 만두파동으로 인한 소비자의 불신이 냉동식품시장의 매출에 영향을 준 가운데 2004년 9월 3천200억원(전체 약 4천300억원)의 시장규모를 형성한 것으로 파악되고 있다.

1997년 이후 IMF영향, 학교급식 및 단체급식의 증가, 외식산업발달로 인해 냉동식품시장은 1999년까지 낮은 성장세가 지속되었으며, 업체별로 신제품의 출시미흡 및 만두를 중심으로 한 무리한 가격경쟁으로 가정용 냉동식품은 저성장세를 기록해왔다. 이러한 저성장세의 구체적인 원인에 대해서는 경제 불황 및 IMF로 인한 소비의 위축이 가장 큰 원인으로 작용하고 있지만, 다른 식품분야와 마찬가지로 소재의 빈곤에 허덕이고 있는 것이 가장 중요한 요소로 작용하고 있는 것으로 분석되고 있다. 이는 소재개발이 안되어 시장을 더 이상 확대하지 못하고 있고 기존 소비자의 냉동식품에 대한 이해부족과 업체의 홍보부족에도 큰 원인이 있다고 할 수 있으며 기타 외식산업의 발달이 빠른 속도로 냉동식품시장을 잠식하고 있는 것도 한 요인으로 분석되고 있다. 2004년도에는 만두류가 전체시장의 31%를 차지하며 2003년 대비 8%가 성장하였으나 2003년에는 6월에 발생한 만두파동으로 대다수의 만두업체들이 개점휴업상태였으며 몇몇 업체는 문을 닫는 경우도 있었다.

그러나 관련업체들의 위생과 건강 지향제품을 잇따라 출시하면서 소비자의 심리를 자극하는 판촉활동을 전개하고 제품의 다양화 및 고급화, 외식시장 특히 단체급식으로의 진출 등으로 상당수 업체들이 전년과 비슷한 매출실적을 보이게 되었으며 일부업체는 20%이상의 신장율을 기록한 것으로 조사되고 있다. 만두제품도 교자만두에서 군만두, 철판군만두, 물만두, 포자만두 등으로 고급·세분화하고 있는 것도 만두시장 성장의 큰 요인인 동시에 새로운 트렌드가 되었으며 만두에 대한 소비자의 인식도 저렴한 간식거리에서 제대로 된 먹을거리로 인식이 전환됨으로서 고급만두에 대한 수요가 증가하고 있는 실정이다.

그러나 최근의 웰빙 트렌드에 맞춘 소비자의 건강지향, 저가 고품질 추구 성향은 기존에 출시된 제품만으로는 국내냉동식품 시장의 큰 성장을 기대하기는 어려울 것으로 추정되고 있다. 이에 각 업체는 기술력 향상 및 수요계층 확대를 통한 새로운

시장발굴, 저가의 고품질 상품개발 등과 이외의 기술적인 면에서도 다양한 노력을 하고 있다. 구체적으로는 생산 기술적인 면에서 HACCP 방식에 의한 품질관리기술의 도입, 조리방법 및 조리기술의 개선, 냉동기술의 개선 등을 들 수 있으며 상품개발면에서는 전자레인지 가열 냉동식품에 대응하는 기술부가, 용기채로 전자레인지에 가열이 가능한 제품개발 등 소비자 요구에 대응하는 제품개발에 다양한 노력을 기울이고 있다.

냉동만두제품의 가장 큰 단점은 완제품의 유통 중의 만두피(전분)의 노화현상과 전자레인지 가열에 의해 만두피(전분)의 품질저하현상이다. 특히 전분의 노화현상은 전분제품에 심각한 문제로 추정하기 어려우나 제품의 상당량이 노화되어 버려지고 있는 것으로 알려지고 있다. 따라서 전분관련식품업체에서는 전분의 노화방지법을 개발하고 노화속도를 측정하는 방법을 확립하는데 많은 투자와 노력을 하고 있다. 현재까지 진행된 전분의 노화억제법으로는 주로 제빵중심으로 연구되어 왔으며 가장 일반적인 방법으로는 α-amylase와 같은 효소제를 사용하는 방법으로 제빵제조공정에 소량의 α-amylase를 첨가하여 전분의 가용성 부위를 분리하고 짧아진 amylopectin은 결정크기가 작아지면서 노화가 잘 일어나지 않게 하는 방법이다. 이외에 천연의 lecithin을 발효 처리하여 얻은 phospolipid(lysolecithin)를 빵속의 전분입자와 결합하여 전분의 노화를 지연시키는 역할을 하여 제품의 self-life를 연장시키거나 수분 보유력이 좋은 분자올리고당(olygosaccharides), 전화당과 같은 원료를 사용하여 완제품의 수분보유력을 증대시켜 노화를 지연시키기도 하고 온도에 따른 노화 진행정도를 조사하여 저장온도 조절에 의한 노화억제방법 등의 연구 등이 시행되고 있다.

위와 같은 노화억제방법들은 주로 전분으로만 구성된 제빵을 중심으로 사용되어 왔으며 아직까지 특별한 해결책을 찾아내지 못하고 있다. 특히 국내에서 가장 소비가 많으면서 일반화된 냉동만두류의 경우에는 제빵제품과는 달리 둘러싸고 있는 전분층(만두피)의 두께가 극히 얇아서 기존 전분제품보다 노화가 급격히 진행되는 특징을 갖고 있고 특히 전자레인지로 가열 조리할 경우에는 급격한 수분탈수로 인한 노화현상에 의해 식용이 불가능할 정도로 제품의 품질이 떨어지는 경향을 보임에도 불구하고 기존의 노화억제방법조차 적용하고 있지 않은 실정이다. 이는 지금까지의 국내냉동산업이 주로 대기업중심의 산업이기 때문에 중소기업이 참여하기에는 설비투자 등에 한계가 있으며 대기업에서도 시장점유율보다 수익성 확보를 더 중요시하는 경향이 있어 제품의 질보다는 품질이 낮은 원료를 사용하여 박리다매형태의 수익성 위주로 운영해온 것이 중요요인으로 작용하고 있다.

제 2 절. 관련기술 현황과 문제점

종래의 상업용 만두제품은 내열 포장용기에 포장하여 급속 동결시킨 조리냉동식품으로 소비자가 증숙 또는 전자레인지 조리로 섭식하는 방법이 일반적이다. 이러한 제품은 유통과정 중에 산소투과용 포장용기로 제품에 함유된 수분이 증발하여 수분이 공급되는 증숙조리 이외에는 제품의 품질특성이 저하되는 특징을 갖고 있다. 특히 전자레인지 조리에 적용 시에는 급격한 가열조건에 따른 수분증발로 품질이 저하되는 특징을 갖고 있어 이를 개선키 위해 만두에 랩을 씌우거나 물을 뿌리는 등의 방법을 이용하고 있으나 랩 사용의 번거로움과 유해성 문제, 물을 만두에 골고루 뿌리기가 쉽지 않은 문제점, 식감 개선효과 저하 등의 문제점이 있을 뿐만 아니라 근본적으로 유통 및 저장 과정 중에 만두에 함유된 수분의 증발을 방지할 수 없다.

이러한 문제점을 보완하기 위해 만두를 포장용기에 포장 시 물 또는 양념수를 냉동시켜 얻은 얼음판, 얼음조각 및/또는 빙석을 만두의 하부 및/또는 상부에 투입하여 만두의 겉마름 현상을 최소화시켜 만두의 보습성, 조직감, 복원성 및 풍미를 향상시킬 수 있는 전자레인지용 냉동 만두의 저장방법에 적용시켜왔다(공개번호 2003-0069121). 이외에 냉동 만두의 복원 시 만두의 탈수에 의한 외형 변화를 방지하고 풍미 및 조직감을 유지하고자 감자전분 및 초산전분, 솔비톨, 프로필렌글리콜 등을 만두피에 함유시키고(공개번호 2000-0050525), 즉석 물만두용 만두피에 다수의 관통 구멍을 만들어 90℃ 이상의 물로 즉석 복원이 가능한 동결건조만두에 대해 개시하고 있다(공개번호 2003-0031572). 또 만두피를 스팀으로 호화시켜 숙성시킨 후 압연하고 과육 시럽을 함유하는 만두 속을 넣어 급속 냉동한 후, 조리 시 가열하지 않고 냉동상태 또는 녹여서 먹을 수 있는 냉동만두의 제조방법(공고 특허 95-011584)에 대해 알려져 왔으며, 또한 제품의 모양에 따라 냉동식품을 담을 수 있는 다수의 요입부를 형성한 채반형 용기를 저면에 수로가 형성되게 요철부를 형성한 물받침 용기의 내부에 삽입시켜 가열 시 채반형 용기의 일측에 형성된 물주 입구를 통해 저부의 물받침 용기에 물을 주입하여 전자레인지 가열조리 시 증기나 뜨거운 물이 제품에 직접 접촉하도록 고안된 전자레인지용 가열수분 순환방식 냉동식품용기에 대해 개시되고 있다(한국실용신안등록 0250078).

그러나 이러한 방법들은 조리 시 수분 공급을 통해 탈수 및 조직 파괴를 개선하고자 시도한 방법으로 저장 또는 유통과정 중 이미 발생된 만두의 탈수에 의해 조직감, 풍미 및 복원성이 저하된 문제점과 외부충격에 의한 만두의 손상은 개선시키지

못하는 단점을 갖고 있다.

이외 만두피에 직접 첨가하는 방법으로 위에서와 같이 감자전분 및 초산전분, 솔비톨, 프로필렌글리콜 등을 첨가하는 것(공개번호 2000-0050525)과 같이 곤약 전분을 이용한 만두피 및 면류를 제조하여 즉석 물만두의 만두피 또는 면류를 장시간 물속에 담아 두어도 외형과 쫄깃한 상태를 유지시키고 면류를 투명하게 하여 시각적으로 미각을 돋우게 할 수 있는 곤약 전분을 이용한 만두피 및 면류 제조방법(공개번호 1998-0077437)도 알려져 있다. 그리고 만두의 복원력을 우수하게 하기 위해 만두소에 톨루엔을 첨가하여 부패를 방지하고 만두표피에 관통구멍을 뚫어 수분이 용이하게 침투하여 5~6분 내에 복원시키는 제조방법(공개번호 2003-0031572)도 알려져 있다. 이러한 제조 방법들도 주로 물만두나 즉석용 냉동만두로서 전자레인지 가열조리 시에 발생하는 문제점을 직접적으로 해결하지는 못하는 문제점을 갖고 있다.

제 3 장. 연구개발수행 내용

제 1절. 재료 및 방법

1. 원료전분의 전자레인지 가열조리에 대한 호화 및 노화특성 검토

가. 재료

본 실험에 사용된 밀가루는 대한제분(주) 강력분(일등품), 중력분(일등품)을 사용하였으며, 그 외 반죽의 품질개선을 위해 사용된 전분류, 검류, 다당류, 유화제류 및 효소류 등의 원료는 Table 2에 나타내었다.

1) 기본반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조

냉동 만두제조업체(S사, P사 등)에서 일반적으로 활용되고 있는 국수 및 만두제품 반죽물의 제조공정(Fig. 1)을 실험실적으로 진행하였다. 기본반죽(Table 1)은 반죽기(K5SS Kitchen Aid, USA)를 사용하여 flat beater로 기초반죽 5분(control speed 1), dough hook으로 본반죽 30분(control speed 2)을 마친 후 4℃ 냉장(GC-114 FDMP, LG전자)에서 1시간 숙성시켰다. 숙성을 마친 반죽물은 sheet형태(30×30×1 mm)로 성형(반죽성형기기, A-RYUK)하고 3분간 찜기(HT-207 Hisen HAH TECH)로 증숙시킨 후 -70℃로 급속냉동(DF8510 ilshin Lab Co., Ltd)하여 제조하였다.

2) 혼합반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조

가) 첨가원료 첨가량 결정

반죽물의 품질개선을 위해 전분류 첨가원료는 반죽물 총량의 1, 3, 5 및 7%로 각각 달리하여 첨가하고, 유화제, 검류 및 다당류 첨가원료는 반죽물 총량의 0.1, 0.2 및 0.3%로 첨가하여 제조한 후 실험을 통해 선정하였다.

나) 혼합반죽물 냉동만두피의 제조

각각의 첨가원료의 적정 첨가량은 전분류 5%, 유화제류 및 검류 0.1%를 반죽물 조성(Table 1)에 첨가하여 기본반죽물의 제조공정(Fig. 1)과 동일하게 각각의 혼합반죽물 냉동만두피를 제조하였다.

Table 1. Composition of materials for base and mixing dough

Composition	Base dough(%)	Mixing dough(%)
Strong flour	49.63	49.63-X/2
Medium flour	49.63	49.63-X/2
Salt	0.74	0.74
Additives	-	X[1)]
Total	100.00	100.00
Water	45.00	45.00

[1)]Additive percentage.

다) 시료의 저장 및 전처리

냉동만두피는 polyethylene 수지로 포장한 시료와 비포장 시료로 나누어 -20℃에서 48시간 저장하였고 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)를 사용하여 30초 동안 재가열조리하여 사용하였다.

Table 2. The additives used to improve physical properties of frozen dough

Classification		Materials
Starches	Cereal	CO(Corn; Sungjin Food), GR(Glutinous; Jungwon Food)
	Roots	PO(Potato; Samkwang Food) TA(Tapioca; casava starch, Samyang genex)
	Modified	SG(Sunsupergel; pregelatinazed waxy starch, Samyang genex) ST(Suntender; acetylated distarch adipate, Samyang genex) SF(Sunfree; emulsification stabililty starch, samyang genex) VA(VA100; hydroxyl propylate distarch phosphate, Avebe, Nederlands) T4(T420; modified-tapioca starch, Avebe, Nederlands) AG (AG600; modified potato starch, Avebe, Nederlands) KM(KMU-2; oxidized tapioca starch, Matsutani, Japan) K(78-0148K; pregelatinized corn starch, National Starch, Denmark) RS(Red-star; sticky corn starch, Doosan)
Gums		AR(Arabic gum; Sanmaul Food), GA(Guar gum; Sanmaul Food), XT(Xanthan gum; xanthomonas campestris, Sanmaul Food), CF1(CFN06; pulp hydrolysis starch, Samsung Fine Chemicals) CF2(CFN15; pulp hydrolysis starch, Samsung Fine Chemicals) CF3(CFN60; pulp hydrolysis starch, Samsung Fine Chemicals) CMC(CMC; carboxy methyl cellulose, Young Add F.I)
Polysaccharides		GM(Glucomannan; Hanmi Food), CR(Carrageenan; Il Shin Emulsifier Co., Ltd), SA(Sodium Alginate; kelco, Janpn), A(Agar; MSC Co., ltd)
Emulsifiers		IA(Improvement agents; Il Shin Emulsifier Co., Ltd) T(Thickener; Il Shin Emulsifier Co., Ltd) E(E-600; natural substance mixing agents, Il Shin Emulsifier Co., Ltd) S1(S-770; sucrose fatty acid esterification, RYOTO, Japan), S2(S-1170; sucrose fatty acid esterification, RYOTO, Japan), S3(S-1570; sucrose fatty acid esterification, RYOTO, Japan)
Enzymes		▫-amylase I (*Bacillus sp.* Sigma, USA), ▫-amylase II (*Aspgillus or.* Sigma, USA), Novamyl(*Bacillus st.* Novo, Denmark), Noopazyme(*Aspergillus or* novo, Denmark)

Total 500 g	strong flour+medium flour+additive
↓	
Mixing	for 5 min at room temp.(℃)
↓	
Add water	45% of total, 225 g
↓	
Dough	for 30 min at room temp.(℃)
↓	
Ripening	for 1 hr at 4℃
↓	
Sharp	30×30×1 mm
↓	
Steam	for 3 min at boiling point of water
↓ frozen for 30 min at -70℃	
Storage	for 48 hr at -20℃
↓ PE Pack & Non-pack	
Microwave cooking	for 30 sec in 750 W and 2,450 ㎒
↓	
Investigation	sensory evaluation, retrogradation, texture etc.
↓	
Result	

Fig. 1. Manufacturing process of frozen dough(sheet).

dough after sharp

dough after Steam

dough after Frozen

Fig. 2. The change of frozen dough during manufacturing process.

나. 실험 방법

1) 기호도 조사

냉동저장 시료들은 증숙 및 전자레인지(M-M270TC LG전자) 가열조리 후 선별된 10인의 패널을 통하여 9점 평점법으로 텍스쳐(Texture), 외관(Appearance), 색감(Color) 등에 대하여 기호도 조사를 실시하였다. 점수의 척도는 9점 평점법으로 수치가 클수록 텍스쳐, 외관, 색감이 좋은 것으로 평가하였다.(예, 1점: 매우 나쁘다, 5점: 그저 그렇다, 9점: 매우 좋다) 시료의 가열조리 시 전자레인지의 기계적 조건은 정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒ 으로 30초 동안 재가열 조리한 후 실험에 사용하였다.

2) 통계처리

실험결과의 통계처리는 window용 SAS 7.5 program을 사용하였으며, 분산분석(ANOVA: analysis of variance)과 Duncan의 다중범위검증법(DMRT : Duncan's multiple range test)(1)으로 유의성을 검정하였다.

3) 첨가원료에 따른 호화양상

기호도에 따라 선별된 6종의 혼합전분은 Amylogram(Brabender사, Germany)을 사용하여 Medcalf 및 Gilles의 방법(2)을 변형하여 각 시료의 농도를 8% 현탁액으로 제조하여 amylogram 용기에 넣고 35℃부터 1.5℃/min 의 속도로 95℃ 가열온도까지 가열한 다음 15분간 유지시키고 다시 1.5℃/min의 속도로 50℃까지 냉각시키면서 측정하였다.

4) α-amylase-iodine 법을 이용한 노화도 측정

전자레인지 가열조리에 의한 시료의 노화정도는 Tsuge 등(3)의 α-amylase를 이용한 노화도 측정방법을 변형하여 측정하였다. 방법은 시료 250 mg에 증류수 50 mL를 가하여 균질기(Biohomogenizer M133/1281-0, ESGE, Switzerland)로 혼합한 후 5 mL을 취하고 증류수 3 mL, 0.1 M 인산 완충용액(pH 6.0, 0.3% NaCl) 2 mL, α-amylase(EC 3.2.1.1 from Bacillus species, 51 units/mg solid, sigma U.S.A.)용액 2 mL(7 unit)을 가한 다음, 37℃ 항온수조에서 10분 동안 반응시켰다. 4 N NaOH 용액 5 mL를 가하고 4 N HCl로 pH를 중성으로 맞춘 후 증류수를 이용하여 100 mL로 만들었다. 이 용액 10 mL과 요오드 용액(0.2% I_2-2% KI, w/v) 5 mL를 반응시킨 후 증류수를 가하여 100 mL로 만들고. 실온에서 20분 동안 방치한 후 분광광도계(Jasco

V-550, Japan)를 이용하여 625 nm에서 흡광도를 측정하였다. 냉동만두피의 노화도(degree of retrogradation; %)는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{노화도}(\%) = 100 - \frac{a-b}{a-c} \times 100$$

이때, a는 총 전분 분획의 흡광도, b는 효소 반응시킨 후 전분 분획의 흡광도, c는 효소에 의해 완전히 분해된 후 전분 분획의 흡광도이다.

5) Texture analyser를 사용한 물성 측정

텍스쳐 측정기(texture analyser, Model XT2, Stable Micro Systems Co., England)를 사용하여 전자레인지 가열조리한 시료{(30×30×1 mm)×3sheet}를 2단 압착시험(two-cycle compression test)으로 측정하였다. 이때의 측정조건은 test speed 120 mm/min, probe type은 cylindrical type, diameter 40 mm, force 200 g, depth 0.5 mm로 측정하였다.

6) 첨가원료에 따른 미세구조 관찰

증숙 및 전자레인지 가열조리한 시료를 동결건조(Il sin engineering Co.)하여 gold-polladium ionsputter(C1010 Hitachi, Japan)로 코팅처리 후 SEM(scanning electron microscope; S2380N Hitachi, Japan)을 사용하여 가속전압 18 KV에서 각각의 냉동만두피 표면의 미세구조를 관찰하였다(4).

2. Maltodextrin류 표면도포에 의한 냉동만두피의 전자레인지 가열 특성 개선효과

가. 재료

본 실험에서 사용된 밀가루는 대한제분(주)의 일등품인 강력분, 중력분을 (주)삼양제넥스의 타피오카(tapioca; TA)전분을 구입하여 사용하였다. 도포제로 사용한 4종의maltodextrin류(M1, M2, M3, M4; Grain processing Co. Ltd, USA)를 공시재료로 사용하였다.

1) 기본 및 혼합반죽물 제조

Table 3을 참고하여 상기 1의 냉동만두피 제조방법과 동일하게 반죽(기본반죽죽 5 min, 본반죽 30 min)→ 숙성(1 hr, 4℃)→ 성형(50×50×1 mm)과정을 거쳐 기본반죽물 및 5% TA 혼합반죽물을 제조하였다.

Table 3. Composition of materials for base and tapioca[1)] dough

Composition	Base dough(%)	5% Tapioca dough(%)
Strong Flour	248.15g(49.63)	235.65g(47.13)
Medium Flour	248.15g(49.63)	235.65g(47.13)
Tapioca	-	25.00g(5.00)
Salt	3.70g(0.74)	3.70g(0.74)
Total	500.00g(100.0)	500.00g(100.0)
water	225.00g(45.00)	225.00g(45.00)

[1)]5% Tapioca

2) 포장재질 및 조리 시 포장방법에 따른 노화정도

도포된 5% TA 냉동만두피를 무포장, polyethylene 및 polypropylene 밀봉 포장하고, -20℃에서 30일간 저장하여 포장재질 및 포장 조리방법에 따른 노화정도를 검토하였다.

3) 도포제 선별

도포제로 사용한 maltodextrin류 M1(D.E: 5), M2(D.E: 10), M3(D.E: 9-12), M4(D.E: 18) 등은 0, 3, 5, 7 및 10%로 각각 제조하였다. 상기 1의 냉동만두피제조공정과 동일하게 반죽(기본반죽 5 min, 본반죽 30 min)→ 숙성(4℃에서 1hr)→ 성형(50×50×1 mm)→ 증숙(끓는점에서 3 min)시킨 즉시 분무기(K-280, Komax산업)를 사용하여 반죽물 표면을 촉촉하게 도포(1.25 mL/sheet)한 다음 -70℃로 급속 동결(DF8510 Ilshin Lab Co., Ltd) 후 polypropylene(PP) 포장하여 -20℃에서 48시간 저장시켰다(Fig 3). 저장을 마친 시료는 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒) 가열조리한 다음 기호도 조사를 실시하였다.

4) 시료의 저장 및 전처리

증숙 즉시 선별된 도포제로 도포된 시료는 -70℃에서 급속동결 시켜 polypropylene 수지로 포장한 시료와 비포장 시료로 나누어 각각을 0℃, -20℃ 및 -50℃에서 90일간 저장하고, 냉동만두피는 전자레인지를 사용하여 정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒의 조건으로 30초 동안 재가열조리하였다.

Total 500 g	strong flour+medium flour+additive
↓	
Mixing	for 5 min at room temp.(℃)
↓	
Add water	45% of total, 225 g
↓	
Dough	for 30 min at room temp.(℃)
↓	
Ripening	for 1 hr at 4℃
↓	
Sharp	50×50×1 mm
↓	
Steam	for 3 min at boiling point of water
↓	
Coating	surface coating in Maltodextrin type
↓ frozen for 30 min at -70℃	
Storage	for 90 days at 0, -20, -50℃
↓ Package	
Microwave cooking	for 30 sec in 750 W and 2,450 ㎒
↓	
Investigation	sensory evaluation, retrogradation, texture etc.
↓	
Result	

Fig. 3. Manufacturing process of frozen dough(Sheet) coated with various maltodextrin solutions.

나. 실험 방법

1) 기호도 조사

상기 1의 기호도 조사와 동일하게 냉동저장 시료들을 전자레인지(M-M270TC LG전자) 가열조리한 후 선별된 10인의 패널을 통하여 9점 평점법으로 텍스쳐(Texture), 외관(Appearance), 색감(Color) 등에 대하여 기호도 조사를 실시하였다. 점수의 척도는 9점 평점법으로 수치가 클수록 텍스쳐, 외관, 색감이 좋은 것으로 평가하였다. (예, 1점: 매우 나쁘다, 5점: 그저 그렇다, 9점: 매우 좋다) 시료의 가열조리 시 전자레인지의 기계적 조건은 정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒ 으로 30초 동안 재가열조리한 후 사용하였다.

2) 통계처리

실험결과의 통계처리는 window용 SAS 8.1 program을 사용하였으며, 분산분석(ANOVA: analysis of variance)과 Duncan의 다중범위검증법(DMRT; Duncan's multiple range test)(1)으로 유의성을 검정하였다.

3) 색도측정

시료를 전자레인지 가열조리한 후 색차계(CR-300 series, sun Scientific Co. Ltd., Japan)를 사용하여, Hunter Scale에 따라 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 3회 반복 측정한 후 평균값을 표시하였다.

4) 물성측정

물성 측정기(Sun Rheometer Compac 100 Sun Scientific Co., Ltd, Japan)를 사용하여 전자레인지로 가열조리한 시료를 2단 압착시험(mastication test)으로 기계적 물성 변화를 측정하였다. 이때의 측정조건으로 test speed 120 mm/min, load cell 2 kg, adaptor type은 No.1 round, diameter 20 mm, depth 0.3 mm로 하였다.

