

최 종
연구보고서

곡류로부터 다양한 성질을 갖는 기능성
변성전분의 개발 및 활용

Development and Application of functional modified
starches with various properties from cereals

연구기관

전남대학교 가정대학 식품영양학과

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “곡류로부터 다양한 성질을 갖는 기능성 변성전분의 개발 및 활용에 관한 연구”과제 (세부과제 “에 관한 연구”)의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 11 월 7 일

주관연구기관명 : 전남대학교 가정대학
식품영양학과

총괄연구책임자 : 신 말 식

연 구 원 : 이 신 경

연 구 원 : 김 정 욱

연 구 원 : 최 차 란

연 구 원 : 문 세 훈

연 구 원 : 송 지 영

연 구 (보조)원 : 이 지 현

협동연구기관명 : (주)한국(동아)제분

협동연구책임자 : 박 무 영

요 약 문

I. 제 목

곡류로부터 다양한 성질을 갖는 기능성 변성전분의 개발 및 활용

II. 연구개발의 목적 및 중요성

식품에 따라 적합한 성질을 갖는 저항전분의 종류를 파악하고, 상품화할 수 있는 가능성을 모색하며 개발된 기능성 소재를 활용하여 부가가치가 높은 식품을 개발하고자 하였다. 전분을 70-80% 함유하는 곡류 중에서 국내산 쌀과 찹쌀을 중심으로 밀과 옥수수, 찰옥수수를 선택하여 다양한 성질을 갖는 변성전분을 제조하였다. 개발된 기능성 변성전분을 쌀과 찹쌀가루, 밀가루에 각각 혼합하여 쌀가루 식품인 가래떡과 인절미, 밀가루 식품인 빵과 국수를 제조하여 그 품질을 측정하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 곡류전분을 이용한 기능성 변성전분의 제조 및 저항전분 분석

○ 전분내에서 경제적으로 활용되는 곡류(쌀, 밀, 옥수수)의 전분을 분리하고 이들 전분의 이화학적 특성, 호화와 노화 특성 확인

○ 전분에 수분-열처리(HMT), annealing, autoclaving-cooling cycle을 반복처리한 변성전분과, 가교결합 (cross-linked starch)을 이용한 방법으로 화학적 변성전분을 현재 전분 공정을 이용 제조

○ 물리적 방법과 화학적 방법을 수정, 반복 또는 병행 처리하여, double modification에 의한 변성전분의 제조 및 RS 수율 분석

○ 변성전분의 이화학적, 호화와 노화특성 확인

○ 변성전분의 RS 함량 분석

○ 전분과 전분질 식품의 RS 분석 방법을 기존의 방법(AOAC방법, Englyst방법)과 비교 및 RS 분석 방법 확립

○ 변성전분과 전분질 식품의 천천히 분해되는 전분(SDS)과 RS 함량 분석

2. 기능성 변성전분의 이용 및 변성전분 첨가 쌀가루 제품 개발

○ 멍쌀과 찹쌀 쌀가루의 일반성분, 이화학적 특성, 호화와 노화특성 조사

○ 쌀가루에 다양한 변성전분을 첨가하여 RS 첨가 쌀가루를 제조

○ 변성전분을 첨가한 쌀가루의 일반성분, 이화학적 특성, 호화와 노화 특성 조사

○ 가래떡과 인절미의 표준제조 조건 확립 후, 다양한 RS 첨가 쌀가루로 떡 제조, 떡의 품질 특성과 저장 특성 조사

○ 개발된 혼합 쌀가루와 떡 제품의 RS 함량 분석

3. 기능성 변성전분의 이용 및 변성전분 첨가 밀가루 제품 개발

○ 밀가루의 일반성분, 이화학적 특성 조사하고

○ 다양한 변성전분을 첨가한 밀가루의 일반성분, 이화학적 성질

○ 물리적, 화학적 방법에 의한 변성전분의 종류와 양을 다르게 첨가한 밀가루 제품의 일반성분, 이화학적 성질, 리올로지 성질을 조사한다.

○ 물리적, 화학적 방법에 의한 변성전분의 종류와 첨가량을 달리하여

제조한 국수, 식빵의 특성을 조사하여, RS 함량이 높고 밀가루 제품에 가장 적합한 변성전분의 첨가량과 종류를 확인한다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. RS 분석방법의 확립 및 분석

밀, 쌀 옥수수과 감자전분 각각의 생전분, RS 3형 전분 및 RS 4형 전분을 제조하고 pancreatin-gravimetric(P/G) method와 AOAC 방법으로 분석한 결과에서 현재까지 승인된 방법으로 총식이섬유 함량을 측정하는 방법인 AOAC 방법으로는 화학적 변성전분(RS 4형 전분)의 저항전분 함량을 측정할 수 없었다. Pancreatin과 pullulanase를 이용한 효소액으로 중량법을 이용한 pancreatin-gravimetric 방법이 모든 형태의 저항전분 함량을 분석할 수 있었다. 식품을 가공 중에 가열처리하는 경우에는 1시간 가열처리하고 효소로(37℃) 16시간 반응시키고 가열처리하지 않고 섭취하는 식품은 바로 37℃에서 효소처리를 16시간 하여 중량법으로 측정하는 것이 좋을 것으로 생각되었다. 저항전분 함량 측정은 고지방 식품은 탈지처리, 고자당 식품은 설탕을 제거하고 P/G 방법을 실시한 후 단백질과 회분을 측정하여 빼는 방법을 제안하였다.

2. 물리적 방법과 화학적 방법을 이용한 변성전분 제조

밀전분에 citric acid를 첨가하여 121℃에서 가열하여 RS 3형 전분을 제조하였을 때 RS 수율이 증가하였다. 옥수수전분에 있어 종류가 다른 유기산들의 RS 3형성에 대한 효과를 측정한 결과, 유기산은 0.5% 첨가한 경우 RS 수율을 높이는데 가장 효과적이었으며, 유기산의 종류에 상관없이 RS 함량 증가에 대한 경향은 같았다. 가열과정 시 전분과 물의 비율은 1:3.5로 했을 때

보다 1:1로 조정하였을 때, RS 수율이 약 1~3% 높게 나타났다. 밀전분과 찹쌀전분은 50℃에서 24시간 annealing 시켰을 때 밀전분은 16.4에서 24.2%로, 찹쌀전분은 15.4에서 19.1%로 수율이 증가하였다.

멥쌀전분, 옥수수전분, 고아밀로오스 옥수수전분을 STMP(sodium trimetaphosphate)와 STPP(sodium tripolyphosphate)를 사용하여 가교결합시켜 RS 4형 전분을 제조한 후 RS 수율을 조사하였다. 고아밀로오스 옥수수전분으로 제조된 RS 4형 전분 수율보다는 낮았지만, 멥쌀전분과 옥수수전분으로 제조한 RS 4형 전분도 20% 정도를 함유 하였다. 가교결합 과정전에 전분의 호화온도 이하에서 annealing 처리하면 RS 수율은 증가하였으나 팽윤력에는 영향을 주지 못했다. 호화온도 이상으로 가온하여 처리된 전분으로 RS 4형 전분을 제조한 경우는 수율은 감소하였으나 팽윤력은 증가하였다. 멥쌀전분은 60℃, 옥수수전분은 70℃ 이상에서 팽윤력이 증가하였고, 고아밀로오스 옥수수전분의 경우는 100℃에서 전처리했을때도 팽윤력이 증가하지는 않았다. 가교결합을 하기전에 계면활성제를 0.5% 수준으로 처리하면 RS 수율이 증가할 뿐만 아니라 분쇄성이 증가하였으며, 사용한 계면활성제 중에는 SE1170의 효과가 가장 컸다. 산처리와 annealing 처리를 병행하여 RS 4형 전분을 제조하였다. 산처리는 전분과 산의 비율과 처리시간을 다르게 한 결과 밀전분이나 옥수수전분 100 g 당 0.1N HCl을 100ml로 하였을 때 수율이 가장 높았으며 산처리 시간은 2시간일 때 밀전분이 49.28%, 옥수수전분이 32.09%로 수율이 가장 높았다.

물리적 또는 화학적 단일 처리 하였을 때보다는 두 가지 방법을 병행하였을 때 RS 함량의 증가가 컸다. 또한 이화학적 성질, 특히 팽윤력의 차이는 식품에 따라 품질을 좌우하는 요인인데 제조 방법에 따라 팽윤력을 조절할 수 있어 다양한 성질의 저항전분 제조가 가능했다. 쌀, 밀, 옥수수 등의 재료에서 전분을 분리하고 저항전분을 생산할 수 있는 공정이 이루어져야 한다

고 생각된다. 본 실험 외에 다른 식품에 RS를 사용할 수 있는 것으로 생각되어 식품에 첨가 효과에 대한 연구는 지속적으로 이루어지기 바란다.

3. 변성전분의 특성

변성전분의 팽윤력 측정결과 RS 3형 전분의 전분의 특성 상 팽윤력을 측정하기 어려우며, RS 4형 전분은 30℃에서 약 2~3을, 95℃에서 약 4~5 정도의 낮은 팽윤력을 나타냈다. 찹쌀전분으로 제조한 RS 4형 전분의 팽윤력이 가장 높았다. Annealing 처리나 산처리와 annealing 처리 후 제조된 RS 4형 전분 수율은 증가했으나 팽윤력은 큰 차이를 보이지 않았다. 변성전분의 입자 모양을 관찰하였다. RS 3형 전분은 호화 과정을 거치므로 입자가 모두 붕괴되어 암석같은 모양이었으며 RS 4형 전분은 고온에서 annealing을 하거나 산처리 시간이 길었을 경우에만 표면의 변화가 약간 있었으나 입자 형태 자체에는 거의 변화가 없었다. 변성전분의 X-선 회절도 결과 RS 3 형태의 전분들은 B type의 결정패턴을 보였고 다양한 방법으로 제조된 가교결합 전분(RS 4)들은 A type의 결정패턴을 나타냈다. RVA로 측정한 호화특성에서 RS 3형 전분은 초기는 어느정도의 점도는 유지하였으나 가열에 따른 점도 변화가 없었으며 RS 4형 전분은 점도의 증가도 없었으며 호화점도도 전혀 나타내지 않았다.

산처리한 생전분과 RS 4형 전분의 가수분해율은 산처리 시간에 따라 비례적으로 증가하였으나, RS 3형 전분은 3일까지 급격히 증가하다가 완만한 증가를 보였다. 효소처리의 경우는 생전분과 RS 3형 전분은 3일 이후에는 서서히 진행되었으며, RS 4형 전분은 거의 분해되지 않았다.

Pancreatin-gravimetric 방법과 AOAC 방법으로 측정한 RS 수율은 RS 3형 전분의 경우 산과 효소처리기일이 경과됨에 따라 증가하였고, RS 4형 전분의 경우는 분석방법과 가수분해 방법에 따라 각각 다른 경향을 나타내었

다.

4. 변성전분 첨가 쌀가루의 개발

RS를 첨가한 쌀가루(일미벼, 1999년 수확)는 RS 3와 RS 4형 전분을 쌀가루 건물 당 20% 비율로 혼합하여 제조하였다. RS를 첨가한 쌀가루의 단백질 함량은 5.06~5.29%로 RS를 혼합하지 않은 쌀가루에 비해 단백질 함량이 감소되었다. 끓는 물에서 측정된 RS 첨가 쌀가루의 팽윤력은 RS의 종류와는 상관없이 모두 무첨가군에 비해 낮았고 RS 3형 전분이 RS 4형 전분보다 컸다. 용해도의 경우에는 RS 3형 전분을 첨가한 시료가 무첨가군이나 RS 4형 전분을 첨가한 시료에 비해 높게 나타났고, 쌀전분보다는 밀전분으로 제조된 RS 첨가군에서 더 높게 나타났다. 물 결합능력 또한 용해도와 같은 경향을 보여 RS 3형 전분의 물 결합능력이 무첨가군이나 RS 4형 전분을 첨가한 시료에 비해 높았다. 이러한 결과는 RS 3형 전분의 구조에 기인한 것으로, RS 3형 전분은 효소에 저항성을 갖는 결정부분 이외의 분획은 호화된 상태이기 때문에 수분 흡수율이 증가한 것이라고 생각된다. RS 첨가 쌀가루의 호화 온도는 65.9~70.2℃로 무첨가군과 비슷하거나 낮았다. 쌀가루의 점도는 RS의 종류에 무관하게 RS 첨가에 따라 낮아져 무첨가 시료의 피크 점도가 514.7 RVU인데 비해 RS를 첨가한 쌀가루의 최고 점도는 151.8~475.4 RVU였다.

5. 변성전분을 첨가한 가래떡의 특성

RS 3와 RS 4형 전분을 쌀가루에 대해 각각 5, 10, 20% 첨가하여 가래떡을 제조하여 실온과 냉동 저장조건에서 저장하면서 텍스처 특성과 관능검사를 실시하였다. RS 3형 전분을 첨가한 시료의 경우 첨가량이나 저장 온도에 관계없이 무첨가 시료에 비해 경도는 낮고 부착성과 탄성은 높았다. 첨가수

준에 따라서는 쌀전분과 밀전분 RS 3를 첨가한 시료의 경우 10% 첨가했을 때 경도가 가장 감소되었다. RS 3 전분을 첨가한 가래떡을 냉동했을 때는 경도가 저장 1일까지는 급격히 증가하다가 완만해졌고, RS 종류에 관계없이 RS 첨가에 따라 가래떡의 노화가 억제되었다. RS 4형 전분을 첨가한 가래떡의 경도는 대체적으로 RS 4를 첨가하지 않은 시료에 비해 낮았는데 실온에서 저장했을 때는 저장기간이나 첨가량에 상관없이 RS를 첨가한 모든 시료의 경도가 무첨가 시료에 비해 낮게 나타났다. 그 중 밀전분 RS 4(WRS4)를 첨가했을 때 저장 1일까지의 경도 변화가 가장 적었고 첨가량의 증가에 따라 경도가 비례적으로 감소하였다. Double modification한 RS를 첨가한 시료의 경우 10% 첨가했을 때 경도가 가장 낮았다. RS 4 전분을 첨가한 가래떡을 냉동온도 조건에서 저장했을 때의 경도는 RS 첨가수준과는 상관없이 무첨가군과 비슷하거나 낮았다. 쌀가루에 5%의 RS 전분을 첨가하여 제조한 가래떡을 실온에서 1일 저장한 후 실시한 관능검사 결과, RS를 첨가한 가래떡이 무첨가 가래떡에 비해 실온과 냉동 온도에서 모두 좋은 점수를 얻었다. 가래떡의 색과 촉촉한 정도에 있어서는 유의적인 차이를 발견할 수 없었으나 표면의 매끄러운 정도는 유의적인 차이를 보여($p < 0.05$) RS 전분을 첨가했을 때 무첨가 시료(control)보다 떡의 표면이 매끄럽다고 평가되었다. 또한, RS 전분을 첨가한 시료간에도 차이를 보여 밀전분을 가열-냉각 처리한 RS 전분을 첨가한 시료(AWS-CA)가 가장 높은 점수를 받았고 Novelose 330을 첨가한 가래떡이 가장 낮은 점수를 받았다. 쌀가루 특유의 냄새와 이취에서는 모두 점수가 낮았고 시료간에 유의적인 차이는 없었다. 입 안에서의 느낌에 대한 평가에서는 다른 항목에 비해 떡의 단단한 정도는 유의적인 차이가 있어($p < 0.05$) RS 전분을 첨가한 가래떡은 첨가하지 않은 시료보다 단단하다고 평가되었고 쫄깃한 정도나 촉촉한 정도는 시료간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 전체적인 기호도는 가교결합 전 annealing 처리나 산

처리한 시료를 첨가한 가래떡을 제외하고 RS 첨가에 따라 유의적인 차이를 보였고($p < 0.05$) AWS-CA가 가장 좋은 평가를 받았으며 그 다음으로는 WRS4로 나타났다. 가래떡을 7일간 냉동 저장했을 때는 경도에서 유의적인 차이를 보였고 실온 저장 시보다 떡의 외관이나 풍미에 대해서는 차이를 크게 느끼지 못한 것으로 평가되었다. AWS-CA군과 WRS4군을 RS 첨가량 별로 가래떡을 제조한 후 관능검사를 다시 실시한 결과 AWS-CA 첨가 시 10%의 RS를 첨가한 가래떡의 경도가 가장 낮았고 전체적인 기호도도 가장 좋았다. WRS4를 첨가한 가래떡의 경우에는 외관이나 풍미에서는 차이가 거의 없었으나 RS 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하고 촉촉한 정도는 감소하는 경향이였다. 또한, 전체적인 선호도도 5% 첨가군에서 가장 좋은 평가를 받았고 RS 첨가량의 증가에 따라 낮은 점수를 얻었다.

6. 변성전분을 첨가한 인절미의 특성

RS 3와 RS 4형 전분을 쌀가루에 대해 각각 10%, 20%, 30% 첨가하여 인절미를 제조하여 실온에서 저장하면서 레오메타를 이용한 텍스처, 색도, 관능적 특성을 조사하였다. 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경도와 부착성은 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형을 첨가한 인절미에 비하여 낮았다. 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경우 저항전분의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였으나 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 경우에는 첨가량이 증가할수록 감소하였다. RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 L값은 저장기간과 첨가량의 영향을 받지 않았으나 a값과 b값은 저항전분의 첨가량과 저장기간이 증가할수록 감소하였다. 찹쌀전분과 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 관능검사의 전체적인 기호도와 레오메타로 측정된 부착성은 양의 상관관계를 나타내어 인절미의 품질 특성에 부착성이 큰 영향을 줄을 확인하였으며 찹쌀전분으로 제조

한 RS 3형 전분이 멍쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분보다 인절미의 제조에 더 적합하였다.

가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 경도와 부착성은 무첨가 인절미에 비하여 낮았으나 저항전분의 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. L값, a값, b값은 저항전분의 첨가량이 증가할수록 감소하였으며 저장기간의 영향은 받지 않았다. 인절미의 전체적인 기호도는 RS 4를 첨가한 경우에는 첨가량의 영향을 받지 않았으나 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 경우에는 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. RS 3형을 첨가한 인절미의 RS 수율은 RS 첨가량과 저장기간의 영향을 받지 않았으나 가교결합 RS 4와 double modification에 의해 제조된 RS 4를 첨가한 인절미의 RS 수율은 RS의 첨가량과 저장기간이 증가할수록 증가하였다. 그러므로 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분보다 가교결합 RS 4 전분이 더 적합할 것으로 생각되며 30%를 첨가하여도 품질에 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 그리고 RS 3형 전분보다는 RS 4형 전분이 인절미의 제조에 더 적합할 것으로 보인다.

7. 변성전분 첨가 밀가루의 특성

국수용 밀가루는 중력분을 빵용 밀가루는 강력분을 사용하였다. 밀가루에 변성전분을 첨가한 경우 RS 3형태의 전분들은 75℃이하에서 밀가루의 팽윤력과 용해도를 증가시켰고 RS 4 전분들은 오히려 감소시켰다. 따라서 변성전분을 첨가하여 국수같은 식품을 제조하면 조리된 국수의 붉은 정도를 억제할 수 있을 것으로 추측하였다. 밀가루의 물결합 능력은 밀전분으로 제조한 변성전분 첨가시 감소했고 찹쌀전분으로 제조한 변성전분을 첨가했을 때에는 약간 증가하였다. RVA에 의한 밀가루의 호화 온도와 호화피크는 변성

전분의 첨가로 인해 대부분 감소했으며 breakdown이나 setback값이 크게 감소하여 저항전분을 첨가함으로써 밀가루 식품의 노화속도를 지연시킬 가능성이 있다고 생각하였다. 밀가루의 명도는 국수에 영향을 주고, 국수의 밝기는 국수의 선포도에 중요한 영향을 준다. 변성전분을 첨가한 밀가루는 원래의 색에 비해 약간 변화는 있으나, 그 차이가 매우 작고 redness 값의 감소로 원래의 밀가루의 색보다 더 희게 보이므로 밀가루 제품에 있어서 다른 기능성 소재인 식이섬유 종류를 첨가하는 경우보다 색깔 면에서 훨씬 바람직한 것으로 보였다. 변성전분 첨가 밀가루의 입자분포는 각 변성전분의 입자크기에 영향을 받았고, 반죽의 특성에 영향을 받는 손상전분의 양은 RS 4 종류를 첨가한 경우 손상전분 양이 감소했고 RS 3 전분을 첨가한 밀가루는 오히려 증가하였다. 침강시험 결과 변성전분을 10% 첨가한 시료의 평균 침강값은 42.35cc였고 20% 첨가 시료는 38.43cc 였다. 10% 첨가 시료에서는 침강값이 비교적 일정하지만 20% 첨가시에는 RS-3형 시료군에서 침강값의 차가 많이 났다. RS 4 종류의 변성전분들은 일정한 감소를 보인 반면에 RS 4 전분들은 다소 큰 편차를 보였다. 강력분의 amylograph 측정결과 생전분 첨가시에는 첨가량에 따라 최고 점도가 증가하였으나, 저항전분을 첨가한 밀가루의 경우에는 최고 점도가 감소하는 경향을 보였다. RS 3형 저항전분 첨가 밀가루가 RS 4형 저항전분 첨가 밀가루보다 감소폭이 더 컸다. 밀가루의 반죽 특성은 저항전분을 첨가할 때 일반 생전분을 첨가할 때보다 흡수율이 증가하였다. RS 3형 저항 전분을 첨가한 시료군의 경우 최고 30% 이상 증가하기도 하였다. 이는 손상전분도 영향을 주었을 것으로 생각되며, 전 시료군 모두 첨가량이 증가함에 따라서 MTI 값이 커졌다.

8. 변성전분 첨가 국수의 개발

변성전분을 첨가하여 제조한 건면은 대부분이 첨가하지 않은 국수와 비

숫하거나 더 단단했다. 이 국수들을 조리 후 텍스처를 측정하였을 때 조리된 국수는 밀전분으로 제조한 RS 3와 RS 4 종류의 전분들, 찹쌀전분을 annealing 하여 제조한 RS 4형 전분이 첨가하지 않은 국수와 유사한 텍스처를 나타냈다. 조리된 국수의 텍스처도 건면에서와 같이 생전분을 첨가한 것보다 변성전분을 같은 비율로 첨가한 국수가 더 바람직한 성질을 갖는 결과를 나타냈다. 건면 상태와 조리된 상태에서 모두 밀전분으로 제조한 RS 3형 전분과 찹쌀전분을 annealing 한 후 제조한 RS 4형 전분을 첨가한 국수가 control 국수와 가장 차이가 없는 것으로 보였다. 변성전분을 첨가한 국수는 조리후 부피증가, cooking loss가 control 국수와 비슷하거나 약간 높았다. 국수의 기호도 조사를 실시한 결과 대부분의 항목에서 밀전분과 찹쌀전분으로 제조한 변성전분을 20% 첨가한 국수가 첨가하지 않은 국수와 유사한 점수를 받거나 오히려 더 높은 점수를 받았으며 생전분을 첨가한 국수보다 훨씬 좋은 점수를 받았다. 또한 이미 상품화 되어 있는 변성전분보다 밀전분이나 쌀전분으로 제조한 변성전분의 이용가치가 높은 것으로 생각되었다.

9. 변성전분 첨가빵의 개발

변성전분을 첨가하여 빵을 제조하였다. 빵의 crumb의 단단함은 생전분, 저항전분 10% 첨가시에는 크게 차이가 없었고, 20% 첨가 시에는 RS 3형 저항전분이 첨가된 빵에서 낮은 값을 보였다.

저항전분을 10% 첨가한 빵의 부피와 비용적은 control에 비해 부피가 감소하였으나 전체적인 제품 모양이나 부피는 양호하였다. 저항전분이 20%씩 첨가된 빵의 경우, RS 4형 저항전분이 첨가된 빵이 RS 3 종류의 전분을 첨가한 빵보다 부피가 더 컸다. 빵의 부피는 gluten forming protein(glutenin, gliadin)의 비율이 중요하고 그의 밀가루에 함유된 전분, 극성지질과 가스팽창제 등에 의해 영향을 받으므로 활성글루텐이나 제빵 재료의 비율을 조절

하면 부피를 증가시킬 수 있을 것이다. 빵의 텍스처 측정결과, crumb의 단단함을 나타내는 toughness는 RS 3 형과 RS 4 형 저항전분을 10% 첨가한 경우는 대부분 Control과 크게 차이가 없었다. Strength와 Shearing energy는 전 시료군에서 유사한 특성을 보였으나 RS 3형 저항전분을 10% 첨가한 경우 높은 값을 보였다.

RS 3 종류의 전분을 첨가한 빵은 colntrol이나 RS 4형 전분을 첨가한 빵보다 껍질색이 밝고 기공(grain)이 균일했으며 구수한 향이 강했으며 구수한 맛이 증가되었으며, 경도는 약간 증가했으나 탄성과 촉촉함이 증가했으며 전체적인 기호도가 높은 점수를 받았다. RS 4형 전분을 첨가한 경우 빵의 모양은 불균일하나 빵 껍질의 색이 진하고 빵의 속은 더 밝았다.

SUMMARY

1. Establishment of RS measurement

Approved AOAC method for total dietary fiber is not used for measuring RS level of RS 4 type starch, but pancreatin method is available for all kinds of resistant starch. When RS levels of heat processed foods are measured, heating of sample suspensions for 1 hr before enzyme digestion using pancreatin and pullulanase is necessary. But heating step before enzyme digestion is not necessary for unheated foods. Food containing high fat or/and sugar is done defatting and desugaring before digestion. Protein and ash contents should be defatted from resistant residue using AOAC method. RS levels of raw starches and RS 3 measured using P/G method were slightly higher than those by AOAC method regardless of starch source. However, In the case of RS 4, RS levels by AOAC method were much higher than those of by P/G method. RS levels of the mixtures of each starches were also measured by P/G and AOAC method. Real and predict values of RS levels measured using P/G method were almost similar, whereas in case of AOAC method , real and predict values of RS levels were different. RS level of wheat flour added 20% each different starches showed same trend with RS level of no added starches.

2. Preparation of modified starch using physical or/and chemical process

RS levels of modified starches from waxy rice starch were not affected

by citric acid, but those from wheat starch were increased adding citric acid. 0.5% citric acid addition to make RS 3 type starches was effective to increase RS levels. When rice, normal maize and high amylose maize starches were cross-linked at 45°C and pH 11.0 by STMP(sodium trimetaphosphate), STPP(sodium tripolyphosphate) and sodium sulfate, RS level of RS 4 starch prepared from high amylose maize starch was the highest and in order of rice starch, normal maize starch. Annealing treatment below gelatinization temperature of native starch before cross-linking process increased RS level, but did not affect the swelling power of RS 4 type starch. However, annealing above gelatinization temperature, for example 60°C(rice starch) and 70°C(normal maize starch), increased the swelling power of RS 4 prepared from rice starch and normal maize starch. When RS 4 starch prepared from annealed wheat and waxy rice starch, level of RS was increased from 16.4 to 24.2% for wheat starch and from 15.4 to 19.1% for waxy rice starch. Addition of surfactant before cross-linking process not only increased RS, but also was made starch to be powder easily. Among surfactant, SE 1170 was the most effective. When RS 4 starch was prepared using mild acid and annealing, RS level of RS 4 starch increased, especially the most effective condition was 2 hr lintnerization like a starch: 0.1 N HCl (1:1).

3. Characteristics of the modified starches

Swelling powers of RS 4 prepared from various cereal starches were 2~3 at 30°C and 4~5 at 95°C. Swelling power of RS 4 prepared from waxy starch showed the highest value. Annealing and acid treatment

before cross-linking increased RS level of prepared RS 4, but did not affect the swelling power of RS 4. The X-ray diffraction patterns of RS 3 starch showed B-type crystalline pattern, whereas RS 4 starch was A-type crystalline pattern. RS 3 starch was retained viscosity but did not show the change of viscosity with increasing temperature. While RS 4 starch did not have viscosity at any temperature by RVA.

4. Development of rice flour mixes with various resistant starches

Rice flours with different resistant starches were made to add 20% of RS 3 or RS 4 starch to rice flour (Ilmibyeo, harvested in 1999). Their protein contents were 5.06~5.29% and lower than no added flour (100% rice flour). The swelling powers at 100°C followed the order : control > rice flour with RS 3 starch > rice flour with RS 4 starch. Rice flour with RS 3 starch was the highest in solubilities and water binding capacities. The initial pasting temperatures of RS added rice flours were 65.9~70.2°C by RVA and lower than that of rice flour. The RS added rice flours showed lower peak viscosities (151.8~475.4 RVU) than control (514.7 RVU).

5. The properties of RS added *Garedduk* (Korean rice cake)

Garedduk was made from nonwaxy rice flour with 5, 10 and 20% resistant starches and stored for 0~7 days at 20°C and -18°C. Hardness of RS added *Garedduk* was increased with storage time while springiness and cohesiveness was decreased. *Garedduk* with 10% RS 3 starch showed the lowest hardness. When RS 3 starch added *Garedduk* was

stored at -18°C , hardness was increased rapidly until 1 day, and after that increased slowly. Hardness of RS 4 added *Garedduk* was decreased as addition level of RS increased, WRS4 (RS 4 made from wheat starch) was the most effective in retarding the textural changes. When they stored at -18°C , they showed the same results, too. In sensory evaluation, RS added *Garedduk* gained better score than control in all attributes. Color and moistness of *Garedduk* was not significantly difference, but surface smoothness of them was quite higher score compared with the control ($p<0.05$). Also, autoclaved-cooled wheat starch (AWS-CA) was the highest score for overall preference and surface smoothness. Rice flavor and off-flavor was not significantly different, but hardness was significantly different ($p<0.05$). The overall quality was the more preferable in the *Garedduk* with AWS-CA or WRS4. After 7 day storage at -18°C , hardness was significantly different. Resistant starch prepared from wheat starch (AWS-CA, WRS4) had good effects on the overall preference and surface smoothness. *Garedduk* prepared from rice flour with 10% of AWS-CA and 5% of WRS4 were very desirable for RS added *Garedduk*.

6. The properties of RS added *Injulmi* (Korean waxy rice cake)

Injulmi was made from waxy rice flour with 10, 20 and 30% RS starches and stored for 0~ 3 days at 20°C . Hardness and adhesiveness of *Injulmi* with RS 3 starches prepared from waxy rice starch were increased with storage time and decreased with addition of RS 3 starch. In case of RS 3 starch prepared from nonwaxy rice starch, hardness and

adhesiveness were increased with storage time and addition of RS 3. L value of *Injulmi* with RS 3 starch had no significant difference with storage day and addition of RS 3 starch. But a value and b value were decreased with storage and addition of RS 3 starch. The overall quality of sensory evaluation and the adhesiveness of textural properties of *Injulmi* with RS 3 starch had the positive correlation. Hardness and adhesiveness of *Injulmi* with RS 4 starch and double modified starch were increased with storage and decreased with addition of RS. Hardness and adhesiveness of *Injulmi* with 30% RS 4 starch showed the lowest value. Color of *Injulmi* with RS 4 starch was not significantly different with storage and addition of RS 4 starch. In sensory evaluation, RS 4 added *Injulmi* had better results than non added *Injulmi* in all attributes.

7. Characteristics of flour with modified starches

All purpose flour was used for making the oriental white salted noodle and bread flour was for making the bread. RS 3 starches increased swelling power and solubility of wheat flour, but RS 4 starches decreased. So, noodle with modified starches might be inhibit swelling of cooked noodles. Water holding capacity of wheat flour was decreased when modified starch added to wheat flour, but increased for modified starches from waxy rice starches. On RVA results, gelatinization temperature of flour with RS was decreased and breakdown and setback were decreased. So, resistant starches could be prevent from retrogradation of wheat products. Lightness of noodle affected on quality of noodle, but brightness on the preference of noodle. The color of wheat

flour with modified starches were changed whiter than that of wheat flour only. The wheat flour products with modified starches were thought to be more desirable than those with any other functional materials like the dietary fiber. Particle size distribution of wheat flour with modified starch was affected by particle size of modified starch. Damaged starch was decreased by the RS 4 type starch addition, but increased by RS 3 starch addition. On sedimentation test, value of 10% modified starch added flour was 42.35 cc and that of 20% modified starch was 38.43cc. On Amylograph, peak viscosity of flour was increased adding native starch but decreased added RS. Wheat flour added RS 3 starch was highly decreased more than that with RS 4 starch. Resistant starch increased the water absorption of dough and the MTI value. RS 3 starch increased the water absorption to 30% because RS 3 starch had damaged starch content.

8. Development of noodles with modified starches

RS added dry noodle was similar to or stronger than control noodle. Using rheometer, texture of cooked noodle with RS 3 and RS 4 starches from wheat starch and RS 4 starch from annealed waxy rice starch was desirable. Texture of cooked and dry noodle with modified starch was more desirable than noodle with native starch. Dry and cooked noodles with RS 3 starch prepared from wheat starch and RS 4 from annealed waxy rice starch were similar to control noodle in all textural attributes. On cooking characteristics, weight and volume increment and cooking loss of noodles with modified starches was similar to control noodle. In

preference test of noodle, noodle with modified starches from wheat and waxy rice starch had similar scores to control noodle. It is suggested that modified starches prepared from wheat or waxy rice starch would be useful for food industries.

9. Development of breads with modified starches

When bread with resistant starch was made, hardness of bread crumb was similar in native or 10% RS added bread to control but 20% RS addition made to decrease hardness. Volume and specific loaf volume of bread with RS 3 starch was decreased, but shape and symmetric of bread was good. Volume of 20% RS 4 starch added bread was higher than that of RS 3 starch added bread. On textural properties of bread, RS did not affect the toughness of bread. On sensory test, bread with RS 3 starch had higher score than any other bread. Therefore resistant starch added bread to increase functional benefit could be made using RS 3 starch to control the formula of bread.

CONTENTS

SUMMARY	14
Chapter 1. Introduction	34
Chapter 2. Materials and Methods	37
A. Materials	37
1. Making and analyzing for modified starches	37
2. Making and analyzing for <i>Garedduk</i> and <i>Injulmi</i>	38
3. Making and analyzing for noodle and bread	38
B. Methods	38
1. Procedure of Making and analyzing for RS	38
2. Making and analyzing for <i>Garedduk</i> and <i>Injulmi</i>	46
a. The properties of rice flours and starches	46
b. The properties of RS added rice flours	46
c. The properties of RS added <i>Garedduk</i>	47
d. The properties of RS added <i>Injulmi</i>	48
3. Development of wheat flour added modified starches	50
a. The properties of wheat flours	50
1) Proximate compositions	50
2) Swelling powers and solubilities	51
3) The characteristics of dough by farinograph	51
b. The characteristics of wheat flours added modified starches	51

1) Proximate compositions	51
2) Swelling powers and solubilities	51
3) Water binding capacities	51
4) Particle size distribution of wheat flours	51
5) The contents of damaged starches	52
6) Sedimentation test	53
7) Pasting characteristics by amylograph	53
8) Pasting characteristics by RVA	54
9) Color value	54
10) The characteristics of dough by farinograph	54
c. Development of noodle added modified starches	54
1) Making of noodle	54
2) Textural properties of dry noodle	54
3) Textural properties of cooked noodle	55
4) Cooking properties of noodle	55
5) Preference test of noodle	55
d. Development of bread added modified starches	56
1) Making of bread	56
2) Bread volume	56
3) Textural properties of bread	56
4) Sensory test	57
5) SAS	57
Chapter 3. Results and discussions	58
A. Making of modified starches from cereal starches	58
1. Isolation and properties of starches	58

2. Establishment of analysis method for RS	59
a. RS yields	60
b. RS yields of starch mixtures	62
c. RS yields of wheat flours added with RS	65
3. Making of physically modifies starches	69
a. lintnerized starches	69
b. Effects of Citric acid on RS yields	70
4. Making of chemically modifies starches	72
a. Starch/water ratio for cross-linked starch preparations	72
b. Making and RS yields of cross-linked starch	73
c. Making of cross-linked starch added surfactants	75
1) Effects of surfactants on powdering of RS	75
2) Effects of surfactants on RS yields	76
d. Effects of citric acid on RS yields of RS 4 starches	78
e. Making of doubly modified starches	78
1) Effects of annealing on RS yields	78
f. Effects of annealing period on RS yields	80
g. RS yields of RS 4 starches with acid treated and annealed starches	81
h. Effect of heating on RS yields of RS 4 starches	83
i. RDS and SDS contents	83
5. The characteristics of modified starches	85
a. Swelling powers and solubilities	85
1) Swelling powers of RS 3 and RS 4 starches	85
2) Swelling powers of RS 4 starches with annealing	86

3) Swelling powers of RS 4 starches with acid treated and annealed starches	87
4) Swelling powers and solubilities of RS 4 starches with heating	89
b. Structure of RS starches by SEM	90
1) Structure of RS 3 starches	90
2) Structure of RS 4 starches	90
3) Structure of RS 4 starches with annealing	92
4) Structure of RS 4 starches with acid treatment and annealing ..	92
5) Structure of RS 4 starches with heating	99
c. X-ray diffractograms of RS starches	104
1) Crystallinities of RS 3 starches	104
2) Crystallinities of RS 4 starches	108
d. Pasting characteristics of modified starches	114
1) Pasting characteristics of RS 3 starches by RVA	114
2) Pasting characteristics of RS 4 starches by RVA	114
e. DSC	114
f. Acting of acid and amylase on modified starches	115
B. Development of rice flours added with modified starches	117
1. The characteristics of nonwaxy and waxy rice flours	117
a. Proximate compositions	117
b. X-ray diffractograms	117
c. Physicochemical properties	119
d. Pasting properties	119
2. The properties of the RS added rice flours	121
a. Proximate compositions	121

b. Physicochemical properties	123
c. Pasting properties by RVA	125
3. Establishment of procedures for making of <i>Dduk (Korean rice cakes)</i>	125
a. Procedures for making of <i>Garedduk</i>	125
4. Textural properties of RS added <i>Dduk (Korean rice cakes)</i>	127
a. Textural properties of RS added <i>Garedduk</i>	127
1) Textural properties of RS 3 added <i>Garedduk</i>	127
2) Textural properties of <i>Garedduk</i> added with cross-linked and doubly modified starches	131
b. Textural properties of RS added <i>Injulmi</i>	142
1) Textural properties of RS added <i>Injulmi</i>	142
2) Textural properties of <i>Injulmi</i> added with cross-linked and doubly modified starches	147
5. Sensory evaluation of RS added <i>Dduk (Korean rice cakes)</i>	147
a. Sensory evaluation of RS added <i>Garedduk</i>	147
1) Sensory evaluation of RS 3 added <i>Garedduk</i>	147
b. Sensory evaluation of RS added <i>Injulmi</i>	162
1) Sensory evaluation of RS 3 added <i>Injulmi</i>	162
2) Sensory evaluation of <i>Injulmi</i> added with cross-linked and doubly modified starches	165
6. RS yields of RS added <i>Dduk (Korean rice cakes)</i>	170
a. RS yields of RS added <i>Garedduk</i>	170
b. RS yields of RS added <i>Injulmi</i>	170
1) RS yields of RS 3 added <i>Injulmi</i>	170
2) RS yields of <i>Injulmi</i> added with cross-linked and doubly modified	

starches	170
C. Development of wheat flour products added with modified starches	176
1. The characteristics of wheat flours	176
a. Proximate compositions and physicochemical properties	176
b. The characteristics of dough by farinograph	177
2. The characteristics of wheat flour added with RS	177
a. Proximate compositions of cake flour	177
b. Swelling powers and solubilities	179
c. Water binding capacities	193
d. Pasting characteristics by RVA	194
e. Color values of cake flours	194
f. Particle size distributions of wheat flours	194
g. Damaged starches	197
h. Sedimentation Test	197
i. Color values of bread flours	199
j. Pasting characteristics by amylograph	199
k. The characteristics of dough	204
3. Development of noodles added with modified starches	207
a. Textural properties of dry and cooked noodles	207
b. Cooking properties of noodles	209
c. Preference test	209
4. Development of bread added with modified starches	213
a. Volume and specific loaf volume	213
b. Textural properties	215
c. Sensory test	217

Chapter 4. References 222

목 차

요 약 문	2
SUMMARY	14
제 1 장 서 론	34
제 2 장 재료 및 방법	37
1절. 재 료	37
1. 변성전분 제조, 분석을 위한 재료	37
2. 흰떡과 인절미 제조와 분석을 위한 재료	38
3. 국수와 빵의 제조와 분석을 위한 재료	38
2절. 방 법	38
1. RS 개발 및 분석에 이용된 제조방법	38
가. 여러 가지 첨가제를 이용한 RS 3 전분 제조	38
1) RS 3의 제조방법	38
2) 비휘발성 유기산이 첨가된 RS 3 제조	39
나. RS 4 제조시 surfactant 첨가, annealing 처리 또는 산처리와 annealing의 병행효과	39
1) Brookfield viscometer로 전분과 물의 비율 결정	39
2) 계면활성제를 첨가한 가교결합 저항전분의 제조	40
가) 가교결합 저항전분 제조 전 계면활성제의 첨가	40
나) 가교결합 저항전분 제조 후 계면활성제의 첨가	40
3) Annealing 처리를 병행한 Cross-linked RS 4 전분 제조	41
4) 산처리와 annealing 처리를 병행한 cross-linked RS 4 전분 제조 ..	42
5) RS 4전분의 가열처리	42
다. RS 형성전분과 분리된 RS의 특성조사	42
1) 팽윤력과 용해도 측정	42
2) 주사전자현미경에 의한 특성 측정	43
3) 시차주사열량기에 의한 특성 측정	43
4) X-선 회절기에 의한 특성 측정	43
5) 가열에 따른 점도 측정	43
라. RS 함량 측정	44

1) AOAC 방법에 의한 총식이섬유 함량 측정	44
2) Pancreatin-gravimetric method에 의한 RS 함량 측정	44
3) Pancreatin-gravimetric method에 RDS, SDS 분석	45
2. 흰떡과 인절미 제조와 분석을 위한 방법	46
가. 쌀가루와 쌀전분의 특성	46
나. 변성전분을 첨가한 쌀가루의 특성	46
다. 변성전분을 첨가한 가래떡의 특성	47
라. 변성전분을 첨가한 인절미의 특성	48
3. 기능성 변성전분의 이용 및 변성전분 첨가 밀가루 제품 개발	50
가. 밀가루의 특성	50
1) 일반성분	50
2) 팽윤력과 용해도	51
3) 파리노그래프에 의한 반죽특성	51
나. 변성전분 첨가 밀가루의 특성	51
1) 일반성분	51
2) 팽윤력과 용해도	51
3) 물결합 능력	51
4) 밀가루의 입자 분포 측정	51
5) 손상전분 함량의 측정	52
6) 침강 시험	53
7) 점도 측정계(amylo graph)에 의한 호화 특성 측정	53
8) 신속점도측정계(RVA)에 의한 호화 특성 측정	54
9) 색도 측정	54
10) 파리노그래프에 의한 반죽 특성	54
다. 변성전분 첨가 국수의 개발	54
1) 국수의 제조	54
2) 건면의 텍스처 측정	54
3) 조리한 국수의 텍스처 측정	55
4) 국수의 조리특성	55
5) 국수의 기호도 조사	55
라. 변성전분 첨가 빵의 개발	56

1) 빵의 제조	56
2) 빵의 부피 측정	56
3) 빵의 텍스처 측정	56
4) 관능검사	57
5) 통계 처리	57
제 3 장 결과 및 고찰	58
1절. 곡류전분을 이용한 기능성 변성전분의 제조	58
1. 전분 분리 및 전분의 특성 측정	58
2. RS 분석방법의 확립 및 함량	59
가. 저항전분의 수율	60
나. 저항전분 혼합물의 RS 수율	62
다. 저항전분을 첨가한 밀가루의 RS 수율	65
3. 물리적 방법에 의한 변성전분의 제조	69
가. Lintnerized starch을 이용한 변성전분 제조	69
나. Citric acid 첨가가 저항전분의 수율에 미치는 영향	70
4. 화학적 방법에 의한 변성전분의 제조	72
가. 가교결합 저항전분을 제조하기 위한 전분과 물의 비율	72
나. 가교결합 저항전분의 제조와 저항전분의 수율	73
다. 계면활성제가 첨가된 가교결합 저항전분의 제조	75
1) 계면활성제의 첨가가 분말화에 미치는 영향	75
2) 수율에 대한 영향	76
라. citric acid가 RS 4 수율에 미치는 영향	78
마. 물리적, 화학적 방법으로 double modification한 변성전분의 제조 ...	78
1) annealing 처리후 제조한 저항전분의 RS 함량	78
바. Annealing 처리시간에 따른 저항전분의 수율	80
사. 산처리와 annealing처리를 병행하여 제조한 RS 4 의 수율	81
아. RS 4 형 전분을 제조한 후 가열처리의 효과	83
자. RDS와 SDS의 함량	83
5. 변성전분의 특성	85
가. 팽윤력과 용해도	85
1) RS 3 형과 RS 4 형 전분의 팽윤력	85

2) annealing 후 제조한 RS 4 전분의 팽윤력	86
3) 산처리와 annealing을 병행하여 제조한 RS 4의 팽윤력과 용해도 ...	87
4) RS 4 를 가열처리한 후의 변성전분의 팽윤력과 용해도	89
나. 형태적인 특성	90
1) RS 3의 형태적인 특성	90
2) RS 4의 형태적인 특성	90
3) Annealing 처리 후 제조된 RS 4 형 전분의 형태적인 특성	92
4) 산처리와 annealing 처리를 병행하여 제조한 RS 4의 형태적인 특성	92
5) RS 4 제조 후 heating 처리한 전분 입자의 형태적인 특성	99
다. X-선 회절도에 의한 결정형	104
1) RS 3 형 전분의 X-선 회절도	104
2) RS 4전분의 X-선 회절도	108
라. 변성전분의 호화 특성	114
1) RVA에 의한 RS3의 호화특성	114
2) RVA에 의한 RS 4 형 전분의 호화특성	114
마. 시차주사열량기에 의한 호화 특성	114
바. 변성전분에 대한 산과 효소의 작용	115
2절. 기능성 변성전분의 이용 및 변성전분 첨가 쌀가루 제품 개발	117
1. 멥쌀과 찰쌀가루의 특성	117
가. 일반성분	117
나. X-선 회절도에 의한 결정형	117
다. 이화학적 특성	119
라. 호화 특성	119
2. 변성전분을 첨가한 쌀가루의 특성	121
가. 일반성분	121
나. 이화학적 특성	123
다. 신속점도측정계에 의한 호화특성	125
3. 떡의 제조조건 확립	125
가. 멥쌀가루를 이용한 가래떡의 제조	125
4. 변성전분을 첨가한 떡의 제조 및 텍스처 특성 비교	127

가. 변성전분을 첨가한 가래떡의 물성 특성	127
1) RS 3형 전분을 첨가한 가래떡의 물성 특성	127
2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 가래떡의 물성	131
나. 변성전분을 첨가한 인절미의 물성 특성	142
1) RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 물성 특성	142
2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 물성 특성	147
5. 변성전분을 첨가한 떡의 관능적 특성	147
가. 변성전분을 첨가한 가래떡의 관능적 특성	147
1) RS 3형 전분을 첨가한 가래떡의 관능적 특성	147
나. 변성전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성	162
1) RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성	162
2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성	165
6. 저항전분을 첨가한 떡의 RS 수율	170
가. 저항전분을 첨가한 가래떡의 RS 수율	170
나. 저항전분을 첨가한 인절미의 RS 수율	170
1) RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 RS 수율	170
2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 RS 수율	170
3절. 기능성 변성전분의 이용	176
1. 밀가루의 특성	176
가. 밀가루의 일반성분 및 이화학적 특성 분석	176
나. 파리노그래프에 의한 반죽 특성	177
2. 변성전분 첨가 밀가루의 특성 조사	177
가. 밀가루의 일반성분	177
나. 팽윤력과 용해도	179
다. 물결합 능력	193
라. 신속점도측정계에 의한 호화 특성	194
마. 밀가루 입자 분포	194

바. 손상전분 함량	197
사. 침강 시험	197
아. 변성전분을 첨가한 밀가루의 색도	199
1) 변성전분을 첨가한 강력분의 색도	199
2) 변성전분을 첨가한 중력분의 색도	201
차. 점도 측정계에 의한 호화 특성	201
카. 밀가루의 반죽 특성	204
1) 변성전분을 첨가한 강력분의 반죽특성	204
2) 변성전분을 첨가한 중력분의 반죽특성	205
3. 변성전분 첨가 국수의 개발	207
가. 건면과 조리한 국수의 텍스처 특성	207
나. 국수의 조리특성	209
다. 국수의 기호도 조사	209
4. 변성전분 첨가 식빵의 개발	213
가. 빵의 부피 및 비용적	213
나. 빵의 텍스처 측정	215
다. 빵의 관능검사	217
제 4 장 참고문헌	222

제 1 장 서 론

곡류는 쌀, 맥류(보리, 밀, 귀리, 호밀)와 잡곡(조, 기장, 수수, 옥수수, 메밀)이 포함되며, 대부분 주식용으로 사용되고 있는 경제적인 식물자원이다. 이런 곡류의 성분 중 전분이 차지하는 비율은 70-80%로 곡류 가공품의 모든 특성은 주성분인 전분에 의해 영향을 받는다.

현재 국내에서 생산되는 곡류 중에는 쌀의 생산량이 가장 많으나 80년도 이후 1인당 쌀 소비량은 지속적으로 감소하여 왔다. 그러나, 쌀 소비량의 감소에도 불구하고 국가적인 차원에서 비상시의 식량을 자급자족할 수 있게 유지하여야 한다는 점과 UR 협상의 결과 매년 쌀을 수입해야 하는 국제적인 흐름으로 인하여 쌀의 공급량과 소비량이 불균형 상태를 이루고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 쌀의 이용가치를 증대시켜 소비를 늘릴 수 있는 방안 모색이 필요하다.

밀이나 옥수수 같은 곡류도 여러 가지 제한요소에 의해 필요한 양의 대부분을 거의 수입에 의존하고 있으며 국내 모든 산업에서 사용하고 있는 주요 재료인 전분의 원료인 옥수수도 95% 이상 수입에 의존하고 있다. 이런 농산물의 수입이 갖는 문제점을 보완하기 위해서는 국내에서 소비되는 전분류의 일부라도 점차 국내에서 생산하여 수입 물량을 줄이고 더 나아가서는 부가가치가 높은 제품을 개발 생산하여 오히려 수출하려는 노력이 필요하다고 생각한다. 전분은 그 이용범위가 매우 넓어 많은 산업에서 이용되고 있는 소재로서 국제적으로는 각 산업에서 필요로 하는 성질을 갖는 전분의 종류 및 이를 적절하게 변형시킨 변성전분의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 전분에 대한 이런 국제적인 연구는 전분을 영양소로서 보는 데 그치지 않고 식품학적인 기능성을 갖는 상품으로 발전시켰다. 최근 들어 전분의 소화성을 감소

시킨 고분자 형태의 전분에 대한 관심이 성인병과 관련하여 증가되고 있다. 특히 식이 섬유소의 생리활성적인 효과가 보고됨과 동시에 거의 100%의 소화율을 나타낸다고 믿고 있던 전분이 일부 소장에서 소화되지 못한다는 사실이 밝혀지면서 관심을 갖게 되었다. 이 효소저항전분(RS, Resistant Starch)은 건강한 사람의 소장에서 소화되지 못하고 흡수되지 못한 전분과 전분의 분해 산물을 통틀어 정의하고 있으며, 4가지의 형태로 나누고 있다. RS-1 type은 전분이 물리적으로 효소에 접근되어 있지 못하므로 분해가 되지 못하는 것을 말하며, RS-2 type은 생전분 중에 감자나 바나나 전분, 고아밀로오스 옥수수전분처럼 B-형의 결정형인 전분이 속하는 것으로 알려져 있다. RS-3 type은 주로 노화된 아밀로오스에 의한다고 알려져 있으며 호화된 전분이 노화됨으로써 효소의 작용을 잘 받지 못하는 것들이 포함된다고 한다. 이에 반해 최근에는 화학적 처리에 의해 변성시킨 전분 중에 가교결합 전분은 분자간, 특히 아밀로펙틴-아밀로펙틴, 아밀로펙틴-아밀로오스 사이의 결합이 증가됨으로 인해 전분분해효소가 쉽게 작용할 수 없으므로 RS-4 type의 범주에 포함시키고 있다. 이런 RS를 함유하는 전분은 효소에 의해 분해되지 못하므로 low glycemic index를 갖고 저 열량원이므로 당뇨병이나 비만인 환자의 식이 개발이 가능하다. 또한 이를 이용한 식품을 섭취하면 소화되지 않은 부분이 대장에서 부피를 가지므로 변비를 예방할 수 있다. 대장에서 장내 세균에 의한 발효로 아세트산, 프로피온산, 브티르산과 같은 저급지방산이 생성되어 pH를 낮출 뿐만 아니라 특히 브티르산의 생성량이 다른 식이섬유보다 높으므로 대장암을 예방하는 것으로 알려져 있다. 그 외에 혈액 중의 고밀도 지단백(HDL)의 농도를 높이거나 콜레스테롤을 감소시킨다는 결과 등이 보고되고 있다. 다른 변성전분과는 달리 RS를 함유하는 전분들은 그 자체가 기능성 소재이며 다양한 이화학적 성질로 인해 식품 산업에 이용할 때 제품의 품질을 증가시킬 수 있는 가능성을 가지고 있다. 그러므로 식

이섬유보다 가공적성이 우수한 RS를 식품에 첨가하여 하루에 필요량으로 추정하는 25-30 g을 공급할 수 있으면 건강한 식생활을 이루는 기초가 될 수 있을 것이다. 또한 전분으로 다양한 성질을 갖고 동시에 RS도 함유하도록 개발하여 여러 가지 식품에 첨가할 수 있다면 그 자체뿐 만 아니라 RS가 첨가된 식품 또한 고부가가치를 가질 것으로 생각한다.

본 연구에서는 전분을 70-80% 함유하는 곡류 중에서 국내산 쌀과 찹쌀을 중심으로 밀과 옥수수, 찰옥수수를 선택하여 다양한 성질을 갖는 변성전분을 제조하였다. 전분을 분리하는 전 과정과 기능성 변성전분을 제조하는 공정을 경쟁력을 가질 수 있도록 단가를 고려하여 조건 확립을 하였다. 또한 개발된 기능성 변성전분을 쌀과 찹쌀가루, 밀가루에 각각 혼합하여 쌀가루 식품인 가래떡과 인절미, 밀가루 식품인 빵과 국수를 제조하여 그 품질을 측정하였다. 각각의 가공식품의 재료, 반죽, 제품의 품질 특성을 이화학적, 기계적 및 관능적 특성을 측정하였다. 식품에 따라 적합한 성질을 갖는 저항전분의 종류를 파악하고, 상품화할 수 있는 가능성을 모색하며 개발된 기능성 소재를 활용하여 부가가치가 높은 식품을 개발하고자 하였다.

제 2 장 재료 및 방법

1절. 재 료

1. 변성전분 제조, 분석을 위한 재료

변성전분을 제조하기 위해 보통 옥수수전분, 고아밀로오스 옥수수전분, 멥쌀전분, 찹쌀전분, 밀전분을 이용하였으며, 보통 옥수수전분(amylose : 28%)은 삼양제넥스(한국), 고아밀로오스 옥수수 전분인 amylo maize VII(amylose : 70%)은 Cerestar Co.(U.S.A)에서 구하여 시료로 사용하였다. 멥쌀전분은 동진쌀을 분양받아 알칼리 침지법으로 분리하여 사용하였고 찹쌀전분은 화선찰벼와 신선찰벼를 분양받아 알칼리 침지법으로 분리하여 사용하였다. 밀전분은 (주) 신송식품에서 구하여 시료로 사용하였다.

RS 분석을 위하여 AOAC법⁷⁰⁾에 사용되는 total dietary fiber assay kit는 Sigma Chemical Co.(St Louis, Mo. U.S.A)에서 구입하여 사용하였고, kit의 효소는 thermostable α -amylase (Cat No. A-3306), *Aspergillus niger*로부터 분리한 amyloglucosidase (Cat No. A-9913), protease (Cat No. P-3910)였다.

Pancreatic-gravimetric method에 사용된 효소는 pancreatin (from Porcine Pancreas, Sigma, P7545)과 pullulanase(Promozyme, Novo Nordisk)였으며 RS 4 제조를 위해 사용한 sodium trimetaphosphate와 sodium tripolyphosphate는 Sigma Chemical Co.(St Louis, Mo. U.S.A)에서 구입하여 사용하였다.

2. 흰떡과 인절미 제조와 분석을 위한 재료

전라남도 농업기술원에서 1999년과 2000년도에 수확한 멥쌀인 일미벼와 찰쌀인 화선찰벼를 시료로 사용하였으며, RS제조에 사용된 밀전분은 신송식품(주)에서, 쌀전분은 오대벼와 화선찰벼를 알칼리 침지법으로 분리하여 사용하였다. Novelose 330은 National Starch Co. (USA)에서 제공받아 시료로 사용하였다. 가래떡에 첨가한 RS 3형 전분은 멥쌀전분과 밀전분에 유기산 (Citric acid 0.5%)를 첨가하여 수율과 성질이 좋도록 만들었고 RS 4형 전분은 찰쌀전분과 밀전분에 인산기로 가교결합시켜 제조하였다.

3. 국수와 빵의 제조와 분석을 위한 재료

국수용 밀가루는 중력분 1등급 밀가루(한국제분, 한국)를 빵용 밀가루는 강력분 1등급 밀가루(동아제분, 한국)를 이용하였으며 분석을 위한 재료 및 시약은 RS 분석을 위한 재료와 시약과 동일하였다.

2절. 방 법

1. RS 개발 및 분석에 이용된 제조방법

가. 여러 가지 첨가제를 이용한 RS 3 전분 제조

1) RS 3의 제조방법

RS의 형성은 Sievert와 Pomeranz의 방법⁹⁾을 수정하여 사용하였다. 보통 옥수수전분과 고아밀로오스 옥수수전분 50g에 물을 1 : 3.5의 비율로 첨가하

여 멸균병에 넣고 항온수조에서 흔들면서 호화시킨 후 멸균기(Vision Co LTD., Korea)로 121℃에서 1시간 호화시켰다. 호화액을 실온까지 냉각시킨 후 4℃에서 1일간 저장하였고, 가열-냉각 및 저장과정 횟수를 4회까지 반복한 다음 냉동 건조기(Freeze dryer, Il-Sin Engineering Co.)에서 건조시켜, 100 메쉬로 마쇄 후 시료로 사용하였다. 밀전분과 찹쌀전분은 전분과 물의 비율을 1:3.5로 첨가하여 같은 방법으로 가열 냉각 시켰으며 가열냉각 횟수는 1회로 하여 40℃에서 건조시켜 100메쉬로 마쇄 후 시료로 사용하였다.