5) 노화도 측정

가) Glucoamylase-DNS법

전자레인지 가열조리에 의한 시료의 노화정도는 김과 노 방법(9)에 따라 glucoamylase로 소화시켜 생성된 glucose 함량을 DNS법으로 측정하였다. 즉, 건조시료 100 mg을 유리균질기에 취하여 증류수 8 mL를 가해 균일한 현탁액을 만들고 그

중 2 mL씩 2개의 시험관에 취하여 현탁액(A) 및 완전 호화액(B)으로 하였다. 현탁액(A)에는 2 M acetic buffer(pH 4.8) 1.6 mL와 증류수 0.4 mL를 가하였으며, 완전 호화액(B) 10 N NaOH 0.2 mL를 가하여 실온에서 완전히 용해시킨 후 2 N acetate 1.6 mL를 첨가하였다. 한편 blank은 현탁액(A)와 동일한 조건으로 하였다. 이렇게 만든 (A) 및 (B)에 glucoamylase 효소액(12 unit/mL)을 1 mL씩 가하여 37℃에서 1시간 동안 반응시킨 후 100℃에서 10분간 가열처리하여 효소를 불활성시켜 효소반응을 종결하고 반응액 0.5 mL를 취하여 증류수로 5배 희석한 희석액 0.5 mL를 취해 DNS법으로 환원당을 정량하여 다음 식에 따라 노화도를 측정하였다.

$$\text{호화도}(\%) = \frac{Sh}{Sa} \times 100$$

노화도= 100 -호화도

Sh= q-q′
Sa= p-q′
p : 완전 호화액의 흡광도
q : 현탁액의 흡광도
q′: blank의 흡광도

나) 열시차주사열분석

O-ring을 갖고 있는 stainless steel pan에 전자레인지 가열조리한 시료를 약 14 mg를 담고 밀봉한 후 신(5)과 Donovan(6) 등의 방법에 따라 열시차주사열분석기(Perkin-Elmer DSC-4, USA)를 이용하여 40℃부터 150℃까지 10℃/min의 승온속도로 가열하여 조사하였다. 이때 얻어진 흡열곡선으로부터 초기온도(To)와 종료온도(Tc) 및 엔탈피(ΔH)를 구하여 냉동만두피의 노화정도를 조사하였다.

6) 미세구조 관찰

상기 1의 미세구조 관찰방법과 같이 전자레인지 가열조리한 시료를 동결건조(Il sin engineering Co.)하여 gold-polladium ionsputter(C1010 Hitachi, Japan)로 코팅처리 후 SEM(scanning electron microscope; S2380N Hitachi, Japan)을 사용하여 가속전압 18 KV에서 냉동만두피 표면의 미세구조를 관찰하였다(4).

3. 해조다당류의 첨가가 냉동만두피의 품질 및 전자레인지 가열특성에 미치는 영향

가. 재료

본 실험에서 사용된 밀가루는 대한제분(주)의 일등품인 강력분, 중력분을 (주)삼양제넥스의 타피오카(tapioca; TA)전분을 구입하여 사용하였다. 그 외 반죽의 품질개선을 위해 사용된 해조다당류인 카라기난(Carrageenan; CR, Il Shin Emulsifier Co., Ltd), 알긴산염(Sodium alginate; SA, Sigma, USA) 등을 공시재료로 사용하였다.

1) 기본반죽물을 이용한 냉동만두피의 제조

상기 제 1 절의 기본 만두피 제조과정과 동일하게 반죽(기본반죽죽 5 min, 본반죽 30 min)→ 숙성(1hr, 4℃)→ 성형(50×50×1 mm)→ 증숙(끓는점에서 3min)과정을 거쳐 냉동만두피를 제조하였다.

2) 해조다당류가 첨가된 냉동만두피의 제조

해조다당류가 첨가된 냉동만두피는 0.1% 알긴산염(TSA)과 0.1% 카라기난(TCR)이 각각 첨가하여 Table 4와 같은 조성으로 Fig. 3-1의 제조공정에 따라 제조하였다.

3) 시료 저장 및 전처리

상기의 만두피 제조공정에 따라 제조하여 -70℃에서 급속동결된 시료는 polypropylene로 포장하여 -20℃에서 90일간 저장하여 실험용 시료로 사용하였다. 실험용 시료(냉동만두피)는 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)를 이용하여 30초 동안 재가열조리한 후 실험에 사용하였다.

Table 4. Composition of materials for tapioca[1)] dough with sodium alginate and carrageenan

(unite: g)

Composition	Dough[2)] Content(%)		
	Control	TSA	TCR
Strong Flour	235.65(47.13)	235.40(47.08)	235.40(47.08)
Medium Flour	235.65(47.13)	235.40(47.08)	235.40(47.08)
Tapioca	25.00(5.00)	25.00(5.00)	25.00(5.00)
Sodium alginic acid	-	0.50(0.10)	-
Carrageenan	-	-	0.50(0.10)
Salt	3.70(0.74)	3.70(0.74)	3.70(0.74)
Total	500.00(100.0)	500.00(100.0)	500.00(100.0)
Water	225.00(45.0)	225.00(45.0)	225.00(45.0)

[1)]5% Tapioca

[2)]Control: 5% frozen dough containing tapioca dough, TSA; frozen dough containing 5% tapioca and 0.1% sodium alginate, TCR; frozen dough containing 5% tapioca and 0.1% carrageenan.

나. 실험 방법

1) 기호도 조사

상기 1의 기호도 조사와 동일하게 냉동저장 시료들을 전자레인지(M-M270TC LG전자) 가열조리한 후 선별된 10인의 패널을 통하여 9점 평점법으로 텍스쳐(Texture), 외관(Appearance), 색감(Color) 등에 대하여 기호도 조사를 실시하였다. 점수의 척도는 9점 평점법으로 수치가 클수록 텍스쳐, 외관, 색감이 좋은 것으로 평가하였다. (예, 1점: 매우 나쁘다, 5점: 그저 그렇다, 9점: 매우 좋다) 시료의 가열조리 시 전자레인지의 기계적 조건은 정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒ 으로 30초 동안 재가열조리한 후 사용하였다.

2) 통계처리

실험결과의 통계처리는 window용 SAS 8.1 program을 사용하였으며, 분산분석(ANOVA: analysis of variance)과 Duncan의 다중범위검증법(DMRT; Duncan's multiple range test)(1)으로 유의성을 검정하였다.

3) 첨가원료에 따른 상승효과 및 상대점도 계산

상승효과는 타피오카(TA) 전분과 해조다당류인 알긴산염(SA)과 카라기난(CR) 각각을 혼합 후 용액의 점도를 혼합 전 각각의 용액점도 값을 더한 것으로 나눈 값으로서 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{상승효과(Synergistic effect)} = \frac{(AB)}{(A)+(B)}$$

(A); A를 지정 농도의 용액으로 했을 때 측정된 점도 값
(B); B를 지정농도의 용액으로 했을 때 측정된 점도 값
(AB); A와 B를 각각 동일 지정 농도씩 섞어 용액으로 했을 때 측정된 점도 값

한편, 상대점도(relative viscosity)는 8%의 전분현탁액의 점도값에 대한 각 혼합용액의 점도값의 비율로 하였다(7).

4) 노화도 측정

가) Glucoamylase-DNS 법

전자레인지 가열조리에 의한 시료의 노화정도는 상기 2와 같이 김과 노의 방법(9)에 따라 glucoamylase로 분해시켜 생성된 glucose 함량을 DNS법으로 측정하였다. 즉, 건조시료 100 mg을 유리균질기에 취하여 증류수 8 mL를 가해 균일한 현탁액을 만들고 그 중 2 mL씩 2개의 시험관에 취하여 현탁액(A) 및 완전 호화액(B)으로 하였다. 현탁액(A)에는 2 M acetic buffer(pH 4.8) 1.6 mL와 증류수 0.4 mL를 가하였으며, 완전 호화액(B) 10 N NaOH 0.2 mL를 가하여 실온에서 완전히 용해시킨 후 2 N acetate 1.6 mL를 첨가하였다. 한편 blank은 현탁액(A)와 동일한 조건으로 하였다. 이렇게 만든 (A) 및 (B)에 glucoamylase 효소액(12 unit/mL)을 1 mL씩 가하여 37℃에서 1시간 동안 반응시킨 후 100℃에서 10분간 가열처리하여 효소를 불활성시켜 효소반응을 종결하고 반응액 0.5 mL를 취하여 증류수로 5배 희석한 희석액 0.5 mL를 취해 DNS법으로 환원당을 정량하여 다음 식에 따라 노화도를 측정하였다.

$$\text{호화도}(\%) = \frac{Sh}{Sa} \times 100$$

노화도= 100 -호화도

Sh= q-q′
Sa= p-q′
p : 완전 호화액의 흡광도
q : 현탁액의 흡광도
q′: blank의 흡광도

나) 열시차주사열분석

상기 2와 같이 O-ring을 갖고 있는 stainless steel pan에 전자레인지 가열조리한 시료를 약 14 mg를 담고 밀봉한 후 신(5)과 Donovan(6) 등의 방법에 따라 열시차주사열분석기(Perkin-Elmer DSC-4, USA)를 이용하여 40℃부터 150℃까지 10℃/min의 승온속도로 가열하여 조사하였다. 이때 얻어진 흡열곡선으로부터 초기온도(To)와 종료온도(Tc) 및 엔탈피(ΔH)를 구하여 냉동만두피의 노화정도를 조사하였다.

5) 색도측정

상기 2와 같은 방법으로 시료를 전자레인지 가열조리한 후 색차계(CR-300 series, sun Scientific Co. Ltd., Japan)를 사용하여, Hunter Scale에 따라 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 3회 반복 측정한 후 평균값을 표시하였다.

6) 물성측정

상기 2와 같이 물성 측정기(Sun Rheometer Compac 100 Sun Scientific Co., Ltd, Japan)를 사용하여 전자레인지로 30초 동안 가열조리한 시료를 2단 압착시험(mastication test)으로 기계적 물성 변화를 측정하였다. 이때의 측정조건으로 test speed 120 mm/min, load cell 2 kg, adaptor type은 No.1 round, diameter 20 mm, depth 0.3 mm로 하였다.

7) 미세구조 관찰

상기 1의 미세구조 관찰방법과 같이 전자레인지에서 30초 동안 가열조리한 시료를 동결건조(Il sin engineering Co.)하여 gold-polladium ionsputter(C1010 Hitachi, Japan)로 코팅처리 후 SEM(scanning electron microscope; S2380N Hitachi, Japan)을 사용하여 가속전압 18 KV에서 각각의 냉동만두피 표면의 미세구조를 관찰하였다(4).

4. 전자파 조절에 의한 품질개선방법 검토

가. 전자레인지 제작

1) 재료 및 방법

가) 재료

LG社(MR-303S)에서 제작된 가정용 전자레인지를 한영전자의 온도조절기(HY 8000S series) 및 온도센서(HY DX9-DC WNR), 로드셀(BS300A, Bongshin LoadCell co.)과 전자파 누설장치(Holaday Industries. Inc. USA) 등을 부착하여 본 실험에 적합한 전자레인지를 제작하였다. 전자레인지 기계적 조건 설정을 위해 사용한 냉동만두와 냉동만두피는 상업용 제품(S社)을 구입하여 사용하였다.

나) 제작 방법

전분성 냉동식품의 가열조리특성을 분석하고 적정 가열조건을 설정하기 위하여 전자파 조절장치를 제작하였다. 전자레인지 기계적조건 설정을 위해 사용한 제작된 전자레인지(LG社, 정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)는 Fig. 4, 5, 6과 같이 제작하였으며 본체의 길이는 총 높이 1000 mm, 가로 800 mm, 세로 600 mm이며 실제적인 가용 내부 용량은 약 10 L이다. 본 장치의 건조부에 있어서는 전자파(0~750 MHz), 열풍건조장치, 풍속조절장치 등이 있으며 열풍 및 전자파가 단독 및 조합사용에 의해 가열조리시킬 수 있다. 조절부는 시료의 시료중심온도와 배기온도 및 전자파 강도조절이 가능하도록 Ib 조절기를 통해 전자파 강도를 조절하였고, 가열기는 열풍기와 전기히터로 구성되었다. 열풍은 압조절에 따라 모터의 회전속도에 의해 풍량을 조절하도록 하여 외기공기를 흡입하면 건조공기로 사용하는데 흡기팬의 출구 쪽에 전기히터(1.5 kw)가 설치되어 흡입된 외부공기를 가열열풍으로 만들어 전자레인지 내에 공급할 수 있도록 설계되었다. 또한 시료로부터 증발된 수분은 전자레인지 내에 설치된 배기닥트를 통해 흡입된 열풍에 의해 방출되도록 제작하였다. 전자파 혼합가열조리 실험장치의 온도조절 시스템인 Ib 조절기 및 열풍장치는 시료의 가열조리조건과 특성을 고려하여 전자파조절과 열풍기가 독립적으로 작동되도록 구성되었다. 온도조절기의 작동범위는 LBA값을 2℃로 하였고, ALH는 5℃로 설정하여 센서온도가 설정온도 보다 2℃높으면 꺼지고 5℃낮으면 켜지도록 하였다.

조리가열 중 시료의 무게는 load cell(BS300A, Bongshin co.)에 의해 시시각각으로 변하는 무게변화를 측정하였다. 특히 전자파가 전자레인지 밖으로 누설되는 것을

확인하기 위하여 전자파 누설측정장치(Microwave survey meter, Holaday Industries. Inc., USA)를 활용하였다.

전자파 혼합가열조리 실험장치의 중량측정 시스템을 일차 시스템의 예비실험결과 스트레인 게이지가 정확한 Electtronica社 제품을 이용하였고 그 신호를 indicator로 표시하여 피건조물의 중량변화를 나타내도록 하였으며 가열조리실험 중에 자동으로 컴퓨터에서 가열조리 시료중량을 측정할 수 있도록 제작하였다.

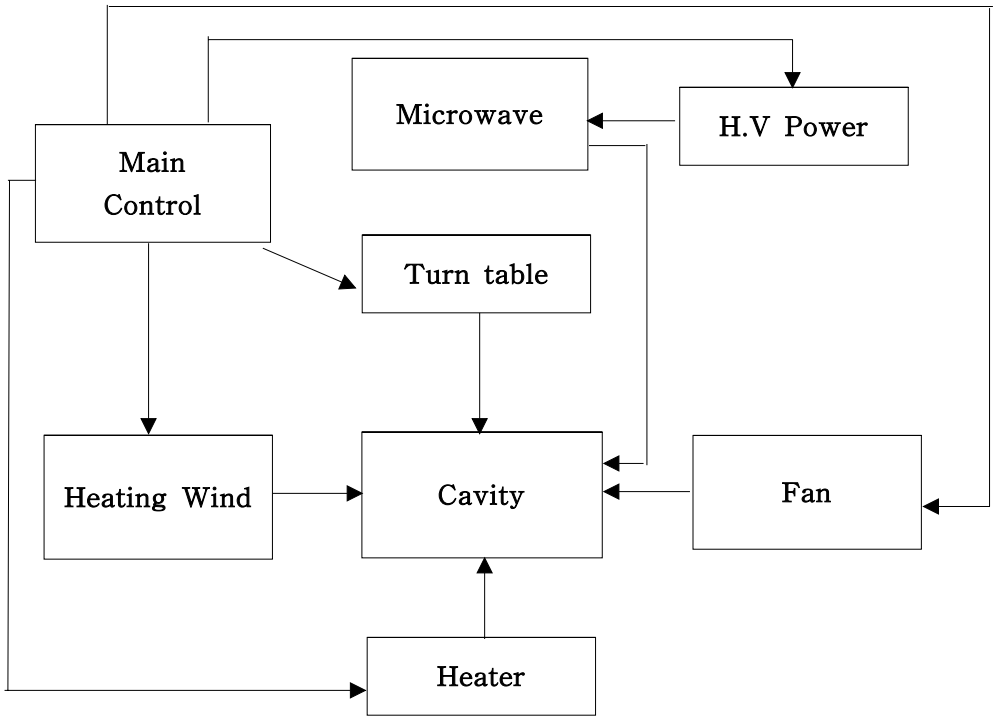


Fig. 4. Inside flow chart[1)] of manufactured microwave oven

[1)]제작된 전자레인지 내부의 온도조절은 전자파의 열원에 의해 가열 조리되는 피가열물로부터 발생되는 수분을 독립적으로 설치된 열풍기와 전기 히터에 의해 전자레인지 내부에서 신속하게 제거시키고, 이외에 냉동만두조리 시 시간 및 품질을 유지하기위한 적정한 공정으로 개발되었다.

Fig. 5. Manufactured microwave oven of batch type.

Fig. 6. Inside of manufactured microwave oven.

(1) 적정 전자파 범위설정

Batch형의 전자레인지(Fig. 5)에서 냉동만두피가 담긴 시료접시를 로드셀(BS300A, Bongshin co.) 위에 올려놓고 전자레인지 내에 별도로 장착된 온도센서를 냉동만두피 시료 중심에 끼운 후 온도조절기에 의해 전자레인지의 마그네트론이 설정온도 따라 작동되도록 하였다. (예, 시료의 중심온도가 50℃로 온도조절기를 작동시켰을 경우 시료의 중심온도가 52℃에서 마그네트론은 작동을 중지(LBA 2)하고 45℃로 낮아지면 다시 작동(ALH 5)되도록 on, off방식을 택하였다.) 본 실험은 냉동만두피에 가열조리 시 전자레인지 내의 풍속을 5단계로 고정시킨 상태에서 전자파 출력을 180, 200, 220, 240 Ib값으로, 시료중심온도(T1)와 배기온도(T2) 10℃간격으로 냉동만두피를 1분간 가열 조리하여 측정하였다.

(2) 적정 열풍 범위설정

선별된 Ib값을 고정시킨 후 송풍단계를 1~10단계로 조절하여 냉동만두피를 1분간 가열·조리하여 측정하였다.

다) 전자레인지 성능 비교실험

구입한 상업용 냉동만두를 시료로 사용하여 L社에서 구입한 (A)전자레인지와 본 연구에서 제작한 (B)전자레인지의 비교실험을 하였다(10).

(1) 전자레인지 성능 비교실험

(A)전자레인지의 냉동만두 가열조리시간(4분 50초)을 기준으로 하여 60초 간격으로 (A), (B)전자레인지 가열·조리하여 측정하였다.

(2) 수분변화

냉동만두 시료의 가열조리 전후의 무게차로서 시료내 수분변화를 측정하였다.

(3) 온도변화

(A), (B)전자레인지로 60초 간격으로 가열 조리한 냉동만두의 중심온도를 측정하였다.

(4) 수분함량

수분함량은 120℃ 상압가열 건조법으로 3회 반복 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

(5) 비체적(specific volume)

비체적 측정은 50 mL의 메스실린더를 이용하여 각 건조한 시료를 일정량 취한 후 해사(5mesh, Showa chemical Co. Japan)로 충진하여 부피를 측정하고 그 부피에서 해사의 부피를 뺀 부피를 시료의 부피로 하여 시료의 무게로 나누어서 결정하였다.

나. 기존 제품과의 품질 비교

본 실험에서 사용한 냉동만두피는 상업용 제품(S社)을 구매하여 사용하였다. 비교실험군으로 M3을 도포된 냉동만두피는 Table 3과 같은 조성으로 Fig. 3의 제조공정에 따라 냉동만두피를 제조하여 사용하였으며 해조다당류를 첨가한 시료군은 Table 4와 같은 조성으로 Fig. 1의 제조공정에 따라 냉동만두피를 제조하여 사용하였다.

기본제품과의 품질비교는 상기 1의 기호도 조사로 실시하였으며 조사방법은 냉동저장 시료들을 증숙 및 전자레인지(M-M270TC LG전자) 가열조리한 후 선별된 10인의 패널을 통하여 9점 평점법으로 텍스쳐(Texture), 외관(Appearance), 색감(Color) 등에 대하여 기호도 조사를 실시하였다. 점수의 척도는 9점 평점법으로 수치가 클수록 텍스쳐, 외관, 색감이 좋은 것으로 평가하였다. (예, 1점: 매우 나쁘다, 5점: 그저 그렇다, 9점: 매우 좋다) 각 시료는 전자레인지에 30초 동안 재가열 조리한 후 사용하였으며 실험결과의 통계처리는 window용 SAS 8.1 program을 사용하였으며, 분산분석(ANOVA: analysis of variance)과 Duncan의 다중범위검증법(DMRT; Duncan's multiple range test)(1)으로 각 시료간의 유의성을 검정하였고, 전자레인지 가열 조리한 시료를 동결건조(Il sin engineering Co.)하여 gold-polladium ionsputter(C1010 Hitachi, Japan)로 코팅처리 후 SEM(scanning electron microscope; S2380N Hitachi, Japan)을 사용하여 가속전압 18 KV에서 각각의 냉동만두피 표면의 미세구조를 관찰하였다(4).

제 2 절. 결과 및 고찰

1. 전자레인지 가열조리에 대한 전분의 노화특성과 노화억제 방법 검토

가. 원료전분의 전자레인지 가열조리에 대한 호화 및 노화 특성 검토

현재 시판되는 대부분의 냉동식품이 이미 가열 조리된 상태로 냉동되어 판매되는 제품으로 가정에서 손쉬운 가열조작에 의해 섭식이 가능하도록 제조된 제품이다. 냉동 만두류와 국수류는 대표적인 전분질 냉동식품으로 이들 제품은 저장기간이 긴 장점은 있으나 저장기간 중에 다른 냉동제품보다 쉽게 노화되는 문제점을 가지고 있다. 이는 낮은 온도에서는 전분분자간의 결합력이 증가하여 점도가 증가하게 되고 분자간의 결합이 유발되어 amylose분자가 본래와 다른 형태로 재결정화 되기 때문이다(11,12).

Miles 등(13)은 amylose와 함께 amylopectin의 결정화가 전분의 노화에 기여한다고 보고한 바가 있다(14-26). 동시에 이러한 전분질 냉동식품은 전자레인지를 이용한 조리시에도 전분-지방 복합체 형성, 전분의 겔화촉진, 결합수 등의 변화에 따른 경화현상 등(27,28)에 의해 가열 후의 제품품질이 저하되는 문제점이 발생하는 것으로 알려져 있다.

이와 같이 전분성 냉동식품은 저장 중 제품표면에 노화현상이 나타나고, 전자레인지로 가열 조리할 경우 제품표면의 건조현상으로 품질이 저하되는 문제점을 갖고 있다. 본 연구는 전자레인지 가열조건에서 물성개량제의 첨가와 포장재질에 따라 전분성 냉동식품의 품질개선에 미치는 효과를 조사하였다.

1) 첨가원료별 전자레인지 가열조리에 대한 개선효과 및 선별

32종의 각 첨가원료(Table 2)는 기본반죽물에 첨가 제조되어 -20℃에서 48시간 동안 저장한 후 30초 동안 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 가열조리 후 실험 시료로 사용하였다.

가) 전분류 첨가에 따른 개선효과

기본조성물에 전분류의 첨가원료들은 백색의 무미, 무취의 식품소재로 증숙 및 전자레인지 가열조리에 따른 텍스쳐, 외관, 색감 등의 기호도 결과는 Table 5와 같다.

전분소재의 첨가효과는 전체적으로 대조구보다 높은 기호성향을 보였다. 특히 일반전분(CO, TA), 변성전분(ST, SF) 등의 첨가효과가 전분소재 중 좋은 것으로 나타났다. 이들 전분성 첨가원료들이 점성이 높고 노화안정성 등이 우수한 가공전분들로 첨가목적에 따라 가공 및 제품적성을 향상시키는 것으로 보고되고 있고 본 실험에서도 같은 첨가효과를 나타낸 것으로 생각되었다. 면류 및 제빵용 특수전분인 VA, T4, AG를 첨가한 냉동만두피는 모든 처리구에서 텍스쳐가 대조구보다 높은 것으로 조사되었으나 색감, 외관은 대조구와 유사한 것으로 조사되었다. 전자레인지 가열조리 시 외관, 색감에 비해 텍스쳐에 대한 기호도는 증숙 처리구보다 급격하게 감소하였으며, 특히 RS을 첨가한 냉동만두피는 전자레인지 처리구에서 가장 낮은 기호성향을 갖는 것으로 조사되었다.

전체적으로 색감은 첨가물에 의해 변화가 없는 것으로 조사되었으며, 외관 또한 증숙 조리에 따른 고른 수분공급에 의해 냉동만두피 표면에 큰 영향을 주지 않은 것으로 보인다. 첨가원료에 따른 개선효과에는 TA, ST의 첨가효과가 우수한 것으로 조사되었으며, 모든 처리구에서 polyethylene(PE) 포장조리에 따른 개선효과는 대체로 텍스쳐, 외관에서 효과적인 것으로 조사되었다.

나) 검류 및 다당류 첨가에 따른 개선효과

제빵, 제면 또는 소스의 물성개량을 목적으로 사용되는 검류 등의 개선효과는 Table 6과 같다. 검류 첨가원료 효과는 전체적으로 대조구보다 높은 기호도를 나타내었다. 이는 검류 특성상 식품을 저장하는 동안에 보습제로 작용(29)하여 제품품질을 향상시켰기 때문이라고 생각되었다. 특히 전자레인지 가열조리에서 AR, XT, CF2 냉동만두피는 Table 5에서의 TA, ST, ST, SF 냉동만두피 등과 유사한 기호양상을 나타내었다.

다당류 첨가에 의한 개선효과는 Table 6과 같다. 대체로 대조구와 유사한 기호성향을 나타내고 있으며 CR과 SA를 첨가한 냉동만두피는 전자레인지 조리 시에 대조구보다 나은 기호양상이 보였다. 이 등(30)이 연구결과에 의하면 CR 첨가는 냉동저장 시 발생하는 얼음 입자의 재결정화를 지연시키는데 효과적인 것으로 보고되고 있다. 따라서 반죽조성물에 CR 첨가가 냉동 중에 얼음 결정체의 성장하는 속도와 크기를 줄임으로서 gluten구조의 물리적 손상을 저하시켜 냉동만두피의 품질 향상에 크게 기여한 것으로 생각되었다. PE 포장조리에 따른 개선 효과는 대체로 텍스쳐와 외관에서 확인할 수 있었다.

다) 유화제 첨가에 따른 개선효과

제빵, 제면 또는 소스의 물성개량을 목적으로 사용되는 물성개량제, 증점제, 유화제(E, S1, S2, S3) 등을 기본반죽물에 첨가 시 나타난 효과는 Table 7과 같다. 물성개량제, 증점제, 유화제 등의 첨가원료가 첨가된 냉동만두피 중에서는 유화제(31)가 첨가된 E와 S1 냉동만두피가 개선효과가 큰 것으로 조사되었다. 이는 E와 S1 첨가가 반죽물내에서 전자분자의 결정질 영역의 형성을 방지하여 증숙 및 전자레인지 가열조리 시 대조구보다 텍스쳐, 외관, 색감 등이 효과적인 것으로 생각되었다. 특히 E의 첨가효과가 우수한 것으로 조사되어 전자레인지 가열조리에 의한 품질저하 특성을 개선하는데 효과가 있는 것으로 나타났다. 신(5)과 문(32) 등의 결과에서는 S1 전분의 첨가가 노화억제에 효과가 있는 것으로 보고하고 있다. 이처럼 같은 유화제이지만 첨가된 이들 물질의 지방산 사슬길이, 불포화도, 친수성 부분의 조성(33-35), 지방질 단위체(lipid monomer)의 농도에 따라 전자레인지 가열특성에 미치는 효과는 서로 다른 것으로 조사되었으며, PE 포장조리에 따른 개선 효과는 IA, S3을 제외하고는 효과가 나타나지 않았다.

라) 효소류 첨가에 따른 개선효과

전분분획들이 쉽게 결정화되는 것을 억제할 목적으로 효소를 농도별로 첨가하여 첨가효과를 검토하였다. α-amylase Ⅰ(5.86 mg/kg), α-amylase Ⅱ(0.04 mg/kg), Novamyl(30 mg/kg), Noopazyme(30 mg/kg)를 기본 조성물에 첨가하여 기호도 조사를 실시한 결과는 Table 7과 같다. 첨가시료 중 α-amylase Ⅱ, Noopazyme는 첨가시 반죽물의 점도가 낮아 상온에서 정상적인 반죽물의 형성이 어려운 것으로 나타났다. 특히 Noopazyme은 주로 점도가 강한 듀럼 세몰리나(스파게티, 파스타의 주원료) 등에 사용 되는 것으로 알려져 있어 점도가 낮은 강력분과 중력분의 반죽물에는 역효과가 나타난 것으로 생각되었다. 증숙 처리구에서 α-amylase Ⅰ은 대조구보다 조직감은 개선되었으나 외관, 색감 등에 대한 기호도는 대조구보다 낮아지는 것으로 조사되었다.

Novamyl(novozymes)의 경우 효소자체의 밝은 갈색의 고유색을 띠고 있어서 대조구보다 외관, 색감 등에 대한 기호도가 낮은 것으로 조사되었으며 전자레인지 가열조리 상태에서 대조구와 비교 시에 α-amylase Ⅰ 첨가구의 품질개선효과가 있는 것으로 조사되었으나 외관, 색감은 대조구와 유시한 결과를 보였다. PE 포장조리에 따른 개선 효과에서는 포장에 의해 기호도가 더 저하되는 것으로 나타났다.

Table 5. Sensory evaluation of frozen dough containing various starches by steam and microwave heating treatment

Sensory Evaluation		Texture			Appearance			Color		
Treatment[2] / Sample[1]		Steam	MHNP	MHP	Steam	MHNP	MHP	Steam	MHNP	MHP
Control		7.1±0.57[3][a] [4]	4.2±1.61[ab]	4.5±2.12[bc]	8.8±0.50[ab]	5.1±1.71[b]	5.3±2.21[b]	8.4±0.50[ab]	6.9±0.62[b]	6.7±0.74
Starches	CO	8.7±0.58[ab]	5.3±1.53[b]	5.5±2.78[c]	9.0±0.00[b]	5.0±1.73[b]	5.7±2.08[b]	9.0±0.00[b]	7.3±0.58[bc]	7.0±1.00[b]
	GR	7.0±1.00[a]	5.0±0.00[b]	4.0±1.00[b]	8.5±0.50[ab]	6.7±1.53[c]	6.7±1.53[bc]	7.3±0.58[a]	7.3±0.58[bc]	7.3±0.58[b]
	PO	6.7±1.53[a]	3.0±1.00[a]	3.3±0.58[b]	8.0±1.00[a]	4.0±1.00[b]	4.7±1.15[b]	8.0±1.00[ab]	6.3±2.52[b]	7.0±2.00[b]
	TA	9.0±0.00[b]	8.0±0.00[d]	7.0±1.73[d]	8.0±1.00[a]	6.7±0.58[c]	6.7±1.53[bc]	7.8±0.76[a]	8.3±0.58[c]	7.7±0.58[b]
Modified starches	SG	6.0±2.65[a]	5.3±0.58[b]	5.3±0.5[c]	7.3±1.53[a]	4.3±1.53[b]	7.3±0.58[c]	7.0±1.73[a]	6.3±1.15[b]	7.3±2.08[a]
	ST	7.7±0.58[ab]	7.3±0.58[cd]	6.3±1.15[cd]	7.7±1.15[a]	7.3±1.53[c]	6.7±2.08[bc]	8.5±0.87[ab]	7.5±1.80[bc]	7.2±2.25[b]
	SF	8.7±0.58[ab]	5.7±0.58[bc]	6.0±1.00[cd]	8.0±0.00[a]	6.3±0.58[c]	6.7±1.15[bc]	7.3±0.58[a]	7.0±0.00[b]	7.0±2.00[b]
	VA	8.8±0.29[ab]	5.8±0.29[bc]	7.0±1.00[d]	8.7±0.58[ab]	6.8±0.29[c]	7.0±1.00[c]	8.5±0.50[ab]	8.3±0.58[c]	7.0±0.58[b]
	T4	9.0±0.00[b]	4.3±0.58[ab]	6.0±1.00[cd]	8.7±0.58[ab]	5.3±1.15[b]	7.0±1.00[c]	8.7±0.58[b]	6.7±0.58[b]	7.3±0.58[b]
	AG	8.7±0.58[ab]	6.3±0.58[c]	6.3±0.58[cd]	8.7±0.58[ab]	5.3±1.15[b]	6.3±2.08[b]	8.3±0.58[ab]	7.7±1.53[bc]	7.0±2.00[b]
	KM	7.0±1.00[a]	5.3±1.53[b]	4.3±1.15[b]	8.0±1.00[a]	6.0±1.73[bc]	5.0±2.00[b]	8.0±1.73[ab]	7.7±1.15[bc]	7.0±2.00[b]
	K	7.0±1.00[a]	5.3±1.53[b]	5.8±1.26[cd]	8.0±1.00[a]	6.0±0.00[bc]	7.0±1.00[c]	8.3±0.58[ab]	7.7±1.53[bc]	7.3±1.53[b]
	RS	8.7±0.58[ab]	3.0±0.00[a]	1.3±0.58[a]	8.7±0.58[ab]	2.3±0.58[a]	2.3±0.58[a]	8.3±0.58[ab]	3.7±0.58[a]	3.7±0.58[a]

[1] Refer to Table 2.

[2] MHP: microwave heating after polyethylene packed , MHNP: microwave heating after non-packed.

[3] Mean±S.E.(n=10).

[4] [a,b,c] Mean values within a column with different superscript letters were significantly different ($p<0.05$).

Table 6. Sensory evaluation[1)] of frozen dough containing gums and polysaccharides by steam and microwave heating treatment

Sensory Evaluation		Texture			Appearance			Color		
Treatment / Sample		Steam	MHNP	MHP	Steam	MHNP	MHP	Steam	MHNP	MHP
Control		7.1±0.57^{b}	4.2±1.61^{ab}	4.5±2.12^{ab}	8.8±0.50^{ab}	5.1±1.71^{ab}	5.3±2.21^{ab}	8.4±0.50^{ab}	6.9±0.62^{ab}	6.7±0.74^{a}
Gums	AR	8.2±1.44^{ab}	7.0±1.00^{c}	7.3±1.15^{c}	7.7±0.58^{a}	7.0±0.00^{bc}	6.7±0.58^{bc}	7.7±0.58^{ab}	7.7±0.58^{a}	7.3±0.58^{ab}
	GA	8.2±1.04^{ab}	4.3±1.53^{ab}	4.3±0.58^{ab}	8.7±0.58^{ab}	4.3±0.58^{a}	5.7±0.58^{b}	8.0±1.00^{ab}	7.0±1.00^{a}	6.7±0.58^{a}
	XT	8.0±0.00^{ab}	7.7±1.53^{c}	7.0±1.00^{c}	7.7±0.58^{a}	7.7±0.58^{c}	8.0±1.00^{c}	8.3±0.58^{ab}	8.0±1.00^{b}	8.0±1.00^{ab}
	CF1	7.0±1.00^{a}	5.7±0.58^{b}	4.3±1.15^{ab}	7.7±0.58^{a}	4.7±0.58^{ab}	5.0±1.00^{ab}	8.0±0.00^{ab}	7.3±1.15^{ab}	7.7±0.58^{ab}
	CF2	7.7±0.58^{ab}	5.0±1.00^{b}	6.3±0.58^{c}	9.0±0.00^{b}	6.0±1.73^{b}	6.3±1.53^{b}	9.0±0.00^{b}	8.3±1.15^{b}	8.7±0.58^{b}
	CF3	8.2±1.04^{ab}	4.7±0.58^{b}	4.3±1.15^{ab}	7.3±0.58^{a}	5.7±1.15^{b}	4.0±1.00^{a}	8.3±0.58^{ab}	7.7±0.58^{ab}	7.7±0.58^{ab}
	CMC	7.7±1.15^{ab}	4.7±1.53^{b}	3.3±1.15^{a}	8.2±0.76^{ab}	6.3±0.58^{bc}	5.0±2.00^{ab}	8.3±0.58^{ab}	6.7±0.58^{a}	6.3±0.58^{a}
Polysa-ccharides	GM	8.2±0.29^{ab}	4.0±1.00^{a}	6.5±0.50^{c}	7.5±0.50^{d}	4.7±0.58^{ab}	6.3±0.58^{b}	7.3±0.58^{a}	7.8±0.29^{ab}	7.7±0.58^{ab}
	CR	7.3±0.58^{a}	5.3±0.58^{b}	5.8±0.76^{bc}	8.0±0.00^{a}	5.3±0.58^{ab}	6.7±0.58^{bc}	8.3±0.58^{ab}	7.3±0.58^{ab}	7.7±0.58^{ab}
	A	8.3±0.58^{ab}	3.0±1.00^{a}	3.7±0.58^{a}	8.0±0.00^{a}	3.3±0.58^{a}	3.3±0.58^{a}	9.0±0.00^{b}	7.3±0.58^{ab}	6.7±0.58^{a}
	SA	8.7±0.58^{b}	5.3±0.58^{b}	5.0±0.00^{bc}	8.0±0.00^{a}	5.3±0.58^{ab}	4.3±0.58^{ab}	8.3±0.58^{ab}	8.3±0.58^{b}	7.3±0.58^{ab}

[1)]Refer to Table 5.

Table 7. Sensory evaluation[1)] of frozen dough containing emulsifiers and enzymes by steam and microwave heating treatment

Sensory Evaluation		Texture			Appearance			Color		
Treatment[2)] / Sample[1)]		Steam	MHNP	MHP	Steam	MHNP	MHP	Steam	MHNP	MHP
Control		7.1±0.57^{b}	4.2±1.61^{a}	4.5±2.12^{ab}	8.8±0.50^{b}	5.1±1.71^{ab}	5.3±2.21^{b}	8.4±0.50^{b}	6.9±0.62^{a}	6.7±0.74^{a}
Emulsifiers	IA	8.7±0.58^{c}	6.7±0.58^{ab}	5.7±0.58^{bc}	7.7±0.58^{b}	4.7±0.58^{a}	6.0±1.00^{bc}	7.7±0.58^{a}	7.3±0.58^{ab}	7.7±0.58^{ab}
	T	6.7±0.58^{b}	4.7±0.58^{ab}	3.7±0.58^{a}	7.7±0.58^{b}	4.7±0.58^{a}	5.3±0.58^{b}	7.3±0.58^{a}	7.3±0.58^{ab}	7.0±0.00^{a}
	E	8.5±0.50^{c}	7.5±0.50^{b}	5.7±0.58^{bc}	9.0±0.00^{b}	8.0±0.00^{c}	6.3±0.58^{bc}	7.3±0.58^{a}	8.7±0.58^{b}	8.0±0.00^{b}
	S1	8.5±0.50^{c}	7.7±0.58^{b}	7.5±0.50^{c}	7.7±0.58^{b}	6.8±0.76^{bc}	6.7±0.58^{c}	8.3±0.58^{b}	8.3±0.58^{ab}	8.3±0.58^{b}
	S2	4.7±0.58^{a}	4.3±0.58^{a}	3.3±0.58^{a}	5.7±0.58^{a}	4.0±0.00^{a}	3.3±0.58^{a}	7.7±0.58^{a}	7.3±0.58^{ab}	7.3±0.58^{a}
	S3	6.8±0.29^{b}	4.7±0.58^{ab}	6.3±0.58^{bc}	8.7±0.58^{bc}	6.0±1.00^{b}	6.3±0.58^{bc}	8.3±0.58^{b}	8.0±1.00^{ab}	8.0±1.00^{b}
Enzymes	α-amylase I	8.2±0.29^{bc}	7.0±0.0^{ab}	5.3±0.58^{b}	8.0±0.00^{b}	4.7±0.58^{a}	4.7±0.58^{ab}	7.3±0.58^{a}	7.0±1.00^{a}	7.0±0.00^{a}
	α-amylase II	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Novamyl	6.7±0.58^{b}	5.0±1.00^{ab}	3.7±0.58^{a}	8.3±0.58^{b}	4.3±0.58^{a}	3.3±0.58^{a}	7.3±0.58^{a}	7.0±0.00^{a}	6.7±0.58^{a}
	Noopazyme	–	–	–	–	–	–	–	–	–

[1)]Refer to Table 5.

나. 제조공정별, 제조방법별 노화특성 및 억제방법

첨가원료별 각각의 품질개선효과를 기호도로서 검토한 결과 타피오카(TA), 썬텐더(ST), 아라빅검(AR), 잔탄검(XT), E-600(E), S-770(S1) 등을 첨가하여 제조한 냉동만두피의 전자레인지 가열조리특성을 개선하는데 효과가 있는 것으로 조사되었다. 선별된 첨가원료의 적정 첨가량을 결정하기 위해 전분류는 0, 3, 5 및 7%, 검류와 유화제는 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도로 첨가하여 적정 첨가량을 기호도 검사로 결정하였다(Table 8).

전자레인지 가열조리 개선효과에 선별된 첨가원료 농도별 적정 첨가량은 Table 8과 같이 TA와 ST는 각각 5%, AR, XT, E, S1 등은 각각 0.1% 첨가 시에 효과적으로 나타났다.

Table 8. Sensory evaluation[1] of frozen dough to select the optimum concentration

Classification	Additive[2]	Concentration(%)						
		0	0.1	0.2	0.3	3	5	7
Starches	TA	7.1±0.57[3]	-	-	-	5.6±0.95[a]	8.0±0.00[a]	7.7±0.51[a]
	ST	7.1±0.57	-	-	-	7.5±1.33[b]	7.5±1.23[a]	7.3±0.38[a]
Gums	AR	7.1±0.57	7.3±1.87[a4]	6.8±0.79[a]	7.0±0.25[a]	-	-	-
	XT	7.1±0.57	7.3±1.63[a]	6.8±1.83[a]	7.0±0.69[a]			
Emulsifiers	E	7.1±0.57	7.5±2.47[a]	7.5±0.64[b]	7.4±1.25[a]	-	-	-
	S1	7.1±0.57	7.7±1.77[a]	7.3±0.59[ab]	7.4±1.83[a]	-	-	-

[1]Rating scale: 1(very bad) to 9(very good).

[2]TA; frozen dough containing 5% tapioca, ST; frozen dough containing 5% suntender, AR; frozen dough containing 0.1% arabic gum, XT; frozen dough containing 0.1% xanthan gum, E; frozen dough containing 0.1% E-600, S1; frozen dough containing 0.1% S-770.

[3]Mean±S.E.(n=10).

[4][a,b]Mean values within a column with different superscript letters were significantly different ($p<0.05$).

1) 선별된 첨가원료별에 따른 개선효과

첨가원료별 전자레인지 가열조리에 대한 품질개선효과를 기호도로서 검토한 결과 Table 4-1, 2, 3에서와 같다. 그 결과 타피오카(TA), 썬텐더(ST), 아라빅검(AR), 잔탄검(XT), E-600(E), S-770(S1) 등의 첨가효과가 대조구보다 높은 것으로 나타났다. 냉동만두피에 첨가된 이들 첨가원료들이 amylose 함량, 입자 크기의 분포, 팽창력 및 결정도 등의 변화를 주어 증숙 및 전자레인지 가열조리특성을 개선하는데 효과적인 것으로 추정되었다. 이들 6종의 첨가원료에 대한 증숙 및 전자레인지 가열조리 전후의 노화정도, 기계적 물성변화 등의 개선효과는 호화특성, 노화특성, 물성변화, 미세구조 변화 등으로 검토하였다.

가) 첨가원료에 따른 호화양상

선별된 6종의 첨가원료 혼합전분의 amylogram의 특성치는 Table 9와 같다. 각 첨가구 중 TA 혼합전분의 호화개시온도는 Moorthy(36)의 실험에서 보고한 바와 같이 61.5℃로 가장 낮았다. 최대점도(37)는 TA 혼합전분에서 각각 227 B.U.로 다른 첨가구보다 14~32 B.U.이상 높은 값을 나타내었으며, setback 또한 191 B.U.로 TA 혼합전분에서 가장 낮은 것으로 조사되었다. 일반적으로 amylogram에 의한 호화양상은 전분입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단력, amylose와 amylopectin의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정되며(38), amylose함량이 높을수록 전분입자가 강하게 결합되어 있어서 가열시 입자의 팽윤 부족으로 점도가 떨어지는 것으로 보고되고 있다(39). 50℃ 냉각점도는 전분호화액을 냉각할 때 무질서한 상태로 존재하던 amylose 분자들이 서로 나란히 배열된 분자간의 많은 수소결합을 통해 회합체를 이룸으로써 점도가 증가됨을 나타내고, consistency와 setback은 50℃ 냉각점도와 가열 시 점도 차이를 보여주므로 노화경향을 예측하였다. TA 혼합전분은 대조구와 consistency의 큰 차이를 나타내지 않았으나 setback 값으로 보아 전분입자의 결합력이 약하여 가열시 입자의 팽윤점도가 증가하는 것으로 나타나 노화개선에 효과가 있을 것으로 생각되었다. E 혼합전분은 최고점도가 없이 높아진 점도가 계속 유지되는 양상을 보였으며, 다른 처리구와 달리 가열 중의 점도 변화가 다르게 나타났다. 각각의 첨가원료가 혼합된 전분마다 호화성질이 서로 다르기 때문에 각기 다른 특징을 나타났으나 전반적으로 E, XT를 제외하고는 비슷한 양상을 나타내었다.

Table 9. Amylogram characteristics of suspension containing various starches and additives

Addition Agents[1)]	Initial Gelatinization Temp.(℃)	Peak Viscosity (B.U.):P	15 min Viscosity (B.U.):H	Height at 50℃ (B.U.):C	Break Down :P-H	Set Back :C-P	Consis-tency :C-H
Control	71.0	213	190	428	23	215	238
TA	61.5	227	181	418	46	191	237
ST	68.0	200	170	415	30	245	275
AR	71.0	200	182	420	18	238	256
XT	80.0	-	-	-	-	-	-
E	80.0	195	195	465	0	270	270
S1	68.0	200	180	420	20	220	240

[1)]TA; tapioca, ST; suntender, AR; arabic gum, XT; xanthan gum, E; E-600, S1; S-770.

나) 첨가원료에 따른 노화특성

α-amylase-iodine 법을 이용하여 선별된 첨가원료의 노화정도를 측정한 결과는 Table 10과 같다. 증숙처리구의 노화정도는 18.12%로 대조구가 가장 높았으며, TA(10.97%), XT(10.59%), AR(10.55%)순으로 나타났다. 전자레인지 가열조리 처리구에서 대조구가 31.59%(비포장), 34.52%(PE 포장)로 가장 높게 나타났으며, 냉동만두피의 노화정도는 PE 포장유무에 상관없이 대조구보다 낮게 나타났다. 이는 각 첨가원료의 특성에 의한 효과로서 Kulp와 Ponte 등(40)이 보고한 바와 같이 지방산, 계면활성제와 유화제 등이 amylose나 amylopectin과 복합체를 형성하여 linear chain재배열을 막아 노화를 억제시킨다고 하였으며 전자레인지 가열조리와 같은 급격한 가열조건에서도 표면 수분증발에 따른 노화현상에서도 같은 효과를 나타낼 것으로 추정되었다. 전자레인지 가열조리 처리구에서는 비포장처리 시료보다 PE 포장조리 시료의 노화정도가 5~10% 진행된 것을 확인할 수 있었다. 이는 PE 포장내부의 온도가 급상승하여 표면수분의 증발이 지속적으로 이루어져 표면의 전분과 전분 결합력이 강화되어 노화속도가 촉진된 것으로 생각되었다.

Table 10. Degree of retrogradation of frozen doughs containing various starches

Treatment[1)]	Sample[2)]	Degree of retrogradation
Steam	Control	18.12
	TA	10.97
	ST	15.76
	AR	10.55
	XT	10.59
	E	15.52
	S1	16.20
MHNP	Control	31.59
	TA	20.48
	ST	29.96
	AR	21.05
	XT	20.97
	E	20.08
	S1	21.24
MHP	Control	34.52
	TA	20.20
	ST	30.25
	AR	24.98
	XT	25.47
	E	25.48
	S1	27.83

[1)]MHP: microwave heating after polyethylene packed, MHNP: microwave heating after non-packed.

[2)]TA; frozen dough containing 5% tapioca, ST; frozen dough containing 5% suntender, AR; frozen dough containing 0.1% arabic gum, XT; frozen dough containing 0.1% xanthan gum, E; frozen dough containing 0.1% E-600, S1; frozen dough containing 0.1% S-770.

다) 첨가원료에 따른 물성변화

첨가원료 첨가구의 기계적 물성변화는 Table 11과 같다. 증숙 조리 시 첨가원료 처리구는 대조구보다 hardness, cohesiveness, springiness, chewiness 등이 낮은 경향을 보였다. 전자레인지 가열조리 시에도 증숙 처리구에 비해 hardness, cohesiveness, gumminess, chewiness가 감소하는 경향을 보였고 대조구에 보다는 hardness는 감소, cohesiveness는 증가하는 경향을 보였다. 이와 신 등(37)의 연구결과에 의하면 유화제는 전분내에서 전분입자와 결합함으로써 밀착된 amylose와 amylopectin 사이의 공간이 넓혀 수분 흡수를 증가시키고, 전분간의 인력을 감소시킨다고 보고하였다. 같은 현상으로 첨가원료들이 반죽물의 springiness 등에 영향을 미친 것으로 생각되었다. PE 포장조리의 경우 PE 수지에 의한 수분이탈현상이 적게 이루어져 비포장보다 경도가 낮게 나타나야 하는데 본 실험에서는 비포장 시료의 경도가 더 낮은 경향을 보였다. 하지만 증숙 및 전자레인지 가열조리 시 첨가원료에 따른 물성개선효과는 확인할 수 있었다.