2) 비휘발성 유기산이 첨가된 RS 3 제조

옥수수전분, 고아밀로오스 옥수수전분, 멥쌀전분은 전분과 물의 비율을 1:1(w/v), 1:3.5(w/v)로 조절하여 멸균병에 넣고 121℃ 멸균기에서 15분 가열하였다. 이 때 유기산들의 농도는 전분의 0.5, 1.0%가 되게 물에 녹여 첨가하였다. 호화된 전분액을 실온까지 냉각시킨 후 4℃에서 1일간 저장하였고, 가열-냉각 횟수를 2회까지 반복한 다음 40℃에서 건조시켰다. 건조된 시료는 마쇄기로 마쇄하고 100메쉬체를 통과시킨 다음 데시케이터에 보관하면서 시료로 사용하였다. 밀전분과 찹쌀전분은 전분과 물의 비율은 1:3.5(w/v)로 조절하여 멸균병에 넣고 citric acid를 0~1.0% 까지 첨가하여 위의 가열 냉각 과정을 1회 거쳐 건조 마쇄하여 시료로 사용하였다.

나. RS 4 제조시 surfactant 첨가, annealing 처리 또는 산처리와 annealing의 병행효과

1) Brookfield viscometer로 전분과 물의 비율 결정

알칼리에 의해 전분이 팽윤되어 점도가 증가하므로 알칼리 조건에서 전분을 가교결합 시킬 때의 전분과 물의 적절한 비율을 결정하기 위하여 다음

과 같이 마그네틱 바가 회전할 수 있는 전분액의 농도를 측정하였다.

시료 전분 10g을 50mL 메스실린더에 넣고 전분과 물의 비율을 달리하여 만든 전분액에 마그네틱 바를 넣고 3분간 교반한 후, 1M NaOH 용액을 NaOH가 전분의 2%가 되게 첨가하여 계속 교반하면서 Brookfield viscometer로 점도를 측정하였다. 전분액에서 마그네틱 바가 회전할 수 있을 때의 점도는 30rpm에서 No. 3 spindle을 사용하였을 때 100 cps였다. 각 전분을 사용하여 100 cps가 유지되는 전분과 물의 비율을 결정하였다.

2) 계면활성제를 첨가한 가교결합 저항전분의 제조

가) 가교결합 저항전분 제조 전 계면활성제의 첨가

전분 50g(건물 당)에 물 70mL로 조절하여 가교결합 저항전분을 제조하였다. 이 때 계면활성제를 FDA 허용기준인 전분무게의 0.5%가 되게 무게를 재어 전분에 가할 70mL의 물을 가온하여 녹인 후에 식혀서 전분에 가한 후 45°C에서 전분-계면활성제 복합체를 이루기 위해 1시간과 16시간 반응시켰다. 반응 후 45°C 항온수조에서 마그네틱 바를 이용하여 계속 저어주면서 가교결합 저항전분을 제조하였으며 저항전분 제조시 가교결합을 위한 반응 시간은 3시간과 5시간으로 하였다. 알칼리조건(pH 11.5)에서 가교결합이 형성된 전분액은 1M HCl을 사용하여 중화시켜 물로 4회 반복 씻어 40°C 오븐에서 건조시키고 마쇄하여 시료로 사용하였다. 사용된 계면활성제는 스테아로일 젯산 나트륨(sodium stearyl-2-lactylate, SSL, anionic, Patco products, U.S.A), 슈크로오스 지방산 에스테르(sucrose fatty acid ester 1170 and 770, non-ionic, Ryoto sugar ester, Mitsubishi-Kasei Food Co. Japan)였다.

나) 가교결합 저항전분 제조 후 계면활성제의 첨가

전분 50g에 물 70mL로 조절하고, 45℃ 항온수조에서 sodium sulfate, STMP, 1M NaOH를 단계적으로 첨가하여 3시간과 5시간동안 마그네틱 바를 이용하여 계속 저어주면서 가교결합 저항전분을 제조한 후 1M HCl을 사용하여 중화하였다. 1회 수세한 후에 계면활성제가 전분무게의 0.5%가 되게 첨가하여 100℃에서 끓여 녹힌 다음 식혀서 전분에 가하고, 45℃에서 1시간과 16시간 각각 반응시켰다. 물로 4회 반복 씻어 40℃ 오븐에서 건조시키고 마쇄하여 시료로 사용하였다.

3) Annealing 처리를 병행한 Cross-linked RS 4 전분 제조

가교결합 저항전분의 RS 함량을 증가시키고 다양한 이화학적 특성을 갖도록 하기위해 가교결합을 형성시키기 전 생전분을 annealing 처리하였다. 수분함량을 알고있는 전분 50g(건물당)에 증류수 70ml를 넣어 잘 분산시키고 (참쌀전분은 증류수 100ml에 분사시켰다), 호화온도 이하의 온도범위인 30~50℃나 60℃의 항온 진탕기에서 24시간 annealing 하였다. 호화온도 이상에서의 annealing 효과를 호화온도 이하의 온도범위에서의 전처리 효과와 비교하기 위해 70, 80℃와 100℃에서 진탕하면서 옥수수전분은 15분, 고아밀로오스 옥수수전분은 25분 처리하였다. 전처리 과정 후 45℃로 온도를 조절하고, 45℃ 항온수조에서 마그네틱 바를 이용하여 계속 저어 주면서 다음과 같이 가교결합 저항전분을 제조하였다. 이 때 annealing 처리하지 않은 생전분도 함께 처리하였는데 먼저 10분간 진탕한 다음 10% sodium sulfate(전분기준)를 혼합하고 30분 진탕한 다음 sodium trimetaphosphate (STMP, 99.0-99.9%)와 sodium tripolyphosphate (STPP, 0.1-1.0%)를 전분기준으로 12% 첨가하였다. 가교결합제를 첨가한 후 20분간 진탕한 다음 1M NaOH를 첨가하여 pH 11.5가 되도록 한 후 일정 시간 반응시켰다. 반응이 끝난 전분액은 1M HCl을 사용하여 중화시켜 증류수로 반응이 되지 않은 가교결합제와

염을 4회 이상 반복하여 씻어내고 40℃ 오븐에서 건조시키고 마쇄하여 시료로 사용하였다.

4) 산처리와 annealing 처리를 병행한 cross-linked RS 4 전분 제조

밀전분, 옥수수전분, 쌀전분을 0.1N HCl로 산처리 한 후 중화하여 annealing 처리를 하고 가교결합전분을 제조하였다. 밀전분과 옥수수전분은 전분 100g당 0.1N HCl을 100~120ml 에 분산시켜 2~10시간동안 반응시킨 후 1N NaOH로 중화하여 50℃에서 12시간동안 진탕한 후 냉각시켜 위와 같은 방법으로 RS 4전분을 제조하였다.

5) RS 4전분의 가열처리

위에서 제조된 RS 4, annealing시킨후 RS 4를 제조한 전분, 산처리와 annealing 한 후 제조한 RS 4전분을 전분과 물을 1: 1 비율로 하여 멸균병에 넣고 100℃에서 1시간동안 가열 처리한 후 알콜탈수 하여 상온에서 풍건시킨 후 100mesh 체에 통과시켜 시료로 사용하였다.

다. RS 형성전분과 분리된 RS의 특성조사

1) 팽윤력과 용해도 측정

팽윤력은 Schoch법⁷²⁾으로 실시하였는데 전분 0.5g을 50mL 원심분리관에 넣고 증류수 40mL에 잘 분산시킨 다음 30~95℃에서 교반기로 30분간 저어 3000 rpm에서 30분간 원심분리하고 침전된 무게로부터 아래 식에 의해 팽윤력을 계산하였다.

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전된 전분의 무게} \times 100}{\text{시료의 무게(건량기준)} \times (100 - \% \text{용해도})}$$

용해도는 원심분리 후 상등액을 항량이 된 페트리디쉬에 부어 105℃ 오븐에 건조시켜 계산하였다.

2) 주사전자현미경에 의한 특성 측정

시료들의 입자 표면관찰은 각각의 시료에 아세톤을 가하여 입자를 분산시키고 금으로 도금시켜 전도성을 갖게 한 다음, 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 사용하여 가속전압 25kV, Phototimes 85초, 2000배의 배율로 관찰하였다.

3) 시차주사열량기에 의한 특성 측정

시료들의 열적 특성은 Differential Scanning Calorimeter, DSC (Seiko, Japan)를 사용하여 분석하였다. 시료와 수분의 비율이 1:2가 되게 DSC pan에 담고 밀봉한 다음, 상온에서 4시간 방치한 후 5℃/min의 가열속도로 20℃에서 170℃까지 가열하고 DSC thermogram을 구하였다.

4) X-선 회절기에 의한 특성 측정

X-ray diffractometer(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 회절각도(2θ) 40~5° 까지 회절시켜 얻었으며 회절각도에 따른 피크의 위치와 강도로써 결정성 정도를 비교하였다. 이때 이용한 기기조건은 다음과 같다.
Target : Cu-K α , Filter : Ni, Voltage : 40kV, Current : 20mA, Scanning speed : 8° /min

5) 가열에 따른 점도 측정

Rapid Visco Analyzer(Newport Science)를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 3g (수분함량 14% 기준)을 증류수 25mL에 분산시키고 0~4

분간은 50℃ 유지, 4~12분간은 95℃까지 가열, 12~14분은 95℃에서 유지, 14~22분은 50℃까지 냉각, 22~26분은 50℃를 유지하면서 페이스트의 점도를 측정하였다.

라. RS 함량 측정

1) AOAC 방법에 의한 총식이섬유 함량 측정

1.0g의 시료에 40 mL의 MES-Tris 완충용액(pH 8.2)을 넣어 잘 분산시키고 heat stable α -amylase(Cat No. A-3306, Sigma) 0.1mL를 넣어 끓는 수조(100℃)에서 저어주면서(850rpm) 15분간 반응시킨 후 바로 실온으로 냉각시켰다. 여기에 protease(Cat No. P-3910, Sigma) 0.1mL(50mg/mL MES-Tris buffer)를 넣고 60℃ 항온 진탕기에서 30분간 반응시키고 여기에 0.567N HCl 5mL를 넣어 pH 4.6이 되도록 조정한다. 다음 amyloglucosidase(Cat No. A-9913, Sigma) 0.1mL를 가하고 계속 60℃에서 30분간 반응시켰다. 반응을 멈추기 위해 총 알코올 농도 80%가 되도록 95% 에탄올을 첨가하고 1시간이상 방치한다. 다음, 무게를 알고 있는 acid washed celite를 0.5g 정도 넣은 glass filter(2G3, IWAKI)로 여과하였다. 95%, 78% 에탄올과 아세톤으로 씻고 불용성 잔사를 105℃ 오븐에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 계산하였다. 회분과 단백질에 대한 보정은 두 성분함량이 낮은 정제전분을 시료로 사용하기 때문에 따로 실험하지 않았다.

2) Pancreatin-gravimetric method에 의한 RS 함량 측정

AOAC 방법과 Englyst 등의 방법으로부터 RS 3와 RS 4를 분석할 수 있는 방법을 확립하여 이를 Pancreatin-gravimetric method로 하였다. 50mL 원심분리관에 시료전분 1g(건물당)과 아세테이트 완충용액(Sodium acetate

buffer, pH 5.2) 20mL를 넣고 잘 섞은 다음, 1시간동안 끓는 항온수조에서 교반하며 두었다가 40℃까지 냉각한 후, 미리 준비한 효소용액 (pancreatin-pullulanase solution) 2mL 넣고 37℃ 항온수조에서 교반하면서 16시간 반응시켰다. 반응 후 총 용액의 알코올 농도가 80%가 되게 에탄올을 첨가하여 1시간이상 방치한 다음, 미리 건조시켜 항량해 두었던 celite가 담겨진 crucible(2G3, IWAKI)로 여과하였다. 95%, 78% 에탄올과 아세톤 순으로 세척하고 불용성 잔사를 105℃ 오븐에서 16시간 건조시켰고, 무게를 측정한 후 여과전의 crucible 무게와의 차이로 저항전분의 함량을 계산하였다. pancreatin-pullulanase solution은 pancreatin (Cat. No. P7545, from Porcine Pancreas, Sigma) 1g에 12mL 2차 증류수에 넣고, 10분 교반 한 다음 3000rpm에서 10분 원심분리한 후 상정액 10mL를 취한 것과 0.2mL의 pullulanase(Promozyme, Novo Nordisk), 1.8mL 2차 증류수를 혼합하여 사용하였다. 효소액은 사용 직전에 만들었으며 전분을 첨가하지 않고 같은 조건으로 효소반응시켜 blank를 병행한 다음 blank 값을 빼고 계산하였다.

3) Pancreatin-gravimetric method에 RDS, SDS 분석

RDS(Rapidly digestible starch)는 효소용액(Pancreatin-pullulanase solution)으로 20분간 37℃에서 반응시켰을 때 분해될 수 있는 전분을 의미하고, SDS(Slowly digestible starch)는 소화가 느리게 일어나지만 완전히 소화될 수 있는 부분으로 37℃에서 16시간 반응하여 얻은 RS 함량에서 RDS의 함량을 감하여 구하였다.

50mL 원심분리관에 시료전분 1g(건물당)과 아세테이트 완충용액(sodium acetate buffer, pH 5.2) 20mL를 넣고 잘 섞은 다음, 1시간동안 끓는 항온수조에서 교반하며 두었다가 40℃까지 냉각한 후, 미리 준비한 효소용액 (Pancreatin-pullulanase solution) 2mL를 넣고 37℃ 항온수조에서 교반하면

서 20분간 반응시켰다. 이 후의 반응과정과 효소용액의 사용은 RS함량 측정방법과 동일하였다.

2. 흰떡과 인절미 제조와 분석을 위한 방법

가. 쌀가루와 쌀전분의 특성

쌀가루의 일반성분을 측정할 시료는 멥쌀과 찰쌀은 물에 6시간 불린 후 씻어 체에 받쳐 물기를 제거하고 roller mill로 마쇄하여 가루로 만들었다. 제분한 쌀가루를 실온에서 풍건하고 45 메쉬 체를 통과시킨 후 시료로 사용하였다. 쌀전분은 알칼리 침지법으로 분리하여 100 메쉬 체를 통과시킨 후 사용하였다. 쌀가루 및 쌀전분의 일반성분은 AOAC방법으로 측정하였고 X-선 회절도에 의한 결정형과 결정강도는 X-선 회절기 (D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 분석하였다. 쌀가루와 쌀전분의 아밀로오스 함량은 Williams의 방법으로 측정하였고 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles 법으로 측정하였다. 시료 1 g에 증류수 40 mL를 가하여 1시간 교반한 후 3000 rpm으로 원심분리한 다음 30분간 거꾸로 세워 물기를 제거하고 처음 전분의 무게와 침전된 전분의 무게 비율로부터 물 결합능력을 계산하였다. 팽윤력과 용해도는 Schoch법을 이용하여 50~95℃ 범위에서 측정하였다. 광투과도에 의한 호화 특성은 0.1% 현탁액을 50~90℃ 범위까지 각 온도에서 10분간 가온한 후 분광광도계 (8452A, Hewlett-Packard, USA)로 625 nm에서 광투과도를 측정하였다. 가열에 따른 호화액의 점도 측정은 신속점도 측정계 (RVA, Rapid Visco Analyzer, Model 3D, Newport Scientific Pty., Ltd., Narranbeen, Australia)를 이용하여 측정하였다.

나. 변성전분을 첨가한 쌀가루의 특성

쌀가루 시료에 첨가한 저항전분은 RS 3형과 RS 4형으로 쌀가루 건물

당 20% 비율로 혼합하였다. RS 3형 전분은 멥쌀전분과 밀전분에 0.5% citric acid를 첨가하여 제조하였고 RS 4형 전분은 찹쌀전분과 밀전분을 가교결합시켜 제조하였다. Double modification한 전분은 50℃에서 24시간 annealing처리와 0.1 N HCl로 약산처리한 후 가교결합시켜 제조하였다. 저항 전분을 첨가한 쌀가루의 일반성분은 쌀가루 및 전분과 동일한 방법으로 측정하였다. 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles법으로 측정하였고 팽윤력과 용해도는 Schoch법을 이용하여 100℃에서 측정하였다.

가열에 따른 호화액의 점도 측정은 신속점도 측정계를 이용하여 측정하였고 측정조건은 위와 같았다.

다. 변성전분을 첨가한 가래떡의 특성

시료로 사용할 쌀가루는 멥쌀을 수세하여 실온에서 12시간 수침한 후 물기를 제거하고 roller mill로 2회 분쇄하여 쌀가루를 제조하였다. 멥쌀가루의 수분함량은 38.7%였으며 쌀가루는 1 kg씩 LDPE백((주)크린랩, 한국)에 넣어 냉동실(-18℃)에서 보관하면서 시료로 사용하였다. 가래떡은 쌀가루(건물 기준)와 물의 비율이 1: 1.2가 되도록 하여 제조하였다. 먼저 소량의 소금을 물에 녹인 후 쌀가루와 혼합하여 체에 내렸고 물 3 L를 넣은 찜기에서 30분간 찜했다. 열원은 가스레인지 (Rinnai 260A, 린나이 코리아(주), 한국)를 이용하였으며 사용한 가스는 LPG였고 가스레인지의 화력 중 대열량 화력 조절기의 강으로 사용하였다. 찜 반죽은 만능녹즙기 ((주)동아오스카, 한국)로 3회 압출시켜 (분쇄노즐 사용) 직경 1.5 cm의 가래떡을 얻었다. 직경 1.5 cm × 길이 1 cm 크기로 절단하여 10개씩 은박접시에 담고 포장지 (크린에이드 향균봉투, (주)경향산업, 한국)와 전기 접착기 (SK-210, (주)삼보테크, 한국)를 이용하여 개별 포장하였다. 제조한 가래떡은 실온과 냉동 온도 조건에서 저장하면서 각각 텍스처 특성, 관능검사 및 조리 특성을 측정하였다. 저항전

분의 종류와 첨가수준을 달리하여 가래떡을 제조한 후 실온에서 0, 1일, 냉동온도조건에서 1, 3, 7일 저장하면서 레오메타 (Sun Rheometer, Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)를 이용하여 물성을 측정하였다. 각 시료는 10회 반복하여 측정하였고 텍스처 측정 조건은 table speed: 50 mm/min, chart speed: 100 mm/sec, deformation rate 50%로 설정하였다. 시료를 누를 때 나타나는 전형적인 곡선으로부터 경도 (Hardness), 부착성 (Adhesiveness), 탄성 (Springiness), 응집성 (Cohesiveness)을 구하였다. 가래떡의 관능적 특성은 전남대학교 식품영양학과 대학원생 중 10명을 선발하여 실험목적을 설명하고 흰떡의 특성에 대한 측정항목을 인지하도록 훈련을 시켰다. 측정항목은 가래떡의 외관 (색깔, 표면의 매끄러운 정도, 촉촉한 정도), 향미 (쌀가루 특유의 냄새, 이취), 입 안에서의 느낌 (단단한 정도, 촉촉한 정도, 쫄깃한 정도, 치아에 달라붙는 정도), 전체적인 선호도 순이었다. 각 세부항목은 15 cm 직선 척도를 사용하였으며 정량묘사분석 (QDA, Quantitative Descriptive Analysis)으로 비교하였다. 측정할 시료는 저항전분을 5% 첨가하여 제조하였으며 실온에서 1일, 냉동에서 7일 저장하여 관능검사를 실시하였다. 각 시료는 시간차이를 두면서 제공하였고 한 번 평가할 때 4종의 시료를 제시하였다. 시료의 번호는 세 자리 난수표를 이용하였으며 관능검사는 오후 3시에 실시하였다. 실험 결과 선호도가 높은 제품 두 가지를 선정하여 5, 10, 20%의 저항전분을 첨가한 흰떡을 제조한 후 다시 관능검사를 하였다. 가래떡의 저항전분 함량은 Pancreatin-gravimetric method를 실시하여 측정하였다.

라. 변성전분을 첨가한 인절미의 특성

참쌀을 수세한 다음 실온에서 12시간 수침한 다음 물기를 제거하고 roller mill로 2회 분쇄하여 참쌀가루를 제조하여 1 kg씩 LDPE백((주)크린랩, 한국)

에 넣어 냉동실(-18℃)에서 보관하면서 인절미의 제조에 사용하였다.

무첨가 인절미는 찹쌀가루(건물기준): 물: 소금(꽃소금, 샘표, 한국)의 비율이 100:100:1이 되게 잘 혼합한 다음 물 3 L를 넣은 찜기에서 30분 동안 찜다. 사용한 가스는 LPG로 가스레인지 (Rinnai 260A, 린나이 코리아(주), 한국)를 이용하였으며 가스레인지의 화력 중 대열량 화력 조절기의 강으로 하였다. 찜 반죽은 혼합기(N50, Hobart, USA)의 1, 2, 3 단계 회전속도 중 2단계로 약세서리 E를 이용하여 5분동안 치대었다. 3 cm × 6 cm × 1 cm의 크기로 성형한 인절미는 표면에 찹쌀전분을 묻힌 후 포장지(CRYOVAC D-955, W. R. Grace Co., USA)와 전기 접착기 (SK-210, (주)삼보테크, 한국)를 이용하여 개별 포장하여 실온에서 저장하였다. 저항전분을 첨가한 인절미는 RS 3 형과 RS 4형 전분을 찹쌀가루에 대해 10%, 20%, 30%를 첨가하여 무첨가 인절미의 제조 방법과 같은 방법으로 제조하였다. 무첨가 인절미와 저항전분을 첨가한 인절미는 실온에서 저장하면서 텍스처 특성, 색도, 관능적 특성을 측정하였다.

레오메타(Sun Rheometer Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)를 이용하여 다음과 같은 조건으로 인절미의 텍스처 특성을 조사하였으며 각 시료는 10회 반복하여 측정하였다.

Type: two bite mastication test

Adaptor: No. 5

Critical diameter: 10.0(mm)

Load cell: 1.0 Kg

Table speed :300 mm/min

Chart speed: 23 mm/sec

Deformation rate: 50%.

Sample size: 10.0(mm)×10.0(mm)×10.0×(mm)

위의 조건으로 2회 반복 압착 시험을 실시할 때 나타나는 전형적인 곡선으로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness)을 구하였다.

인절미의 색도는 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 L값, a값, b값을 측정하였다. 관능적 특성은 전남대학교 식품영양학과 대학원생 중 10명의 평가원을 선정하여 실험목적을 설명하고 인절미의 관능적 특성을 외관, 냄새, 텍스처 특성, 전체적인 기호도의 순서로 인지하도록 훈련시킨 다음 관능검사를 실시하였다. 각 평가원이 하나의 시료에 대하여 조사항목을 표면의 색, 냄새, 이취, 경도, 탄성, 응집성, 매끄러움, 전체적인 기호도에 대하여 15 cm 직선 척도를 사용한 정량묘사분석기법(QDA, Quantitative Descriptive Analysis)으로 비교하였다. 시료는 30.0(mm)×30.0(mm)×10.0×(mm)의 크기로 절단하여 표면에 찹쌀전분을 묻힌 다음 흰색 접시에 담아 물과 함께 제공하였으며, 각 시료는 시간차이를 두면서 제시하였고, 한 번 검사시 4개의 시료를 제시하였다. 시료의 번호는 난수표를 이용하여 무작위로 선택한 세자리 숫자를 이용하였으며, 관능검사는 오후 3시에 실시하였다.

인절미의 저항전분 함량은 Pancreatin-gravimetric method를 실시하여 측정하였다.

결과는 SAS package를 이용하여 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 통계처리 하였다.

3. 기능성 변성전분의 이용 및 변성전분 첨가 밀가루 제품 개발

가. 밀가루의 특성

1) 일반성분

밀가루의 수분, 회분, 단백질은 A.O.A.C 방법으로 측정하였고, 입자크기는 입도분석기(LS 100Q, U.S.A)로 측정하였다.

2) 팽윤력과 용해도

밀가루의 팽윤력과 용해도는 변성전분 특성 실험에서와 같은 방법으로 30~95℃ 범위에서 측정하였다.

3) 파리노그래프에 의한 반죽특성

반죽 특성은 A.A.C.C방법에 따라 파리노그래프(Farino graph SEW, Brabender, Germany)를 사용하여 측정하였다. mixing bowl의 온도를 30℃ ±0.2℃로 조정하고 시료 300g(14.0% M.B.)을 사용하여 curve의 중심선이 500BU 선에 도달하도록 물을 가하여 흡수율(Water absorption), 안정도(Stability), 반죽형성 시간(Development time), MTI(Mixing Tolerance Index)를 측정하였다.

나. 변성전분 첨가 밀가루의 특성 조사

1) 일반성분

밀가루에 다양한 방법으로 제조된 변성전분을 10%와 20% 첨가하여 밀가루의 일반성분과 같은 방법으로 측정하였다.

2) 팽윤력과 용해도

밀가루에 변성전분을 10%와 20% 첨가하여 밀가루와 같은 조건에서 Schoch법으로 측정하였다.

3) 물결합 능력

밀가루와 변성전분을 첨가한 밀가루의 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles 방법으로 쌀가루와 같은 방법으로 측정하였다.

4) 밀가루의 입자 분포 측정

밀가루 입자 크기 및 분포의 측정을 위하여 입도분석기(Laser Diffraction Particle Size Analyzer, LS-100Q, Coulter Counter, U.S.A)를 사용하였다. 100ml 비이커에 95% ethanol 50ml를 넣은다음 시료 1g을 분산시켜,

obscurity가 8~12%가 되도록 주입구에 주입한 후 레이저를 셀에 주사하면 레이저가 입자를 지날 때 산란되는 빛이 서로 간섭을 통해 특정 각도에 증폭, 소멸되어 나타나는 강도 양상에 따라 입자의 크기를 측정하였다.

5) 손상전분 함량의 측정

손상전분 함량은 AACC 76-30A에 따라 측정하였다. 시료 0.2%(14% M.B.)을 시험관에 취하고 4분동안 예열처리한 α -amylase(E.C.3.2.1.1. Type II-A from Bacillus species, 2100 units/mg solid, Sigma Co, U.S.A)용액(효소를 acetate buffer, pH 4.6-4.8에 희석한 액) 9ml를 가하여 잘 혼합시켜준 후 30°C 항온 수조 (DS-21S, Dasol scientific Co., Ltd.)에서 15분간 처리하였다. 3.68N 황산 용액 0.6ml와 sodium tungstate 용액(12g $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 을 물 100ml에 녹인 용액) 0.4ml를 가하여 2분간 정치한 다음, 이 액을 여과지(Whatman No. 4)를 사용하여 여과하였다. 여과액 5ml를 시험관에 취하고 환원당을 측정하기 위해 0.1N alkaline Ferricyanide 용액(33g pure dry $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 과 44g anhyd. Na_2CO_3 을 1 l 의 따뜻한 물에 녹인 용액) 10ml를 가하여 끓는 항온수조에서 20분간 반응시킨 후 흐르는 물에 완전히 냉각시켰다. 이 시험관을 acetic acid-salt 용액(70g KCl과 40g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 750ml 물에 녹인후 200ml glacial acetic acid를 넣어 1 l 로 정용한 용액) 25ml로 씻어주면서 100ml 삼각플라스크에 옮겨 담은 후 soluble starch - KI 용액(2g 용해성 전분을 소량의 찬물에 분산시키고 끓는 물에 천천히 부은 후 완전히 냉각시켜 50g KI를 첨가하고 100ml로 정용한 후 포화 NaOH용액을 1방울 떨어뜨린 용액) 1ml를 첨가하여 잘 혼합해 준 후 0.1N thiosulfate 용액 (24.82g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 와 3.8g borax를 1 l 물에 녹인 용액)으로 파란 색이 없어질 때까지 적정하였다. 전분의 손상도는 ferricyanide-maltose-sucrose conversion표에 따라 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{전분의 손상도 (\%)} = 0.082 \times \text{mg maltose} / 10\text{g sample}$$

6) 침강 시험

저항 전분 첨가 밀가루의 글루텐의 함량 및 질의 차이 비교를 위해서 침강시험(Sedimentation Test)을 실시하였다. 50ml의 증류수를 100ml 실린더에 넣은 다음, 시료 3.2g(14.0% M.B.)을 100ml의 눈금이 있는 실린더에 넣었다. 30초 동안 상하로 혼든다음 5분간 방치한다. 여기에 blue 또는 bromphenol blue indicator를 2~3방울 떨어뜨린 후, lactic acid/isopropyl alcohol 용액(lactic acid 250ml를 섞은 다음 물로 1ℓ로 희석한 용액) 25ml를 가하고 상하로 10번 섞고, 바로 정상위치로 놓은 다음 5분간 정치시킨 후 침강되는 물질의 부피를 측정하였다.

$$\text{침강값(14.0\% M.B.)} = \text{침강값} \times (100-14)/(100-\text{수분함량})$$

7) 점도 측정계(amylo graph)에 의한 호화 특성 측정

저항전분 첨가 밀가루의 가열에 따른 호화 특성을 점도 측정기(Amylo graph, Brabender disuburg, germany)이용하여 측정하였다. amylograph는 회전 점도계의 일종으로 밀가루-물의 현탁액을 일정한 속도와 온도(1.5℃/min)로 가열 또는 냉각시키면서 밀가루 점도에 미치는 α-amylase의 효과를 측정하는 기기이다. 시료(14% M.B.) 65g에 증류수 450ml를 넣고 1분에 1.5℃씩 가열하여 호화개시온도(gelatinization temperature, 점도가 증가할 때 까지 걸린 시간을 분으로 나타내며 10BU 이상으로 점도가 증가하기 시작한 온도로 표시), 최고점에서의 온도(temperature at peak visocosity) 최고점에서의 점도(value at peak point)를 측정하였다. amylo graph에서 얻은 특성치로 호화온도가 낮고 최고 점도가 400~600BU인 밀가루가 제빵 적성에 양

호하다고 알려져 있다.

8) 신속점도 측정계(RVA)에 의한 호화특성 측정

앞의 쌀가루와 변성전분을 첨가한 쌀가루의 호화특성을 측정한 방법과 동일한 방법으로 밀가루 4g(14% moisture basis)에 25ml의 증류수를 첨가하여 신속점도 측정계로 측정하였다.