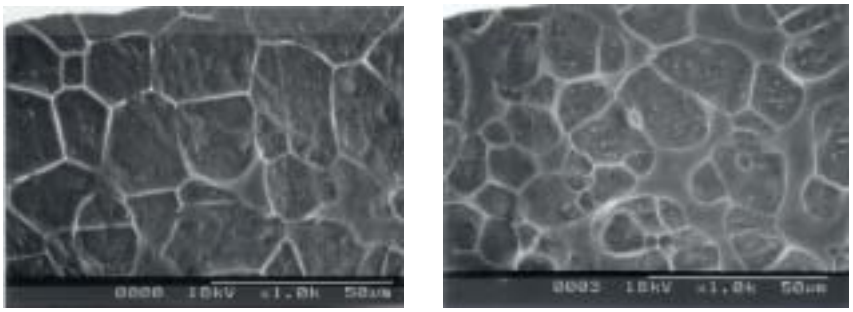
Table 11. Textural properties[1)] of frozen doughs containing various starches and additives

Treatment	Additive	Hardness (g/㎠)	Adhesiveness (g)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)	Chewiness (g)
Steam	Control	41.260	-171.124	1.649	0.766	31.597	52.096
	TA	38.324	-621.685	1.704	0.693	26.565	45.260
	ST	29.578	-590.570	1.507	0.668	19.749	29.758
	AR	30.112	-21.663	0.899	0.789	25.879	23.112
	XT	34.109	-16.663	0.833	0.876	29.867	24.864
	E	23.573	-214.575	1.200	0.698	25.774	31.726
	S1	25.070	-234.638	1.577	0.643	18.627	29.370
MHNP	Control	25.660	-309.312	1.740	0.759	19.469	33.876
	TA	21.884	-58.907	1.769	0.779	17.041	30.147
	ST	24.608	-376.680	1.613	0.726	17.876	28.365
	AR	27.434	-65.856	0.934	0.811	21.743	19.156
	XT	24.551	-62.469	0.888	0.828	20.331	18.044
	E	21.881	-186.618	0.998	0.712	14.926	24.398
	S1	23.850	-149.175	1.371	0.697	15.697	20.225
MHP	Control	25.852	-191.832	1.749	0.678	17.517	30.633
	TA	30.819	-39.498	0.921	0.785	24.199	22.295
	ST	27.329	-73.261	0.986	0.743	20.311	20.031
	AR	27.563	-47.465	0.857	0.808	20.112	21.675
	XT	24.275	-136.508	1.258	0.821	19.931	25.063
	E	22.647	-105.4.8	0.929	0.798	16.084	21.077
	S1	24.079	-86.408	0.998	0.717	20.084	19.007

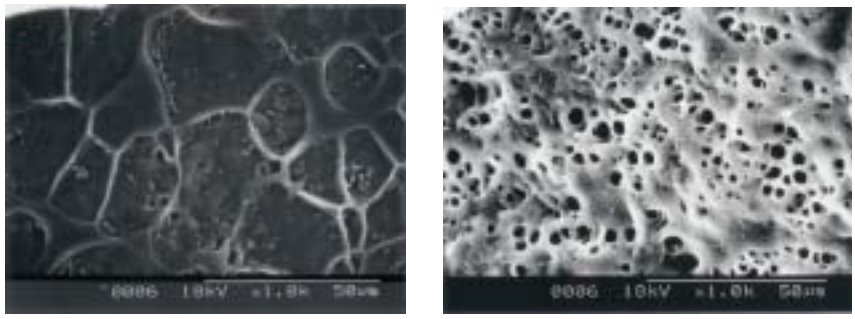
[1)]Refer to Table 10.

라) 첨가원료에 따른 미세구조 관찰

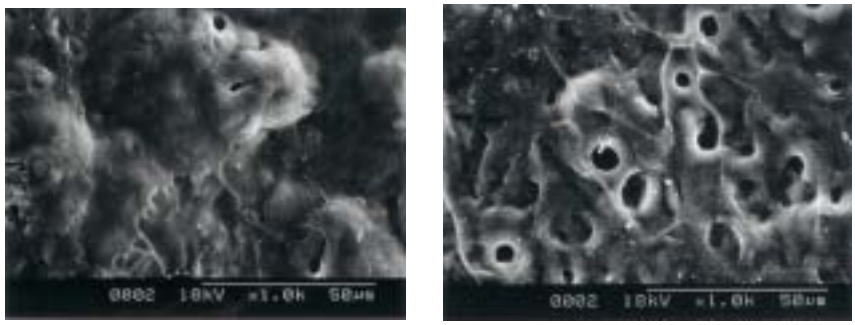
물성개선효과를 보인 6종의 첨가원료의 전자레인지 가열조리에 따른 개선효과를 각 첨가시료별 냉동만두피의 미세구조로서 관찰하였다. 그 결과는 Fig. 7, 8, 9와 같다. 증숙 및 전자레인지 가열조리 시 처리구마다 대조구와 TA(타피오카 전분) 냉동만두피는 비슷한 격자무늬의 미세구조를 나타내었다. 전자레인지 가열조리 처리구에서 대조구는 격자무늬를 유지한 채 크고 불균일한 기공을 갖는 반면, 첨가구는 격자무늬 형태가 붕괴되고 작고 균일한 기공을 갖는 것으로 조사되어 첨가구간의 미세구조 차이를 식별할 수 있었다. 특히 TA가 첨가된 냉동만두피의 경우는 전자레인지 조리 시 균일한 크기의 기공을 나타내어 망상구조의 재배열이 다른 첨가구에 비해 덜 붕괴되었으며, 대조구는 다른 첨가구의 기공보다 불규칙하고 큰 것으로 나타나 노화정도에서 언급한 것과 같이 수분이탈로 망상구조의 재배열이 심하게 진행된 것으로 보인다. 대조구를 포함한 모든 처리구 중 TA가 첨가된 냉동만두피가 전자레인지 가열조리에 따른 전분입자 손상이 가장 적은 것으로 생각되었다.



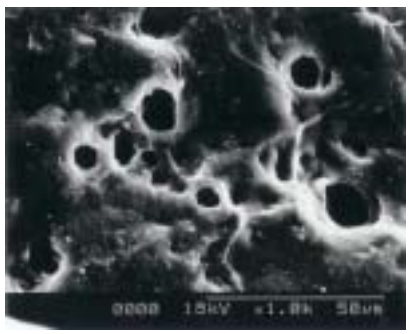
Control TA



ST AR



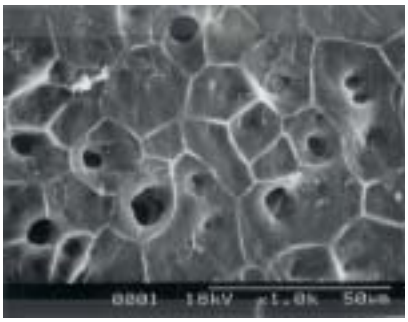
XT E

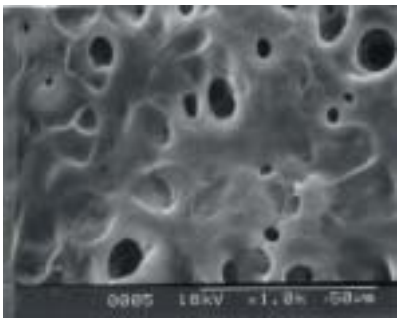


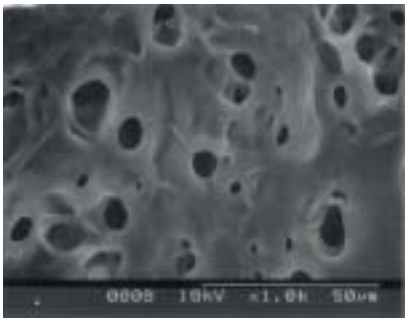
S1

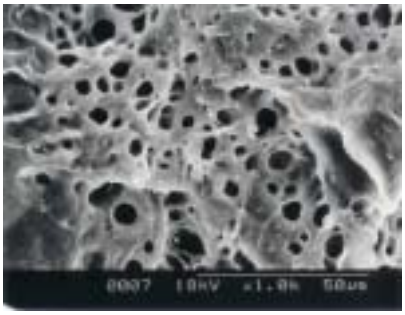
Fig. 7. Scanning electron microscope(SEM) of frozen[1)] doughs by steam treatment.

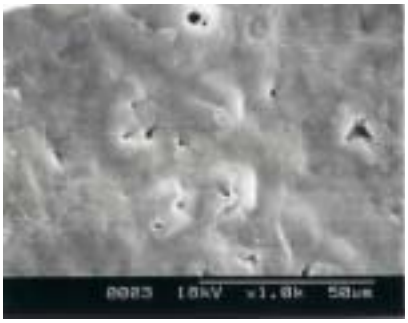
[1)]Refer to Table 10.

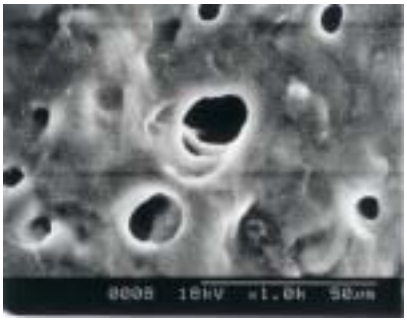

Control


TA


ST


AR


XT


E

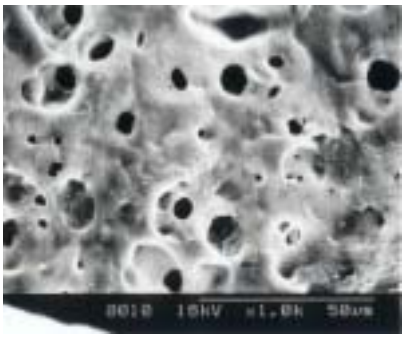

S1

Fig. 8. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs[1)] by microwave treatment.

[1)]Refer to Table 10.

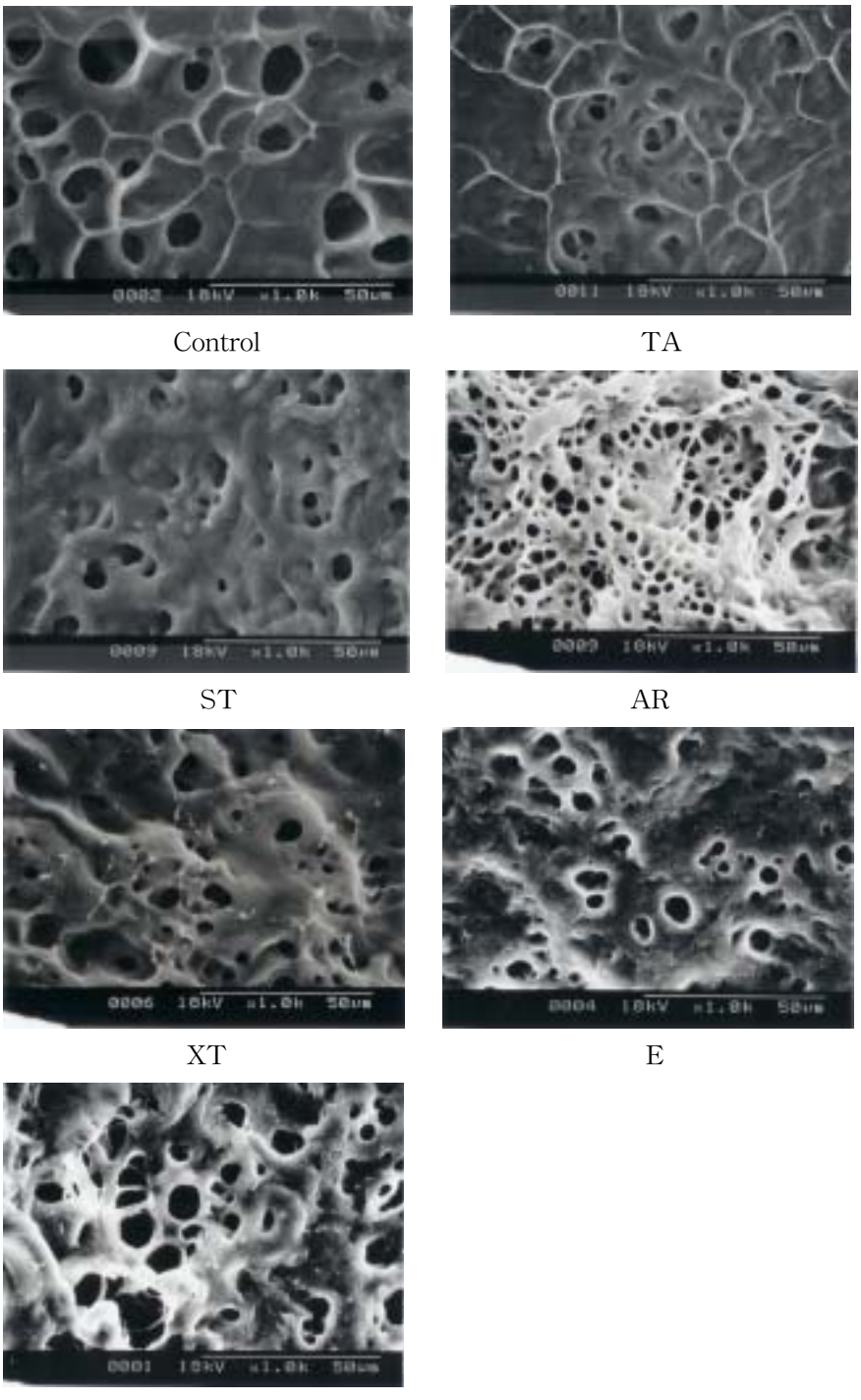


Fig. 9. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs[1)] by microwave treatment after polyethylene packed.

[1)]Refer to Table 10.

2. 전분의 노화 억제 및 포장방법 검토

가. Maltodextrin류 표면도포에 의한 냉동만두피의 전자레인지 가열특성 개선효과

전자레인지 가열조리는 식품에 투여되는 겉과 속의 에너지양은 차이가 있으나 직접가열에 비해 상대적으로 우수한 동시가열성을 가지며, 열효율이 높아 조리시간이 짧고, 안정성이 높고, 여분의 열이나 연기가 없어 섭식용기를 그대로 활용할 수 있으며 직접가열에 비해 식품의 색, 형태변화가 심하지 않는 등 많은 장점을 가지고 있다. 반면에 전자레인지 가열조리에 의한 급격한 온도상승은 식품성분 중 전분의 전분-지방 복합체 형성(amylose-lipid complex), 겔화촉진, 결합수 등의 변화에 따른 경화 현상 등을 유발하여 일반 열전도에 의한 가열과는 다른 품질저하 문제점을 발생시킬 수 있다(41-46).

전분성 식품은 장기간의 저장을 목적으로 냉동저장 중에 식품의 표면수분증발에 의한 전분분자간의 노화가 유발되거나 유통과정 중에 적정온도의 유지가 이뤄지지 않을 경우 전분의 점도증가로 전분분자간의 결합이 증가되어 노화현상이 발생하게 된다(47-49). 이러한 문제점을 근본적으로 감소시키기 위한 방법으로 냉동만두피제조 시 분자가 크고 불균일한 타원형의 서류전분 등을 첨가하거나, 전분질 식품의 경화를 억제하는 유화제를 첨가, 전분사슬을 가수분해하여 전분분획들이 쉽게 결정화되는 것을 방지하는 효소를 이용하는 방법 등이 제시되고 있다(47).

본 실험은 기존의 전분성 냉동제품의 저장기간 중 발생하는 제품의 노화현상과 전자레인지 가열조리 후 식품표면의 수분 증발에 따른 마름현상 등과 같은 품질저하 현상을 개선하고자 실시하였으며, 일차적으로 선정된 실험군을 대상으로 첨가원료별, 농도별로 반죽물의 표면도포에 의한 개선효과를 검토하였다. 사용한 도포제로는 maltodextrin류 4종의 물질로 농도별로 용액을 제조한 다음 시트형태의 반죽물 표면에 도포하여 급속냉동(-70℃)한 다음, 포장(PP수지)처리하여 저장온도 및 저장기간에 따라 전자레인지 가열조리 후 노화특성, 물성변화, 미세구조 등의 개선효과를 검토하였다.

1). 포장재질에 따른 노화억제방법 검토

제조된 시료는 -20℃에서 48시간 동안 저장한 후 30초 동안 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 가열조리 후 실험 시료로 사용하였다.

가) 포장재질별 노화특성

냉동만두피의 전자레인지 가열특성개선을 목적으로 첨가한 식품첨가제의 노화양상을 포장재질에 따라 비교하기 위해 시료제조공정(Fig 3)에 따라 시료를 제조하여 포장하지 않은 시료와 polyethylene(PE) 수지 및 polypropylene(PP) 수지로 포장한 시료를 -20℃에서 48시간 저장 후 이들의 노화도를 측정결과는 Table 12와 같다. 냉동만두피의 노화(경화)정도는 포장재질에 관계없이 대조구보다 5% TA가 첨가된 냉동만두피에서 6~8% 노화정도가 낮음을 알 수 있었으며, 무포장 시료보다 PE, PP 포장시료에서 그리고 PE 포장시료보다는 PP 포장시료에서 노화진행억제효과가 좋은 것으로 확인되었다.

Table 12. Degree of retrogradation for frozen dough

Treatment	Degree of retrogradation(%)	
	Control	5% Tapioca
Non	27.88	21.50
Polyethylene	26.46	19.20
Polypropylene	25.08	17.92

나) 포장상태에 따른 노화특성

Table 10에서 PE포장은 전자레인지 가열조리 시 효과적이지 못하다는 결과를 보였으나, Table 12에서는 비포장보다 PE포장이 냉동만두피 포장에 효과적이었다는 결과가 나타났다. 전자는 가열조리 시에 포장상태 그대로 전자레인지에 넣어 가열조리한 반면에 후자는 포장 양끝을 가위로 잘라낸 후에 가열 조리한 결과로서 포장효과가 나타났다. 포장그대로 실험한 Table 10은 PE 포장내부의 열원이 방출되지 못한 상태에서 계속적으로 온도가 급상승하여 표면수분의 증발이 지속적으로 이루어져 표면의 전분과 전분 결합력이 강화되어 노화속도를 촉진한 것으로 생각되며, 제품 포장상태를 어떻게 처리한 후에 전자레인지 가열 조리하느냐에 따라 전자파에 의한 제품손상을 줄일 수 있을 것으로 생각되었다.

Table 10 결과와 같이 전분성 물질의 저장 중 노화진행을 억제하는 것으로 확인된 PP수지 포장지를 저장 실험에 필요한 포장재로 사용하였으며 pp수지는 현재 냉동조리식품포장에 가장 많이 이용되고 있는 포장지이다(Fig 10).

Polyethylene

Polypropylene

Fig. 10. Polyethylene and polypropylene pack used to storage and cook of frozen dough

Fig. 11. Frozen dough packed with polypropylene

2) 도포제 종류에 따른 냉동만두피 표면개선효과

전자레인지 가열조리 시 냉동만두피 표면에 나타나는 문제점을 효과적으로 개선하는 방법으로 4종의 maltodextrin류 M1(D.E: 5), M2(D.E: 10), M3(D.E: 9~12), M4(D.E: 18) 등의 도포제를 0, 3, 5, 7 및 10%로 각각 제조하여 냉동만두피 제조공정(Fig. 3) 중 증숙 직후 도포하여 급속동결한 후 -20℃에서 48시간 저장하였다. 도포된 시료는 30초 동안 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 가열조리 후 실험에 사용하였다.

가) 도포제에 의한 품질개선효과

전분성 냉동식품의 저장 중에 발생하는 표면 수분증발 억제 및 전자레인지 조리 시에 나타나는 식품 표면수분이탈에 따른 경화현상, 전분노화현상 및 식감저하를 개선하고자 제조된 기본반죽물 표면에 특정물질을 도포하여 냉동저장 중 발생하는 표면 수분이탈 및 전자레인지 가열조리 중 식감개선효과를 검토하였다.

표면 도포제로 사용한 포도당은 당량에 따라 감미도, 결정성, 점도, 흡습성 등의 특징이 서로 달라 각기 다른 개선효과를 나타낼 것으로 추정되어 당량(dextrose equivalent; D.E)값이 5(M1), 10(M2), 9~12(M3), 18(M4)인 maltodextrin류 4종을 표면 도포제로 사용하여 기호도 변화를 조사하였으며 그 결과는 Table 13과 같다. Maltodextrin류 도포제의 외관은 M1을 제외한 모든 처리구의 5, 7 및 10%의 농도에서, 텍스쳐는 M3에서 유의적으로 좋은 기호도를 보였다. 10% M4는 외관상 양호하나 끈적임이 강하여 냉동만두피끼리의 접착성(adhesive property)이 크고 조직이 약하여 잘 찢어지는 경향을 보였다. 3, 5% M2는 같은 농도의 다른 도포제보다 표면경화속도가 빠르게 진행되었으며, 표면이 거친 특징을 보였다. 도포제로 사용한 maltodextrin류 중 D.E값이 9~12인 7% M3은 Table 13과 Fig. 13에서 나타내었듯이 전자레인지 가열조리에 의한 표면손상이 적어 식감 및 질감 등의 품질유지에 효과적인 것으로 나타났으며, 만두피 말단부분의 경화속도 또한 다른 시료보다 천천히 이루어짐을 확인할 수 있었다.

일반적으로 D.E값이 작을수록 점도, 흡습성, 결정억제 작용에 좋으므로(50), M3의 경우에는 냉동만두피 표면에 겔을 형성하여 겔의 흡습성, 점도에 영향을 주어 탈수분 억제에 효과를 보였다고 생각되었다. 특정물질을 도포하는 경우도 전자레인지 가열조리특성을 개선하는 것으로 조사되었으며 본 실험에서는 7% M3의 도포가 냉동전분의 전자레인지 가열조리에 의한 표면 노화속도를 현저히 감소시키고 식감과 질감을 효과적으로 개선하는 것으로 나타났다.

Table 13. Sensory evaluation[1] of microwave-heated frozen starches coated with maltodextrin solutions of each concentration

Sensory evaluation	Coating agents[2]	Concentration(%)				
		0	3	5	7	10
Appear-ance	Control	3.20±0.45	-	-	-	-
	M1	3.20±0.45	3.00±0.71$^{a4)}$	5.10±1.91^{a}	3.80±1.05^{b}	4.90±1.45^{a}
	M2	3.20±0.45	4.40±0.55^{a}	4.70±1.06^{a}	4.20±0.45^{ab}	5.20±1.48^{a}
	M3	3.20±0.45	4.20±1.64^{a}	4.80±1.32^{a}	5.20±1.48^{ab}	5.30±0.67^{a}
	M4	3.20±0.45	4.00±0.71^{a}	5.10±1.79^{a}	5.80±0.84^{a}	5.20±1.40^{a}
Texture	Control	4.40±0.55	-	-	-	-
	M1	4.40±0.55	4.40±0.89^{a}	4.80±0.79^{a}	4.50±1.64^{b}	4.40±0.97^{a}
	M2	4.40±0.55	4.20±1.48^{a}	4.40±1.58^{a}	4.80±1.64^{b}	5.00±0.82^{a}
	M3	4.40±0.55	4.60±1.52^{a}	4.90±1.10^{a}	6.40±1.52^{a}	5.00±0.82^{a}
	M4	4.40±0.55	4.20±1.10^{a}	4.50±1.17^{a}	4.40±0.89^{b}	4.75±1.64^{a}

[1)]Refer to Table 8.

[2)]Control: Non-Coating, M1: maltodextrin D.E value 5, M2: maltodextrin D.E value 10, M3: maltodextrin D.E value 9~12, M4: maltodextrin D.E value 18.

3) 저장조건에 따른 품질변화

선별된 6종(TA, ST, AR, XT, E, S1) 중 전자레인지 가열조리에 대한 개선효과가 가장 좋았던 타피오카(TA) 전분을 5% 첨가하여 제조한 5% TA 냉동만두피, 물을 도포한 냉동만두피, 7% M3을 도포한 냉동만두피, 일반 만두피를 0, -20 및 -50℃에서 90일간 저장하면서 품질변화를 확인하였다. 각 사료의 전처리 과정으로 30초 동안 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 가열조리 후 실험 시료로 사용하였다.

가) 냉동만두피의 색도변화

각각의 저장온도에서 90일간의 저장기간 동안 전분표면의 색깔 변화를 알아보기 위해 색차계를 사용하여 색도를 L, a, 및 b로 측정하여 Table 14에 나타내었다. L값(명도)은 일반적으로 5% TA가 첨가된 냉동만두피가 대조구에 비해 약간 밝은 색도를 나타냈고, 저장온도가 낮을수록 높아지고(밝아지고), 저장기간이 길어질수록 L값이 낮아지는 것으로 보아 색도는 저장온도 및 저장기간에 영향을 받는 것으로 나타났다. a값(적색도)은 저장온도 및 저장기간에 큰 영향을 받지 않았지만 PP 포장시료는 무포장 시료보다 적색도가 낮은 것을 알 수 있었다. b값(황색도)은 저장기간이 길어질수록 높은 값이 나타났으며, 특히 0℃에서 다른 저장온도보다 높은 황색도가 나타났다. 0℃에서 90일간 저장된 무포장 시료에서는 이취가 심하게 났으며 냉동만두피 표면에 곰팡이가 발생하기도 하였다. L, a 및 b값은 PP 포장에 따른 색도변화 속도가 서서히 진행된 것으로 보아 PP 포장에 따른 효과를 확인할 수 있었다.

Table 14-1. Hunter color values of frozen dough[1)] packed in polypropylene during storage periods

Storage (day)	Temp. (℃)	Sample	Hunter Color		
			L value	a value	b value
0	Room	Control	80.39$^{b2)}$	-2.71^{b}	15.50^{a}
		TN	81.07^{a}	-2.56^{a}	11.45^{c}
		TW	79.04^{c}	-2.57^{a}	12.28^{c}
		TM	78.92^{c}	-2.61^{a}	14.17^{b}
50	0	Control	77.57^{b}	-2.09^{a}	12.59^{a}
		TN	79.75^{b}	-2.66^{bc}	13.62^{a}
		TW	80.40^{b}	-2.72^{c}	13.19^{a}
		TM	81.65^{a}	-2.34^{ab}	12.45^{a}
	-20	Control	81.22^{a}	-2.31^{a}	12.36^{b}
		TN	80.40^{ab}	-3.16^{b}	14.67^{a}
		TW	79.08^{c}	-3.13^{b}	13.47^{ab}
		TM	79.81^{bc}	-2.71^{ab}	11.87^{b}
	-50	Control	78.44^{a}	-2.61^{a}	14.39^{a}
		TN	79.09^{a}	-2.63^{a}	13.78^{a}
		TW	77.53^{a}	-2.89^{a}	13.02^{a}
		TM	78.38^{a}	-2.82^{a}	12.26^{a}
90	0	Control	78.31^{a}	-2.08^{ab}	17.29^{a}
		TN	80.68^{a}	-2.55^{b}	17.47^{b}
		TW	76.64^{a}	-2.22^{ab}	16.10^{b}
		TM	75.24^{a}	-1.85^{a}	19.95^{b}
	-20	Control	80.42^{c}	-1.95^{a}	15.93^{b}
		TN	81.69^{a}	-2.02^{a}	16.07^{b}
		TW	81.08^{b}	-2.16^{a}	16.51^{a}
		TM	81.57^{a}	-2.59^{b}	15.30^{b}
	-50	Control	80.12^{c}	-2.73^{ab}	13.00^{b}
		TN	81.91^{a}	-2.39^{a}	11.67^{b}
		TW	80.56^{bc}	-3.09^{b}	16.75^{a}
		TM	80.91^{b}	-2.67^{ab}	15.24^{b}

[1)]Control: wheat dough, TN: wheat dough containing 5% Tapioca, TW: wheat dough containing 5% Tapioca and sprayed surface with water, TM: wheat dough containing 5% Tapioca and sprayed surface with 7% maltodextrin M3.

[3)a,b]Mean values within a column with different superscript letters were significantly different ($p<0.05$).

Table 14-2. Hunter color values[1)] of non-packed frozen dough during storage periods

Storage (day)	Temp. (℃)	Sample	Hunter Color		
			L value	a value	b value
0	room	Control	80.19[a]	-2.71[b]	15.50[a]
		TN	80.95[a]	-2.56[a]	11.45[c]
		TW	79.00[b]	-2.57[a]	12.28[c]
		TM	78.81[b]	-2.61[a]	14.17[b]
50	0	Control	77.07[b]	-2.25[a]	15.11[a]
		TN	79.35[ab]	-2.55[b]	13.52[ab]
		TW	81.62[a]	-2.63[b]	13.43[ab]
		TM	81.49[ab]	-2.30[a]	12.03[b]
	-20	Control	81.46[a]	-2.21[a]	12.59[a]
		TN	81.14[a]	-2.02[a]	12.45[a]
		TW	81.42[a]	-2.98[b]	13.76[a]
		TM	81.16[a]	-2.77[b]	12.42[a]
	-50	Control	76.98[a]	-2.54[a]	13.71[a]
		TN	77.07[a]	-2.54[a]	13.66[a]
		TW	79.08[a]	-2.68[ab]	13.14[a]
		TM	78.27[a]	-2.96[b]	13.09[a]
90	0	Control	74.26[a]	-2.30[a]	26.89[a]
		TN	74.63[a]	-0.08[a]	22.81[a]
		TW	74.70[a]	-1.29[a]	26.58[b]
		TM	74.16[a]	-1.96[a]	25.34[b]
	-20	Control	74.26[c]	-1.93[a]	16.54[b]
		TN	81.27[a]	-2.41[a]	15.96[ab]
		TW	79.42[b]	-2.73[a]	16.96[a]
		TM	79.88[ab]	-2.23[a]	16.01[ab]
	-50	Control	79.81[b]	-2.74[a]	13.20[a]
		TN	80.30[ab]	-2.76[a]	12.68[c]
		TW	80.99[ab]	-2.93[a]	15.44[b]
		TM	81.71[a]	-2.77[a]	15.37[b]

[1)]Refer to Table 14-1.

나) 냉동만두피의 물성변화

저장조건에 따른 냉동만두피의 기계적 물성변화는 Table 15와 같다. TA 첨가구는 대조구보다 hardness, springiness, gumminess, brittleness, cohesiveness 등이 낮은 경향을 보였다. 그 중에서도 7% M3가 도포된 시료(TM)의 hardness가 냉동만두피 표면에 도포가 되지 않은 시료(TN)와 식용수가 도포된 시료(TW)보다도 가장 낮았고, adhesiveness는 높게 나타났다. 도포제 개선효과에서 언급한 것과 같이 도포된 M3의 표면경화억제효과가 이들 물질의 도포로 인한 끈적임의 형성과 관련이 있는 것으로 추정되었다(Table 13). 저장기간이 길어질수록 hardness와 adhesiveness는 증가하였으며, 다른 특성들은 감소하는 것으로 조사되었다. 특히 0℃에서 다른 저장온도보다 hardness 증가가 심화되었으며, gumminess와 brittleness도 함께 증가하였다. -20℃와 -50℃에서 저장된 냉동만두피는 hardness가 서서히 증가하고 springiness는 서서히 감소하였다. 0℃보다는 -20℃와 -50℃ 저장 온도에서 냉동만두피의 경화현상이 서서히 일어난다는 것을 확인할 수 있었다. 0℃에서의 hardness 증가는 팽윤된 전분표면의 수분감소로 표면구조가 치밀해져 전분분자간의 수축현상(50)(Fig. 12)이 일어나 저장기간이 길어질수록 전분의 노화가 빠르게 진행되는 것으로 생각되었다. 이러한 특징은 무포장 시료에서 특히 두드러지게 나타났다.

Table 15-1. Textural properties[1)] of frozen dough packed in polypropylene during storage periods

Storage (day)	Temp. (℃)	Sample	Hardness (g/㎠)	Adhesiveness (g)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)
0	Room	Control	17651.37^{a}	-5^{a}	57.47^{a}	55.70^{b}	26.40^{b}	19.87^{a}
		TN	17088.89^{b}	-5^{a}	56.28^{a}	56.71^{ab}	26.21^{b}	18.82^{a}
		TW	17490.15^{ab}	-5^{a}	58.36^{a}	59.08^{a}	37.07^{a}	20.91^{a}
		TM	17675.24^{a}	-4^{a}	66.73^{a}	51.87^{c}	37.90^{a}	17.79^{a}
50	0	Control	26851.85^{a}	-8^{a}	-	67.82^{a}	31.55^{a}	36.54^{a}
		TN	21925.40^{ab}	-9^{a}	44.45^{a}	40.90^{a}	26.82^{a}	21.41^{a}
		TW	21847.19^{ab}	-8^{a}	33.44^{b}	48.14^{a}	24.65^{ab}	21.76^{a}
		TM	20341.44^{b}	-7^{a}	33.33^{b}	33.07^{a}	16.20^{b}	20.54^{a}
	-20	Control	20138.89^{a}	-5^{b}	46.33^{a}	45.83^{a}	18.83^{a}	24.82^{a}
		TN	21525.56^{a}	-7^{a}	57.45^{a}	43.35^{a}	21.49^{a}	24.38^{a}
		TW	20845.04^{a}	-7^{a}	46.98^{a}	44.98^{a}	24.59^{a}	28.36^{a}
		TM	19907.41^{a}	-7^{ab}	45.14^{a}	54.99^{a}	19.26^{a}	17.69^{a}
	-50	Control	20789.73^{a}	-6^{b}	56.44^{a}	45.81^{a}	20.12^{b}	24.39^{a}
		TN	16203.70^{b}	-7^{b}	-	-	26.17^{a}	24.52^{a}
		TW	21130.95^{a}	-8^{ab}	-	40.11^{a}	19.64^{b}	21.17^{ab}
		TM	18113.43^{ab}	-9^{a}	58.18^{a}	42.33^{a}	17.27^{c}	18.86^{b}
90	0	Control	24574.07^{a}	-9^{b}	83.79^{a}	41.56^{a}	27.51^{a}	26.91^{a}
		TN	23837.13^{a}	-10^{ab}	35.40^{a}	37.55^{a}	30.22^{a}	23.23^{b}
		TW	21474.82^{b}	-11^{ab}	32.97^{a}	40.27^{a}	23.80^{a}	22.84^{b}
		TM	20793.40^{b}	-12^{a}	36.83^{a}	38.02^{a}	23.67^{a}	19.93^{b}
	-20	Control	22630.72^{a}	-8^{a}	55.04^{a}	41.81^{a}	25.60^{a}	26.27^{a}
		TN	23750.00^{a}	-8^{a}	49.24^{b}	40.37^{a}	22.62^{a}	26.40^{a}
		TW	21291.67^{b}	-9^{a}	47.91^{b}	-	24.96^{a}	31.09^{a}
		TM	20731.67^{b}	-9^{a}	41.80^{c}	39.73^{a}	27.92^{a}	20.91^{a}
	-50	Control	19373.62^{a}	-11^{a}	47.15^{a}	41.49^{b}	18.30^{c}	23.25^{a}
		TN	19495.22^{a}	-12^{ab}	46.15^{a}	40.69^{bc}	21.63^{a}	22.91^{a}
		TW	19833.34^{a}	-14^{c}	46.33^{a}	40.54^{c}	19.55^{b}	22.43^{a}
		TM	18469.10^{a}	-13^{ab}	45.27^{a}	43.21^{a}	19.50^{b}	21.30^{a}

[1)]Refer to Table 14-1.

Table 15-2. Textural properties[1)] of non-packed frozen dough during storage periods

Storage (day)	Temp. (℃)	Sample	Hardness (g/㎠)	Adhesiveness (g)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)
0	0	Control	17403.58^{a}	-5^{a}	60.08^{a}	56.04^{ab}	27.48^{b}	20.59^{a}
		TN	16778.00^{b}	-5^{a}	59.95^{a}	57.30^{ab}	37.51^{a}	19.23^{ab}
		TW	17489.35^{a}	-5^{a}	57.16^{a}	57.41^{ab}	34.07^{ab}	19.75^{ab}
		TM	16666.67^{b}	-4^{b}	60.19^{a}	55.43^{b}	35.51^{ab}	17.24^{b}
50	0	Control	21403.77^{a}	-6^{b}	78.33^{a}	62.37^{a}	19.86^{a}	20.30^{a}
		TN	27132.20^{a}	-9^{ab}	48.40^{a}	43.44^{a}	27.07^{a}	-
		TW	20166.67^{a}	-10^{ab}	31.43^{a}	43.58^{a}	27.42^{a}	26.60^{a}
		TM	19577.82^{a}	-11^{a}	48.37^{a}	41.24^{a}	24.30^{a}	13.83^{a}
	-20	Control	20659.73^{a}	-6^{b}	49.21^{a}	40.79^{b}	23.27^{ab}	25.99^{a}
		TN	20895.11^{a}	-9^{a}	45.08^{a}	78.31^{a}	24.34^{a}	27.01^{b}
		TW	20333.33^{a}	-7^{ab}	-	-	26.96^{a}	31.82^{b}
		TM	19017.86^{a}	-7^{ab}	47.64^{a}	45.01^{b}	12.74^{b}	19.33^{c}
	-50	Control	20158.99^{a}	-6^{bc}	54.61^{a}	45.22^{ab}	-	24.42^{a}
		TN	19344.45^{a}	-5^{c}	61.67^{a}	41.22^{bc}	21.18^{b}	23.27^{a}
		TW	20089.49^{a}	-7^{ab}	54.51^{a}	40.50^{c}	64.25^{a}	26.25^{a}
		TM	18650.01^{a}	-8^{a}	56.17^{a}	45.55^{a}	21.55^{b}	21.43^{a}
90	0	Control	25779.19^{a}	-9^{a}	33.50^{b}	35.21^{a}	23.65^{a}	35.44^{a}
		TN	23633.58^{ab}	-9^{a}	31.31^{b}	-	19.48^{a}	24.81^{a}
		TW	25077.16^{ab}	-9^{a}	34.06^{b}	34.25^{a}	23.44^{a}	21.74^{a}
		TM	22500.00^{b}	-10^{a}	41.29^{a}	49.67^{b}	23.67^{a}	28.26^{a}
	-20	Control	24200.62^{a}	-9^{a}	55.44^{a}	40.66^{a}	25.72^{a}	26.48^{a}
		TN	23955.36^{a}	-8^{a}	42.44^{b}	41.34^{a}	24.28^{a}	26.81^{a}
		TW	23458.33^{a}	-9^{a}	-	-	-	-
		TM	21889.13^{b}	-10^{a}	36.25^{b}	37.34^{a}	23.88^{a}	21.29^{a}
	-50	Control	19799.28^{a}	-13^{a}	49.26^{a}	41.80^{b}	19.99^{a}	24.53^{a}
		TN	19664.56^{a}	-13^{a}	41.56^{a}	41.42.^{b}	17.79^{a}	24.62^{a}
		TW	19796.77^{a}	-14^{a}	40.69^{a}	40.71^{b}	18.70^{a}	23.31^{b}
		TM	18003.74^{a}	-14^{a}	45.42^{a}	44.27^{a}	18.36^{a}	21.30^{c}

[1)]Refer to Table 14-1.

다) 냉동만두피의 노화특성

저장온도 및 저장기간에 따른 냉동만두피의 전자레인지 가열조리 후 발생하는 노화현상을 열시차주사열분석기(differential scanning calorimeter; DSC)를 사용하여 흡열곡선상의 엔탈피변화를 측정하였으며 그 결과는 Table 16과 같다. 열전위 변화는 저장기간이 길어질수록 호화개시온도(To)는 낮은 쪽으로 이동되고 엔탈피가 점차적으로 증가하였다. 이것은 전분 내 수분감소에 따른 전분과 전분사이의 수소결합이 진행되어 무정형의 호화전분입자가 결정형으로 되돌아가기 때문으로 볼 수 있다. 현 등(51)이 조사한 쌀전분의 저장기간에 따른 노화도를 DSC로 측정한 결과에서도 저장기간이 길어질수록 엔탈피와 peak 면적이 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 호화개시온도(To) 또한 낮은 쪽으로 이동한다고 보고하였다. 본 실험에서도 각 실험군을 DSC로 측정한 결과 저장기간이 길어질수록 peak의 면적도 함께 증가하는 것이 관찰되었으며, 이는 전분가열 직후에 시작된 수소결합의 생성이 더욱 진행된 것으로 생각되었다. 0℃ 저장온도에서 저장기간이 길어질수록 다른 온도에 비해 빠르게 노화가 진행되었다. 같은 온도에서 대조구보다 TA 혼합첨가구의 노화억제효과를 확인할 수 있었으며, TA 혼합첨가구 중에서도 7% M3이 도포된 시료(TM)의 엔탈피(ΔH)값이 낮은 것으로 보아 노화억제에 효과적임을 알 수 있었다. PP 포장에 따른 효과는 크게 나타나지 않았다.

Table 16-1. DSC thermal properties of frozen dough[1)] packed in polypropylene during storage periods

Storage (day)	Temp. (℃)	Sample	Endothermic Peak			
			To	Tp	Tc	△H
0	Room	Control	77.49	83.86	90.62	0.67
		TN	74.35	83.63	91.01	0.51
		TW	77.00	84.16	90.86	0.40
		TM	78.61	84.30	91.86	0.51
50	0	Control	73.62	83.46	91.04	1.01
		TN	73.60	83.55	91.54	0.96
		TW	72.30	83.48	91.03	0.93
		TM	73.62	83.51	92.94	0.95
	-20	Control	73.32	83.49	91.03	1.09
		TN	74.28	83.67	91.40	0.51
		TW	74.62	84.75	91.54	0.44
		TM	74.32	83.62	91.54	0.35
	-50	Control	73.63	83.58	91.52	0.55
		TN	73.70	83.50	88.22	0.49
		TW	77.61	83.69	91.54	0.44
		TM	75.01	81.68	90.12	0.57
90	0	Control	70.83	83.66	91.56	0.98
		TN	70.91	83.42	90.74	1.03
		TW	74.51	83.62	90.74	0.96
		TM	74.55	83.70	90.99	0.87
	-20	Control	74.11	83.04	90.99	0.68
		TN	74.50	83.62	89.33	0.51
		TW	74.20	83.70	91.03	0.40
		TM	74.21	84.56	91.53	0.51
	-50	Control	74.49	83.60	91.02	0.66
		TN	74.14	83.71	90.66	0.76
		TW	73.62	83.55	91.05	0.75
		TM	73.62	83.55	91.05	0.75

[1)]Refer to Table 14-1.

Table 16-2. DSC thermal properties of non-packed frozen dough[1)] during storage periods

Storage (day)	Temp. (℃)	Non-Pack	Endothermic Peak 1			
		Sample	To	Tp	Tc	△H
0	0	Control	77.82	85.33	91.31	0.59
		TN	77.25	83.47	88.89	0.55
		TW	77.28	83.40	90.99	0.66
		TM	77.43	83.57	91.90	0.60
50	0	Control	73.26	83.79	89.63	0.84
		TN	73.26	83.54	88.91	0.61
		TW	73.63	83.72	88.25	0.34
		TM	73.32	84.54	91.54	0.37
	-20	Control	74.15	83.50	92.48	0.99
		TN	73.63	83.46	91.86	1.01
		TW	72.82	83.47	91.04	0.84
		TM	73.60	83.60	92.44	0.80
	-50	Control	73.55	83.47	91.58	0.94
		TN	77.61	83.50	91.53	0.38
		TW	76.92	85.27	91.93	0.64
		TM	74.20	83.60	91.93	0.72
90	0	Control	72.56	83.67	92.55	0.66
		TN	73.00	83.55	92.51	0.51
		TW	73.15	83.50	92.47	0.41
		TM	73.62	83.58	90.74	0.58
	-20	Control	69.50	83.70	91.04	0.79
		TN	70.91	83.67	90.73	1.11
		TW	71.90	83.70	91.93	1.09
		TM	71.88	83.74	91.54	1.01
	-50	Control	72.61	83.59	91.03	0.92
		TN	75.02	83.51	91.04	0.57
		TW	74.48	83.70	90.69	0.61
		TM	74.22	83.41	90.34	0.60

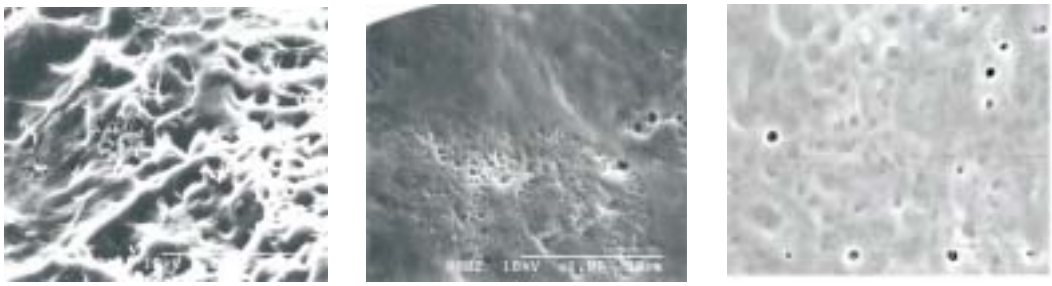
[1)]Refer to Table 14-1.

라) 냉동만두피의 미세구조 관찰

저장온도 및 저장기간에 따른 냉동만두피의 표면상의 변화를 관찰하기 위하여 주사전자현미경으로 표면구조를 측정하였다. 일반적으로 주사전자현미경(Scanning Elect-ron Microscope; SEM)에서 상이 형성되는 것은 입사된 전자빔에 의해 발생되는 2차 전자와 입사전자가 다시 튀어나오는 것을 잡고 이들 전자량의 강약에 의해 주사선과 콘트라스트가 있는 상이 형성되어 표면의 미세구조를 μ단위의 적은 체적까지도 확대하여 관찰할 수 있다. SEM을 이용하여 시료 제조공정(Fig. 3)에 따라 제조된 시료 중 저장온도에 따라 30일간 저장된 시료의 미세구조를 관찰한 결과는 Fig. 12에 나타내었다. 일차 호화된 시료들은 30일간의 저장기간을 거쳐 전자레인지에 의해 재호화(restoration)된 시료로서 냉동만두피의 미세구조는 시료 처리조건과 저장온도에 따라 각기 다르게 나타났다. 특히 대조구의 표면 미세구조가 부드럽지 못하고 조직이 거칠었으며, 기공이 심화된 다공성구조를 형성하는 특징을 보였다. 반면 TA전분이 첨가된 TN 처리구의 다공구조는 균일하게 나타났으며, TM 처리구는 매끄럽고 부드러운 표면구조를 나타내었다. 일반적으로 전자레인지 가열조리 시 내부에 존재하는 수분이 외부로 확산되는 것보다 내부 수분이 빠르게 팽창함으로서 기공이 형성된다고 보고된 바가 있어, 본 실험에서도 전자레인지 가열에 의해 시료의 표면수분이 감소하면서 표면구조가 치밀해져 냉동만두피 내부의 수분이 조직 안에서 팽창 후 증발하여 기공이 형성되는 것으로 생각되었다. 또한 도포에 의한 수분증발 억제효과는 저장온도에 상관없이 M3이 도포된 TM 처리구에서 표면기공의 분포가 훨씬 적게 나타난 것으로 전자레인지 가열조리에 대한 손상을 가장 완화시키는 것을 확인할 수 있었다.

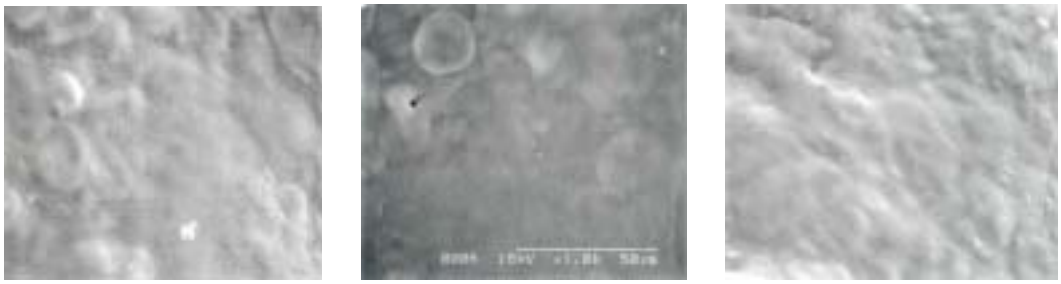
냉동만두피의 표면 미세구조로 TA 전분 첨가에 대한 효과와 M3의 도포효과를 확인할 수 있었다. 저장온도별 처리구에서는 온도가 낮아질수록 냉동만두피의 표면손상이 적은 것으로 보아 0℃보다는 -20, -50℃에서의 냉동저장 시 수분증발억제 및 노화억제에 효과적임을 확인하였다.

< Control[1] >



< TN[2] >

< TM[3] >



0℃ -20℃ -50℃

Fig. 12. Scanning electron micrograph(SEM) of each frozen dough stored for 30 days at different temperatures.

[1]Base dough

[2]5% TA Mixing dough and non-sprayed

[3]5% TA Mixing dough and sprayed surface with 7% M3

*18KV, ×1.0K

나 복합 처리 조건에 따른 품질 개선 방법 검토

전자레인지 가열조리는 일반적으로 저수분이나 중간수분 식품에서는 성공적으로 평가되고 있으나, 고수분을 지닌 식품에서는 크게 성공하지 못하고 있는 실정이다. 또한 전자레인지 가열조리 시에는 수분 함량을 50% 정도 감소시킨 후 전자레인지를 이용하는 경우가 있으며, 최근에는 전자레인지의 이용이 점차 확대되어 냉동식품의 가열조리·해동 및 데치기 등에서도 적극적으로 활용되고 있다(52). 냉동식품의 조리·해동 및 데치기 등을 할 경우 전자레인지 가열조리는 전자파의 유전가열 효과에 의한 분자의 회전운동과 미세조직의 공진현상에 따른 급격한 온도의 상승과 수분함량의 감소로 식감 저하 및 품질 저하 등 물성 변화의 문제점이 나타나고 있다(53). 특히 전자레인지 가열조리 시 시료의 중량, 형상, 크기 및 전자레인지의 전자파 출력 등의 영향을 받아 전분성분의 변화, 지질의 추출율의 저하, amylose와 지방산 복합체 형성, 겔화 촉진, 결합수의 변동 등으로 노화가 촉진되기 때문에 다양한 특성을 지닌 전분을 조제할 수 있는 가능성이 크다. 본 실험에서는 이러한 문제점을 해결하고자 해조 다당류를 첨가효과를 검토하였다(54).

본 실험에서 사용한 해조다당류 카라기난(Carrageenan)은 해초로서 홍조류인 *Chondrus crispus*에서 추출 정제하여 얻어진 고분자 전해질인 복합 다당류로서 겔 형성 능력, 안정성 및 필름형성 능력이 뛰어나며, 카라기난 생고분자 필름 자체가 내습 및 내유성의 높은 보습력을 갖고 있다. 특히 식품의 물성을 조절하는 당질로 유가공, 육가공 및 소스류와 같은 식품가공 산업에 널리 이용되고 있으며, 생리활성물질로 이용하기 위한 일련의 연구들이 행하여진바 있으며, 항혈액응고 작용이나 항균활성과 같은 특정의 생리활성을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다(55,56). 또한 해조 다당류인 알긴산염(Sodium alginate)은 갈조류(Macrocyatis pyrifera)로서 해초산(海草酸)이라고도 한다. 알긴사염은 물에 녹으며 점성도가 높기 때문에 냉수에서 칼슘이온과 비가역적인 겔 형성, 유화제, 점증제, 겔화제로서 아이스크림, 잼, 마요네즈 등의 점성도를 증가시키는 데 이용되고 있다(57).

본 실험에서는 이러한 특성을 지닌 카라기난과 알긴산염을 농도별로 각각 또는 혼용하여 반죽조성물에 첨가하여 개선효과를 검토하였다.

1) 해조다당류 첨가가 냉동만두피의 품질유지 및 개선에 대한 상승효과 검토

전자레인지 가열조리에 대한 개선효과가 가장 좋았던 5% TA 냉동만두피 조성물에 해조다당류 알긴산염(SA)과 카라기난(CR)을 0.1%씩 첨가한 TSA와 TCR을 제조하여 -20℃에서 90일간 저장하면서 개선효과를 검토하였다. 실험시료의 전처리는 냉동저장된 각 시료를 30초 동안 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 가열조리 후 실험 시료로 사용하였다.