9) 색도 측정

앞의 쌀가루와 변성전분을 첨가한 쌀가루의 색도를 측정한 방법과 동일한 방법으로 색차계(Chromameter Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter Lab 값을 측정하였다.

10) 파리노그래프에 의한 반죽특성

밀가루에 변성전분을 10%, 20% 첨가하여 밀가루와 같은 조건으로 반죽 특성을 측정하였다.

다. 변성전분 첨가 국수의 개발

1) 국수의 제조

국수는 밀가루에 물, 소금을 첨가하여 Mixer(Horizontal Mixer)에 반죽을 하여 상온에서 15분간 숙성시킨 후 복합을 하여 6단롤로 압연하여 절출하고 25cm로 절출하여 건조시킨 후 시료로 사용하였다.

2) 건면의 텍스처 측정

변성전분을 10%와 20% 첨가한 국수를 4cm로 절단하여 rheometer(Sun rheometer Caompac-100, Sun Sci. Co., Japan)로 press test를 하여 국수 한 가닥이 절단되는 지점까지의 거리와 최대 힘을 50회 반복 측정하였다.

rheometer에 의한 측정조건은 Table speed : 100mm/min, Chart speed : 10mm/sec, Critical dia of probe: 5 mm, Sample height: 1mm, Load cell: 1kg 이었다.

3) 조리한 국수의 텍스처 측정

국수를 6.5cm로 절단하여 300ml의 끓는 물에 4분간 가열한 후 rheometer(Sun rheometer Caompac-100, Sun Sci. Co., Japan)로 traction test를 하여 국수 한 가닥이 당겨져서 절단되는 지점까지의 거리와 최대 힘을 20회 반복 측정하였다. rheometer에 의한 측정조건은 Table speed : 200 mm/min, Chart speed : 60mm/sec, Sample height: 1.5mm, Load cell: 1kg 이었다. 국수의 조리는 국수가닥에 흰색이 보이지 않을 때 까지 가열하여 시간을 결정하였다.

4) 국수의 조리특성

변성전분을 첨가한 국수를 6.5cm크기로 잘라 국수 10g을 끓는 물에 2, 4, 10, 20, 30분간 가열하여 건져서 1분 30초간 냉각시킨 뒤 수분을 제거하고 무게 증가를 측정하였다. 증류수 130ml를 채운 250ml 용량플라스크에 무게를 잰 국수를 넣어 부피증가를 측정하였고, 국수를 가열한 조리수는 105℃ 오븐에 건조하여 남은 무게로 cooking loss를 계산하였다.

5) 국수의 기호도 조사

국수의 관능검사는 식품영양학과 대학원생 10명을 대상으로 색깔, 표면의 외관, 부드러움과 단단함의 균형, 탄성, 부드러움, 맛, 전체적인 기호도의 7가지 항목을 평가하게 하였다. 평가표는 Nagao가 제시한 평가표를 사용하였으며 변성전분을 첨가하지 않은 국수를 control 점수로 하여 변성전분을 첨가

한 국수를 평가하도록 하였다. 국수는 끓는 물에 4분간 가열하여 미리 준비한 간장소스와 함께 흰색 용기에 담아 제시하였다.

라. 변성전분 첨가 빵의 개발

1) 빵의 제조

빵 반죽은 A.A.C.C.(10-10A) 방법의 직접반죽법에 준하였다. Hobart mixer(A200T, Hobart, USA)에 재료를 넣고 반죽한 후 프루퍼(Winkler proofer, Germany)에서 1차 발효(27℃, 75% R/H, 1hr)를 시켰다. 1차 발효가 완료된 dough를 430g씩 분할하여 기포를 제거한후 둥글리기를 하여 10분간 작업대 위에서 bench time을 주고난 뒤 성형하여 틀에 넣고 2차 발효(35℃, 85% R/H, 1hr)를 실시하였다. Oven(Winkler deck oven, Germany)에서 24분(윗불 180℃, 아랫불 190℃)간 구웠다. 구워진 즉시 oven에서 꺼내어 실온에서 2시간 동안 방냉시킨 후 실험하였다.

2) 빵의 부피 측정

빵의 총 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법으로 측정하였다. 비용적은 Crumb 부분을 1×1×1.3cm 크리고 잘라 무게를 측정하여 무게에 대한 부피의 비로서 표시하였고, Bulk density를 계산하였다.

3) 빵의 텍스처 측정

텍스처는 빵의 crumb 부분을 2×4×1.3cm 크기로 잘라 Rheometer(Fudoh rheometer, Japan)로 다음과 같은 조건에서 측정하였다. Compression test는 range 200g, test speed는 30cm/M, adaptor's diameter는 24.4mm의 조건에서 측정하였고, Shearing test는 range 200g, test speed는 30cm/M, sweep speed는 50cm/M으로 측정하였다.

4) 관능검사

빵의 기호도 검사는 평가 교육은 받은 전남대학교 식품영양학과 대학원생 10명을 평가원으로 선정하여 실험 목적을 설명하고 평가를 시행하였다. 관능평가원이 하나의 시료에 대하여 Table 3.의 질문지를 이용하여 모양, 색상, 기공, 냄새, 맛, 질감과 전체적인 기호도를 조사하였다. 평가지는 각 속성에 대해 15cm 선 척도로 선 밑에 특성치의 강도를 시하였다.

5) 통계 처리

기계적 텍스처 측정 결과와 관능검사 결과는 MiniTab을 이용하여 ANOVA에 의해 분석하였다.

제 3 장 결과 및 고찰

1절. 곡류전분을 이용한 기능성 변성전분의 제조 및 저항전분 분석

1. 전분 분리 및 전분의 특성 측정

여러 가지 전분을 분리하여 일반성분(수분, 단백질, 회분, 지질)과 이화학적 특성을 측정하였다. 전분의 수분함량은 10~13.59% 였고, 단백질은 0.75% 이하였고, 회분은 0.09~0.28%, 지질은 0.04~1.4%였다. 찹쌀전분인 신선찰벼전분과 화선찰벼전분이 65°C~95°C 범위에서 팽윤력과 용해도가 밀전분보다 높은 값을 나타냈고, 시차주사열량기(Different Scanning Calorimetry; DSC)로 호화양상을 측정한 결과 단일흡열곡선을 보여주었으며, 흡열곡선이 밀전분보다 더 높은 온도에서 나타났다. 밀전분은 메성(nonwaxy) 전분이므로 팽윤력과 용해도가 찹쌀전분에 비해 낮았으나 온도변화에 따른 변화율이 컸고, DSC에 의한 흡열곡선은 찹쌀전분처럼 단일흡열곡선이 나타났다.

Table 1-1. Proximate compositions of various starches

Samples	Moisture (%)	Protein(%)	Ash(%)	Lipid(%)		
				Crude	Total	
Waxy rice	Sinsunchalbyeo	13.59	0.13	0.13	0.11	1.41
	Hwasunchalbyeo	12.74	0.05	0.09	0.20	0.93
Rice	Dongjin	13.0	0.75	0.12	0.30	0.04
Wheat	ASW	13.13	0.23	0.28	0.15	0.50
	Alchanmil	11.97	0.23	0.10	0.10	0.53
Maize	Comercial	10.50	0.23	0.17	0.19	0.73
	Amioca	10.11	0.14	0.09	0.16	0.39

ASW and Alchanmil mean Australian standard wheat and Domestic wheat, respectly.

Amioca was waxy from Cerestar Co.

Table 1-2. Physicochemical properties of various starches

Samples	Swelling power		Solubility(%)		DSC			
	65°C	95°C	65°C	95°C	To(°C)	Tp(°C)	ΔH(J/g)	
Waxy rice	Sinsunchalbyeo	36.54	52.34	9.89	21.94	61.30	68.30	10.82
	Hwasunchalbyeo	39.63	53.69	11.68	26.00	62.91	69.72	9.60
Wheat	ASW	5.86	18.23	1.89	15.36	56.83	61.59	6.07
	Alchanmil	5.61	15.22	2.26	17.06	53.67	62.72	12.37
Maize	Commercial	2.7	22.2	6.7	26.3	6.33	70.7	10.1

2. RS 분석방법의 확립 및 함량

RS 수율은 사용한 효소의 종류, 효소작용조건, 저항전분의 제조조건과 구조에 따라 다르다고 알려져 있다. 현재 승인된 AOAC method로는 가교결합에 의한 cross-linked RS 4 전분의 저항전분 수율이 pancreatin을 사용한 방법에 비해 매우 높게 나오는데 이는 가교결합 제조과정에서 전분표면에 있는 단백질막과 전분 분자사이에 단단한 가교결합이 형성되어 정제된 전분 분해효소의 작용을 어렵게 하거나 가교결합 과정에서 단백질이 입자표면의 구멍(channel)을 막아 효소가 작용할 수 없기 때문인 것으로 생각된다. pancreatin-gravimetric(P/G) method에서 사용되는 pancreatin에는 amylase 외에 protease나 lipase가 혼합되어 있어 단백질막의 분해가 가능하고 분해된 틈으로 효소가 전분입자의 내부에도 침투될 수 있기 때문으로 생각된다. Valetudie 등은 yam 전분의 단백질 부분을 protease로 처리한 후 α -amylase로 반응시켰을 때 가수분해정도가 증가하였음을 보고한 바 있다.

가. 저항전분의 수율

밀, 쌀, 옥수수과 감자전분으로 만든 저항전분의 RS 수율을 분석방법에 따라 비교하기 위해 pancreatin을 이용한 P/G method와 heat-stable α -amylase를 이용한 AOAC method로 측정된 결과는 표 1-3과 같다.

네 가지 시료 모두 생전분과 가열냉각에 의한 RS 3형 전분의 경우 P/G method로 RS를 분석했을 때 AOAC method보다 0.5-0.6%정도 높은 값을 나타냈으나, 가교결합 RS 4형 전분의 경우에는 AOAC method로 분석했을 때 RS 수율이 훨씬 높게 나타났다. AOAC method로 실험한 RS 4형 전분의 수율 결과는 밀, 쌀, 옥수수, 감자의 가교결합 RS 4의 수율을 실험한 신 등의 보고와 거의 비슷한 결과를 보였다.

RS 4형 감자전분은 heat-stable α -amylase로 가수분해가 거의 일어나지 않아 RS 수율이 100% 이었다. 감자생전분은 heat stable α -amylase에 의해 거의 분해되었으나 이는 감자전분입자 표면에 pore가 존재하지 않고 입자가 둥글게 부풀어 있는 감자 전분 특유의 입자 특성으로 인해 AOAC method에 사용된 효소가 감자전분 입자의 단백질 막을 파괴하지 못했기 때문이라고 생각된다. 쌀 전분의 경우에는 복합전분립으로 존재하다가 분리 과정에서 작은 입자로 나뉘게 되는데 그때 입자의 일부 표면에는 단백질막이 없어 단백질과의 가교결합이 형성되지 않았기 때문에 RS 4형 쌀전분의 AOAC method에 의한 RS수율이 다른 전분보다 낮았다고 생각된다.

Table 1-3. RS levels(%) of autoclaving-cooling cycled and chemical modified starches prepared from variable starches using P/G method and AOAC method

Starch Samples		RS levels(%)	
		P/G method	AOAC method
Wheat starch	Raw starch	3.12±0.83	0.84±0.08
	Autoclaving-cooling cycled starch	16.12±0.32	9.75±0.71
	Chemical modified starch	14.66±1.07	91.42±3.56
Rice starch	Raw starch	0.80±0.34	0.38±0.06
	Autoclaving-cooling cycled starch	4.62±0.14	2.78±0.54
	Chemical modified starch	19.03±1.22	32.40±1.90
Corn starch	Raw starch	2.58±1.09	0.19±0.21
	Autoclaving-cooling cycled starch	12.58±0.24	7.23±0.76
	Chemical modified starch	11.78±0.04	55.77±9.52
Potato starch	Raw starch	1.97±0.16	0.62±0.33
	Autoclaving-cooling cycled starch	6.77±0.45	3.72±0.67
	Chemical modified starch	17.64±0.04	100.02±1.15

* : Pancreatin-gravimetric method

나. 저항전분 혼합물의 RS 수율

밀, 쌀, 옥수수과 감자전분 각각의 생전분과 가열-냉각에 의한 전분(RS 3), 생전분과 가교결합에 의한 전분(RS 4), 그리고 가열-냉각에 의한 전분과 가교결합에 의한 전분을 각각 50%(건물당)씩 혼합하여 P/G method와 AOAC method로 RS의 함량을 분석한 결과는 표 1-4와 표 1-5와 같다.

밀, 쌀, 옥수수, 감자 전분 각각의 생전분과 RS 3형, RS 4형 전분을 1 : 1 비율로 혼합할 경우에 P/G method로 분석 시 혼합하지 않은 각각의 전분 수율로 예상한 값인 predict value와 비교해 볼 때 저항전분의 수율이 큰 차이를 보이지 않았다. 쌀의 생전분과 RS 4의 혼합 전분은 실제 분석 값과 예상치가 거의 비슷하였고 다른 전분들도 큰 차이를 보이지 않아 실제 혼합 전분을 분석한 수율이 예상치보다 약 1-3%정도 높게 측정되었다(표 1-4).

AOAC method로 분석한 결과를 보면 실제 혼합 전분을 분석한 수율을 예상치에 비교해 보았을 때 전분별로 다양한 차이를 보였다. 감자 생전분과 RS 4 형 전분의 혼합은 예상치보다 약 4%정도 높게 나왔고 옥수수의 생전분과 RS 4 형 전분의 혼합전분의 수율은 예상치보다 1.8배 정도의 증가를 보여 전반적으로 P/G method로 분석했을 때보다 AOAC method는 실제 수율이 예상치보다 더 높은 값을 나타냈다(표 1-5).

저항전분의 mixtures를 분석한 자료가 없고, RS 4 형 전분에 대한 연구 자료도 부족하기 때문에 정확한 이유는 알 수 없으나 각각의 전분의 분자 구조적인 차이와 형태가 다른 전분들끼리의 상호작용으로 인해 혼합전분을 분석한 실제 수율이 예상치와 다른 값을 보였다고 생각된다. 또한 여러 형태의 저항전분을 식품에 첨가했을 때의 적합성을 확인하기 위한 저항전분 분석 방법으로서 P/G method가 예상치와 비교했을 때 차이가 거의 나지 않았기 때문에 식품 중의 저항전분 분석방법으로 널리 사용할 수 있는 방법으로서 P/G method가 AOAC method보다 더 적합한 분석 방법이라고 생각된다.

Table 1-4. RS levels(%) of mixture of different starches including different type resistant starch using P/G method

Samples		RS levels(%)	
		Predict value	Experimented value
Wheat starch	A	9.62	13.54
	B	8.89	10.80
	C	15.39	19.34
Rice starch	A	2.71	4.77
	B	9.92	10.74
	C	11.83	12.74
Corn starch	A	7.58	10.68
	B	7.18	8.65
	C	12.18	16.07
Potato starch	A	4.38	6.50
	B	9.81	11.37
	C	12.21	13.65

A : The mixture of raw starch and autoclaving-cooling cycled RS (1 : 1)

B : The mixture of raw starch and cross-linked RS (1 : 1)

C : The mixture of autoclaving-cooling cycled RS and cross-linked RS (1 : 1)

Table 1-5. RS levels(%) of mixture of different starches including different type resistant starch using AOAC method

Samples		RS levels(%)	
		Predict value	Real value
Wheat starch	A	5.30	7.53
	B	46.13	53.85
	C	50.59	57.86
Rice starch	A	1.58	3.59
	B	16.39	27.03
	C	17.59	22.47
Corn starch	A	3.71	6.11
	B	27.98	50.51
	C	31.50	40.02
Potato starch	A	2.17	4.02
	B	50.32	54.72
	C	51.87	58.19

A : The mixture of raw starch and autoclaving-cooling cycled RS (1 : 1)

B : The mixture of raw starch and cross-linked RS (1 : 1)

C : The mixture of autoclaving-cooling cycled RS and cross-linked RS (1 : 1)

다. 저항전분을 첨가한 밀가루의 RS 수율

저항 전분을 첨가한 빵, 쿠키 등과 같은 식품의 저항전분 함량을 확인하기 위한 기초실험으로써 밀, 쌀, 옥수수과 감자 전분 각각의 생전분, RS 3 형 그리고 RS 4 형 전분을 밀가루에 20% 첨가하여 P/G method와 AOAC method로 저항전분의 수율을 측정하여 표 1-6와 같다. 표 1-6에 제시된 결과는 밀가루에는 다량의 단백질이 포함되어 있기 때문에 각각의 방법으로 분석한 잔사를 켈달법으로 단백질을 측정하여 저항전분의 수율에서 빼주어서 보정해 준 값이다.

밀가루에 각각의 전분을 첨가했을 때도 전분 자체의 수율과 비슷한 경향을 보여 네 가지 전분 모두 생전분과 RS 3를 첨가한 밀가루는 P/G method로 분석했을 때 높은 수율을 나타냈으며 쌀 전분만 제외하고 RS 4를 첨가한 밀가루는 AOAC method로 분석한 저항전분 수율이 더 높았다. 이는 쌀 전분의 구조적인 특성과 효소와의 상호작용으로 AOAC method에 의해 더 많이 분해되었다고 생각된다. 전분을 첨가하지 않은 밀가루도 P/G method와 AOAC method로 분석한 결과 AOAC method에 의해 4.19%임에 반해 P/G method에서는 7.62%로 높은 값을 나타내어 밀가루는 P/G method에 의해 더 높은 수율을 보였다.

Table 1-6. RS levels(%) of wheat flour added 20% different type resistant starches made from variable starches using P/G method and AOAC method

Samples	RS levels(%)		
	P/G method	AOAC method	
Wheat starch	A	7.33 ± 1.09	2.96 ± 0.46
	B	9.64 ± 1.21	4.47 ± 0.13
	C	13.09 ± 2.18	19.84 ± 1.90
Rice starch	A	6.43 ± 1.04	2.89 ± 0.66
	B	7.29 ± 1.01	3.08 ± 0.50
	C	10.40 ± 1.22	7.27 ± 0.09
Corn starch	A	6.74 ± 1.57	2.91 ± 0.05
	B	9.20 ± 1.11	4.10 ± 0.13
	C	9.20 ± 1.38	16.91 ± 3.36
Potato starch	A	6.67 ± 1.07	2.76 ± 0.62
	B	7.73 ± 0.48	3.42 ± 0.09
	C	11.33 ± 1.93	24.62 ± 1.98
Wheat flour		7.62 ± 1.44	4.19 ± 0.24

* : Pancreatin-gravimetric method

A : Wheat flour added 20% raw starch

B : Wheat flour added 20% autoclaving-cooling cycled starch

C : Wheat flour added 20% chemical modified starch

지금까지 본 연구에서의 RS 형성전분의 RS(Resistant starch)함량 측정에는 총 식이섬유(TDF) 분석을 위해 사용하는 AOAC 방법(1995)과 heat stable α -amylase 대신 Pancreatin을 사용하는 증량법을 이용하였다. RS 4형 전분의 저항전분 함량을 측정할 때 AOAC방법과 pancreatin을 사용하는 방법에서 RS함량이 RS 3형 전분보다는 훨씬 차이가 나므로 이를 보완하기 위해 P/G 방법을 확립하였다. Pancreatin을 사용한 Englyst 등에 의한 방법은 효소에 의해 남은 RS를 2M KOH나 DMSO로 용해하여 글루코오스 함량을 측정하나 RS 4형 전분은 2M KOH나 DMSO에 용해되지 않으므로 gravimetric 방법이 더 적당하다고 생각되었다. P/G방법은 1시간동안 끓는 항온수조에서 교반하여 소화될 수 있는 부분은 모두 소화시킨 다음 37°C(체온)의 항온수조에서 교반하면서 16시간 반응시켜 남은 잔사를 80% ethanol로 침전하여 회분이나 단백질을 뺀 값으로 RS를 계산하였다. 고아밀로오스, 옥수수전분, 밀전분, 옥수수전분, 쌀전분으로부터 autoclaving-cooling cycle을 반복처리하여 만든 RS 3형의 저항전분과 가교결합으로 화학적 변성으로 만든 RS 4형 전분의 RS 함량을 AOAC방법과 pancreatin 방법으로 비교한 결과는 표 1-3과 같다. RS 3형 전분의 경우 1N HCl로 산처리한 후 autoclaving-cooling과정을 거치거나 autoclaving-cooling과정을 거친 후에 수분 열처리를 하면 RS함량이 증가하였다. Autoclaving-cooling 과정을 통해 제조되는 노화전분인 RS 3형 전분은 제조 후 수분-열처리를 하면 30% 이상의 수율 증가를 보였다. 반면, 가열처리전에 산처리를 실시하여 일부 전분분자의 크기를 감소하거나 분지된 부분의 결합을 끊어 직선상의 분자를 만들면 RS 함량 거의 50% 증가함을 알 수 있었다.

Table 1-7. RS levels of different types of RS starches using AOAC and pancreatin-gravimetric methods

	RS(%) by AOAC	RS(%) by pancreatin
Prime starch		
HylonVII	26.9	28.0
Wheat	2.4	2.1
Corn	2.1	1.3
Rice	2.3	0.0
RS3 type		
RS3-wheat	10.4	11.7
RS3-corn	10.5	12.2
RS3 & HMT wheat	11.9	15.4
RS3 & HMT corn	12.3	16.6
Lintnerized and RS3 wheat	15.0	17.9
Lintnerized and RS3 corn	14.6	17.9
RS4 type		
RS4-wheat	72.9	10.5
RS4-corn	52.2	10.5

3. 물리적 방법에 의한 변성전분의 제조

전분현탁액은 가열에 의해 전분입자 내의 아밀로오스나 아밀로펙틴의 일부가 용출되어 전분호화액으로 되면 입자가 붕괴되며 부분적 결정형 고분자에서 무정형으로 바뀐다. 전분호화액을 냉각하면 용출된 분자들이 다시 재결정화 되는 노화가 진행되는 데 노화된 전분은 아밀라제 같은 소화효소에 의한 가수분해가 억제된다. 압력과 온도, 수분 등의 물리적 요인으로 노화전분을 만들거나 노화전분의 결정성을 증가시켜 효소작용에 저항성을 갖는 변성전분을 제조하였다.

가. Lintnerized starch을 이용한 변성전분 제조

가열 냉각과정을 거쳐 제조되는 RS 3 형 변성전분에 약산처리(0.1~1N HCl)를 하면 처리정도에 따라 다르나 α 1,6-glycosidic 결합이 끊어져 저항전분의 수율을 증가시킬 수 있다고 생각된다. 특히 유기산 중에서 비휘발성 유기산인 citric acid와 lactic acid 등은 몸에 좋은 기능을 갖고 있으므로 이를 첨가하여 RS 수율에 미치는 영향을 알아보았다. 찰전분에 citric acid용액을 넣어 일정기간 pH 3과 4 범위에서 일정기간 처리를 하고 증류수로 씻어 중화시킨 후 autoclave를 이용하여 가열하고 실온에서 냉각하여 RS 3 형 저항전분을 제조하였다. 이것을 pancreatin방법으로 측정한 결과 (표 1-8와 1-9) 저항전분의 수율이 1.59~3.06로 산처리가 수율에 큰 영향을 주지 않았다. 0.1~1N HCl로 산처리하면 8~24 hr에서 최대의 RS 수율을 보였는데 이때의 pH는 2근처 였으므로 유기산을 사용하여 산처리할때도 산도를 낮추어 주면 좋을 것으로 생각하였다.

Table 1-8. RS levels(%) of RS3 type starches prepared from acid hydrolyzed waxy rice starches at pH 4 citric acid solution

Sample	Native	2hr	4hr	8hr	12hr	24hr
Sinsunchalbyeo	2.35	2.71	2.28	1.82	1.59	1.67
Hwasunchalbyeo	1.96	1.93	2.59	2.27	2.44	2.37

Table 1-9. RS levels(%) of RS3 type starches prepared from acid hydrolyzed waxy rice starches at pH 3 citric acid solution

Sample	12hr	24hr	3d
Sinsunchalbyeo	2.31	2.65	3.06
Hwasunchalbyeo	1.80	2.83	2.12

나. Citric acid 첨가가 저항전분의 수율에 미치는 영향

22% 전분현탁액에 citric acid를 0.1~1.0%(starch weight basis)를 첨가한 후 가열냉각과정을 거쳐 변성전분을 제조하였다(표 1-10). 시판되는 밀전분을 citric acid 첨가하여 가열한 경우에는 0.1%를 제외하고는 RS 수율 증가가 적은 반면, 실험실에서 분리한 알찬밀전분은 0.3% citric acid를 첨가하였을 때의 RS 수율이 20.45%로 첨가하지 않았을 때(12.49%)보다 50% 정도 증가하였다. 찹쌀전분은 0.7% citric acid를 첨가했을 때 약간 증가하였다. 시판되는 밀전분에서 제조된 RS 3형 전분의 RS수율이 증가하지 않은 이유는 전분분리과정 중 사용된 산이 중화되지 않아 전분자체의 pH가 매우 낮아 산을 첨가한 것과 첨가하지 않은 것의 차이가 없는 것처럼 나타났다고 생각되었다. 또한 밀전분은 분리방법에 따라 함유된 단백질 함량이 차이가 나므로 단백질에 의한 영향일 수도 있다. 일반적으로 전분을 분리할 때 사용하는 낮은 pH(4.6-5)는 가열-냉각에 의한 RS 형성을 도와주는 것으로 생각되었으며 중성 pH에서 분리한 전분의 경우에는 약산처리를 하면 RS 수율이 증가하였다.

Table 1-10 . RS yield(%) of RS3 type starches added citric acid

Starch	Citric acid conc.	0.0%	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%	1.0%
		Commercial	18.42	19.34	18.45	12.63	8.67
Wheat	Alchanmil	12.49	15.70	20.45	13.90	10.12	8.18
Waxy rice	Sinsunchalbye o	2.90	3.02	3.23	3.50	3.88	3.69

보통 아밀로오스 옥수수전분에 있어 종류가 다른 유기산들의 RS 3 형성에 대한 효과는 표 1-11에 나타내었다. 유기산의 농도를 0.5%에서 1.0%로 증가시키며 실험하였으나 농도가 증가함에 따른 효과는 없었고, 0.5% 첨가한 경우 RS 수율을 높이는 데 가장 효과적이었으며, 유기산의 종류에 상관없이 결과에 대한 경향은 같았으나 lactic acid를 첨가한 경우가 다른 두가지 유기산의 첨가시보다 RS 수율이 높았다.

전분과 물의 비율을 1:3.5로 했을 때보다 1:1로 조정하였을 때, RS 수율이 약 1~3% 높게 나타났는데, 1:3.5의 비율보다 1:1의 비율이 더 농축된 상태로서, 두 비율 모두 전분무게에 대한 유기산의 같은 농도가 첨가되었다 하더라도, 1:1의 비율이 유기산에 의해 훨씬 더 영향받을 수 있었을 것으로 생각된다. 유기산이 0.5% 첨가되었을 때, 첨가하지 않은 경우와 1.0% 첨가된 경우보다 RS 수율이 더 높은 것에 대한 가능한 설명으로 0.5% 유기산이 첨가되었을 때 전분분자들이 RS 3를 형성하기에 가장 적합한 크기로 분해되었기 때문이라고 생각되었다.

Lactic acid나 tartaric acid와는 다르게 citric acid 첨가의 경우는 전분 분해에 의한 RS 수율증가 기작외에 치환전분을 생성하여 효소분해에 대한 저항성을 갖게할 수 있을 것으로 생각된다. 기능기로 전분의 수산기를 치환하

는 방법으로 변성된 전분을 치환전분이라고 하며, citric acid는 에스테르 결합으로 전분의 수산기를 치환시키는 것으로 생각된다.

Table 1-11. RS yields(%) of RS 3 starches prepared with organic acid before autoclaving

Starch : Water Ratio	1:1			1:3.5		
	Acid concentration (%)			Acid concentration (%)		
Organic acid	0	0.5	1.0	0	0.5	1.0
citric acid	10.7	18.9	17.7	12.6	17.5	15.4
lactic acid	10.7	21.8	20.4	12.6	17.5	12.4
tartaric acid	10.7	15.6	15.3	12.6	11.6	11.0

Acid content was based on starch

4. 화학적 방법에 의한 변성전분의 제조

화학적으로 변성된 전분도 효소에 저항성을 갖고 있음이 밝혀져 RS 4형 전분으로 구분되는데, 물리적, 효소적 변성전분에 비해 식품공정에 적용할 때 좀 더 경제적이고, RS 제조과정이 더 간편하다는 장점이 있다. 전분의 화학적 변성방법 역시 전분의 효소에 의한 분해력을 저해할 수 있으며, 저해 정도는 전분의 종류와 변성방법에 사용되는 변성제, 그리고 그 변성제에 의한 화학적 결합방식, 형성되는 유도체, 분해를 위해 사용되는 효소에 의해 달라질 수 있다.

가. 가교결합 저항전분을 제조하기 위한 전분과 물의 비율

전분은 종류에 따라 온도에 따른 수분흡수율이 다르고 알칼리 용액에서 팽윤력도 다르므로 가교결합 전분을 제조할 때 전분액의 농도(전분과 물의 비율)가 중요하다. 전분입자가 흡수할 수 있는 최대수분이하로 수분을 제한

하면 무정형 부분의 수분흡수가 제한되고 알칼리 첨가시 전분분자 내에 가교결합제(Cross-linking agent, STMP)의 이동이 원활하지 않아 가교결합이 이루어지는 위치나 빈도가 달라질 것이다. 그래서 우선 가교결합을 이룰 수 있는 pH 11 이상의 알칼리 농도에서 전분액의 점도를 측정하여 마그네틱 바가 회전할 수 있는 최소의 전분과 물의 비율을 결정하였다.

멥쌀전분은 전분농도 26%가 되면 Brookfield viscometer상의 최대점도인 100cps를 초과하여 점도 측정이 불가능하므로 25%까지가 가교결합시 유용한 농도라고 여겨졌다. 옥수수전분은 전분농도 44%, 고아밀로오스 옥수수전분은 42%로 나타났다

참쌀전분으로 RS 4형 전분을 제조하였을 때(표 1-12), 참쌀전분은 전분입자가 작고 쉽게 팽윤, 호화되어 점도가 높아지므로 밀전분이나 다른 보통 전분들과 같은 농도(50g Starch/70ml DW)를 사용하면 RS 4를 제조하면 수율은 높으나, 제조하는 과정 중에 교반이 잘 되지 않으므로 농도를 묽게하여 (50% 현탁액) 제조하였다. 화선찰벼가 신선찰벼보다 수율이 약간 더 높았으나 큰 차이는 나지 않았다.

Table 1-12. RS yield(%) of RS 4 type starch prepared from waxy rice starch with different starch concentration

	Hwasunchalbyeo		Sinsunchalbyeo	
	50g/70ml	35g/70ml	50g/70ml	35g/70ml
RS yield (%)	26.30	15.36	25.83	13.80

나. 가교결합 저항전분의 제조와 저항전분의 수율

전분 현탁액 중 전분이 42%(전분 50g : 물 70ml)가 되게하여 STMP(Sodium trimetaphosphate)와 STPP(Sodium polyphosphohate)로 가교결합시킨 시료의

pancreatin-gravimetric method에 의한 RS 함량은 표 1-13과 같았다. 찹쌀전분이 15.4% 멥쌀전분이 15.0%, 찰옥수수전분이 14.3%, 옥수수전분이 14.7%, 고아밀로오스 옥수수전분은 45.3%, 밀전분은 16.3% 였다. AOAC 법에 의한 RS 함량은 각각 멥쌀전분 25.0%, 옥수수전분 78.9%, 고아밀로오스 옥수수전분 88.7%이었다. 분리방법에 따라 사용되는 효소(AOAC ; heat stable α -amylase, protease, amyloglucosidase, P/G ; pancreatin, pullulanase)와 처리조건이 다르므로 앞의 분석 방법에 따른 결과 (표 1-3)와 같이 RS 4의 경우 pancreatin법에 의한 결과보다 AOAC 법에 의한 RS 함량이 더 높게 나타났다.

Table 1-13. RS levels(%) of cross-linked resistant starches prepared from different starches using P/G method.

	Waxy rice starch	Non-waxy rice starch	Wheat starch	Waxy-maize starch	Maize starch	Amylomaize VII
Cross-linked resistant starch	15.4	15.0	16.3	14.3	14.7	45.3

또한 RS 4 type의 저항전분 수율을 증가시킬 수 있는 방법을 얻기 위해 각 전분으로 RS 4 type을 제조하고 수분함량을 20, 25%로 조절하여 수분-열처리한 다음 RS 수율을 측정하였다. 그 결과는 표 1-14에 나타내었는데, P/G 방법으로 효소처리 하기전에 열처리를 1시간 실시한 후, 구한 RS 수율은 시료들간에 유사한 값을 보였다. 반면 제조된 저항전분을 가열가공하지 않은 시료로 첨가했을 때를 고려하여 가열처리를 실시하지 않고 RS 수율을 측정한 경우는 control보다 수분을 20, 25%으로 조정하여 수분-열처리한 시료의 경우 현저히 감소함을 확인할 수 있었다. 이는 가교결합전분의 일부 구조가 가열에 의해 변하여 효소에 대한 저항성이 감소했기 때문으로 생각된다.

Table 1-14. RS Yield (%) of heat-moisture treated RS 4 type starches prepared from different starches

	Moisture content	Normal maize			Amylomaize VII			Rice(Dongjin)		
		Control	20	25	Control	20	25	Control	20	25
Pancreatin method	Heating	14.7	15.2	15.5	45.3	43.5	45.2	13.3	14.7	14.1
	without heating	77.2	68.7	63.2	79.5	74.3	72.2	62.2	52.7	50.5

다. 계면활성제가 첨가된 가교결합 저항전분의 제조

1) 계면활성제의 첨가가 분말화에 미치는 영향

RS 제조시 알칼리나 열에 의해 전분이 호화되면 전분의 구조가 변화되고 전분입자의 모양이 변화되어 건조 후 분쇄하는데 어려움이 있다. 입자형태를 그대로 유지한 가교결합 저항전분은 쉽게 분쇄되지만, annealing을 처리하거나 팽윤력을 높이기 위해 알칼리를 먼저 처리한 경우 또 가열-냉각 과정을 거친 RS 3 형 저항전분의 경우는 분쇄하는 데 어려운 것이 단점이라고 할 수 있다. 아밀로오스와 복합체를 형성할 수 있는 계면활성제는 전분분해 효소에 의한 전분의 분해를 억제하므로 저항전분의 수율도 높이고 분쇄를 용이하게 할 수 있게 하기 위해 계면활성제를 첨가하였다.

옥수수전분을 50℃에서 annealing 할 때 계면활성제인 sucrose fatty acid ester(SE1170)를 전분무게의 0.5% 첨가하여 SE가 첨가되지 않은 시료와 분쇄시 용이성을 조사하였다. 1분간 막자사발로 120회 전분을 간 후 100mesh 체로 내려 1분마다 내려진 전분의 무게를 측정한 결과 SE를 첨가하지 않은 시료는 1분간에 12.4g, 3분에 21.6g, 4분에 23.4g이 내려진 반면에 SE가 첨가된 시료는 1분에 17.4g, 3분에 27.0g, 4분에 29.8g이 내려져 예상했던대로 계면활성제를 첨가하면 분

쇄가 더 용이해질 수 있음을 확인하였다. 이런 차이는 팽윤력이 높은 저항전분의 경우에 더욱 뚜렷하게 차이를 보일 것으로 예측되었다.

2) 수율에 대한 영향

RS 4를 첨가할 때, 계면활성제를 첨가하여 RS 4형 저항전분을 제조한 경우 앞에서 설명한 바와 같이 시료를 분쇄하는 것이 용이해진다는 것을 알 수 있었다. 그 결과를 바탕으로 계면활성제를 첨가했을 때 분쇄시의 효과에 더하여 RS 4형 저항전분의 수율도 증가시킬 수 있는지를 확인하였다. 옥수수전분과 멥쌀전분 모두 계면활성제를 먼저 첨가하고 가교결합시켰을 때 RS 수율이 증가하였고, 가교결합 후에 계면활성제를 첨가한 경우는 옥수수전분의 경우는 수율에 큰 영향을 주지 않았다. 수율증가 정도는 멥쌀전분이 더 컸고 멥쌀전분은 가교결합 후에 계면활성제를 첨가한 경우에도 RS 수율이 증가하였으나, 계면활성제를 먼저 첨가한 경우보다는 증가정도가 낮았다. 다른 문헌의 보고에 의하면 hydroxypropylation된 옥수수 전분에 지질을 첨가하여 복합체를 형성하는지를 조사하였는데, 글루코오스와 에테르 결합하고 있는 hydroxypropyl group으로 인하여 지질과 아밀로오스의 helix의 형성을 제한한다고 보고하였다. 본 실험에서도 가교결합 후에 계면활성제를 첨가하면 전분분자들 사이의 가교결합으로 인하여 계면활성제에 의해 영향을 적게 받았을 것으로 생각되었다.

첨가된 계면활성제의 종류에 따라서도 RS 수율에 차이를 주었는데, SSL이나 SE770에 비해 SE 1170이 수율을 높히는 데는 더 효과적이었다. 일반적으로 사용된 계면활성제의 hydrocarbon 수가 증가할수록, 이중결합수가 감소할수록 전분과 결합하는 정도가 증가하고, 계면활성제가 락트산에 의하여 anionic, cationic 또는 neutral surfactant이냐에 따라서도 달라진다고 한다.

Table 1-15. RS levels(%) of surfactant treated RS4 maize starches using P/G method.

Surfactant Treatment time (hr)	SE1170	SSL	SE770
Surfactant→ cross-linking			
1-3	15.2	15.7	13.1
1-5	17.4	16.1	17.0
16-3	16.3	13.4	13.6
Cross-linking→ surfactant			
3-1	15.0	12.0	14.1
3-16	14.2	12.8	-
5-1	15.4	14.9	16.6

RS level of cross-linked maize starch was 14.7%.

Table 1-16. RS levels(%) of surfactant treated RS 4 type rice starches using P/G method.

Surfactant Treatment time (hr)	SE1170	SSL	SE770
Surfactant→ cross-linking			
1-3	19.1	20.7	17.7
1-5	21.8	19.0	18.8
16-3	21.4	19.0	17.5
Cross-linking→ surfactant			
3-1	17.8	18.1	17.6
3-16	14.8	18.7	-
5-1	19.9	18.3	20.1

RS level of cross-linked rice starch was 14.7%.

라. citric acid가 RS 4 수율에 미치는 영향

밀전분과 찹쌀전분으로 가교결합전분인 RS 4형 저항전분을 제조하였다. 밀전분으로 제조한 RS 4형 전분의 RS 수율은 16.37%였고, citric acid를 첨가하여 제조한 것이 첨가하지 않은 것보다 약간 낮거나 비슷하였다. RS 3형 저항전분에서는 citric acid 첨가로 수율이 증가하였으나 RS 4형에서는 영향을 주지 않았다.

Table 1-17. RS levels(%) , swelling power and solubility of RS 4 type starches from wheat starch(Sinsong) added citric acid.

	DDW	0.1% CA Soln.	+ 0.1% CA	+ 0.5% CA
RS yield (%)	16.37	15.39	13.43	14.43

마. 물리적, 화학적 방법으로 double modification한 변성전분의 제조

기존의 RS 4는 전분 현탁액(starch 50g : water 70ml)에 STMP와 STPP를 첨가하여 가교결합을 시키는 방법으로 제조되었으나 저항전분의 수율을 증가시키기 위해 여기에 annealing 처리를 도입하였다. 전분 현탁액을 30~100°C의 shaking water bath에서 speed 130rpm으로 24시간 동안 annealing 처리를 한 후 가교결합제를 첨가하여 RS 4형 저항전분을 제조하였다.

1) annealing 처리후 제조한 저항전분의 RS 함량

저항전분의 pancreatin법과 AOAC법에 의한 RS함량은 표 1-18, 표 1-19와 같았다. Annealing 처리 후 가교결합시켜 만든 시료들의 RS 함량은 분석방법에 상관없이 모두 annealing 하지 않은 시료보다 증가되었으나, annealing 처리한 온도의 증가에 따라 RS 함량이 비례적으로 증가하지는 않았다. Annealing 처리는 가

교결합 저항전분 제조 전단계에 실시하였으며, 실험과정을 간단히 하기 위해 RS 4 type 전분 제조를 위해 만든 전분 현탁액을 각각의 온도에서 24시간 처리하여, annealing 후 45°C로 냉각하고 바로 sodium sulfate를 넣어 RS 4 type 제조방법대로 시료를 제조하였다. Annealing이 RS 함량을 증가시킬 수 있는 것은 annealing 과정중 전분의 분자구조적 재배열이 일어나며, 무정형 부분에서의 결정성이 증가할 뿐 아니라 결정형과 무정형 부분의 결합에 변화가 생기는 것으로 알려져 있는 것을 고려하면, annealing 처리한 시료가 annealing후에 생전분보다는 STMP가 전분분자들을 가교결합시키는데 더 적합한 상태로 변화하는 것으로 생각되었다. 호화온도 이하에서의 annealing은 RS 수율을 증가시키는데 효과적이었으나, 호화온도 이상의 온도 즉 덩쌀 60°C, 옥수수 전분과 고아밀로오스 옥수수전분의 경우는 70°C이상에서의 전처리는 RS 수율을 증가시키지 못했고, 오히려 감소시켰다. 이는 호화온도이상에서 처리했기 때문에 가교결합의 형성을 억제할 수 있으며 일부 무정형 부분이 효소에 의해 쉽게 분해되었을 것으로 생각되었다.

Table 1-18. RS yield(%) of cross-linked resistant starch prepared from annealed starch with different annealing temperature using pancreatin-gravimetric method (Starch concentration, 41.6%)

Starch	Annealing treatment temperature (°C)						
	Without annealing	30	40	50	60	70	100
Non-waxy rice ¹⁾	15.0	17.3	25.3	29.6	26.2	-	-
Maize starch ²⁾	14.7	20.6	16.2	21.2	28.0	12.5	16.0
Amylomaize VII ³⁾	45.3	66.1	57.7	60.1	63.4	39.1	44.7
Wheat	16.4	16.0	15.5	24.2	-	-	-
Waxy rice ⁴⁾	15.4	15.4	15.0	19.1	-	-	-

¹⁾ : Dongjin byeo was used

²⁾ : Maize starch was obtained from Samyang Genex Co., Korea

³⁾ : Amylomaize VII was obtained Ceresta Co., U.S.A

⁴⁾ : Starch concentration was 33%

Table 1-19. RS yield(%) of cross-linked resistant starch prepared from annealed starch with different annealing temperature using AOAC method (Starch concentration, 41.6%)

Starch	Annealing treatment temperature (°C)						
	Without annealing	30	40	50	60	70	100
Non-waxy rice ¹⁾	25.0	29.5	55.0	54.5	26.3	-	-
maize starch ²⁾	78.9	87.7	61.8	86.3	95.4	18.6	15.0
Amylomaize VII ³⁾	88.9	94.1	95.4	98.9	98.2	80.8	78.0

¹⁾ : Dongjin byeo was used

²⁾ : Maize starch was obtained from Samyang Genex Co., Korea

³⁾ : Amylomaize VII was obtained Ceresta Co., U.S.A

바. Annealing 처리시간에 따른 저항전분의 수율

annealing 처리시간을 단축시키기 위해 수율이 가장 높았던 50°C에서 처리시간을 달리하여 저항전분을 제조한 후 pancreatic-gravimetric method로 수율을 측정하였다. 12시간동안 annealing 했을 때 저항전분의 수율이 24시간과 비슷하였고 4시간동안 처리하였을 때는 수율이 낮았다. annealing 처리는 12시간 이상하였을 때 수율을 증가시킬 수 있음을 알았다.

Table 1-20. RS yield(%) of cross-linked resistant starch prepared from annealed starch with different annealing time at 50°C.

Starch Annealing time(hr)	Wheat	Waxy rice
24	24.2	19.1
12	25.6	19.3
4	20.7	18.3

사. 산처리와 annealing처리를 병행하여 제조한 RS 4 의 수율

밀전분과 옥수수전분, 찹쌀전분에 0.1N HCl로 산처리를 2~10시간 동안 한 후 annealing 처리를 하여 RS 4 형 전분을 제조하였다. 밀전분과 0.1N HCl의 비율을 다른 경우 전분농도가 가장 높은 100g전분을 100ml 0.1N HCl로 처리했을 때 RS 수율이 47.81~49.28%로 전체적으로 높았고 산처리 시간에 따른 결과는 2시간동안 처리했을 때 49.28%로 수율이 가장 높았다 (표 1-21). 밀전분을 산처리와 annealing 처리를 병행했을 때 RS수율이 대부분 40%이상으로 높은 값을 보였다. 옥수수전분의 경우에도(표 1-22) 전분과 0.1N HCl의 비율을 100g전분/100ml 0.1N HCl로 하고, 산처리 시간이 2시간이었을 때 32.09%로 수율이 가장 높았다.

찹쌀전분은(표 1-23) 전분 35g을 0.1N HCl에 분산시켜 4~20시간 동안 산처리를 한 후 annealing 하여 RS 4 형 저항전분을 제조하였다. RS 수율이 19.18~21.95%로 산처리를 8시간 동안 했을 때 수율이 약간 높기는 하였으나, 밀전분이나 옥수수전분처럼 현저한 차이를 보이지는 않았다.

전분과 산용액의 비율이 1:1(w/v)일 때 현탁액의 점도가 높았고, 2시간 동안의 산처리가 적절하게 아밀로펙틴의 가지부분을 분해하여 annealing 동안 전분 분자들이 재배열되고 가교결합이 효율적으로 일어나 수율이 증가한 것으로 생각되었다. 전분의 농도가 묽어지면 점도가 감소하고 가교결합제의 희석효과가 있고, 산처리 시간이 길수록 전분의 가수분해정도가 심해져서 오히려 수율이 감소하는 것으로 보였다.

산처리 효과와 annealing 효과를 알아보기 위해 산처리나 annealing을 하지 않은 RS 4형 저항전분을 제조하였다. 0.1 N HCl 대신 증류수로 100g전분:100mlDW로 만든 현탁액으로 annealing 한 후 RS 4형 전분을 제조한 것은 밀전분이 30.36%, 33.10 %였고, 옥수수전분이 22.99% 23.02% 였고, HCl에 전분을 분산 시켜 2시간 반응시킨 후 annealing하지 않고 중화하여 RS4

를 제조한 전분은 밀전분이 34.08%, 옥수수전분이 22.67%였다. 따라서 산처리와 annealing 처리를 병행함으로써 RS 수율을 크게 증가시킬 수 있음을 알았다.

Table 1-21 . RS yield(%) of double modified RS 4 type starch from wheat starch.

Starch/HCl	100g/100ml			100g/110ml			100g/120ml		
	Acid treatment	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr
RS yield (%)	49.28	48.52	47.81	40.90	43.89	42.58	37.96	41.81	42.73

Table 1-22. RS yield(%) of double modified RS 4 type starch from normal corn starch.

Starch/DW	100g/100ml			100g/110ml			100g/120ml		
	Acid treatment	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr
RS yield (%)	32.09	31.43	29.75	23.14	23.02	22.85	20.12	20.22	21.05

Table 1-23 . RS yield(%) of double modified RS 4 type starch from waxy rice starch.

Starch/DW	70g/135ml				
	Acid treatment	4 hr	8 hr	12 hr	16 hr
RS yield (%)	21.75	21.95	19.18	20.80	20.65

아. RS 4 형 전분을 제조한 후 가열처리의 효과

위에서 제조한 다양한 RS4 전분들을 100℃에서 1시간동안 가열하였다. RS 제조 후 heating하지 않은 전분에 비해 RS를 제조한 후 heating을 한 전분은 RS 수율이 증가하였다.(표 24)

Table 1-24 . RS yield(%) of RS 4 type starches after heating

Acid treatment	Wheat RS4	Wheat AnRS4	Wheat AcAnRS4	Waxy rice RS4	Waxy rice AnRS4
RS yield (%) (unheating)	16.37	24.17	49.28	13.80	19.12
RS yield (%) (heating)	31.40	39.23	52.72	24.46	25.09

자. RDS와 SDS의 함량

옥수수전분, 멥쌀전분과 고아밀로오스 옥수수전분을 annealing 처리한 후 RS 4 형 전분을 제조한 시료들의 RDS와 SDS 함량은 표 1-25 에 나타내었다.

RDS는 빨리 소화, 흡수될 수 있는 전분을 의미하고, SDS는 느리지만 완전히 소화, 흡수될 수 있는 전분으로 당뇨병 환자, 특히 typeII 환자의 경우는 식후 혈당의 급속한 증가로 인슐린의 과잉 반응이 일어난 후, 혈당이 떨어지게 되면 저혈당을 일으킬 수 있는데, SDS는 흡수가 아주 느리기 때문에 혈당의 급속한 상승을 막아 인슐린의 반응을 조절할 수 있다는 이점이 있다. 그래서 최근에 RS 뿐만 아니라 SDS의 함량을 증가시킬 수 있는 방법을 마련하는 것을 중요한 과제로 생각하고 있다. RS 4 형 전분을 annealing 처리함으로써 RS가 증가될 뿐만 아니라 SDS가 증가함으로써 영양, 생리활성에 기여할 수 있을 것으로 생각되었다. 옥수수 전분, 멥쌀전분, 고아밀로오스 옥수수전분을 annealing한 후 RS 4를 제조하고 RDS와 SDS를 측정했을 때, SDS는 5.1~17.2% 범위의 수준을 보였고 특히 50, 6

0℃에서 annealing한 후 RS 4를 제조한 시료들의 SDS가 다른 온도조건에서보다 높았다. 멥쌀전분은 50℃ 온도에서, 보통 아밀로오스 전분은 60℃에서 RS와 SDS를 합한 양이 최대가 되는 것은 초기 호화온도보다 낮은 온도에서 가교결합의 성형이 증가하는 것으로 설명할 수 있을 것이다. RDS는 옥수수전분과 멥쌀전분은 비슷한 수준을 나타내었으나 고아밀로오스 옥수수전분은 높은 RS로 인하여 21.3~33.1%의 낮은 수준을 나타내었다.

Table 1-25. RDS, SDS and RS yield(%) of RS 4 type starches manufactured after annealing in different temperature

Starch	Treatment	RDS	SDS	RS
Commercial maize starches	A(30℃)→ RS 4	71.9	8.5	20.2
	A(40℃)→ RS 4	77.4	7.5	16.0
	A(50℃)→ RS 4	69.2	13.1	21.2
	A(60℃)→ RS 4	60.9	17.2	28.0
Amylomaize VII	A(30℃)→ RS 4	28.7	5.1	66.2
	A(40℃)→ RS 4	33.1	9.2	57.7
	A(50℃)→ RS 4	23.1	16.8	60.1
	A(60℃)→ RS 4	21.3	15.3	63.4
Non-waxy rice starch	A(30℃)→ RS 4	73.0	9.7	17.3
	A(40℃)→ RS 4	67.7	7.0	25.3
	A(50℃)→ RS 4	56.9	13.5	29.6
	A(60℃)→ RS 4	61.0	12.8	26.2

A(30℃)→ RS 4 : RS 4 type starch preparation after annealing at 30℃

5. 변성전분의 특성

가. 팽윤력과 용해도

1) RS 3 형과 RS 4 형 전분의 팽윤력

RS 3 형태의 저항전분의 팽윤력은 표 1-26 과 같았다. 팽윤력을 측정하기 위해 가열을 하면 저항전분이 거의 호화되어 원심분리에 의해 잘 분리되지 않으므로 RS 3 저항전분의 팽윤력은 무게로 나타내었다. 특히 산을 첨가하여 제조한 저항전분은 실온에서도 물에 거의 녹아 원심분리후 남은 분획이 전혀 없었다. 가교결합 저항전분의 팽윤력은 표 1-27과 같이 30℃와 95℃에서의 팽윤력이 각각 2.0~3.6과 3.3~7.6으로 낮은 값을 나타냈다. 특히 겔 보기 아밀로오스 함량이 높은 AmylomaizeVII의 팽윤력이 가장 낮았고, 찹쌀전분이 가장 높은 값을 나타냈다. 찰옥수수전분(Amioca)은 아밀로오스 함량이 거의 없는 찰전분이지만 찹쌀전분만큼 높은 팽윤력을 나타내지는 못했다.

Table 1-26. RS levels, water absorption in excess water, swelling power and solubility at 95℃ of commercial and experimental resistant starches

Samples	RS (%)	Water absorption at 25℃	Swelling power at 95℃	Solubility at 95℃ (%)
Prime wheat	2.4±0.38	0.33±0.00	7.6±0.15	7.7±0.18
Experimental modified wheat starches				
RS3	10.4±0.42	1.80±0.15	8.6±0.09	22.2±2.54
RS3 lintnerized	15.0±0.71	1.79±0.04	9.3±0.11	46.0±1.80
RS3 & HMT	12.9±0.71	1.09±0.01	7.2±0.19	13.7±0.14
Cross-linked RS4	72.9±1.82	0.27±0.00	2.8±0.17	0.5±0.09

RS was prepared from wheat starch using autoclaving-cooling(RS3), cross-linking(RS4), lintnerization(1N HCl) and heat-moisture treated starches from wheat starch, and heat-moisture treatment using RS3 starch.

Table 1-27. Swelling power of cross-linked resistant starch prepared from various starches

Starches	Wheat		Non-waxy rice		Waxy rice	
Temperature(°C)	95	30	95	30	95	30
Swelling power	4.2	2.5	5.4	2.6	7.6	3.6
Starches	Waxy maize		Maize		Amylomaize VII	
Temperature(°C)	95	30	95	30	95	30
Swelling power	5.8	2.2	3.9	2.0	3.3	2.9

2) annealing 후 제조한 RS 4 전분의 팽윤력

옥수수전분의 RS 4 type 시료와 annealing 처리후 제조한 RS 4 type 시료의 팽윤력은 표 1-28에 나타내었다. 95°C에서의 팽윤력은 멥쌀전분과 찹쌀전분이 5.2~9.8의 팽윤력을 나타내 다른 전분들보다 높았고, 옥수수전분과 고아밀로오스 옥수수전분사이의 팽윤력은 큰 차이는 보이지 않았으나 옥수수전분의 팽윤력이 약간 높았다. 30°C에서의 팽윤력은 전분간에 큰 차이를 보이지 않았고, annealing 처리한 시료와 처리하지 않은 시료사이에서도 팽윤력의 차이는 나타나지 않았다.

멥쌀전분은 60°C에서 처리된 시료의 경우 95°C와 30°C에서 팽윤력이 각각 9.8, 7.9까지 증가하였는데 이는 멥쌀전분의 소화온도에 가까울수록 annealing 효과가 아닌 부분적인 호화로 수분흡수정도가 증가하였기 때문이라고 생각된다. 옥수수전분과 고아밀로오스 옥수수전분도 70°C와 100°C에서 전처리하여 RS 4 type을 제조한 경우 옥수수 전분은 6.3, 8.4로 95°C에서의 팽윤력이 증가하였고 30°C에서의 팽윤력 역시 50°C annealing 까지는 약 2.0 정도의 팽윤수준을 보이다가 70°C와 95°C의 경우 4.0, 5.6까지 증가하였다. 그러나 고아밀로오스 옥수수전분의 경우는 70°C이상에서 처리하더라도 팽윤력에 있어서 큰 효과를 나

타내지는 않았다. 고아밀로오스 옥수수전분은 높은 아밀로오스 함량 때문에 호화온도가 높을 뿐 아니라 그 자체내 결정형도 다른 전분에 비해 강하기 때문인 것으로 생각되었다.

Table 1-28. Swelling power of RS 4 type starch prepared from annealed starch in different temperature

Starch	Annealing treatment temperature(°C)													
	Without annealing		30		40		50		60		70		100	
	95°C	30°C	95°C	30°C	95°C	30°C	95°C	30°C	95°C	30°C	95°C	30°C	95°C	30°C
Non-waxy rice	54	26	52	31	53	32	52	34	98	79	-	-	-	-
Maize starch	39	20	40	21	39	21	38	20	38	24	63	40	84	56
Amylomaize VII	33	29	34	29	34	29	36	31	33	27	33	28	36	34
Wheat	39	27	39	22	39	20	49	27	-	-	-	-	-	-
Waxy rice	66	36	66	28	67	28	64	33	-	-	-	-	-	-

3) 산처리와 annealing을 병행하여 제조한 RS 4의 팽윤력과 용해도

팽윤력은 밀전분(표 1-29)의 경우 30°C에서 1.34~3.19, 95°C에서 3.79~4.67였고, 용해도는 30°C에서 0.50~2.83%, 95°C에서 1.26~2.82%였다. 옥수수 전분(표 1-30)의 팽윤력은 30°C에서 2.03~2.16, 95°C에서 3.56~3.95 이었고, 용해도는 30°C에서 0.46~0.64%, 95°C에서 1.78~2.46%였다. 두 전분 모두 팽윤력과 용해도는 처리조건간의 차이는 크지 않았으나 30°C보다 95°C에서의 값이 더 컸다.

Table 1-29. Swelling powers and solubilities of double modified RS 4 type starches from wheat starch.

Starch/HCl	100g/100ml			100g/110ml			100g/120ml			
	Acid treatment	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr	10 hr
S.p. at 30°C		2.82	1.34	3.19	3.13	2.92	2.81	2.72	2.76	2.96
Sol. at 30°C		2.83	0.78	0.50	0.80	1.22	0.54	0.64	1.02	0.76
S.p. at 95°C		4.42	4.23	4.29	4.67	4.44	4.51	3.79	3.92	3.43
Sol at 95°C		1.30	1.26	1.50	1.68	1.38	1.32	2.82	1.62	1.26

S.p. is swelling power and Sol is solubility

Table 1-30. Swelling powers and solubilities of double modified RS 4 type starch from normal maize starch.

Starch/DW	100g/100ml			100g/110ml			100g/120ml			
	Acid treatment	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr	10 hr	2 hr	6 hr	10 hr
S.p. at 30°C		2.07	2.03	2.16	2.11	2.09	2.07	2.08	2.15	2.13
Sol. at 30°C		0.50	0.52	0.46	0.58	0.54	0.51	0.64	0.59	0.50
S.p. at 95°C		3.67	3.78	3.85	3.95	3.88	3.56	3.93	3.94	3.59
Sol at 95°C		2.10	2.46	1.78	2.32	2.21	2.43	2.34	2.18	2.32

Table 1-31. Swelling powers and solubilities of double modified RS 4 type starch from waxy rice starch.

Starch/DW	70g/135ml				
	4 hr	8 hr	12 hr	16 hr	20 hr
Acid treatment					
S.p. at 30°C	3.25	4.12	3.76	7.52	3.82
Sol. at 30°C	0.26	0.50	0.48	0.78	0.82
S.p. at 95°C	6.95	7.38	7.66	3.69	7.60
Sol at 95°C	0.60	0.42	0.60	0.88	1.00

4) RS 4 를 가열처리한 후의 변성전분의 팽윤력과 용해도

다양한 방법으로 제조한 RS 4를 100°C에서 1시간동안 가열처리한 후 팽윤력과 용해도를 측정하였다(표 1-32). 팽윤력은 heating 하지 않은 것보다 크게 증가하지는 않았으나, 30°C에서의 팽윤력이 95°C에서와 유사하였다. 이는 RS 4 형 전분을 제조하는 과정 중 일부 손상된 전분입자들이 가열에 의해 호화되었기 때문으로 생각되었으며 제조된 RS 4형 전분을 가열처리 함으로써 cold swelling starch를 제조할 수 있을 것으로 보였다.