가) 해조다당류 첨가에 따른 점도측정

5% 타피오카(tapioca; TA) 혼합전분에 해조다당류인 알긴산염(Sodium alginate; SA)과 카라기난(Carrageenan; CR)이 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 및 1.0%씩 첨가한 각각의 혼합전분을 8% 현탁액으로 조제하여 점도를 조사하였다. 5% TA와 알긴산염과 카라기난의 각 농도별로 첨가된 혼합전분의 amylogram의 특성치는 Table 17, 18에 나타내었다. 각 첨가구 중 5% TA 혼합전분(대조구)의 호화개시온도는 moorthy(36)의 실험에서 보고한 바와 같이 63℃로 가장 낮았고, 0.1% SA 첨가구도 63.3℃로 비슷한 호화개시온도가 나타났으나 대체적으로 알긴산염의 농도가 증가할수록 호화개시온도는 상승하였다. 최고점도(37)는 대조구에서 228 B.U.로 다른 첨가구보다 4~20 B.U.정도 높은 값을 나타내었으며, 알긴산염 첨가구는 대조구보다 낮은 점도를 나타냈으나, 알긴산염 농도가 증가할수록 최고점도가 조금씩 상승하였다. 최고 점도는 대조구에서 228 B.U.값으로 가장 높았다. Setback 값은 0.1% CR과 1.0% CR에서 각각 210 B.U. 값의 낮은 값을 보여 노화개선에 다른 첨가구보다 효과적임을 확인하였다.

실험결과에서와 같이 알긴산염과 카라기난 첨가효과는 5% TA 첨가구보다 최고점도는 낮았으나 노화에 대조구보다 효과적으로 작용함을 알 수 있었으며, 특히 첨가원료인 알긴산염과 카라기난의 함량이 0.1%일 때에 노화개선에 효과적인 것으로 조사되었다. 따라서 5% TA 혼합반죽물에 알긴산염과 카라기난의 적정 첨가량을 0.1%로 선정하여 0.1% SA와 0.1% CR로 Table 3과 같이 시료를 제조공정(Fig 1)에 따라 제조하였다.

Table 17. Amylogram characteristics of suspension with tapioca[1)] and sodium alginate of each concentration

Addition Agents (%)	Initial Gelatinization Temp.(℃)	Peak Viscosity (B.U.):P	15 min Viscosity (B.U.):H	Height at 50℃ (B.U.):C	Break Down :P-H	Set Back :C-P	Consis-tency :C-H
Control	63.0	228	216	450	12	222	234
0.1	63.3	208	205	408	3	200	203
0.3	66.0	211	180	440	2	258	260
0.5	72.8	215	178	395	1	216	217
0.7	72.0	215	208	410	7	195	202
1.0	70.5	224	182	402	2	218	220

1)5% tapioca

Table 18. Amylogram characteristics of suspension with tapioca[1)] and carrageenan of each concentration

Addition Agents	Initial Gelatinization Temp.(℃)	Peak Viscosity (B.U.):P	15 min Viscosity (B.U.):H	Height at 50℃ (B.U.):C	Break Down :P-H	Set Back :C-P	Consis-tency :C-H
Control	63.0	228	216	450	12	222	234
0.1	62.0	190	185	400	5	210	215
0.3	64.0	205	190	420	15	215	230
0.5	65.0	220	210	450	10	230	240
0.7	63.5	198	190	410	8	212	220
1.0	63.5	190	180	400	8	210	218

1)5% tapioca

나) 혼합효과 및 상대점도의 계산

TA 전분과 해조다당류인 알긴산염과 카라기난을 여러 비율로 각각 혼합하고, 8% 현탁액으로 만들어 점도를 측정하였으며, 혼합(상승)효과 및 상대점도를 Table 19에 나타내었다. 알긴산염과 카라기난은 5% TA 전분에 0.1%씩 첨가하였을 때 가장 큰 상승효과를 나타냈으며, 알긴산염이 카라기난보다 상승효과가 큰 것으로 나타났다. 이와 박 등(7)의 보고에서는 Sun Registar(하이드록실 프로필 인산전분)와 Kappa, lambda, iota타입의 카라기난과 상호작용에서 kappa를 제외한 lambda, iota는 상대점도가 상승한 것으로 확인되었으나, 본 실험에서는 알긴산염이나 카라기난의 농도가 증가함에 따라 5% TA에 대한 상대점도는 줄어드는 경향을 보였다.

Table 19. Viscosity and synergistic effects of suspension with tapioca[1] and algae polysaccharides of different concentration

Contents(%)			Synergistic effects[2]	Relative viscosity[2]
Tapioca	Sodium alginate	Carrageenan		
5	0.0	0.0	1.00	1.00
5	0.1	-	1.19	1.10
5	0.3	-	1.08	1.08
5	0.5	-	1.07	1.06
5	-	0.1	1.15	1.20
5	-	0.3	1.13	1.11
5	-	0.5	1.13	1.04

[1]5% tapioca

[2]Synergistic effects=(AB)/(A)+(B)

(A) is the viscosity of A solution at located concentration, (B) is the viscosity of B solution at located concentration, (AB) is the viscosity of A and B complex solution

[3]Relative viscosity is the ratio of viscosity of 5% Tapioca solution and complex solution

2) 해조다당류 첨가에 따른 노화특성

Table 4의 조성에 따라 제조된 5% TA 냉동만두피(대조구), 5% TA와 0.1% SA가 혼합첨가된 냉동만두피(TSA)와 5% TA와 1% CR이 혼합첨가된 냉동만두피(TCR)의 시료를 Fig. 1에 따라 제조하여 전자레인지 가열조리에 대한 개선효과를 검토하고자 시료의 전처리 과정으로 30초 동안 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 가열조리 후 실험에 사용하였다.

가) 포장재질에 따른 노화특성

-20℃에서 30일간 저장된 냉동만두피를 무포장(non-package), polyethylene(PE) 및 polypropylene(PP) 포장상태로 전자레인지 가열조리하였을 때의 시료별 노화정도에 대하여 조사하였다. 노화정도는 glucoamylase-DNS법을 이용하여 전자레인지 가열조리 시에 사용한 포장재질에 따른 노화정도를 측정한 결과 Table 20과 같다.

무포장상태의 전자레인지 가열조리 시 노화정도가 가장 높았으며 대체적으로 PP 수지로 포장조리 하였을 경우 가열조리에 따른 전분노화정도가 낮게 나타났다. TCR의 경우 무포장 가열조리 시 노화정도가 심화된 것으로 확인되었으며, PE 포장과 PP 포장조리 시 TSA보다 노화정도가 가장 높게 나타났다. 특히 CR의 경우 내습 및 내유성의 높은 보습력을 가진 물질로 알려졌으나 전자레인지 등의 고온조리에서는 효과가 감소되는 것으로 생각되었다.

Table 20. Degree of retrogradation for frozen doughs[1)] with the different package material

Package	Degree of retrogradation		
	Control	TSA	TCR
Non-package	77.03	66.55	79.78
Polyethylene	43.36	30.08	40.57
Polypropylene	40.42	23.30	38.57

[1)]Control: frozen dough with TA: 5% tapioca, TSA: frozen dough with 5% tapioca and 0.1% sodium alginate, TCR: frozen dough with 5% tapioca and 0.1% carrageenan

나) 첨가원료에 따른 노화특성

저장한 냉동만두피(-20℃에서 7일) 시료를 전자레인지로 30초 동안 가열처리한 후 건조하여 분말화하여 첨가원료에 따른 노화도를 glucoamylase-DNS법을 이용하여 첨가원료에 따른 노화정도를 측정하였으며 그 결과는 Table 21과 같다. 대조구(타피오카 전분이 5% 함유된 냉동만두피)의 노화정도는 29.22%로 가장 높았으며, TCR(27.43%), TSA (22.22%) 순으로 나타났다. 이는 알긴산염의 점성 증가로 겔 형성에 용이한 특성에 따라 전분내 수분결합을 유지함으로서 전분 노화억제에 효과적인 것으로 생각되었다. TCR은 대조구와 큰 차이는 보이지 않았으나 카라기난 또한 알긴산염과 같이 노화에 효과적임을 확인하였다. 상기 1, 2실험에서도 확인하였듯이 TA 단독으로 사용할 때에도 노화억제에 기본반죽물보다 효과적이었지만 해조다당류의 첨가로 인해 노화억제에 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

Table 21. Degree of retrogradation for frozen doughs[1)] stored for 7 days

Sample	Degree of retrogradation
Control	29.22
TSA	22.22
TCR	27.43

[1)]Refer to Table 20.

3) 저장기간에 따른 품질변화

저장기간에 따른 전자레인지 가열조리에 대한 개선효과를 검토하기 위해 저장시료(-20℃에서 30, 60, 90일)를 전자레인지(정격 소비전력 1150 W, 정격 고주파출력 750 W, 주파수 2,450 ㎒)로 30초 동안 가열조리 후 품질변화를 조사하였다.

가) 냉동만두피의 기호도

20℃에서 30일간 저장된 냉동 만두피를 30초 동안의 전자레인지 가열조리 후 기호도 조사를 조사한 결과는 Table 22와 같다. 30일간 저장된 냉동만두피의 텍스쳐, 외관, 색감에서 TSA가 가장 좋은 기호성향을 보였으며, 대조구(타피오카 전분이 5% 함유된 냉동만두피)와 TCR의 텍스쳐, 외관, 색감의 기호도는 근소한 차이를 보였다. 냉동만두피 표면은 대조구가 가장 촉촉하였고, 이는 Fig. 13에서와 같이 작은 기공들이 증발하는 수분들을 잡고 있는 것으로 생각되었다. 가열조리가 끝난 냉동만두피는 시간이 경과할수록 만두피 가장자리에서 마름(경화)현상이 나타났으며 특히 대조구와 TCR이 TSA보다 빠르게 진행되었다. 냉동만두피 겉표면의 끈적임은 세 시료가 비슷한 것으로 조사되었다.

Table 22. Sensory evaluation[1)] of frozen doughs[2)] stored for 30 days

Sensory Evaluation	Control	TSA	TCR
Texture	4.51±0.76[a]	4.99±1.38[a]	4.56±1.21[b]
Appearance	4.17±0.58[a]	4.53±1.72[a]	4.14±1.07[b]
Color	4.55±0.77[a]	4.57±1.81[a]	4.43±1.62[a]

[1)]9 scoring test-9point: very good, 5point: normal, 1point: very bad.

[2)]Refer to Table 20.

[3)]A; goods on sale.

[4)]Data were presented as mean±SD.

[5)]Means in a row with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

나) 냉동만두피의 색도변화

90일간의 저장기간 동안 냉동만두피 표면의 색깔 변화를 알아보기 위해 색차계를 이용하여 색도를 L, a 및 b값으로 측정하여 Table 23에 나타내었다. L값(명도)은 대조구(타피오카 전분이 5% 함유된 냉동만두피), TCR, TSA 모든 시료에서 저장기간이 길어질수록 높았으며(밝았으며), 대조구의 명도가 특히 높았다. a값(적색도)은 TSA에서 다른 시료보다 낮게 나타났다. b값(황색도)은 저장기간이 길어질수록 높은 값이 나타났으며, TCR은 다른 시료보다 황색도가 높게 조사되었다. 상기 Table 14의 -20℃에서의 저장결과와 같이 저장기간이 길어질수록 L값(명도)과 b값(황색도)이 높아지는 결과를 보였다.

Table 23. Hunter color values of frozen dough packed in polypropylene during storage periods

Storage (day)	Sample[1)]	Hunter Color		
		L value	a value	b value
0	Control	64.64[a]	-2.12[a]	4.53[a]
	TSA	64.51[a]	-1.87[a]	4.48[a]
	TCR	64.05[a]	-2.12[a]	4.81[a]
30	Control	67.39[a]	-2.19[a]	4.95[a]
	TSA	64.22[a]	-2.19[a]	5.17[a]
	TCR	68.87[a]	-2.24[a]	6.07[a]
60	Control	78.48[a]	-1.47[b]	5.34[a]
	TSA	79.99[b]	-1.80[b]	5.08[b]
	TCR	67.52[a]	-1.88[a]	6.50[b]
90	Control	88.88[a]	-1.78[a]	8.76[c]
	TSA	85.92[ab]	-3.36[b]	9.39[b]
	TCR	84.14[b]	-3.82[c]	11.71[a]

[1)]Refer to Table 20.

다) 냉동만두피의 물성변화

90일간의 저장기간 동안의 냉동만두피의 물성변화를 Sun Rheometer를 사용하여 측정한 결과는 Table 24와 같다. 해조다당류인 알긴산염과 카라기난이 0.1%씩 첨가된 TSA와 TCR에서 hardness를 제외한 adhesiveness, springiness, gumminess, cohesiveness 등이 저장기간 동안 대조구(타피오카 전분이 5% 함유된 냉동만두피)보다 전반적으로 높게 나타났다. TSA와 TCR의 adhesiveness는 60일이 경과하면서 급격히 증가하였으며, 이는 알긴산염과 카라기난이 가지고 있는 특성 때문이라고 생각되었다. 같은 시기의 대조구는 급격하게 hardness는 증가, springiness는 감소하였고, 대조구와 TCR의 brittleness도 급격히 증가하였다. 반면 모든 시료의 물성 변화는 60일 이후의 저장기간에는 크게 변화하지 않은 것으로 보아 물성변화는 30일 이후에서 60일 이전에 전분 노화가 가장 심하게 진행되는 것으로 생각되었다.

Table 24. Comparison of textural properties of frozen dough[1)] on storage periods

Storage (day)	Sample	Hardness (g)	Adhesi-veness (gs)	Springi-ness (%)	Cohesi-veness (%)	Gummi-ness (g)	Brittle-ness (g)
0	Control	16250.00^{a}	-5.5^{a}	56.78^{a}	54.25^{b}	24.90^{a}	17.40^{a}
	TSA	15416.67^{a}	-4.0^{a}	67.52^{a}	70.67^{a}	12.67^{b}	15.95^{a}
	TCR	14305.56^{a}	-2.0^{a}	69.94^{a}	66.53^{a}	19.17^{ab}	18.94^{a}
30	Control	18555.56^{a}	-8.0^{b}	52.21^{b}	50.08^{c}	32.76^{a}	19.66^{b}
	TSA	19861.11^{a}	-7.5^{b}	64.33^{a}	61.19^{a}	18.51^{b}	24.92^{a}
	TCR	17777.78^{a}	-3.5^{a}	64.33^{a}	56.66^{b}	23.42^{ab}	23.38^{a}
60	Control	23941.24^{a}	-7.5^{a}	39.58^{b}	44.06^{b}	25.44^{a}	35.08^{a}
	TSA	18333.33^{b}	-11.5^{a}	61.61^{a}	61.59^{a}	33.21^{a}	27.31^{b}
	TCR	20310.10^{ab}	-12.0^{a}	62.20^{a}	52.76^{ab}	34.95^{a}	31.53^{ab}
90	Control	24927.14^{a}	-7.5^{a}	38.58^{a}	40.83^{b}	24.79^{b}	29.94^{b}
	TSA	23333.34^{a}	-11.5^{b}	47.84^{a}	59.54^{a}	34.40^{a}	29.11^{b}
	TCR	22500.00^{a}	-10.0^{b}	50.30^{a}	52.13^{a}	34.36^{a}	34.67^{a}

[1)]Refer to Table 20.

라) 냉동만두피의 노화특성

저장기간에 따른 냉동만두피 시료를 전자레인지 가열조리 후 발생하는 노화현상을 열시차주사열분석기(differential scanning calorimeter; DSC)를 사용하여 흡열곡선상의 엔탈피변화를 측정하여 Table 25에 나타내었다. 열전위 변화는 저장기간이 길어질수록 TSA를 제외한 대조구(타피오카 전분이 5% 함유된 냉동만두피)와 TCR에서 호화개시온도(To)가 낮은 쪽으로 이동되고, 모든 시료에서 30일을 전후로 엔탈피가 점차적으로 증가하였으며, 대조구와 TCR의 경우 급속히 증가함을 알 수 있었다. 이것은 상기 Table 16에서도 이와 같은 결과를 확인할 수 있었으며, 전분내 수분의 감소에 따른 전분과 전분사이의 수소결합이 진행되어 무정형의 호화전분입자가 결정형으로 되돌아가기 때문으로 판단되었다. 특히 TSA의 경우에는 호화개시온도가 저장기간이 길어질수록 감소하다가 다시 증가하는 특이한 경우를 보였는데, 이는 다른 시료와 달리 알긴산염이 수분과의 결합력이 다른 시료에 비해 높아 나타난 결과로 생각되었다. 또한 저장기간이 길어질수록 peak의 면적도 함께 증가하는 것이 관찰되었다. 특히 이들 시료 중 TSA 시료가 엔탈피(ΔH)가 낮은 것으로 보아 노화억제에 더 효과적인 것으로 생각되었다.

Table 25. DSC thermal properties of frozen doughs[1)] on storage periods

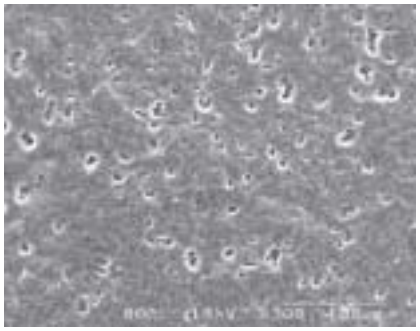
Storage (day)	Sample	Endothermic Peak 1			
		To	Tp	Tc	△H
0	Control	76.98	84.67	90.69	0.79
	TSA	75.05	84.65	90.16	0.99
	TCR	75.96	84.64	90.17	0.84
30	Control	75.05	84.65	89.67	0.95
	TSA	75.95	84.65	90.15	1.06
	TCR	74.80	84.65	90.62	1.01
60	Control	73.14	84.64	90.17	1.10
	TSA	74.45	84.65	90.16	1.10
	TCR	72.65	84.63	90.15	0.99
90	Control	70.60	84.71	90.20	1.11
	TSA	76.97	84.67	90.17	1.12
	TCR	74.17	84.70	90.19	1.12

[1)]Refer to Table 20.

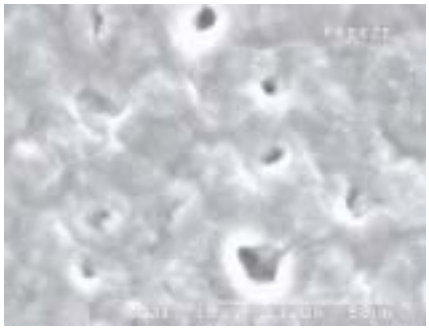
마) 냉동만두피의 미세구조 관찰

주사전자현미경(scanning electron microscope; SEM)을 이용하여 30일간 -20℃에서 저장된 시료(Control, SA, CR)들의 미세구조를 비교하여 Fig. 13과 같이 나타내었다. 저배율(18 KV×300)에서 보듯이 30일간의 저장기간 동안 냉동만두피 표면에 기공이 형성되었고, 이러한 기공들은 Fig. 12에서 보았듯이 표면의 수분이 저장기간 동안 감소하면서 표면의 구조가 치밀해져 냉동만두피 내부의 수분이 조직 안에서 팽창하면서 기공이 형성된 것으로, 특히 TCR에서 불균일하고 큰 기공을 나타내었다. 대조구(타피오카 전분이 5% 함유된 냉동만두피)와 TCR의 경우 표면의 기공은 전체적으로 골고루 퍼져있는 반면 TSA는 기공이 군을 이루어 냉동만두피 표면에 듬성듬성하게 군집을 형성했으며, 가장자리로 갈수록 기공의 수는 줄어들었다. 고배율(18 KV×1.0k)에서 확대된 기공을 보면, TCR의 경우 기공의 형태가 불규칙하고 표면이 거칠었으며 TSA는 대조구보다 기공의 형성이 많이 나타났지만 대조구의 표면이 더 거친 것으로 나타났다. Fig. 1 에서 -20℃에서 저장된 시료와 비교해보면 같은 30일간 저장된 시료이지만 두 그림에서 많은 차이를 보이고 있다. 이것은 7% M3로 표면 도포처리로 인한 표면손상을 줄일 수 있다는 것으로 TSA에 7% M3로 도포처리를 실시하면 전자레인지 가열특성에 더 좋은 효과가 있을 것으로 생각되었다.

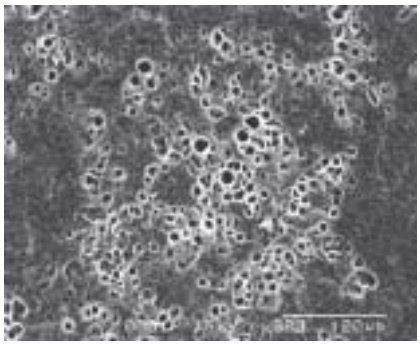
<18KV×300> <18KV×1.0k>



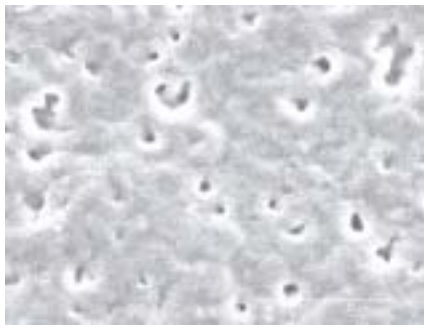
Con-1



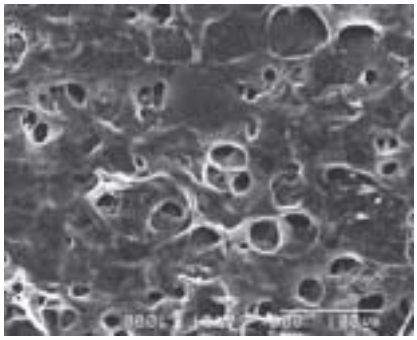
Con-2



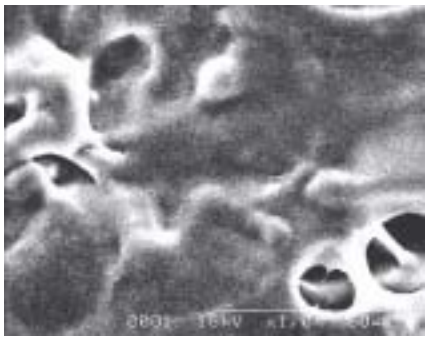
TSA-1



TSA-2



TCR-1



TCR-2

Fig 13. Scanning electron microscope(SEM) of frozen doughs stored for 30days at -20℃.

*Control: frozen dough with 5% tapioca, TSA: frozen dough with 5% tapioca 0.1% sodium alginate, TCR: frozen dough with 5% tapioca and 0.1% carrageenan

3. 경제성 분석 및 산업체 적용 실험

가. 전자파 조절에 의한 품질개선방법 검토

전자레인지 가열조리는 식품에 투여되는 겉과 속의 에너지량은 차이가 있으나 직접가열에 비해 상대적으로 높은 동시 가열성을 가지며, 열효율이 높아 조리시간이 짧고, 안정성이 높고, 여분의 열이나 연기가 없어 섭식용기를 그대로 활용할 수 있으며 직접가열에 비해 식품의 색, 형태변화가 심하지 않는 등 많은 장점을 가지고 있다. 반면에 전자레인지 가열조리에 의한 급격한 온도상승은 식품성분 중 전분의 전분-지방 복합체 형성(amylose-lipid complex), 겔화촉진, 결합수 등의 변화에 따른 경화 현상 등을 유발하여 일반 열전도에 의한 가열과는 다른 품질저하 문제점을 발생시킨다(41-46). 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 전분내 첨가원료를 첨가하는 방법이외에 전분성 냉동식품에 적합한 전자레인지를 제작하고자 하였다. 본 실험에서 제작한 실험용 전자레인지는 일반 전자레인지와 달리 온도조절 시스템인 Ib 조절기 및 열풍장치가 시료의 가열조리조건과 특성을 고려하여 전자파와 열풍을 독립적으로 작동할 수 있도록 구성한 전자파 혼합조리시스템으로 제작하였다.

1) 전자파 조절에 따른 품질개선방법 검토

가) 전자파 가열특성

전자레인지 가열조리는 물체 자체가 발열체로 되는 가열방식이기 때문에 종래의 열전도에 의한 외부가열에 없는 다음과 같은 특징이 있다. 전자레인지 가열조리는 열전도에 의하지 않고 내부의 온도를 높일 수 있기 때문에 가열에 요하는 시간을 크게 단축시킬 수 있고, 또 비교적 일정하게 온도를 올릴 수가 있다. 또 전자레인지 가열조리에서는 유전체내의 전기력선이 균일하게 발생하려고 하면 온도 상승도 일정하게 되므로 내외의 발열량을 동일하게 할 수가 있다. 외부 가열에서는 국부만을 가열하기에는 곤란한 점이 많은 반면, 전자레인지 가열조리에서는 가열해야 할 부분에 전극을 대서 전기력선이 집중하도록 고안하면 좁은 범위에서도 가열할 수 있고, 가열시간이 짧기 때문에 가열부분의 넓이는 작다. 물질 중에 전자파 흡수가 큰 것이 있으면 그 부분의 발열이 크기 때문에 수분분포가 일정하지 않는 물질을 건조하여 균일수분으로 하는 효과가 있다.

전자파는 전자레인지 내에 놓아둔 피가열물에만 흡수되고 전자레인지 내부 외벽

으로 사용되는 테프론, 폴리스틸렌이나 석영 등은 전자파를 거의 흡수하지 않아 공기와 함께 가열하지 않기 때문에 당연히 열효율이 높다. 특히 에너지를 필요 부분에 집중시킬 수 있기 때문에 열효율이 높은 특징을 갖고 있다. 이러한 특징 외에도 전자파는 피가열물의 움푹패인 부분에도 거의 균일하게 침투하여 가열하기 때문에 복잡한 형상이라도 비교적 균일하게 가열할 수 있으며 가열전력의 조절이 용이하고 반응이 빠르기 때문에 작업의 개시, 종료로부터 가열의 온도조절 등을 모두 순식간에 행할 수 있다.