Table 1-32. Swelling powers and solubilities(%) of RS 4 type starches after heating

Acid treatment	Wheat RS4-1	Wheat AnRS4-1	Wheat AcAnRS4-1	Waxy rice RS4-1	Waxy rice AnRS4-1
S.p. at 30°C	4.39	5.38	4.24	7.56	7.09
Sol. at 30°C	0.64	1.23	0.62	2.02	1.50
S.p. at 95°C	4.34	5.59	4.30	8.12	7.55
Sol at 95°C	0.84	1.25	1.19	1.02	1.20

나. 형태적인 특성

1) RS 3의 형태적인 특성

밀전분과 찹쌀전분으로 가열 냉각 처리한 전분을 제조하여 SEM으로 형태를 관찰하였다(그림 1-1). 가열하는 과정에서 전분입자가 완전히 붕괴되고 입자내 분자들이 모두 용출되어 냉각되는 동안 다시 결정을 이루어 생전분과는 전혀 다른 모양을 나타냈다. Citric acid를 첨가하여 제조한 경우에도 형태적인 면에서는 기존의 RS 3와 다르지 않았다.

2) RS 4의 형태적인 특성

옥수수전분, 고아밀로오스 옥수수전분, 밀전분, 찹쌀전분, 멥쌀전분의 RS 4 시료의 입자 형태는 그림 1-2~1-5에 나타내었다. RS 4 시료들은 모두 입자형태를 그대로 유지하여 가교결합과정에서도 입자 형태가 변하지 않는 것을 알았으며, 전분의 표면에 균일하게 움푹 패여있는 형태도 종종 발견되었는데, 이는 전분입자 표면에 결합되어있던 단백질들이 RS 4를 제조할 때 첨가되는 NaOH에 의해 전분입자로부터 해리되어 생긴 형태인 것으로 생각되었다.

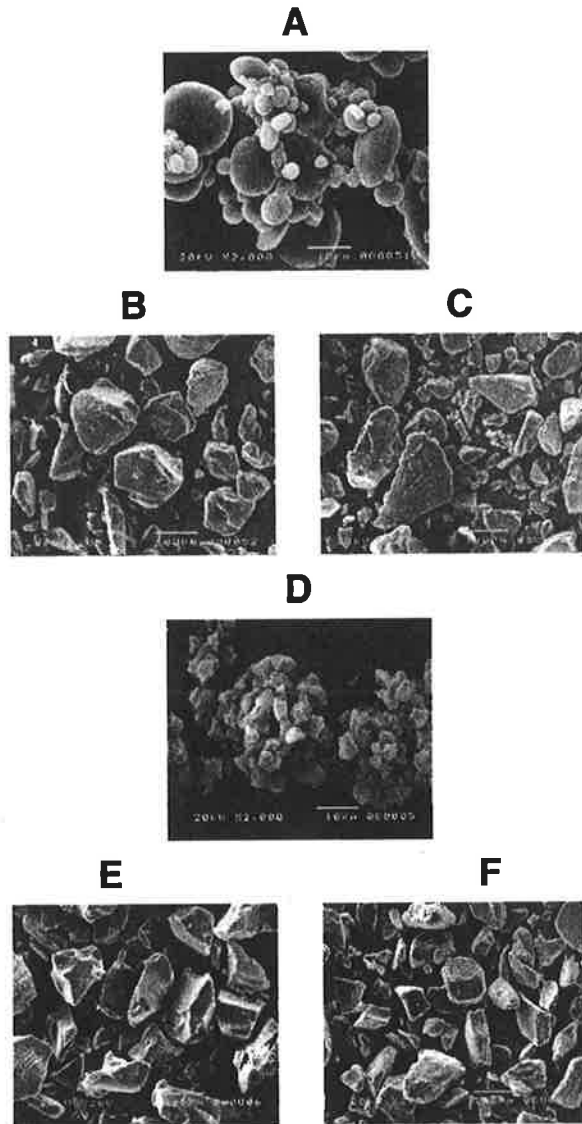


Fig. 1-1. Scanning electron micrographs of RS3 starches from wheat and waxy rice starch.
A : native wheat starch B : wheat RS 3 type starch
C : wheat RS 3 -Citric acid addition
D : native waxy rice starch
E : waxy rice RS 3 type starch
F : waxy rice RS 3 -Citric acid addition

3) Annealing 처리 후 제조된 RS 4 형 전분의 형태적인 특성

annealing 처리도 전분의 입자모양에는 큰 영향을 주지않았다. 그러나 80°C와 100°C에서 annealing 한 후 RS 4로 제조된 시료의 경우는 부분적으로 전분 입자가 원래의 다각형의 모양이 붕괴진듯한 모양도 보였으나, 전분 입자가 완전히 붕괴되지는 않았다.

옥수수전분(그림 1-3)은 annealing에 의해 입자모양이 변화되지 않았으며, 60°C에서 annealing 한 경우 전분 입자 표면이 약간 패인 듯하게 보였다. 멥쌀전분으로 제조된 RS 4 형 전분(그림 1-4) 또한 50°C annealing 까지는 입자모양에 큰 변화가 없었으나 팽윤력의 증가를 보였던 60°C에서는 멥쌀전분의 입자모양이 사라지고 불규칙한 입자 모양을 나타내 전분이 호화되기 시작하였음을 알 수 있었다. 고아밀로오스 옥수수전분(그림 1-5)의 경우는 보통의 옥수수전분처럼 패여있는 부분은 드물었으나 annealing 처리시 전분입자로부터 분자들이 용출된 듯한 양상을 보였다. 70°C에서 전처리된 경우도 부분적인 손상을 보이긴 하였으나 입자모양이 크게 영향받지는 않았다.

밀전분(그림 1-6)과 찹쌀전분(그림 1-7)으로 제조된 RS 4 형 전분도 30°C와 50°C에서 제조된 경우 모두 입자의 형태에는 변화가 없었으며 RS 4 제조 전 Citric acid를 첨가한 경우에도 입자모양에는 큰 변화가 없었다.

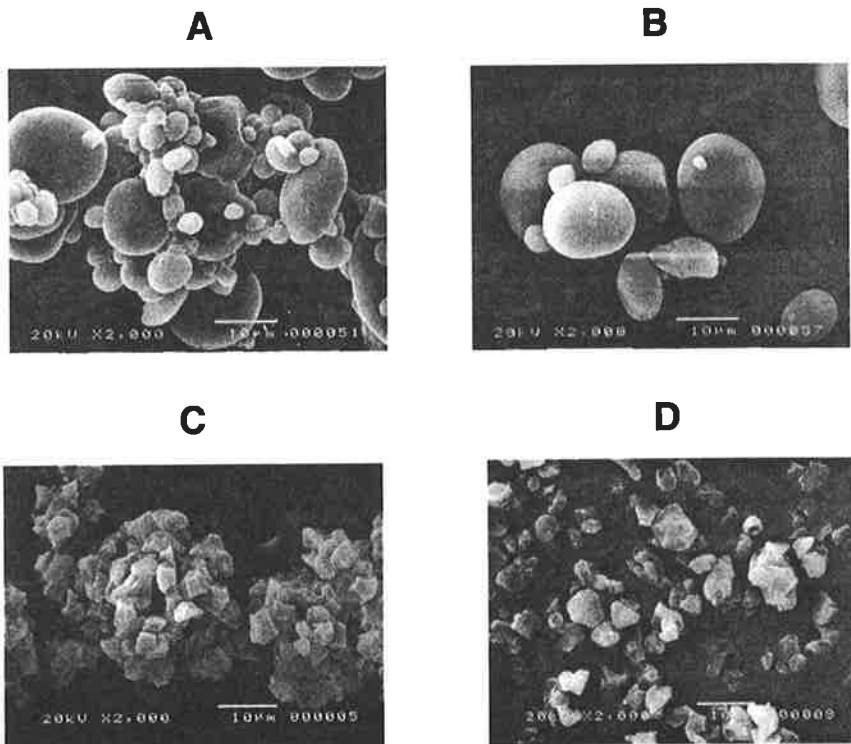


Fig. 1-2. Scanning electron micrographs of RS4 starches from wheat and waxy rice starch.

A : native wheat starch B : Wheat RS 4 type starch
C : native waxy rice starch D : waxy rice RS4 type starch

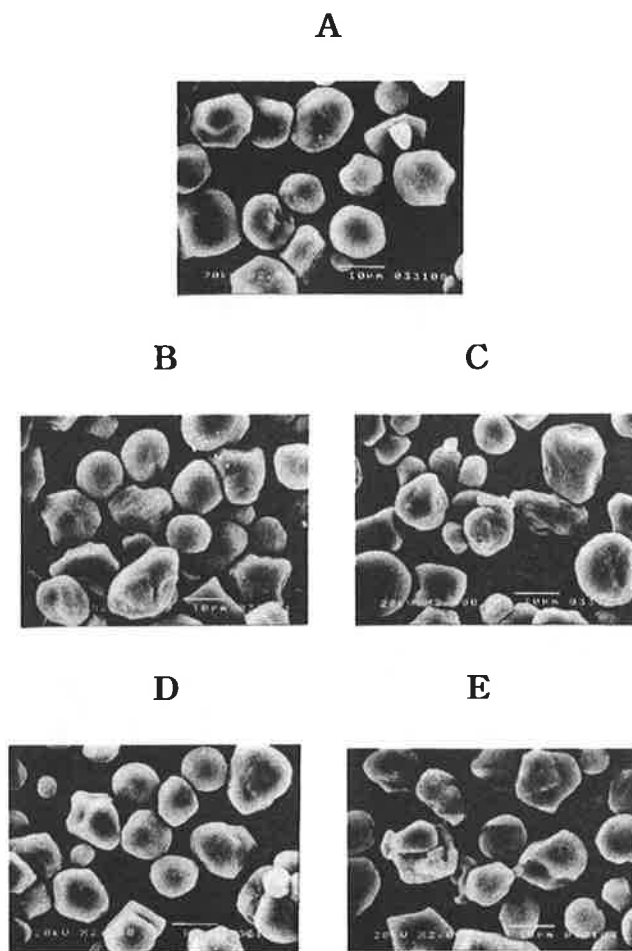


Fig. 1-3. Scanning electron microphotographs of RS 4 starches prepared from annealed maize starches in different temperatures

A : Without annealing, B : 30°C, C : 40°C, D : 50°C,
E : 60°C

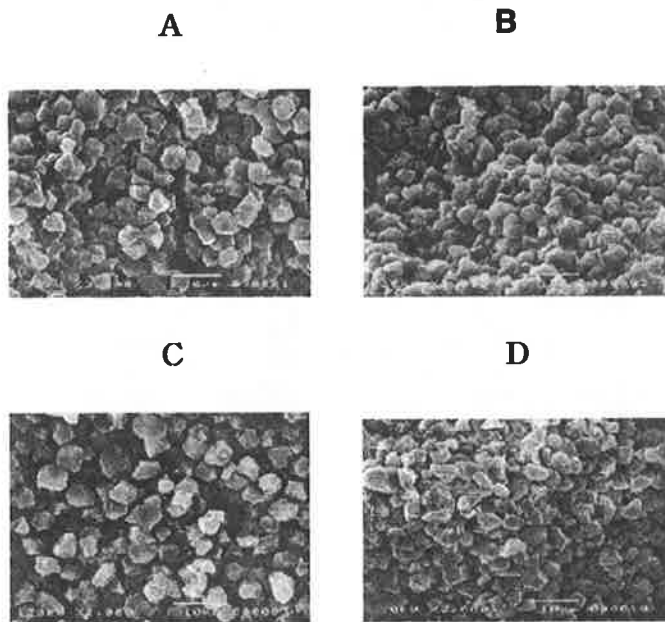


Fig. 1-4. Scanning electron microphotographs of RS 4 starches prepared from annealed non-waxy rice starches in different temperature

A : Without annealing, B : 30°C, C : 40°C, D : 50°C

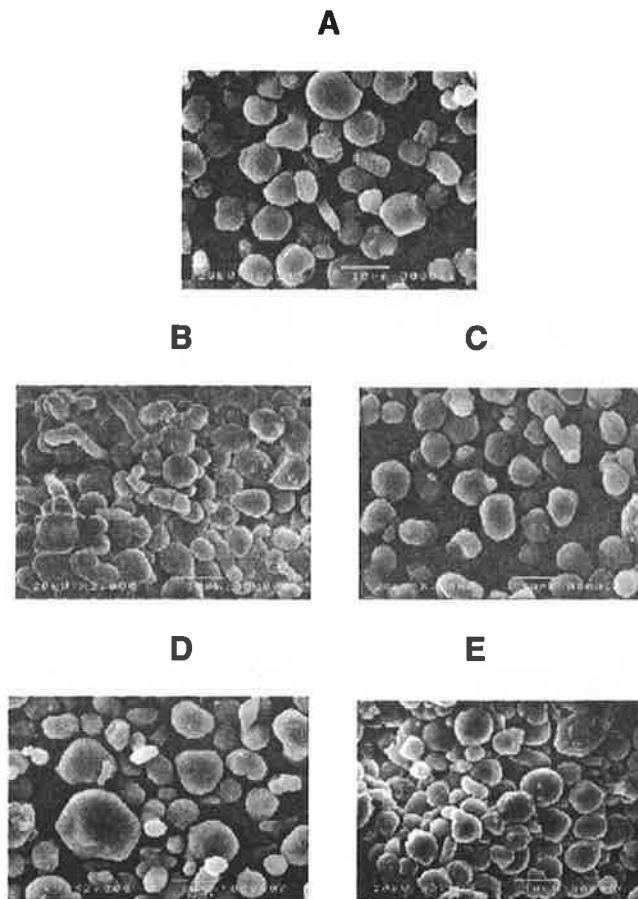


Fig. 1-5. Scanning electron microphotographs of RS 4 starches prepare from amylo maize VII starches in different temperatures

A : Without annealing, B : 30°C, C : 40°C, D : 50°C,
E : 60°C

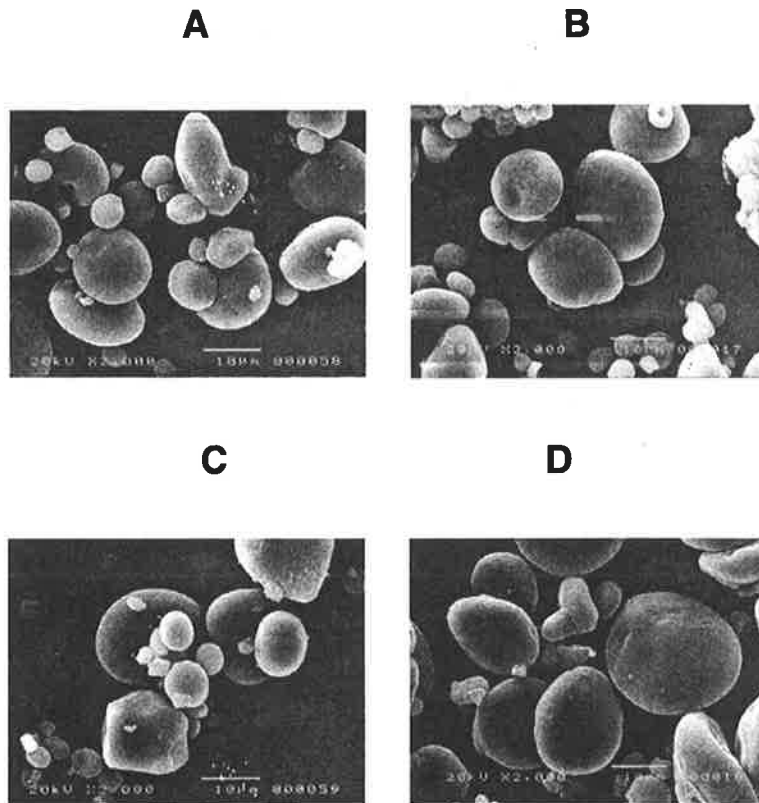


Fig. 1-6. Scanning electron micrographs of RS4 starch after annealing from wheat starch.

A : annealing at 30°C

B : annealing at 30°C, citric acid addition

C : annealing at 50°C

D : annealing at 30°C, citric acid addition

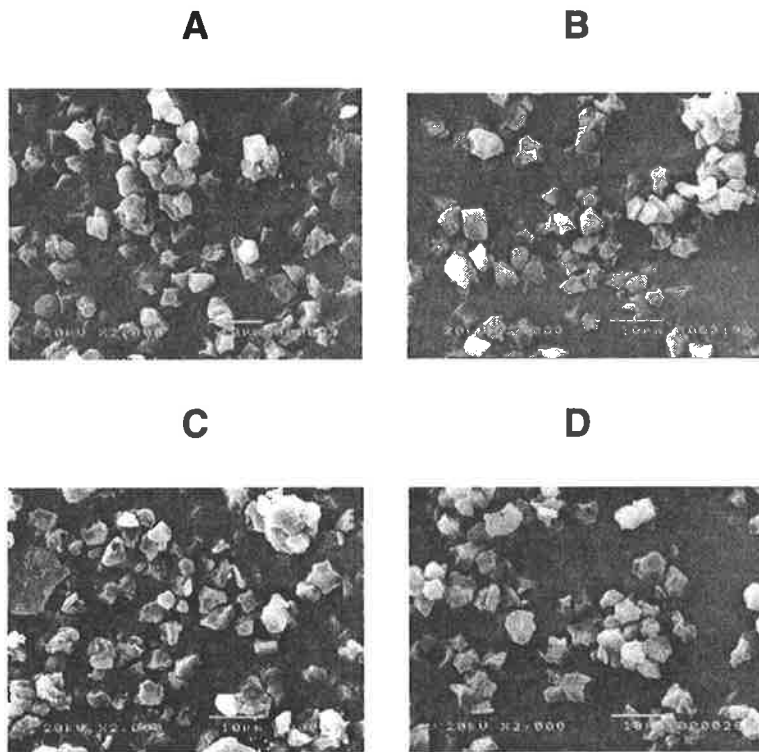


Fig. 1-7. Scanning electron micrographs of RS4 starch after annealing from waxy rice starch.

A : annealing at 30°C

B : annealing at 30°C, citric acid addition

C : annealing at 50°C

D : annealing at 30°C, citric acid addition

4) 산처리와 annealing 처리를 병행하여 제조한 RS 4의 형태적인 특성
밀전분, 옥수수전분, 찹쌀전분으로 산처리 후 annealing하여 RS 4를 제조
하였다(그림 1-8~1-10). 시료 모두 입자모양 자체의 변화는 없었으나, 산처
리와 annealing을 병행하므로써 입자 표면에 약간의 손상이 일어남을 볼 수
있었고, 산처리 시간이 길거나 산용액의 양이 많아짐에 따라 RS 수율이
낮을 뿐만 아니라 표면에 약간의 손상이 일어났다.

5) RS 4 제조 후 heating 처리한 전분 입자의 형태적인 특성
밀전분과 찹쌀전분으로 제조된 다양한 RS 4형 저항전분을 가열처리 하였
다. 생전분이 가열에 의해 모두 풀어지는 반면에 여러 방법으로 제조된 RS
4 형 전분들은 강한 열처리에도 불구하고 입자의 형태가 붕괴되지는 않고
약간 납작해지는 현상을 나타냈다(그림 1-11).

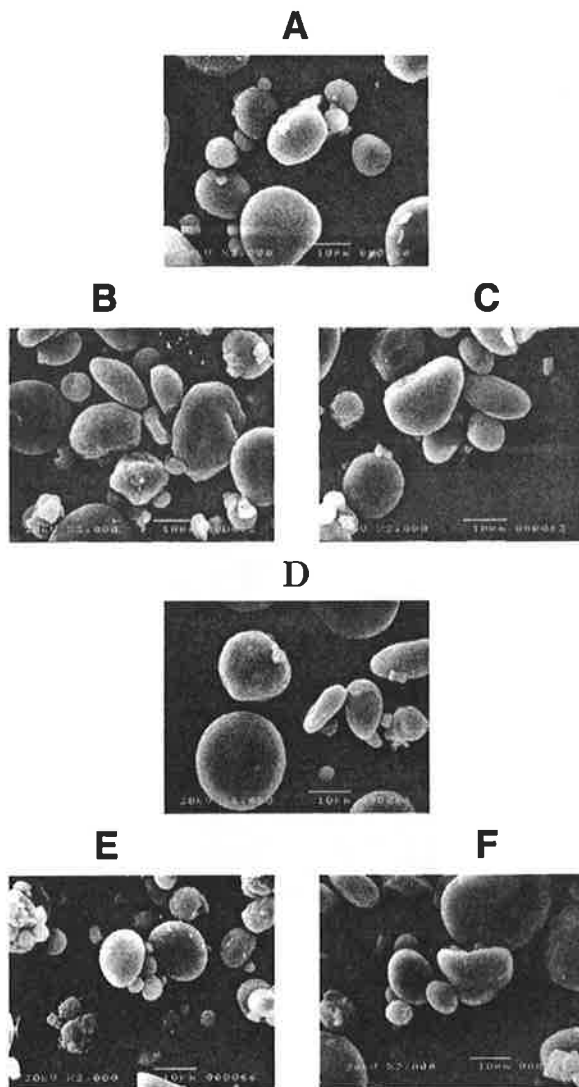


Fig. 1-8. Scanning electron micrographs of RS4 starch after annealing from wheat starch hydrolyzed by 0.1N HCl.

- A : acid hydrolysis for 2 hr and no annealing
 B : acid hydrolysis for 2 hr, 100g starch in 100ml HCl
 C : acid hydrolysis for 6 hr, 100g starch in 100ml HCl
 D : acid hydrolysis for 10 hr, 100g starch in 100ml HCl
 E : acid hydrolysis for 2 hr, 100g starch in 110ml HCl
 G : acid hydrolysis for 2 hr, 100g starch in 120ml HCl

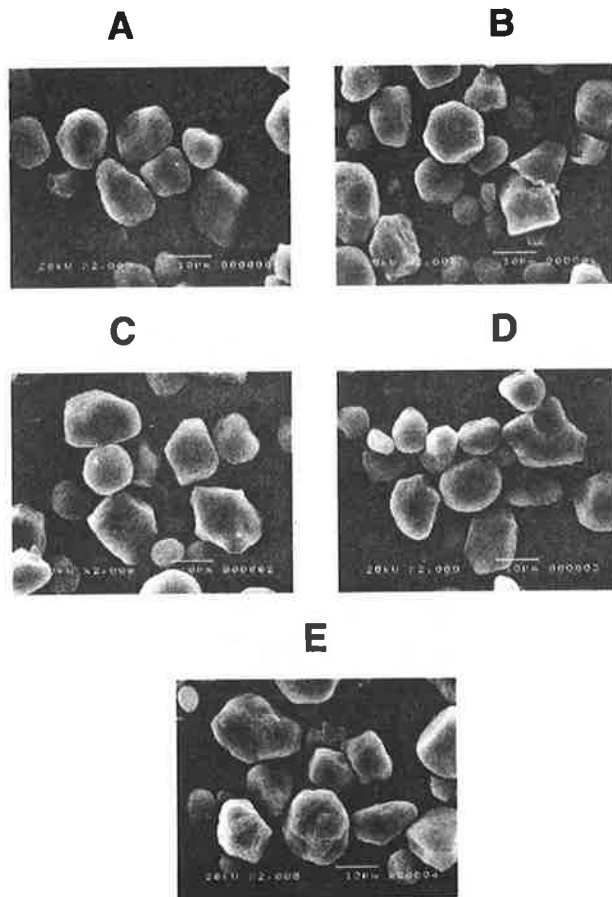


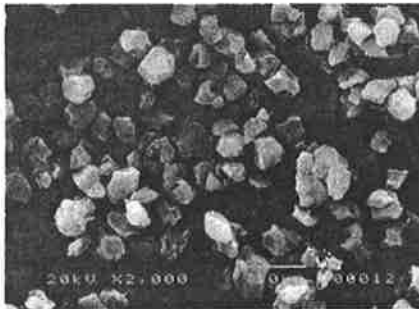
Fig. 1-9. Scanning electron micrographs of RS4 starch after annealing from normal maize starch hydrolyzed by 0.1N HCl.

- A : acid hydrolysis for 2 hr, 100g starch in 100ml HCl**
- B : acid hydrolysis for 6 hr, 100g starch in 100ml HCl**
- C : acid hydrolysis for 10 hr, 100g starch in 100ml HCl**
- D : acid hydrolysis for 2 hr, 100g starch in 110ml HCl**
- E : acid hydrolysis for 2 hr, 100g starch in 120ml HCl**

A



B



C

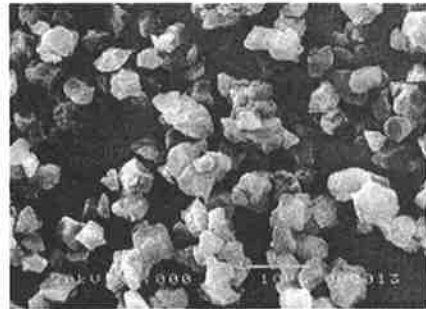


Fig. 1-10. Scanning electron micrographs of RS4 starch after annealing from waxy rice starch hydrolyzed by 0.1N HCl.

A : acid hydrolysis for 4 hr, 75g starch in 135ml HCl

B : acid hydrolysis for 8 hr, 75g starch in 135ml HCl

C : acid hydrolysis for 12 hr, 75g starch in 135ml HCl

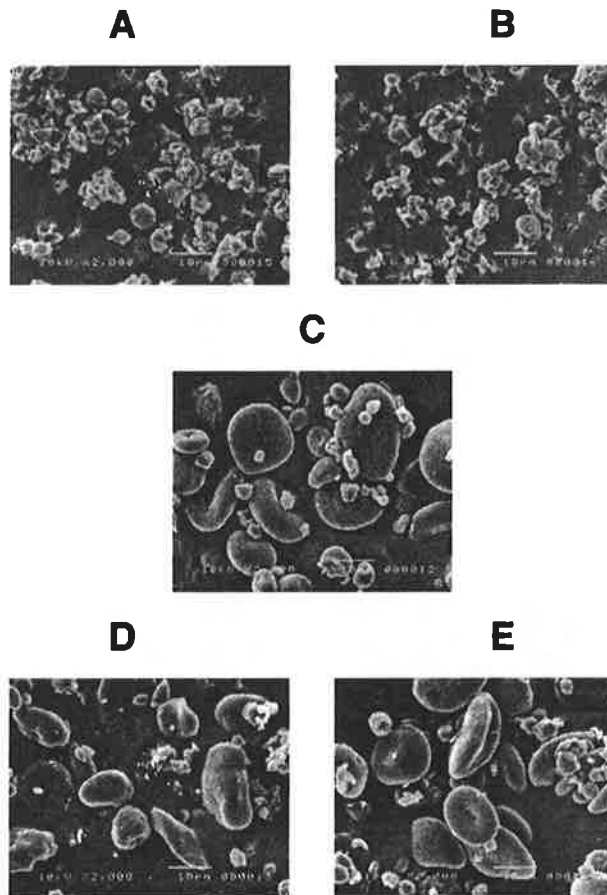


Fig. 1-11. Scanning electron micrographs of heated RS4 starches after preparation from wheat and waxy rice starch
A : waxy rice RS 4 starch
B : waxy rice RS 4 after annealing
C : wheat RS 4
D : wheat RS 4 after annealing
E : wheat RS 4 after annealing from starch hydrolyzed by 0.1N HCl

다. X-선 회절도에 의한 결정형

1) RS 3 형 전분의 X-선 회절도

Citric acid를 0.5%, 1.0% 첨가하여, 물과 전분 비율 1:1, 1:3.5로 가열-냉각 과정을 2회 반복한 시료들의 X-선 회절도에 의한 특성은 그림 1-12에 나타내었다. Citric acid를 첨가하지 않은 경우는 전분과 물의 비율에 상관없이 $2\theta = 17, 19^\circ$ 부근에서 피크를 나타내는 B형의 결정형을 보였으며 citric acid가 첨가된 시료 또한 같은 위치에서 피크를 나타내었으나 $2\theta = 17^\circ$ 에서의 피크가 첨가하지 않은 시료에 비해 증가하였고 $2\theta = 20^\circ$ 부근에서의 피크는 감소하는 경향이였다. Citric acid가 첨가됨에 따라 전분 분자들의 분해가 일어나고, RS를 잘 형성할 수 있는 분자크기를 갖게되어 RS 수율을 증가시킬 뿐 아니라 $2\theta = 15, 17^\circ$ 의 노화피크는 증가시키는 것으로 생각되며, 아밀로오스-지질 복합체의 생성정도는 감소해가는 것으로 생각되었다.

밀전분과 찹쌀전분으로 가열냉각처리를 거쳐 RS 3를 제조하여 결정형을 관찰하였다(그림 1-13, 1-14). 밀전분과 찹쌀전분은 모두 $17, 19, 24^\circ$ 에서 피크를 보이는 A형을 나타냈고, 이를 가열 냉각 싸이클을 1회하여 RS 3를 제조하였을 때 밀전분은 17° 에서 피크를 보이는 B형 결정형을 나타냈고 citric acid를 첨가했을 때 피크가 더 강해지는 것을 보였다. 찹쌀전분은 RS 3와 citric acid를 첨가한 RS 3 형 전분은 모두 호화피크를 나타내어 결정형 부분이 매우 적음을 알 수 있었다.

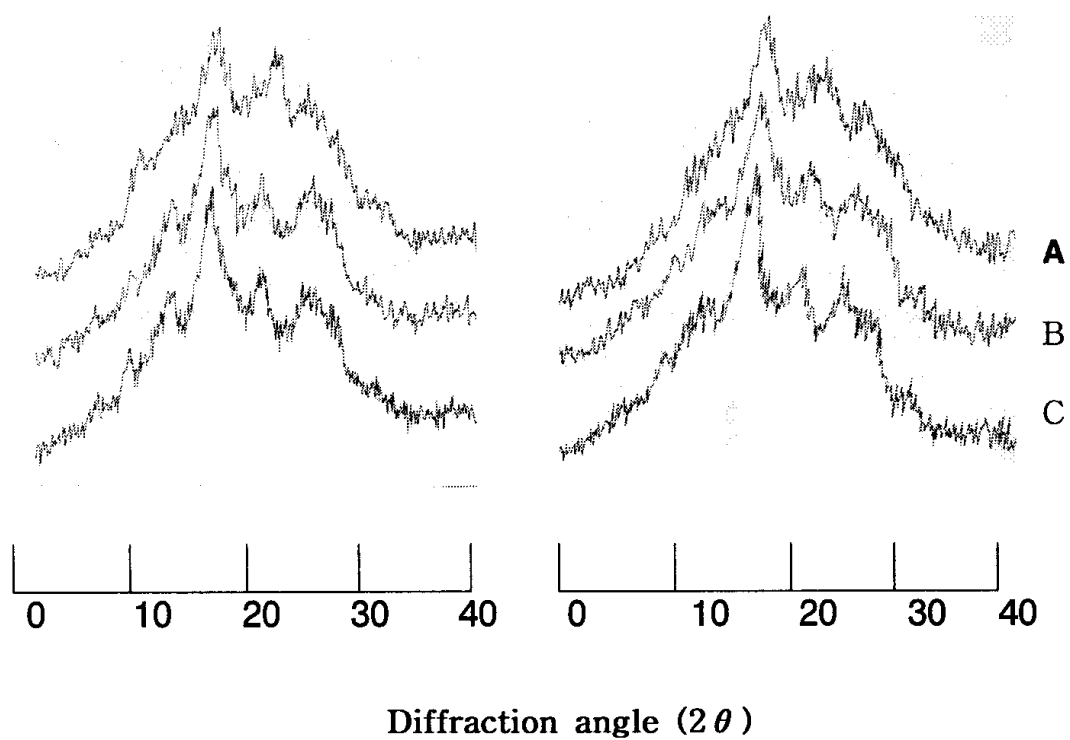


Fig. 12. X-ray diffractograms of autoclaving-cooling cycled maize starches with different levels of citric acid

A : starch : water = 1 : 1, B : starch : water = 1 : 3.5

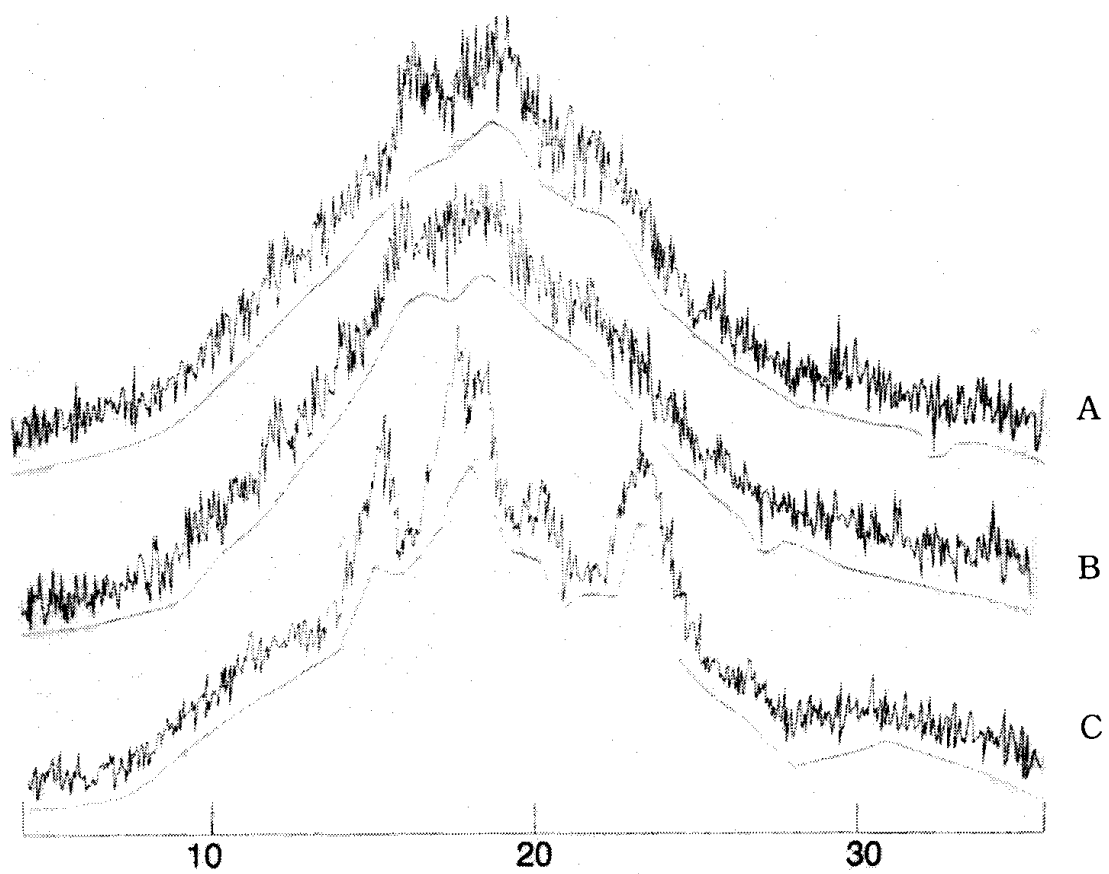


Fig. 1-13. X-ray diffractograms of autoclaving-cooling cycled wheat starches

(RS 3)

A : native starch B : wheat RS 3 starch

C : RS 3 starch added citric acid

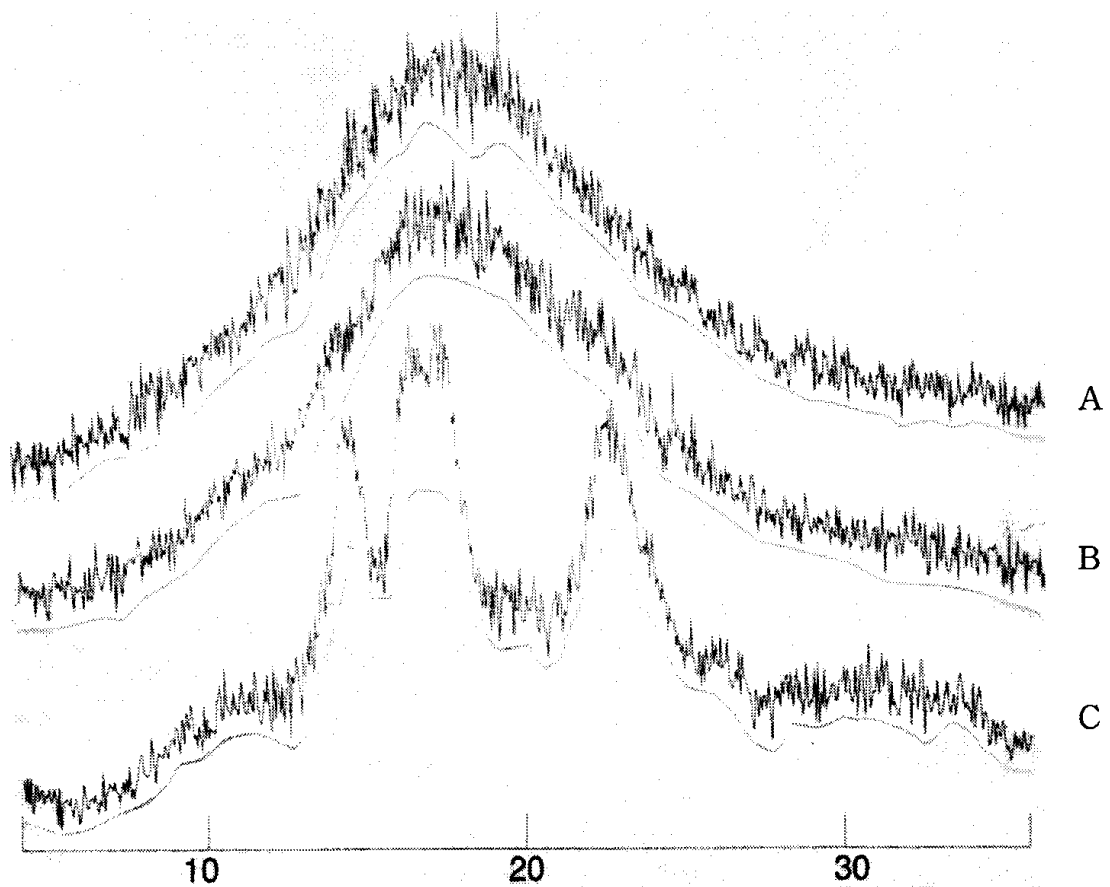


Fig. 1-14. X-ray diffractograms of autoclaving-cooling cycled waxy rice starches(RS 3)

A : native starch B : waxy rice RS 3 starch

C : RS 3 starch added citric acid

2) RS 4전분의 X-선 회절도

밀전분, 찹쌀전분, 옥수수전분의 RS 4 type 시료와 annealing 처리후 또는 산처리와 annealing 후 제조한 RS 4 type 시료의 X-선 회절도에 의한 결정성을 관찰하였다(그림 1-15~1-19).

RS 4전분은 전분 입자는 그대로 유지되면서 전분분자 내에서 가교결합이 형성되는 것으로 X-선 회절도로 관찰한 결과 전분의 결정정도 그대로 유지되었다. 밀전분, 찹쌀전분 모두 RS 4를 제조하였을 때 $2\theta = 15, 17, 24^\circ$ 에서 피크를 나타내는 A형 피크를 보였으며, 거의 유사한 강도를 나타내었다. 밀전분, 찹쌀전분, 옥수수전분의 전분현탁액으로 annealing을 하거나, 산처리후 annealing을 하여 RS 4를 제조한 경우에는 결정 패턴은 변하지 않았으나, $2\theta = 20^\circ$ 에서 피크가 약간 강해졌다. 멥쌀전분의 X-선 회절도에 의한 결정 패턴은 옥수수전분과 유사하였으나 60°C 에서 전처리한 멥쌀전분 시료의 피크 강도가 전반적으로 낮아 앞서 설명한 대로 부분적인 호화가 일어나 전분의 손상이 일어났을 것으로 생각되며 RS 수율의 감소와 팽윤력 증가에 대한 결과를 뒷받침해 주었다.

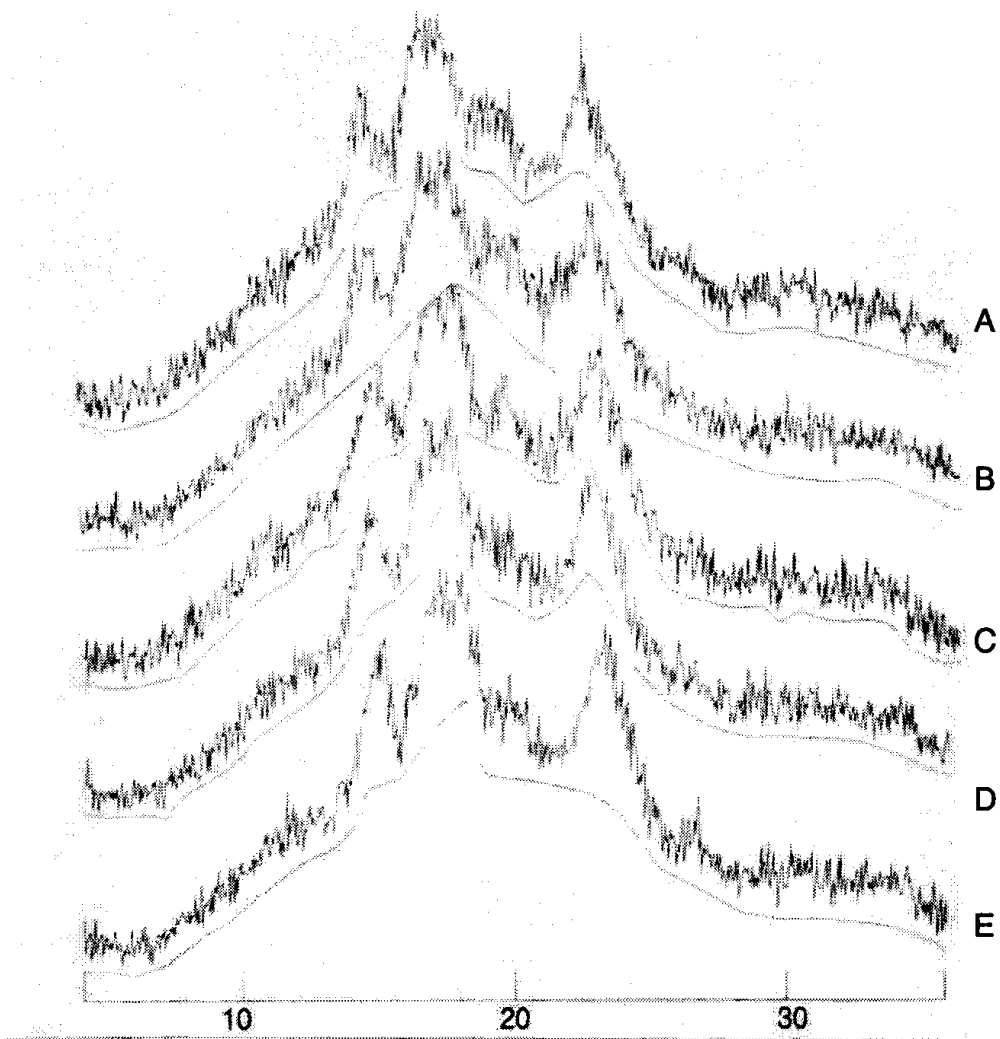


Fig. 1-15. X-ray diffractograms of wheat RS 4 starches

A : RS 4

B : RS 4, annealed at 30°C

C : RS 4, annealed at 30°C, citric acid addition

D : RS 4, annealed at 50°C

E : RS 4, annealed at 50°C, citric acid addition

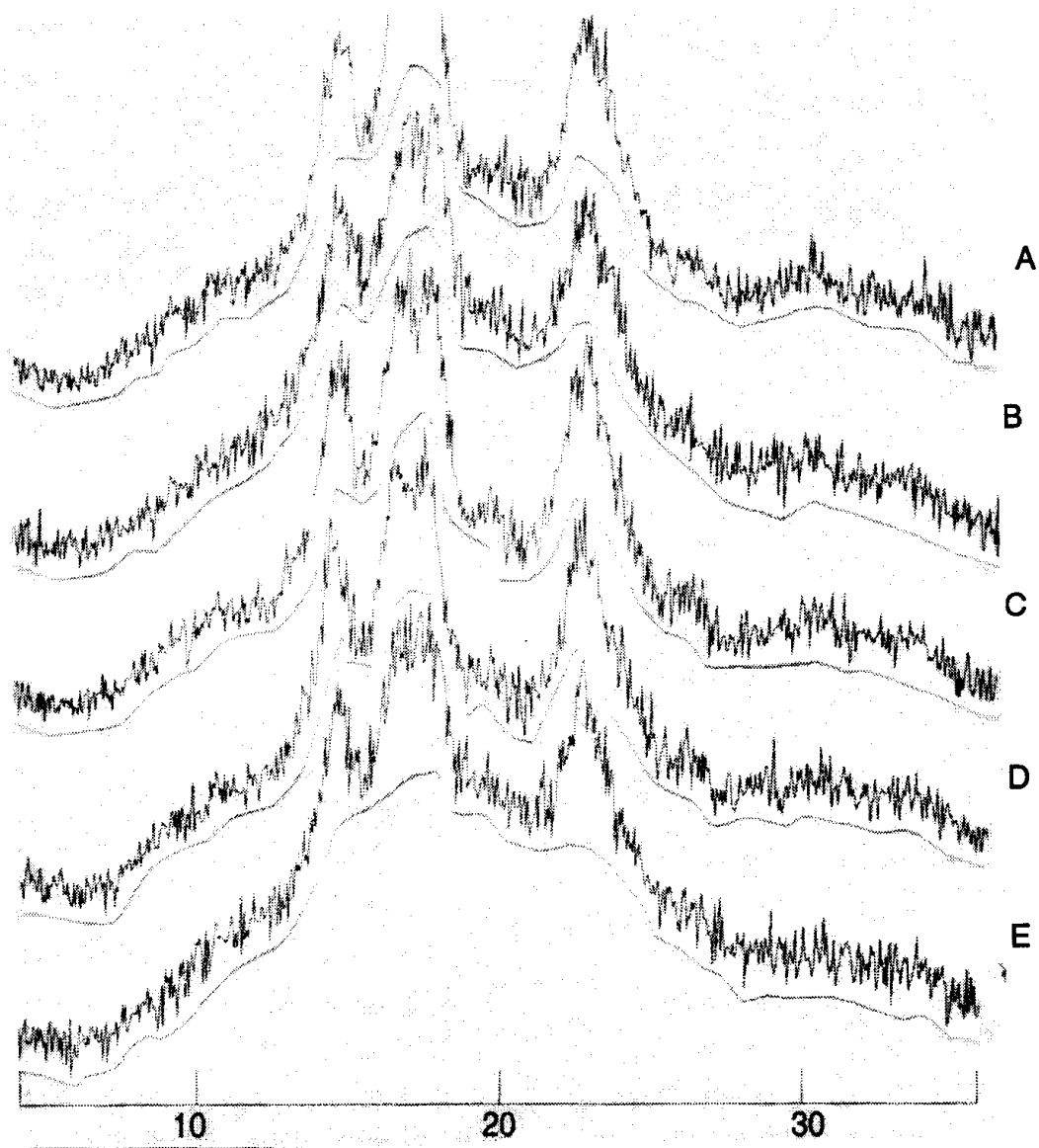


Fig. 1-16. X-ray diffractograms of waxy rice RS 4 starches

A : RS 4

B : RS 4, annealed at 30°C

C : RS 4, annealed at 30°C, citric acid addition

D : RS 4, annealed at 50°C

E : RS 4, annealed at 50°C, citric acid addition

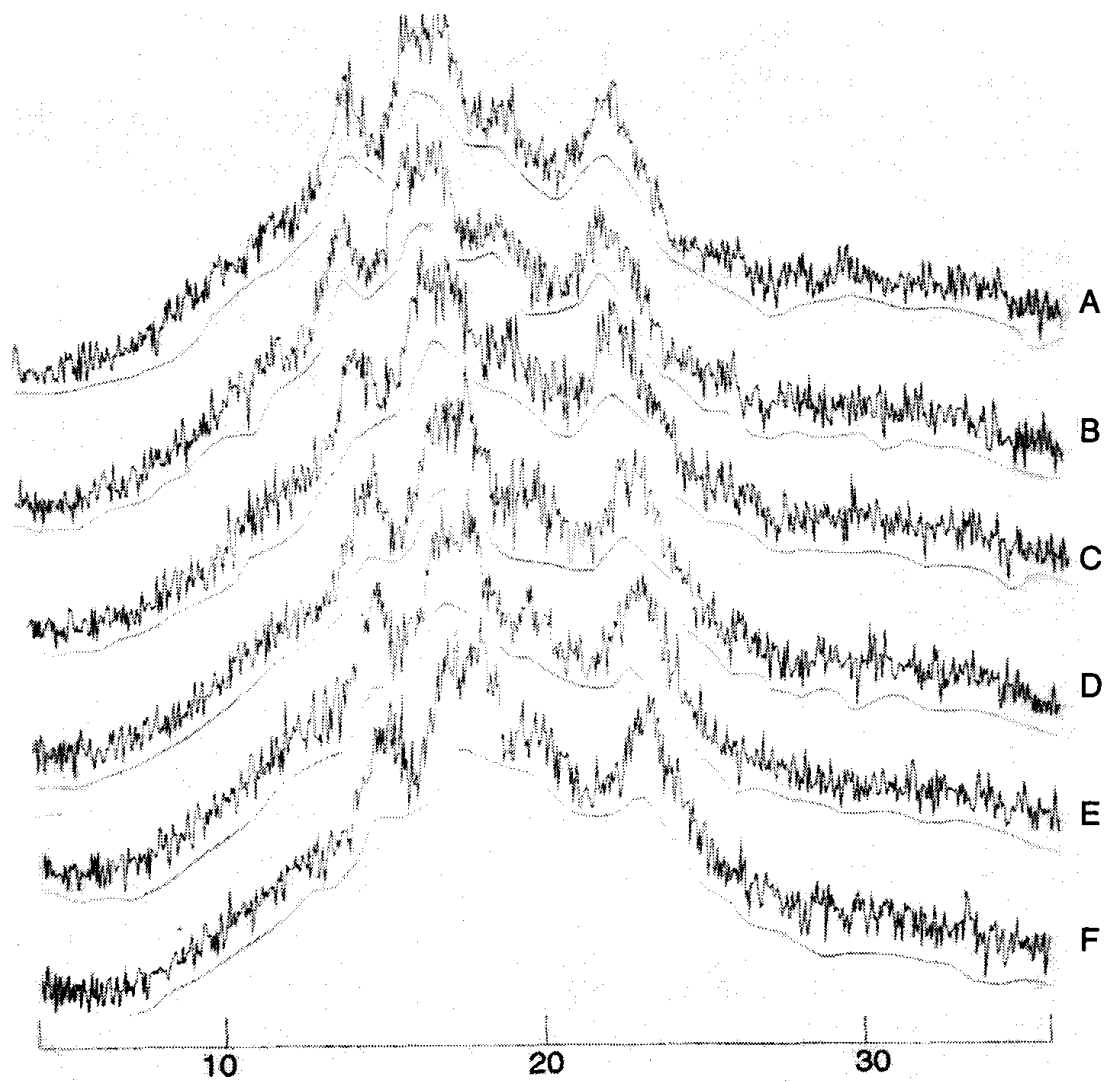


Fig. 1-17. X-ray diffractograms of wheat RS 4 starches

A : RS 4, acid treatment

B : RS 4, acid (2hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment

C : RS 4, acid (6hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment

D : RS 4, acid (10hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment

E : RS 4, acid (2hr, 110ml 0.1N HCl) and annealing treatment

F : RS 4, acid (2hr, 120ml 0.1N HCl) and annealing treatment

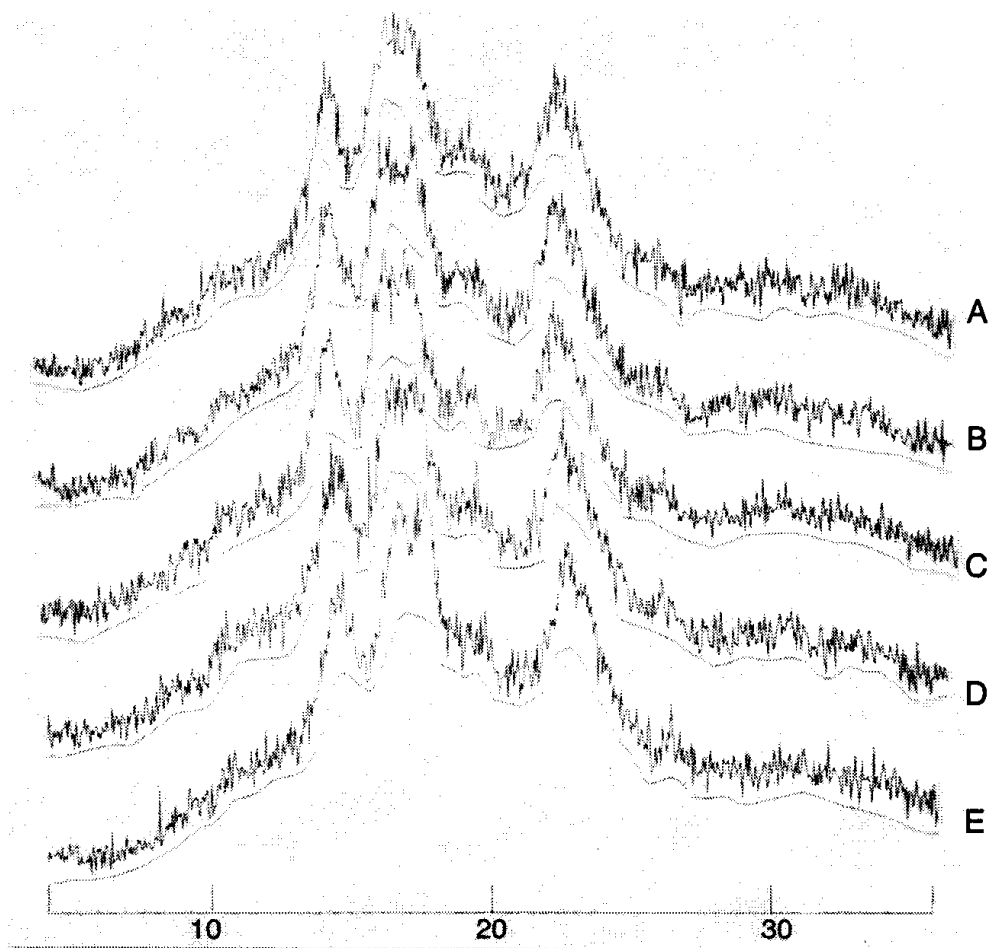


Fig. 1-18. X-ray diffractograms of maize RS 4 starches

- A : RS 4, acid (2hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment**
- B : RS 4, acid (6hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment**
- C : RS 4, acid (10hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment**
- D : RS 4, acid (2hr, 110ml 0.1N HCl) and annealing treatment**
- E : RS 4, acid (2hr, 120ml 0.1N HCl) and annealing treatment**

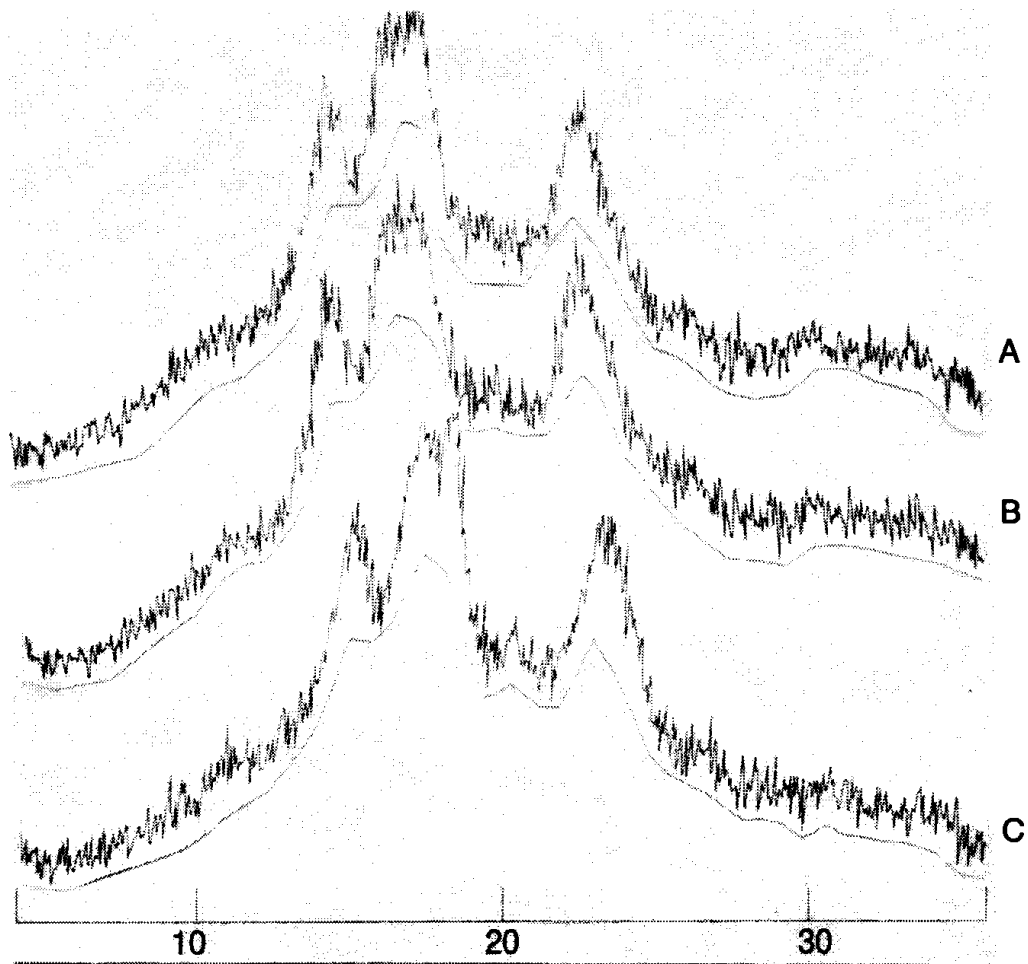


Fig. 1-19. X-ray diffractograms of waxy rice RS 4 starches

A : RS 4, acid (4hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment

B : RS 4, acid (8hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment

C : RS 4, acid (15hr, 100ml 0.1N HCl) and annealing treatment

라. 변성전분의 호화 특성

1) RVA에 의한 RS3의 호화특성

RS3 전분들의 호화특성을 신속점도측정계로 측정하였다. 밀 생전분은 호화온도가 73.40℃ 찹쌀 생전분은 65.65℃였고, 피크점도는 밀전분이 185.92 RVU, 찹쌀전분이 268.25 RVU로 찹쌀전분이 밀전분보다 호화가 빨리 일어났으며 점도는 더 높았다. 그러나 밀전분으로 제조한 RS 3 형 전분들은 가열에 따른 점도 변화가 없었고, 찹쌀전분으로 제조한 RS 3 형 전분은 밀전분의 RS 3 형 전분보다는 높은 점도(105.3 RVU)를 유지하였으나, 온도 증가에 따른 점도 변화는 없었다. RS 3 형 전분은 가열에 의해 호화된 무정형부분은 물에 의해 쉽게 풀어져 점도를 보이거나 RS는 결정화되어 용해되지 않으며 용출되지 않아 가열에 의한 변화는 거의 없었다.