2) 전자파 가열조건 검토

가) 적정 전자파 범위설정

전자레인지 가열조리는 내부가열이라 해도 전자파는 피가열물의 표면에 조사되어 표면으로부터 들어가 유전손실에 의해 흡수 되어지면서 점차 내부로 전달되어간다. 따라서 내부로 들어가는 만큼 전계는 약하게 되어 손실계수가 큰 물질일수록 내부가열이 어렵게 된다. 이와 같은 전자파의 침투성을 나타내는 데에 전력반감심도라는 값을 사용하고 있다. 이것은 물체에 조사된 전자파의 전력밀도가 물체의 표면에 있어서의 값보다 반으로 감쇠하는 거리를 나타내는 것이다. 물과 얼음사이의 손실계수는 물이 얼음보다 훨씬 큰 값을 가지는데 전자파를 이용하여 해동된 물체, 즉 해동식품을 해동하려는 경우 아주 나쁜 효과를 볼 수도 있다. 즉 냉동식품의 일부 얼음이 빨리 물로 변화하면서 전자파는 이 물 부분에 급속히 흡수되어 다른 부분이 아직 얼어있는데 물의 부분만이 고온으로 조리되게 된다. 이와 같은 경우에는 전자파를 간헐적으로 가해 열전도에 의한 열의 확산을 이용해서 온도 상승이 균일하게 되게끔 하는 것이 필요하게 된다.

본 실험에서는 Batch형의 전자레인지(Fig. 5)에서 냉동만두피를 load cell과 연결된 중량 측정용 선반에 올려놓고 내부에 별도로 정착된 온도센서에 시료조각을 끼운 후 전자파출력을 강약(180, 200, 220, 240 Ib)으로 조절하였고, 출력시간을 임의 설정 조절하고, 풍량과 공기온도를 제어할 수 있는 팬은 0~10단계까지 조절하면서 사용하였으며, 우선적으로 냉동만두피를 가열조리하기에 전자파 최적 출력과 온도를 검토분석하기위해서 팬을 '5'로 고정하여 사용하였다. 온도조절기의 센서온도가 설정온도보다 2℃초과하면 꺼지도록 설정하였기 때문에 시료중심온도와 배기온도 차를 2℃로 하여 실험을 실시하였다. 냉동만두피의 가열조리 시 최적온도를 선정하기 위하여 시료중심온도가 배기온도보다 2℃높을 때와 2℃낮을 때를 30℃부터 100℃까지 온도를 조

절하면서 실험하였으며 그 결과는 Table 26과 같다.

모든 고정 Ib값에서, T1과 T2가 52℃이하일 때 전자파 노출정도가 낮아 냉동만두피의 가열조리가 덜되어 전분의 결정화된 수분만이 녹아 냉동만두피 표면에 물기만 남아 시료무게의 변화율은 나타나지 않았다. 고정 Ib값이 180, 200일 때, 전자레인지 가열조리 후 각 시료의 재호화(restoration)에 따른 시료무게 변화율은 다른 조건의 값에서와 유사한 결과가 나타났지만 전자파 노출정도가 낮아 가열조리상태가 양호하지 않았다. T1이 T2보다 2℃ 낮은 조건에서 고정 Ib값이 220, 240일 때는 60, 70℃에서 냉동만두피의 표면가열이 골고루 이루어지지 않아 부분적으로 가열조리가 덜된 상태를 보였다. 80, 90℃에서는 완전하게 가열 조리되었지만 끈적임 현상이 나타났으며 가열 조리된 만두피의 표면상태와 질감은 좋은 것으로 조사되었다. 특히 Ib값이 240일 경우 90, 100℃에서는 전자파의 높은 노출로 재호화에 의한 전분조직의 수축현상으로 표면경화현상(부분적으로 부풀어 오름)이 나타났으며 조직이 약해 잘 찢어지는 경향을 보였다. 다른 조건에서 보다 가열조리 후 경화속도 또한 빠르게 나타났다. T2가 T1보다 2℃ 높은 조건에서 고정 Ib값 240을 제외한 다른 조건에서는 온도조건에 관계없이 가열조리가 골고루 이루어지진 않았다. 고정 Ib값이 240일 경우에는 전자파의 노출 Ib값은 높았지만 노출시간이 짧아 냉동만두피의 가열조리가 골고루 이루어지지 않았으며 냉동만두피의 가열조리는 80℃부터 이루어졌지만 끈적임이 심하고 전분조직의 수축현상으로 표면경화가 심하게 진행되고 조직이 잘 찢어지는 경향을 보였다.

냉동만두피의 가열조리에 알맞은 온도조건으로는 시료중심온도(T1)가 배기온도(T2)보다 2℃ 낮을 때에 가열조리가 골고루 이루어졌고, 80, 90℃에서 가열 조리된 시료의 표면상태와 질감이 양호한 것으로 조사되었다.

Table 26. The optimization range of temperature condition used to manufactured microwave oven

Ib value	Temp.(℃) Sample center (T1)	Temp.(℃) Cavity (T2)	Fan[1)]	Irradation (min)	Ib maximum	Sample weight (%)
180	30	32	5	1	-	-
	40	42	5	1	-	-
	50	52	5	1	-	-
	60	62	5	1	-	-
	70	72	5	1	1.33	12.50
	80	82	5	1	1.49	17.54
	90	92	5	1	1.58	10.60
	100	102	5	1	1.86	15.76
200	30	32	5	1	-	-
	40	42	5	1	-	-
	50	52	5	1	-	-
	60	62	5	1	-	-
	70	72	5	1	2.51	4.-68
	80	82	5	1	2.48	14.29
	90	92	5	1	2.48	15.76
	100	102	5	1	2.59	23.64
220	30	32	5	1	2.85	4.70
	40	42	5	1	-	4.70
	50	52	5	1	2.84	8.52
	60	62	5	1	2.88	6.72
	70	72	5	1	2.93	5.44
	80	82	5	1	2.87	18.70
	90	92	5	1	2.99	13.72
	100	102	5	1	3.05	15.80
240	30	32	5	1	3.15	3.92
	40	42	5	1	3.17	3.92
	50	52	5	1	3.18	9.41
	60	62	5	1	3.18	11.25
	70	72	5	1	3.17	29.97
	80	82	5	1	3.17	9.61
	90	92	5	1	3.15	10.08
	100	102	5	1	3.21	14.85

[1)]Wind velocity of fan

Table 26-1. The optimization range of temperature condition used to manufactured microwave oven

Ib value	Temp.(℃) Sample center (T1)	Temp.(℃) Cavity (T2)	Fan[1)]	Irradation (min)	Ib maximum	Sample weight (%)
180	32	30	5	1	-	-
	42	40	5	1	-	-
	52	50	5	1	-	-
	62	60	5	1	-	-
	72	70	5	1		
	82	80	5	1		
	92	90	5	1		
	102	100	5	1		
200	32	30	5	1	-	-
	42	40	5	1	-	-
	52	50	5	1	-	-
	62	60	5	1	3.02	7.76
	72	70	5	1	3.06	13.72
	82	80	5	1	3.05	6.95
	92	90	5	1	3.05	9.67
	102	100	5	1	3.09	14.99
220	32	30	5	1	-	-
	42	40	5	1	-	-
	52	50	5	1	-	-
	62	60	5	1	3.01	4.70
	72	70	5	1	3.02	11.98
	82	80	5	1	3.05	11.11
	92	90	5	1	3.07	15.25
	102	100	5	1	3.11	16.59
240	32	30	5	1	-	-
	42	40	5	1	-	-
	52	50	5	1	3.06	5.04
	62	60	5	1	3.09	6.27
	72	70	5	1	3.11	5.07
	82	80	5	1	3.13	7.76
	92	90	5	1	3.15	14.99
	102	100	5	1	3.18	17.83

[1)]Refer to Table 26-1.

나) 전자레인지의 적정 열풍 범위설정

전자파 범위설정 조건을 바탕으로 냉동만두피의 가열조리 시 전자레인지 내부 공기온도를 조사하기 위하여 공기온도를 조절 할 수 있는 팬의 조건을 1~10까지 조절하면서 실험하였으며 그 결과는 Table 27과 같다. 전자파 범위는 Ib 220, 시료중심온도는 70, 80, 90℃, 배기온도는 72, 82, 92℃의 범위로 지정하여 적정 열풍을 조사하였으나, 열풍조건 중 1~4인 경우 냉동만두피 표면의 마름현상이 나타났으며, 7~10인 조건에서는 가열조리가 제대로 이루어지지 않았다. 이는 전자레인지 내부의 열풍 강약에 따라 전자파 파장에 영향을 주기 때문에 나타난 결과로 추정되었다. 따라서 열풍조건에 대한 결과는 Table 27에서와 같이 열풍조건이 4, 5, 6 에 대해서 집중적으로 실험을 실시하였다. 열풍조건이 4 일 때에는 다른 조건의 가열조리조건에 비해 냉동만두피 표면 물기가 건조되지 않은 상태로 냉동만두피의 식감을 감소시켰으며, 열풍조건이 6인 경우에는 7이상의 경우보다 끈적임은 덜하지만 열풍조건이 5일 때보다 끈적임 현상이 크게 나타났다. 전자레인지 내부 적정 열풍 조건으로는 5일 때가 가장 좋은 가열조리 상태를 보인 것으로 나타났다.

Table 27. The optimization range of fan condition used to manufactured microwave oven

Ib value	Temp.(℃)		Fan[1)]	Irradation (min)	Ib maximum	Sample weight (%)
	Sample center (T1)	Cavity (T2)				
220	70	72	4	1	3.01	7.24
			5	1	3.01	6.10
			6	1	3.03	9.20
	80	82	4	1	3.03	22.04
			5	1	3.01	18.52
			6	1	3.04	15.43
	90	92	4	1	3.12	16.09
			5	1	3.13	12.34
			6	1	3.13	10.67

[1)]Refer to Table 26.

3) 일반 및 제작 전자레인지의 냉동만두에 대한 가열특성 비교

가) 전자레인지 비교

상업용 냉동만두(S사)를 시료로 사용하여 L사의 (A)전자레인지(M-M270TC)와 자체 제작한 (B)전자레인지비교 실험을 실시하였다. 10개의 냉동만두 시료를 전자레인지용 접시에 wrapping하여 60초 간격으로 실시한 냉동만두 시료의 가열조리 상태를 비교하였다. 가열조리조건은 L사 (A)전자레인지에 내장된 냉동만두 가열조리조건인 290초의 가열조리 시간을 기준으로 하였으며, (B)전자레인지는 상기 실험에서 선정된 적정 전자파, 열풍조건으로 조작한 후 같은 가열조리시간에 맞추어 실험하였다.

L사의 (A)전자레인지는 110초 이후부터 냉동만두의 가열조리가 시작되었고, 170초가 경과하면서 만두 겉피와 가장자리 피가 질겨지거나 빠르게 굳기 시작하였다. 230초 이후의 만두 겉피와 가장자리 피는 부풀어 오르거나 굳어져 작은 힘에도 쉽게 부서지는 특징을 보였다. 제작한 (B)전자레인지는 60초 이후부터 가열조리가 시작되었는데 한개의 시료만이 가열조리가 덜된 상태였다. (B)전자레인지가 (A)와 달리 턴테이블이 아닌 것을 고려해보면 60초부터 모든 시료의 가열조리가 가능하다고 생각되었다. 230초가 경과하면서 만두 가장자리 피가 질겨지거나 굳기 시작하였으나 겉피는 촉촉한 상태를 유지하였으며 290초 이후에는 만두 겉피와 가장자리 피가 굳거나 약하게 부풀어 올랐으나 (A)와 달리 질감은 좋은 특징을 보였다.

가열조리 시간 (Sec)	L社 (A)전자레인지	제작한 (B)전자레인지
	냉동만두 조리버튼은 290초	마이크로파강도 220 Ib, 열풍 5, 290초
50	· 시료가 전반적으로 부분 가열조리됨	· 시료 한개만 가열조리가 덜됨 · 만두 표면이 촉촉하고 만두피의 마름이 없음
110	· 만두가 적당하게 가열조리됨 · 만두 겉피 약간 촉촉하지만 질김	· 만두가 적당하게 조리됨 · 겉피의 질감이 좋고, 촉촉함
170	· 가장자리 피가 빠르게 굳어짐 · 겉피가 질기나 잘 찢어짐 · 겉피가 약하게 부풀어 오름	· 만두가 적당하게 조리됨 · 겉피가 촉촉하고 질감이 좋음
230	· 가장자리 피가 딱딱하게 굳어졌으나 부서짐성 약함 · 겉피는 질기고 부풀어 오름	· 가장자리 피가 딱딱하게 굳음 · 몇몇 시료의 가장자리 피가 약하게 부서짐 · 겉피는 촉촉하고 질감이 좋음
290	· 가장자리 피는 딱딱하게 굳어져 부서짐 · 겉피는 질기고 부풀어 오름. · 부풀어 오른 만두겉피가 터져서 부서짐	· 겉피의 질감은 좋음 · 가장자리 피는 굳었으나 부서짐성 약함 · 일부시료는 겉피가 촉촉하고 부서짐성 없었으며 부풀어 오르는 현상도 없음

나) 수분변화

상업용 냉동만두(S社를)를 시료로 사용하여 시판용 (A)전자레인지와 자체 제작한 (B)전자레인지 비교실험을 실시하였다. 10개의 냉동만두 시료를 전자레인지용 접시에 wrapping하여 60초 간격으로 실시한 냉동만두 시료의 조리 전후 무게 차로서 시료내 수분변화를 측정하였다.

시판용 (A)전자레인지와 제작한 (B)전자레인지의 온도변화는 Table 28과 Fig. 14와 같다. (A)의 경우 110초 이상 가열조리 시에 냉동만두 내의 수분증발량이 급속하게 증가하였으나 (B)의 경우는 110초까지 (A)와 비슷한 수분증발량을 보였지만 그 이상의 가열조리 시에는 완만한 수분증발량을 보였다. 이는 (B) 전자레인지 내부에 장치된 전기히터 및 열풍이 냉동만두에서 증발하는 수분을 잡아주는 역할을 한 것으로 보인다.

Table 28. Evaporation loss of moisture after microwave oven cooking of frozen dumpling

(unit:%)

Microwave oven[1)]	Cooking time(sec)				
	50	110	170	230	290
A	1.32	7.42	18.04	18.77	28.55
B	1.925	6.62	11.05	14.11	18.53

[1)]A; microwave oven of 'L' electronic company, B; manufactured microwave oven

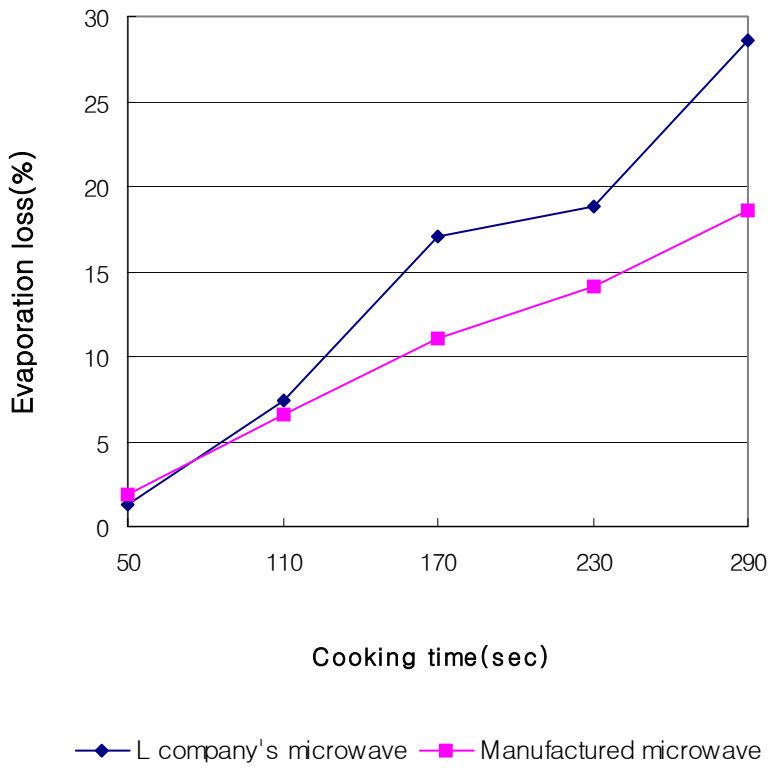


Fig. 14. Evaporation loss of moisture after microwave oven cooking of frozen dumpling

다) 온도변화

상업용 냉동만두(S社)를 시료로 사용하여 시판용 (A)전자레인지와 자체 제작한 (B)전자레인지와의 비교 실험을 실시하였다. 10개의 냉동만두 시료를 전자레인지용 접시에 wrapping하여 60초 간격으로 시료의 중심온도변화를 측정하였다.

시판용 (A)전자레인지와 제작한 (B)전자레인지의 온도변화는 Table 29와 Fig. 15와 같다. 두 제품 사이의 큰 온도차는 없었으나 시판용 (A)전자레인지의 경우 290초 동안 조리 시에는 냉동만두의 중심온도가 100℃이상까지 가열되어 조리된 만두의 품질이 좋지 않은 것으로 조사되었다. 제작한 (B)전자레인지의 경우 (A)와 달리 전자파와 열풍이 번갈아 가열조리하면서 냉동만두의 손상을 덜 줌으로서 시료의 품질이 (A)보다는 좋은 것으로 나타났다. 이는 고온의 전자파가 전분성 냉동식품에 미치는 영향을 열풍과 적절히 교차하면서 냉동만두에 주는 영향을 감소시켜 준 것으로 생각되었다.

Table 29. The change of temperature after microwave oven cooking of frozen dumpling

(unit:℃)

Microwave oven[1)]	Cooking time(sec)				
	50	110	170	230	290
A	53.23	95.95	97.55	97.73	102.67
B	52.60	92.75	93.35	95.38	96.73

[1)]Refer to Table 28.

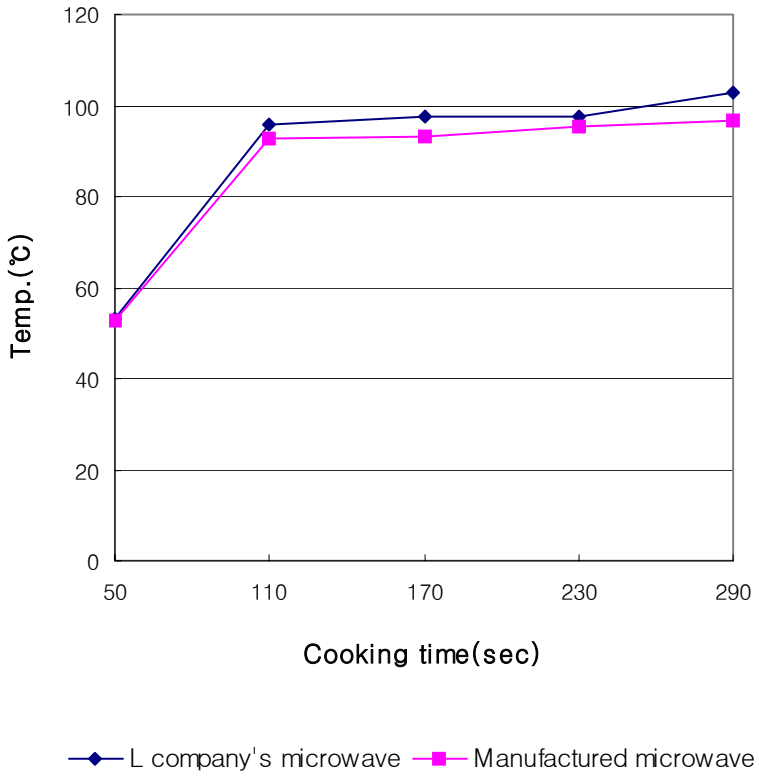


Fig. 15. The change of temperature after microwave oven cooking of frozen dumpling.

라) 비체적(specific volume)

상업용 냉동만두(S社를)를 시판용 (A)전자레인지와 제작한 (B)전자레인지로 가열조리한 후 부피변화를 측정·비교하였으며 가열시간에 따른 수분함량과 비체적변화는 Table 30과 같다. 60초 간격으로 냉동만두의 가열조리 시 가열조리시간이 증가할수록 수분함량의 감소와 더불어 비체적이 증가하는 것으로 나타났다. 시판용 (A)전자레인지의 경우 170초가 경과하면서 시료의 수축이 급격하게 일어났으며, 제작한 (B)전자레인지 경우는 시간이 경과함에 따라 비체적의 증가도 완만하게 증가한 것을 확인하였다. 따라서 (A)보다는 (B)전자레인지가 냉동만두 가열조리 시 냉동만두 자체의 손상을 줄이면서 냉동만두 가열조리에 적합한 것으로 생각되었다.

Table 30. The change of moisture and specific volume after microwave oven cooking of frozen dumpling

Cooking time (Sec)	A		B	
	Moisture(%)	Specific volume	Moisture(%)	Specific volume
50	98.68	1.56	98.07	1.42
110	92.58	2.51	93.38	1.98
170	81.96	4.32	88.95	3.50
230	81.23	7.26	85.89	4.68
290	71.45	8.62	81.47	5.21

[1)]Refer to Table 24.

위의 실험으로 냉동만두 뿐만이 아니라 전분성 냉동식품의 전자레인지 가열조리에서 나타나는 제품 자체의 품질저하현상을 전자레인지의 가열조건을 변경함으로서 해결할 수 있을 것으로 생각되었다.

나. 일반제품과 시제품과의 품질 비교

0.1% SA와 0.1% CR이 각각 첨가된 5% TA 냉동만두피(TSA, TCR)를 제조하여 -20℃에서 30일간 저장시킨 냉동만두피와 S사에서 시판 중인 기존제품(A)의 냉동만두피(-18℃이하에서 30일 동안 저장 유통된 냉동만두피)를 구매하여 품질을 비교하였다. 각각의 냉동만두피는 30초 동안의 전자레인지 가열조리 후 기호도 조사를 실시하였으며 그 결과는 Table 31과 같다. 전체적으로 저장기간이 길어질수록 모든 시료의 전체적인 기호도가 낮아졌으며, 30일간 저장된 냉동만두피의 텍스쳐, 외관, 색감에서 시판용 제품보다 좋은 기호성향을 보였다. 시판용 제품의 경우 전자레인지 가열조리 시에 외관상으로 만두피 중앙에 부풀어 오르는 현상이 집중되었고 가장자리 피의 부성짐성이 나타났다. 이는 저장 혹은 유통과정 중 온도변화 등에 의해 표면 수분이탈이 발생해서 나타난 결과로 생각되었다. 알긴산염과 카라기난의 경우 원료자체 색상을 띄고 있지만, 0.1%의 낮은 첨가함량으로 인해 색감에 큰 영향을 미치지는 못할 것으로 생각되었으나 Table 23에서와 같이 30일이 경과하면서 b값(황색도)이 대조구보다 높은 것으로 보아 전자레인지 가열 조리로 인한 색도차가 나타난 것으로 보인다. 30일이후로 관찰된 색감은 시판용 제품은 점점 검게 변하였고, TSA와 TCR은 표면이 점점 하얗게 흰 꽃이 피듯 번져가는 특징을 보였다.

Table 31. Sensory evaluation[1)] of frozen doughs[2)] stored for 3 and 30 days

Storage (day)	Sensory Evaluation	A[3)]	TSA	TCR
3	Texture	7.13±1.31[4)a]	7.10±0.13[a]	7.00±0.06
	Appearance	7.07±1.12[a5)]	7.12±0.23[a]	7.01±1.00[a]
	Color	7.20±1.22[a]	7.28±1.12[a]	7.05±0.12[a]
30	Texture	4.71±0.56[a]	5.79±1.38[a]	5.30±1.81[a]
	Appearance	4.87±0.17[a]	5.73±1.42[a]	5.44±1.17[a]
	Color	3.00±0.82[a]	5.50±1.11[a]	5.28±1.42[a]

[1)]9 scoring test-9point: very good, 5point: normal, 1point: very bad.

[2)]Refer to Table 20.

[3)]A; goods on sale.

[4)]Data were presented as mean±SD.

[5)]Means in a row with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

다. 산업체 적용성 및 경제성 분석

1) 산업체 적용성 비교

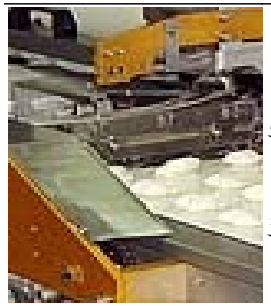
1. 반죽

- 밀가루 반죽을 할때 진공상태의 압력이 반죽사이의 기포를 제거해서 글루텐의 탄성을 강화시켜 만두피나 제면(칼국수, 우동)등에 사용시 맛이 부드럽고 쫄깃한 특징을 부여한다.
- 진공반죽을 만두기계의 반죽으로 사용하면 글루텐의 강화 및 가수율을 높여주어도 만두의 성형이 가능하며 만두피가 얇아도 만두 제조과정에서 만두가 터지지 않고 오래 끓여도 잘 퍼지지 않는다.
- 실험실적 제조에서는 밀가루반죽을 500g 기준으로 하여 정제염(0.74%), 식용수(총반죽물의 45%), 품질개량제(첨가물 종류에 따라 0.1% 혹은 5%) 등을 혼합첨가 하였음.

2. 만두피의 제조

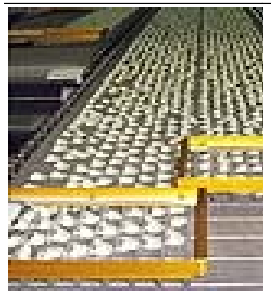
- 믹싱에서 최종면까지 자동화 개념을 도입하여 연속공정이 가능함.
- 실험에 적당한 크기로 성형(50×50×1 mm)하여 만두피를 제조하였음.

3. 만두 성형



• 제면기로 형성된 면피를 사용하여 성형하므로 수제에 가까운 모양의 만두의 생산이 가능함.
• 실험에서는 만두피만을 제조하여 만두피에 대한 실험을 집중적으로 실시 하였음.

4. 만두정렬



• 자동화된 conveyor구조로 되어있으므로 많은 양을 연속적으로 정렬 운반할 수 있음.

5. 증숙

• 98℃이상의 스팀 터널을 이용하여 사진과 같이 증숙시킨 과정을 본 실험에서는 가정에서 사용하는 증숙기(물의 끓는점 100℃에서)로 만두피를 증숙하였음.

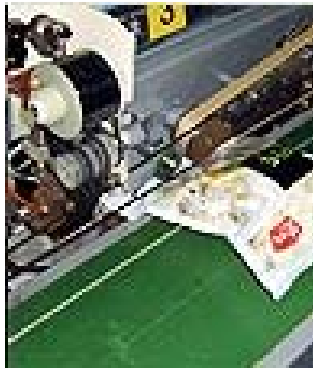
• 증숙 후 산업적으로는 tray 형태로 수동으로 급속냉동기로 운반되어 동결과정을 거침.

• 증숙 후 만두제품의 코팅처리가 가능함.

6. 급속냉동

• 사진에서와 같이 급속동결 터널(-45℃)을 이동시킨 과정을 본 실험에서는 증숙이 끝난 만두피를 쟁반위에 호일을 깔고 정렬하여 -70℃ 급속동결 냉동고를 이용하였음.

7. 포장



• 포장접착기를 이용하여 밀봉 포장하였음.

8. 출고- 소형마트, 대형마트, 편의점 등으로 유통

• 유통되는 냉동만두는 즉석(편의점)에서나 가정집에서 전자레인지를 이용하여 재가열조리하여 섭식함.

2) 경제성 분석

가) 냉동만두피 품질 비교

실험처리구로 5% 타피오카 전분을 함유한 냉동만두피(TA), TA에 7% M3(D.E: 9-12)을 도포한 냉동만두피(TA+M3), 5% 타피오카(TA)와 0.1% 알긴산염이 혼합첨가된 냉동만두피(TSA) 및 TSA에 7% M3을 도포한 냉동만두피(TSA+M3)를 제조하여 전자레인지 가열조리에 대한 개선효과를 확인하였다. 모든 시료는 -20℃에서 48시간 저장한 다음 전자레인지로 30초 가열한 후 기호도 조사를 실시하였으며 전체 시료군에 기호도조사결과는 Table 33과 같다.

만두피 중 대조구(기본반죽물 냉동만두피; 강력분+중력분+정제염)을 제외한 만두피 시료는 전자레인지 가열 조리 시에 물리적 손상 및 구조적 손상의 덜 받아 대조구보다 좋은 개선효과를 보인 처리구들간의 기호도 비교에서도 대조구보다 우수한 것으로 조사되었다. 전체적으로 대조구를 제외한 모든 처리구에서 좋은 개선효과가 나타났으며 외관과 색감에서는 대조구를 제외한 알긴산염이 들어간 처리구(TSA, TSA+M3)에서 낮은 기호도가 나타났으며, 7% M3이 도포된 시료에서는 색감이 현저히 좋은 기호성향을 보였다. 그러나 7% M3이 도포된 시료에서는 끈적임 현상이 대조구와 비슷한 끈적임을 보였다. 질감에서도 7% M3이 도포된 시료에서 좋은 기호성향을 보였다. Table 4-29 및 앞서 실시한 실험 결과에서 나타냈듯이 타피오카(TA)및 7% M3의 효과가 전자레인지 가열조리에 가장 효과적임을 알 수 있었고, 알긴산염의 첨가로 인해 시너지 효과가 나타난 것으로 생각되었다. 따라서 타피오카, 알긴산염 및 도포제로 사용한 D.E값이 9-12인 maltodextrin 등의 첨가원료들은 전자레인지와 같이 고온의 온도에 의해 가열·조리되는 전분성 냉동식품 등에 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

Table 32. Sensory evaluation[1)] of frozen doughs[2)]

Sensory Evaluation	Control	TA	TSA	TA+M3	TSA+M3
Appearance	7.69±1.51[a]	9.27±2.19[a]	8.03±2.23[a]	10.20±1.51[a]	9.61±2.86[a]
Texture	7.20±1.63[a]	8.23±1.86[b]	8.01±2.04[a]	8.44±1.52[b]	9.00±1.94[b]
Color	7.19±1.51[a]	8.56±2.43[b]	8.00±1.94[a]	10.4±1.33[a]	9.62±2.16[a]

[1)]9Refer to Table 4-28.

[2)]Control; wheat dough, TA; frozen dough with 5% tapioca, TSA; frozen dough with 5% tapioca and 0.1% sodium alginate, TA+M3; 5% TA frozen dough sprayed with 7% maltodextrin M3(D.E. 9-12), TSA+M3; TSA frozen dough sprayed with 7% maltodextrin M3

나) 냉동만두피 미세구조 관찰

-20℃에서 10일 동안 저장한 기본반죽물 냉동만두피(대조구), 5% 타피오카 전분을 함유한 냉동만두피(TA), TA에 7% M3(D.E: 9-12)을 도포한 냉동만두피(TA+M3), 5% 타피오카(TA)와 0.1% 알긴산염이 혼합첨가된 냉동만두피(TSA) 및 TSA에 7% M3을 도포한 냉동만두피(TSA+M3) 등의 5종류의 냉동만두피를 SEM을 사용하여 미세구조를 관찰하여 Fig. 16에 나타내었다. 대조구를 제외한 4종류의 냉동만두피는 3장 실험에서 선별되어진 첨가원료(타피오카 및 알긴산염) 및 도포제(D.E 9-12인 M3)에 의해 전자레인지 가열조리에 개선효과를 보였다. 특히 Fig 4-11에서 보듯이 대조구는 다른 냉동만두피보다 큰 기공과 거친 표면이 나타났고 타피오카 및 알긴산염이 혼합첨가된 처리구에서는 대조구보다 많은 기공이 나타났으나 크기는 아주 작았으며, 표면의 거침성도 작았다. 이들의 처리구에 M3을 도포하였을 때 M3이 도포 되지 않은 냉동만두피에서 기공이 현저히 줄어들은 것을 알 수 있었다.

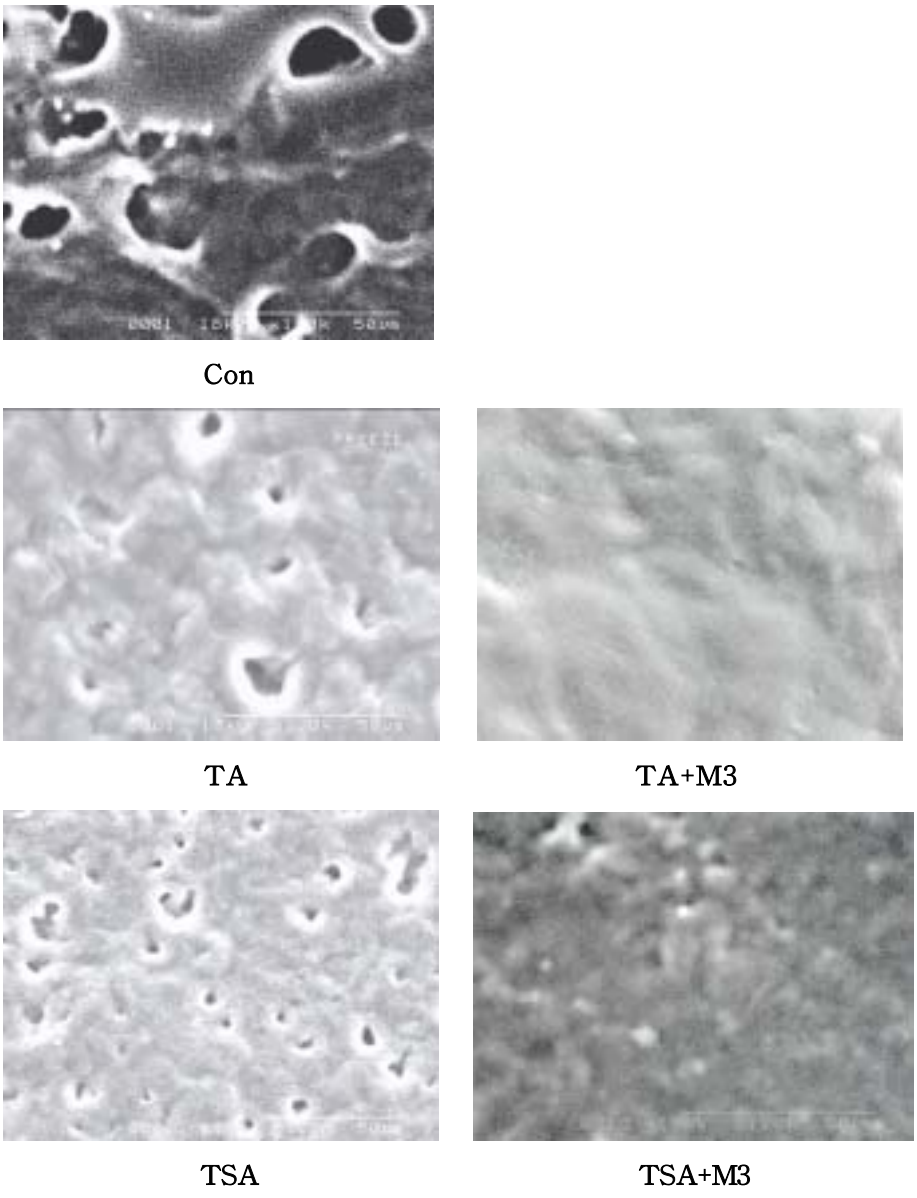


Fig. 16. Scanning electron microscope(SEM) of frozen dough stored for 10 days at -20℃.

다) 생산원가 비교

각 실험처리구에 생산단가를 소비자 가격(2005년 10월 소비자물가자료)을 토대로 비교·분석한 결과는 Table 33과 같다. 전체적으로 첨가시료에 따라 약 2%의 제조원가가 상승하는 것으로 조사되었다.

현재 만두류는 냉동식품 품목 중에서 꾸준히 사랑을 받는 품목으로 전체냉동식품 시장의 36%의 시장점유율을 차지하고 있다. 이처럼 만두류가 냉동식품 품목보다 꾸준한 성장세를 보이고 있는 것은 만두류가 가지는 친근함과 다양한 요리에의 접목이 가능한 유용성, 한국인의 식생활에 가장 적합하다는 요인과 함께 기존처럼 교자만두로 여러 가지 요리를 해 먹었었던 시대와는 달리 군만두, 물만두, 손만두, 포자만두, 철판구이용 만두까지 용도에 따른 만두제품의 세분화가 이루어져 만두수요의 범위가 확대되었기 때문이다. 따라서 향후에도 지속적인 성장 가능한 품목군으로 최근의 만두파동으로 잠시 소비위축을 초래했으나 업계와 유관기관의 끊임없는 노력으로 회복하였으며 이를 계기로 관련업체는 소비자의 니즈에 맞춘 차별화된 다양한 제품개발이 필요하다고 생각된다.

Table 33. The cost per unit of manufacturing products

(unit:₩/kg)

	The cost per unit of 1,000kg					
	price[1](%)	Control	TA	TA+SA	TA+M3	TA+SA+M3
Strong flour	600 ₩/kg{(100-X[2])/2}	297,780(49.63)	282,780(47.13)	282,480(47.08)	261,780(43.63)	261,480(43.58)
Medium flour	500 ₩/kg{(100-X)/2}	297,780(49.63)	282,780(47.13)	282,480(47.08)	261,780(43.63)	261,480(43.58)
Tapioca	850₩/kg(5)	-	42,500(5.00)	42,500(5.00)	42,500(5.00)	42,500(5.00)
Maltodextrin 3	1000₩/kg(7)	-	-	-	70,000(7.00)	70,000(7.00)
Sodium alginate	8000₩/kg(0.1)	-	-	8,000(0.10)	-	8,000(0.10)
Salt	750₩/kg(0.74)	5,550(0.74)	5,550(0.74)	5,550(0.74)	5,550(0.74)	5,550(0.74)
Sum	11700₩/kg(100)	601,110	613,610	621,610	641,610	649,610

[1]10% value-added tex.

[2]X; content of additives added in each frozen dough.

제 4 장. 목표달성도 및 관련분야의 기여도

○ 본 연구과제는 우리나라의 대표 냉동식품인 냉동만두(피)를 대상으로 저장기간 및 전자레인지 가열조리 후에 발생하는 품질저하현상을 개선하고자 실시하였다. 이를 위해 먼저 원료측면에서 문제해결을 위한 방법을 모색하고 가공과정중의 품질개선 방법을 검토하였으며 냉동만두에 적합한 전자레인지를 제작하는 등 다각적인 측면에서 냉동만두피의 품질개선을 위한 방법을 시도하였으며 연구계획대비 최종목표는 100% 달성한 것으로 판단된다.

○ 본 연구개발에 따른 경제적 효과, 예상수익, 농가소득증대, 생산성 향상에 따른 비용절감 방안 등에 관한 정확한 산출내역은 현재 정확한 통계상의 추정이 어려워 예측하기 어려우나 현재보다 냉동만두제품의 품질개선에 의한 소비 확대가 기대된다.

○ 특히 냉동만두제품의 전자레인지에 의한 품질저하 현상이 개선되면 외식시장에서의 확대 및 수출확대 기타 다른 전자레인지용 식품에의 적용으로 냉동식품산업 발전에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각되며 현재 생산되는 냉동만두제품의 품질이 저조하여 극히 일부만 미국, 일본, 유럽 등지에 소량 수출하고 있으나 이를 통해 동남아와 미국을 포함한 선진국 등지에 여러 형태로 대량으로 수출이 가능할 것으로 생각된다.

○ 동시에 김치, 불고기, 절임류와 같은 다양한 고유의 전통식품을 활용하여 새로운 신제품과 품질개선을 통해 국내 소비수요를 증가시키고 이를 통해 해외로 수출이 가능하다면 전통식품의 세계화에도 한 몫을 할 것으로 기대된다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 연구개발 결과의 활용

가. 학술논문개제 및 발표

1) 학술논문개제

가) 한국식품과학회

- 품질개량제 첨가가 냉동반죽의 Microwave 가열특성에 미치는 영향
(The Additional Effects of Various Materials on Microwave Heating Property of Frozen Dough, 37권 6호, 2005)

나) 한국식품영양과학회

- Maltodextrin류의 표면도포에 의한 냉동전분의 Microwave 가열특성 개선
(Improvement of Microwave Heating Properties of Frozen Starch by Spray of Surface Materials, 34권 7호, 1035-1040, 2005)

다) 개제예정(2편)

- 해조다당류의 첨가가 냉동전분의 Microwave 가열특성에 미치는 영향
- 냉동전분의 Microwave 가열특성 개선방법

2) 학술발표

가) 한국식품과학회

- 표면도포에 의한 냉동전분의 microwave 가열특성(P5-016), 2004.년 5월
- 변성전분 및 해조다당류의 첨가에 의한 조리냉동전분의 마이크로파 가열특성개선효과(P10-15), 2005년 6월

나) 한국식품영양과학회

- 해조다당류의 첨가가 냉동전분의 품질 및 전자레인지 가열 특성에 미치는 영향 (P4-7), 2005년 11월

나. 산업재산권

1) 전자레인지 조리에 적합한 레토르트 식품 재료 및 이의 제조방법
(Food material suitable for microwave oven cooking and manufacturing method 출원번호 : 10-2004-0027243)

2) 전분성 냉동식품조리를 위한 전자레인지 및 이를 이용한 식품조리방법
(Microwave Oven for quality maintenance of frozen dough and maintenance method using, 출원번호 : 10-2005-008379)

2. 연구개발 결과의 활용 계획

가. 산업체 기술이전 및 적용

○ 산업체 기술이전을 통해 현재 생산되고 있는 냉동만두 제품가공에의 기술적용에 따른 품질개선, 이를 통한 부가가치의 창출 및 원부재료의 손실감소가 기대됨.

나. 기타 중간조리식품의 산업적 생산 확대를 위한 기초 기술자료로 활용

○ 연구결과의 각종학술지 투고 및 관련기술의 특허출원 등으로 기존의 전자레인지 조리용 조리냉동식품가공에의 적용효과와 기존 냉동만두제품의 품질안정화, 이를 통한 부가가치의 창출 및 원부재료의 손실감소가 기대되며 기타 마이크로웨이브 조리식품(중간조리식품)의 산업적 생산 확대를 위한 기초 기술자료로 활용이 가능함

제 6 장 참고 문헌

1. Kim J.S. Apply of a statistical analysis to used SAS. Hanol. seoul. (2004)
2. Medicalf D.F., Gilles K.A. Wheat starches. I. Comprarison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568(1965)
3. Tsuge H.F., Hishida M., Watanabe S., Goshima G. Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in food and foodstuffs. *Starke* 42: 213-216(1988)
4. Song E., Shin M.S., Hong Y.H. Physicochemical properties of sweet potato starch by heat-moisture treatment. *J. Korea Agric. Chemical Society* 30: 242-249(1987)
5. Shin M.S. Influence of Water and Surfactants on Wheat Starch Gelatinization and Retrogradation. *Korean J Food Sci. Technol.* 23: 116-121(1991)
6. Donovan J.W., Lorenz K., Kulp K.. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.* 60: 381-387(1983)
7. Lee J.H., Park S.J., Son S.H. The rheology properties and applications of modified starch and carrag bv beenan complex as stabilizer. *Korean. J. Food Sci. Technol.* 25(6): 672-676(1993)
8. Lee S.K., Shin M.S. Gelatinization and retrogradation properties of modified starch by steeping sweet potato. *Korean. J. Food Sci. Technol.* 26(5) 638-643(1994)
9. Kim J.T., Noh W.S. The retrogradation and swelling power of modified potato starches. *Korean Soc. Applied Biological Chem.* 35(5): 404-409(1992)
10. Watson SA. Meth. *Carbohyd. Chem.* 4. pp. 150(1964)
11. Lee H.Y., Lee C.H., Lee S.H. A Study on the Improvement of Storage Stability for Traditional Rice Cakes and its Commercialization. Report of Korean food research institute. pp. 16-17(1993)
12. Miles M.J., Morris V.J., Oxford P.D., Ring S.G. The roles of amylose and amylopectin in the gelation, retrogradation of starch. Carbohydr. Res. 135: 271-281(1985)
13. Biliaderis C.G., Harwalkar V.R. In “Thermal Analysis Foods”, Elsevier Applied Science. New York. pp. 168-196(1990)

14. Hebeda R.E., Bowles L.K., Teague W.M. Use of intermediate temperature stability enzymes for retarding in baked goods. *cereal foods world* 36: 8, 619(1991)
15. Martin M.L., Horeney R.C. A mechanism of bread firming. II Role of starch hydrolying enzymes. *Cereal chem.* 68: 503-507(1991)
16. Lagendijk J., Pennings H.J. Relation between complex formation of starch with monoglycerides and the firmness of bread. Pan-Tech. international, *Cereal Sci.* 15: 354-356, 365(1970)
17. Hyang J.J., White P.J. Waxy corn starch, Monoglyceride interaction in a model system. *Cereal Chem.* 70: 42-47(1993)
18. Kulp K., Ponte J.G. Staling of White pan bread fundamental causes. CRC Critical reviews Food Sci. Nutri. 15: 1-47(1981)
19. Eliasson A.C. Starch gelatinization in the presence of emulsifier. A morphological study of wheat starch. *Starke* 37: 411-415(1985)
20. Hoover R., Edmanton D.H. Characterization of potato starch and its monoglyceride complex. starke 33: 290-300(1981)
21. Ohashi K., Goshima G., Kusuda H. and Tsuge H. Effect of embraced lipid on the gelatinization of rice starch. *Starch.* 32: 54-58(1980)
22. Hahn D.E., Hood L.F. Factors influencing corm starch-lipid complexing. *Cereal Chem.* 64: 81-85(1986)
23. Moorthy S.N. Effect of different types of surfactants on cassava starch properties. *J. Agric. Food Chem.* 33: 1227-1232(1985)
24. Lee S.K., Shin M.S. Physicochemical Characteristics of Surfactant Added Sweet Potato Starch. *Korean J. Soc. Food & Cookery Sci.* 8: 255-263(1992)
25. Lee S.K., Shin M.S. Gelatinization and Retrogradation Properties of Surfactant Added Sweet Potato Starches. *Korean Soc. for Applied Biological Chem.* 37(6): 463-471(1994)
26. Higo A., Noguchi S., Nakazawa F., Shimazaki M. Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 8) Effect of starch-gel formation on bread- hardening. *J. Home Econom. Jpn* 34: 83(1983)
27. Higo A., Shimazaki M., Noguchi S., Nakazawa F. Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 10) Changes in bound water content of breads accompanied with hardening. *J. Home Econom.* Jpn 34: 474(1983)

28. Min S.G., Wolf W., Morton M. Changes in crystal-size distribution during recrystalization of ice in hydrocolloid matrix. *Korean. J. Food Sci. Technol.* Today. 8: 234-242(1994)
29. Lee J.M., Lee M.K., Lee S.K., Cho M.J., Kim S.M. Effect of Gums Added in Making Frozen Dough on the Characteristics of Breadmaking. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33(2): 190-194(2001)
30. Kim D.H. 1991. Food Chemistry. Starch retrogradation. Tamgudang. pp. 300-307 (2003)
31. Moon S.H., Kim J.O., Lee S.K., Shin M.S. Retrogradation of Sucrose Fatty Acid Ester and Soybean Oil Added Rice Flour Gels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 305-310(1996)
32. Hoover R., Edmanton D.H. Characterization of potato starch and its mono-glyceride complex. *starke* 33: 290-300(1981)
33. Ohashi K., Goshima G., Kusuda H., Tsuge H. Effect of embraced lipid on the gelatinization of rice starch. *Starch.* 32: 54-58(1980)
34. Hahn D.E., Hood L.F. Factors influencing corm starch-lipid complexing. *Cereal Chem.* 64: 81-85(1986)
35. Moorthy S.N. Effect of different types of surfactants on cassava starch properties. *J. Agric. Food Chem.* 33: 1227-1232(1985)
36. Lee S.K., Shin M.S. Gelatinization and Retrogradation Properties of Surfactant Added Sweet Potato Starches. *Korean Soc. for Applied Biological Chem.* 37(6): 463-471(1994)
37. Beleia A., Varriano M.E., Hoseney R.C. Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.* 57: 300-303(1980)
38. Baek M.K., Shin M.S. Effect of water activity on the physicochemical pro -perties of sweet potato starch during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27(4): 532-536(1995)
39. Kulp K., Ponte J.G. Staling of White pan bread fundamental causes. CRC Critical reviews Food Sci. Nutri. 15: 1-47(1981)
40. IFT. Microwave food processing. *Food Technol* 43: 119-121(1989)
41. Giese J. Advances in microwave food processing. *Food Technol* 46: 118-121 (1992)
42. Schiffmann R.F. Microwave and dielectronic drying. In Handbook of Industrial

Drying. Mujumdar AS(ed.) Marcel Dekker, Inc., New York. N.Y. USA. p 340-342(1987)

43. Son J.C. Utilization cook machinery tools for globalization of traditional food(2). *Korean J Soc Food Cookery Sci.* 3: 405-413(2002)
44. Sanchez I., Banga J.R., Alonso A.A. Temperature control in microwave combination ovens. *Journal of Food Engineering* 46: 21-22(2000)
45. Oliveira M.E., Franca A.S. Microwave heating of foodstuffs. *Journal of Food Engineering* 53: 347-348(2002)
46. Lee H.Y., Lee C.H., Lee S.H. A study on improvement of storage stability for traditional rice cakes and its commercialization. *Korea Food Research Institute* p 16-17(1993)
47. Ahmad S.S., Morgan M.T., Okos M.R. Effects of microwave on the drying, checking and mechanical strength of baked biscuits. *Journal of Food Engineering* 50: 63-64(2001)
48. Jeong J.W., Jo J.H., Kim Y.D., Kwon D.J., Kim Y.S. Effect of freeze storage temperature on the storage stability of frozen mandu. *Korean J Food Sci Technol* 23: 527-531(1991)
49. Song J.C., Park H.J., Shin H.C. The newest foodscience: Carbohydrate. Second. kyomunsa, Seoul. p 22(1998)
50. Hyun C.K., Park K.H., Kim Y.B., Yoon I.H. Differential scanning calolrimethry of rice starch. *Korean J Food Sci. Technol.* 20: 331-337(1988)
51. Bean M.M., Setser C.S. Polysaccharides, sugars and sweetner. *In Food Theory and Applicatons*, Bowers. J Macmillan. New York. 95(1992)
52 Kum J.S., Han O. Effects of ceramic coating for microwave blanching on vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nour.* 25(6): 951-957(1996)
53. Choi O.J., Koh M.S. The effects of microwave heating on the fatty acid composition of potato flour in storage. *J Korean Soc Food Nour.* 20(5): 461-466(1991)
54. Choi O.J., Koh M.S. Change in physico-chemical properties of potato starch by microwave. *Korean J. Food Sci. Technol.* (25)5: 461-467(1993)
55. Lee J.H., Park S.J., Son S.H. The rheology properties and applications of modified starch and carrageenan complex as stabilizer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25(6): 672-676(1993)

56. Rhim J.W., Hwang K.T., Park H.J., Jung S.T. Water-vapor transfer charavteristics of carrageenan-based edible film. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(3): 545-551(1996)
57. Park S.Y, Park H.J. Mechanical properties of κ-Carrageenan and chitosan film composite. *Korean J. Food Sci. Technol.*(1998)
58. Bean MM, Setser CS. 1992. Polysaccharides, sugars and sweetner. *In Food Theory and Applicatons*, Bowers. J Macmillan. New York. 95.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

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

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