2) RVA에 의한 RS 4 형 전분의 호화특성

RS4 전분들의 호화특성을 측정하였으나, 가열을 하여도 점도의 증가가 전혀 없었다. 이는 RS 4는 가열에 의해 입자형태를 그대로 유지하고 전분입자 밖으로 전분분자들의 용출이 거의 없기 때문이다.

마. 시차주사열량기에 의한 호화 특성

저항전분의 시차주사열량기(DSC)로 측정한 호화특성을 표 1-33에 나타냈다. 가교결합 저항전분이 생전분보다 엔탈피가 높지는 않았지만 전체적으로 흡열곡선의 개시온도가 약간 높은 온도로 이동하였다.

Table 1-33. DSC characteristics of various resistant starches prepared from various starches

Sample	To(°C)	(Tp)°C	Tc(°C)	ΔH(J/g)
Wheat	56.6	61.4	66.9	9.82
RS4-wheat	63.4	66.9	71.0	6.46
Corn	64.3	69.4	73.7	11.91
RS4-corn	67.1	71.3	75.8	10.23
Waxy corn	65.2	71.4	77.1	15.68
RS4-waxy corn	66.5	72.4	77.1	14.21
Amylomaize	68.9	76.9	103.1	14.24
RS4-Amylomaize	69.8	79.8	103.2	15.02

바. 변성전분에 대한 산과 효소의 작용

RS 3 형과 Cross-linked RS 4 형 전분 입자의 구조적인 차이를 알아보고자 옥수수 전분으로 RS 3와 RS 4을 제조한 후, 1N HCl(lintnerization)과 α -amylase(*Bacillus* species) 효소액을 35°C 항온수조에서 6, 12h, 1, 2, 3, 7, 10, 20일 동안 처리하고, 산과 효소에 의한 가수분해율, 가수분해 후 남은 전분의 RS 수율을 측정하였다. 산처리한 생전분과 RS 4에서 가수분해율은 산처리 기일이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였으나, RS 3은 3일까지 70%로 급격히 증가하다가 20일은 83%로 3일 이후 완만한 증가를 보였다. 효소처리의 경우는 생전분과 RS 3 전분에서 7일까지 각각 23%, 64%, 20일은 41%, 74%으로서 3일 이후에는 서서히 진행되었으며, RS4는 거의 분해되지 않았다. Pancreatin-gravimetric 방법과 AOAC 방법으로 측정한 RS수율은 RS 3경우 산과 효소처리기일이 경과됨에 따라 증가하였고, RS4 경우는 분석방법과 가수분해 방법에 따라 각각 다른 경향을 나타내었다.

Table 1-34. Extent of hydrolysis(%) of maize starches with 1N HCl at 35°C

	Lintnerization periods(days)							
	0.25	0.5	1	2	3	7	10	20
Native	0.24	0.65	1.54	2.79	4.96	12.87	25.61	47.40
RS3	20.69	38.29	53.43	62.03	69.67	73.11	78.04	82.69
RS4	0.10	0.34	0.63	1.53	2.78	10.05	24.69	50.29

Table 1-35. Resistant starch yield(%) of maize starches with 1N HCl at 35°C

	Lintnerization periods(days)							
	0	0.25	0.5	1	2	3	7	20
Native	4.92	6.41	6.99	7.97	7.80	7.09	5.67	5.72
RS3	17.35	21.24	27.59	33.04	40.49	43.53	44.53	45.05
RS4	17.17	16.63	16.38	15.79	15.27	14.99	14.13	6.27

Table 1-36. Extent of hydrolysis(%) of maize starches with α -amylase at 35°C

	Digestion periods(days)							
	0.25	0.5	1	2	3	7	10	20
Native	3.61	5.47	11.14	14.63	17.89	28.23	35.92	40.83
AMS	26.94	33.37	39.34	49.18	55.27	62.44	68.67	74.19
RS4	0.09	0.26	0.31	0.32	0.32	0.42	0.42	3.14

Table 1-37. Resistant starch yield(%) of maize starches with α -amylase at 35°C by P/G method

	Digestion periods(days)							
	0	0.25(6h)	0.5	1	2	3	7	20
Native	4.92	12.85	14.09	15.84	17.63	18.61	24.62	26.61
RS3	17.35	42.30	49.14	51.68	53.41	55.61	62.82	64.22
RS4	17.17	25.51	25.85	26.28	27.13	26.65	25.52	23.70

RS 3 형태 저항전분의 RS 수율을 증가시키기 위해 제조된 RS를 산이나 효소로 처리하면 처리 기일에 따라 다르다. 산(1N HCl)처리하는 RS 3에서는 증가되나 RS 4는 감소하는데 반해 효소처리시에는 RS 3와 RS 4 모두 증가하며 산보다는 효소에 의해 그 증가정도가 컸다. RS 3는 1N HCl로 2일, α -amylase로 6h 처리하면 40%이상 증가하였고 RS 4는 효소처리시 6 시간이 후 증가하여 거의 비슷한 양상을 보였다.

2절. 기능성 변성전분의 이용 및 변성전분 첨가 쌀가루 제품 개발

1. 멥쌀과 찰쌀가루의 특성

가. 일반성분

AOAC방법으로 측정한 멥쌀가루와 찰쌀가루 및 전분의 일반성분은 표 2-1과 같았다. 멥쌀가루와 찰쌀가루 및 전분의 수분 함량은 6.36~10.45%이었고 단백질 함량은 멥쌀가루가 8.05%, 찰쌀가루가 9.45%였으며, 전분의 경우 단백질이 0.06~0.12%로 알칼리 침지법에 의해 단백질이 거의 제거됨을 알 수 있었다. 멥쌀가루와 찰쌀가루의 총지방질 함량은 각각 1.15%, 1.55%였으며, 전분은 0.62%와 0.26%였다.

Table 2-1. Proximate compositions of rice flours and rice starches

Samples ¹⁾	Moisture (%)	Protein (N×6.25) (%)	Ash (%)	Lipid (%)	
				Crude	Total
IRF	7.20	8.05	0.25	0.32	1.15
HRF	7.21	9.45	0.39	0.64	1.55
IRS	10.45	0.12	0.13	0.12	0.62
HRS	6.36	0.06	0.09	0.12	0.26

¹⁾IRF: Ilmibyeo rice flour HRF: Hwasunchalbyeo waxy rice flour

IRS: Ilmibyeo rice starch HRS: Hwasunchalbyeo waxy rice starch

나. X-선 회절도에 의한 결정형

X-선 회절기(D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 회절각도 40~0 °까지 회절시켰을 때 모두 전형적인 A형으로 다른 곡류 전분의 결정형과 같았고 쌀가루와 쌀전분 간에 결정 강도의 차이는 거의 없었다 (그림 2-1)

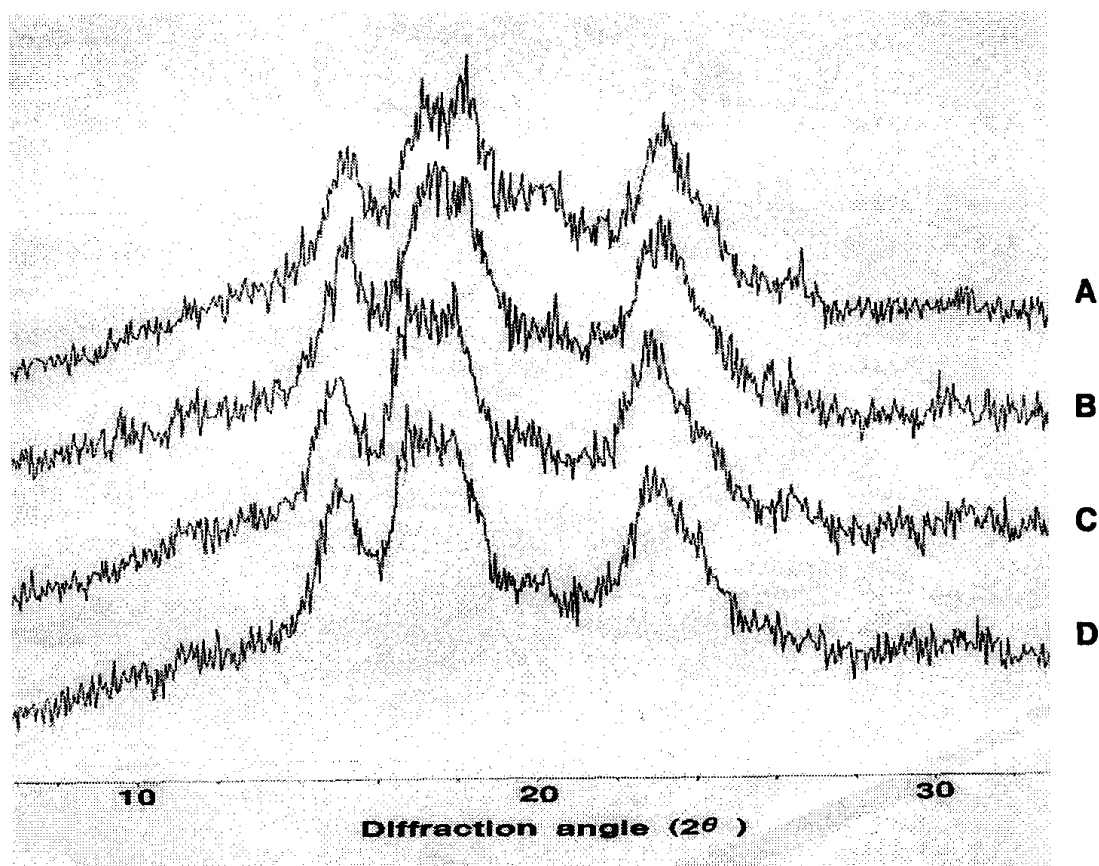


Fig. 2-1. X-ray diffractograms of rice flours and starches

A: Ilmibyeo rice flour

B: Hwasunchalbyeo waxy rice flour

C: Ilmibyeo rice starch

D: Hwasunchalbyeo waxy rice starch

다. 이화학적 특성

멥쌀가루와 찰쌀가루 및 전분의 이화학적 특성은 표 2-2와 같았다. 아밀로 오스 함량은 멥쌀가루가 17.42%, 찰쌀가루가 1.03%였으며, 전분의 경우는 멥쌀전분이 24.03%와 찰쌀전분이 1.73%로 쌀가루보다 약간 높았다. 물 결합능력은 멥쌀가루와 찰쌀가루가 163.75%와 163.82%로 차이를 나타내지 않았다. 전분의 물 결합능력은 멥쌀전분이 103.07%, 찰쌀전분이 124.13%로 쌀가루의 물 결합능력보다 낮은 값을 보였고, 멥쌀전분의 물 결합능력이 찰쌀전분의 물 결합능력보다 더 낮은 값을 보였다. 팽윤력과 용해도는 모든 시료에서 온도가 증가할수록 증가하였으며, 찰쌀가루와 전분이 멥쌀가루와 전분보다 높은 값을 나타내었다.

Table 2-2. Physicochemical properties of rice flours and starches

Samples	IRF	HRF	IRS	HRS	
Amylose content (%)	17.42	1.03	24.03	1.73	
Water binding capacity (%)	163.75	163.82	103.07	124.13	
	50℃	1.92	4.89	0.51	1.15
Swelling power at	65℃	4.98	37.66	2.96	11.43
	75℃	5.39	47.67	3.99	-
	50℃	2.88	2.78	2.22	2.29
Solubility (%) at	65℃	6.16	35.60	6.83	44.38
	75℃	6.70	46.44	7.49	-

¹⁾IRF: Ilmibyeco rice flour HRF: Hwasunchalbyeco waxy rice flour
 IRS: Ilmibyeco rice starch HRS: Hwasunchalbyeco waxy rice starch

라. 호화 특성

0.1% 현탁액을 50~90℃범위에서 측정된 멥쌀가루와 찰쌀가루 및 전분의 광투과도를 측정하였다 (그림 2-2). 멥쌀인 일미 쌀가루와 전분은 80~85℃에서 광투과도의 급격한 증가를 보였으며, 찰쌀인 화선쌀가루와 전분은 60~

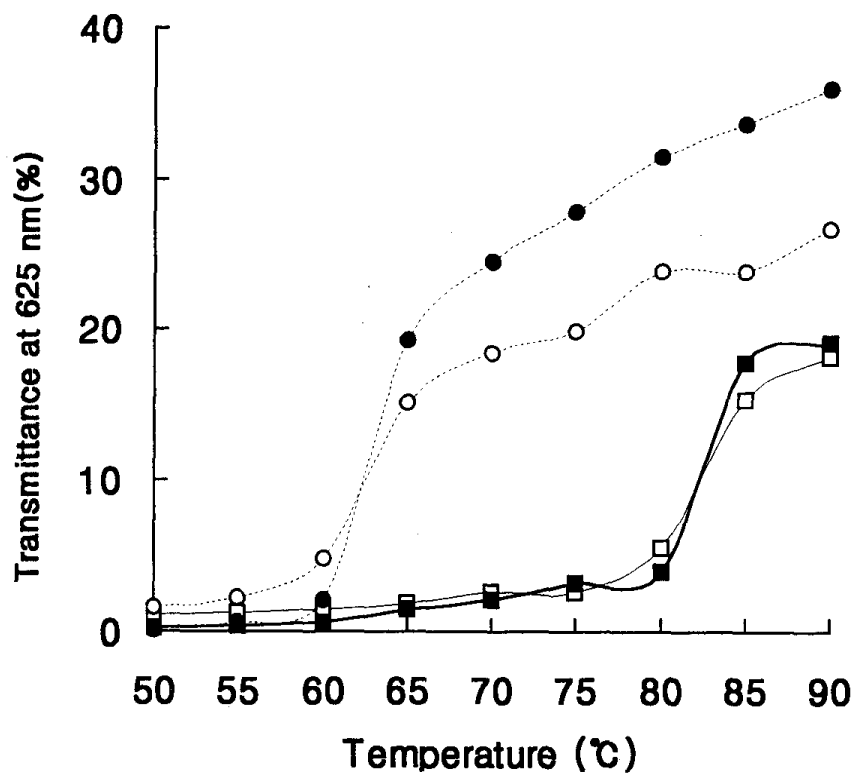


Fig. 2-2. Transmittance patterns of 0.1% Ilmibyeo rice flour(IRF), Ilmibyeo rice starch(IRS), Hwasunchalbyeo waxy rice flour(HRF) and Hwasunchalbyeo waxy rice starch(HRS)

—□— IRF —■— IRS —○— HRF —●— HRS

65℃에서 급격한 증가를 보여 멥쌀의 호화온도가 찰쌀의 호화온도보다 높은 결과를 보였다.

신속점도측정계 (RVA, Rapid Visco Analyzer)로 측정한 멥쌀과 찰쌀가루 및 전분의 점도 특성값은 표 2-3과 같다.

Table 2-3. Pasting characteristics of rice flours and starches by Rapid Visco-Analyzer

Samples ¹⁾	Pasting temperature (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak (P)	Holding at 95°C (H)	Cold (C)	Breakdown (P-H)	Setback (C-P)
IRF	68.3	65.7	47.3	101.5	18.4	35.8
HRF	67.3	55.8	25.7	39.1	30.1	-16.7
IRS	70.8	84.1	65.9	132.5	18.2	48.4
HRS	67.4	100.0	48.8	65.2	51.2	-34.8

¹⁾IRF: Ilmibyeyo rice flour HRF: Hwasunchalbyeo waxy rice flour

IRS: Ilmibyeyo rice starch HRS: Hwasunchalbyeo waxy rice starch

점도의 변화를 나타내는 초기호화온도는 멥쌀인 일미쌀가루와 전분이 각각 68.3℃와 70.8℃였고, 찰쌀인 화선쌀가루와 전분은 67.3℃와 67.4℃로 멥쌀의 호화온도가 찰쌀보다 높은 결과를 나타내어 광투과도와 같은 결과였다. 최고 점도는 전분이 쌀가루보다 높은 값을 보였으며, 전분의 노화정도를 나타낸다고 알려진 50℃에서의 냉각점도와 setback(C-P)은 멥쌀인 일미가 찰쌀인 화선보다 높은 값을 보여, 멥쌀이 찰쌀보다 노화가 잘 일어남을 확인할 수 있었다.

2. 변성전분을 첨가한 쌀가루의 특성

가. 일반성분

저항전분을 첨가한 쌀가루의 수분함량은 표 2-4과 같이 10~11%를 유지

Table 2-4. Proximate compositions of 20% RS containing rice flours

Mixtures*	Moisture (%)	Protein(%) (N×6.25)	Ash(%)
No addition	11.06±0.1	8.05±0.1	0.29±0.0
ARS-CA¹⁾	10.42±0.6	5.15±0.1	0.19±0.0
AWS-CA²⁾	10.59±0.2	5.11±0.1	0.41±0.0
RRS4³⁾	11.09±0.1	5.29±0.1	0.51±0.1
WRS4⁴⁾	11.17±0.5	5.06±0.1	0.63±0.0
AnRRS4⁵⁾	11.02±0.4	5.19±0.1	0.51±0.1
AnWRS4⁶⁾	10.18±0.19	5.26±0.1	0.64±0.0
AcWRS4⁷⁾	11.08±0.26	5.17±0.2	0.83±0.0
Novelose330⁸⁾	11.68±0.18	5.22±0.1	0.29±0.0

**Rice flours were mixed with 20% RS below;*

- 1) ARS-CA : Rice starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 2) AWS-CA : Wheat starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 3) RRS4 : Cross-linked rice starch
- 4) WRS4 : Cross-linked wheat starch
- 5) AnRRS4 : Annealed and cross-linked rice starch
- 6) AnWRS4 : Annealed and cross-linked wheat starch
- 7) AcWRS4 : Acid treated and cross-linked wheat starch
- 8) Novelose 330 : Commercial RS 3 starch from Nation Starch. Co., USA

하였으며, 단백질함량은 5.06~5.29%로 RS를 혼합하지 않은 쌀가루에 비해 단백질 함량이 감소되었고 회분의 경우 RS첨가에 따라 감소하였다.

나. 이화학적 특성

저항전분을 첨가한 쌀가루의 팽윤력과 용해도는 표 2-5와 같았다. 끓는 물에서 측정된 저항전분 첨가 쌀가루의 팽윤력은 저항전분의 종류와는 상관없이 모두 무첨가군에 비해 낮았다. 이는 쌀가루에 첨가된 저항전분이 부분적으로 쌀가루의 팽윤을 방해하여 팽윤력이 감소된 것으로 보이며 팽윤력의 크기는 RS 3형 전분이 RS 4형 전분보다 컸다. 그러나, 저항 전분의 팽윤력 차이에 비해 저항전분 첨가 쌀가루의 팽윤력 차이는 크지 않았는데 특히, 쌀 전분으로 만든 저항 전분을 쌀가루에 첨가했을 때 RS 3형 전분과 RS 4형 전분과의 팽윤력 차이가 적었다. 용해도의 경우에는 0.5% citric acid을 첨가하여 가열-냉각 처리한 전분의 용해도가 무첨가군이나 RS 4형 전분을 첨가한 시료에 비해 높게 나타났고, 쌀전분보다는 밀전분으로 제조된 저항전분에서 더 높게 나타났다. 이 또한, 저항전분의 용해도 특성이 반영된 것으로 생각되었다. 이는 고압멸균에 의해 호화된 전분은 무정형 부분이 쉽게 용해될 수 있어 용해도가 높게 측정되는데 비해 RS 4형 전분은 전분 입자가 파괴되지 않고 전분입자의 표면 단백질 막이 유지된 상태이므로 입자 안에 있는 용해성 분자들이 빠져 나오지 못해 용해도가 낮은 것으로 설명될 수 있다.

물 결합능력 또한 용해도와 같은 경향을 보여 0.5% citric acid을 첨가하여 가열-냉각 처리한 전분의 물 결합능력이 무첨가군이나 RS 4형 전분을 첨가한 시료에 비해 높았다. 이러한 결과는 RS 3형 전분의 구조에 기인한 것으로, RS 3형 전분은 효소에 저항성을 갖는 결정부분 이외의 나머지 분획은 호화된 무정형 상태이기 때문에 수분 흡수율이 증가한 것이라고 생각된다.

Table 2-5. Characteristics of RS containing rice flours

Mixtures*	RS yield (%)	Swelling power at boiling water	Solubility(%) at boiling water	Water binding capacity(%)
No addition	6.20±0.0	27.37±0.4	59.15±2.2	186.55±1.1
ARS-CA ¹⁾	6.58±0.0	19.91±1.7	65.21±2.1	231.37±8.8
AWS-CA ²⁾	7.52±0.0	20.24±1.9	73.81±0.7	200.76±14.0
RRS4 ³⁾	7.95±0.2	17.48±0.4	50.88±1.7	191.93±10.9
WRS4 ⁴⁾	8.83±0.0	15.83±1.8	52.11±4.6	190.98±6.7
AnRRS4 ⁵⁾	7.97±0.3	17.33±1.6	46.01±0.3	189.89±4.9
AnWRS4 ⁶⁾	8.26±0.0	16.33±1.4	51.02±3.2	213.24±5.4
AcWRS4 ⁷⁾	8.17±0.0	15.96±0.3	45.52±1.6	180.99±5.1
Novelose330 ⁸⁾	15.21±0.8	26.17±2.9	31.28±0.9	173.69±1.6

*Rice flours were mixed with 20% RS below;

- 1) ARS-CA : Rice starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 2) AWS-CA : Wheat starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 3) RRS4 : Cross-linked rice starch
- 4) WRS4 : Cross-linked wheat starch
- 5) AnRRS4 : Annealed and cross-linked rice starch
- 6) AnWRS4 : Annealed and cross-linked wheat starch
- 7) AcWRS4 : Acid treated and cross-linked wheat starch
- 8) Novelose 330 : Commercial RS 3 starch from Nation Starch. Co., USA

다. 신속점도측정계에 의한 호화특성

여러 종류의 저항전분과 시판 저항전분인 Novelose 330을 첨가한 쌀가루의 호화 양상은 표 2-6과 같았다. Novelose 330은 RS3형 전분으로 고아밀로오스 옥수수전분으로 만들며 RS 함량이 최소 30% 이상되는 저항전분이다. 저항전분 첨가 쌀가루의 호화 온도는 65.9~70.2℃로 무첨가군과 비슷하거나 낮았다. 쌀가루의 점도는 저항전분의 종류에 무관하게 저항전분 첨가에 따라 낮아져 무첨가 시료의 피크 점도가 514.7 RVU인데 비해 저항전분을 첨가한 쌀가루 믹스의 피크 점도는 151.8~475.4 RVU였다. 점도의 변화 정도는 전분의 종류와 저항전분 제조방법에 따라서 차이가 커, citric acid를 첨가하여 가열-냉각 처리한 경우 쌀전분으로 만든 저항전분 첨가군(ARS-CA)의 피크 점도가 475.4 RVU인데 비해 밀전분으로 만든 저항전분 첨가군(AWS-CA)은 151.8 RVU로 나타났다. 저항전분 제조방법에 따라서는 쌀전분과 밀전분이 각각 다른 양상을 보였는데 쌀전분의 피크 점도는 가열-냉각 처리>가교결합>annealing 후 가교결합 순이었고 밀전분은 annealing 후 가교결합>가교결합>산 처리 후 annealing + 가교결합>가열-냉각 처리의 순으로 컸다. 이와 같이 저항전분의 제조방법이 같더라도 전분의 종류나 구조에 따라 저항전분의 수율 뿐 아니라 이화학적 특성과 호화 특성이 다르게 나타나므로 저항전분을 제품에 적용하고자 할 때는 전분의 급원 또한 고려해야 할 것이라고 생각된다.

3. 떡의 제조조건 확립

가. 멥쌀가루를 이용한 가래떡의 제조

실험실 조건에 적합하면서 품질이 우수한 가래떡의 제조조건을 찾기 위하여 1 kg과 250 g procedure의 두가지 scale로 실험하였다. 쌀가루 1 kg을 기준으로 수분함량이 약 50%가 되도록 소금물(물 1컵, 소금 2큰술)을 넣고

Table 2-6. Pasting characteristics of RS containing rice flours by Rapid Visco-Analyzer

Mixtures*	Pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU)					
		Peak (P)	Holding at 95°C (H)	Cold (C)	Consistency (C-H)	Break-down (P-H)	Setback (C-P)
No addition	69.5	514.7	257.0	392.8	135.8	257.7	-121.9
ARS-CA ¹⁾	65.9	475.4	212.1	327.0	114.9	263.3	-148.4
AWS-CA ²⁾	70.2	151.8	100.1	152.2	52.1	51.7	0.4
RRS4 ³⁾	67.3	392.2	243.7	365.8	122.1	148.5	-26.4
WRS4 ⁴⁾	68.8	260.2	194.1	312.9	118.8	66.1	52.7
AnRRS4 ⁵⁾	69.2	389.0	220.3	358.1	137.8	168.7	-30.9
AnWRS4 ⁶⁾	69.0	325.3	191.6	329.5	137.9	133.7	4.2
AcWRS4 ⁷⁾	68.5	258.8	178.3	294.5	116.2	80.5	35.7
Novelose330 ⁸⁾	67.8	311.8	157.3	234.7	77.4	154.5	-24.1

*Rice flours were mixed with 20% RS below;

- 1) ARS-CA : Rice starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 2) AWS-CA : Wheat starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 3) RRS4 : Cross-linked rice starch
- 4) WRS4 : Cross-linked wheat starch
- 5) AnRRS4 : Annealed and cross-linked rice starch
- 6) AnWRS4 : Annealed and cross-linked wheat starch
- 7) AcWRS4 : Acid treated and cross-linked wheat starch
- 8) Novelose 330 : Commercial RS 3 starch from Nation Starch. Co., USA

혼합하여 체에 내린 후 찜기에서 30분간(열원: LPG, 강) 찜다. 찜 반죽은 혼합기(N50, Hobart, USA)의 회전속도 2단계로 5분간 치냈다. 이를 절편틀에 넣고 직경 3 cm, 두께 1 cm로 떡을 성형한 후 포장지(CRYOVAC D-955, W.R. Grace Co., USA)와 전기접착기(SK-210, 삼보테크주식회사, 한국)를 이용하여 개별포장하였다. 250g procedure는 쌀가루 250g에 소금물(물 75 ml, 소금 3.75g)을 넣고 위와 같은 방법으로 찜기에서 찜 후 찜 반죽을 만능녹즙기((주)동아오스카)로 3회 압출시켜(분쇄노즐 사용) 가래떡 형태의 떡을 얻었다. 이를 직경 2cm × 높이 1cm 크기로 절단하여 10개씩 은박접시에 담고 포장지로 포장하였다. 실험 결과 1 kg procedure의 경우 한 번에 많은 양의 쌀가루를 사용함으로써 실제적인 사용량에 가까웠으나 반죽기에서 치는 동안 수분이 증발하는 문제점과 성형시 절편틀을 사용하기 때문에 일정한 크기의 시료를 얻기가 어려웠으며 시간이 많이 걸리는 단점이 있었다. 이에 비해 250 g의 시료를 사용했을때는 소량의 시료로 일정한 모양의 떡을 얻을 수 있었고 은박접시를 사용하여 저장 시 형태유지에도 잇점이 있었다. 단, 떡을 1 cm 길이로 절단할 때 크기가 약간 달라지는 경우가 있었으나 이는 레오메타 측정시 측정조건을 변화시키고 시료 수를 증가시켜 보완하였다.

4. 변성전분을 첨가한 떡의 제조 및 텍스처 특성 비교

가. 변성전분을 첨가한 가래떡의 물성 특성

1) RS 3형 전분을 첨가한 가래떡의 물성 특성

RS 3형 전분을 첨가한 가래떡을 실온에서 1일까지 저장하면서 측정한 텍스처 특성은 표 2-7~9와 같았다. 저항전분을 첨가한 시료의 경우 첨가량이나 저장 온도에 관계없이 무첨가 시료에 비해 경도는 낮고 부착성과 탄성은 높았다. 저장하지 않은 가래떡의 경우 저항전분 첨가에 따른 경도의 감소 정도는 비슷하였으나 실온에서 1일 저장했을 때 Novelose 330을 첨가한 시료

Table 2-7. Effects of autoclaved-cooled starches on the textural properties of 5% RS added *Garredduk* stored at room temperature ($p < 0.05$)*

Characteristics		Storage time (day)	
		0	1
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	6543.00 ± 364.7
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-50.29 ± 8.6
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.81 ± 0.1
ARS-CA	Hardness	1656.43 ± 108.8	4127.71 ± 884.0
	Adhesiveness	-44.00 ± 4.3	-46.57 ± 4.8
	Springiness	1.06 ± 0.1	1.03 ± 0.1
	Cohesiveness	1.10 ± 0.12	0.88 ± 0.1
AWS-CA	Hardness	1845.86 ± 310.8	3725.43 ± 386.3
	Adhesiveness	-35.43 ± 3.5	-51.86 ± 5.73
	Springiness	1.03 ± 0.0	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.95 ± 0.1	0.90 ± 0.1
Novelose 330	Hardness	1839.71 ± 241.9	3393.14 ± 694.3
	Adhesiveness	-31.57 ± 5.9	-34.00 ± 4.0
	Springiness	1.01 ± 0.0	1.00 ± 0.0
	Cohesiveness	0.88 ± 0.1	0.76 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-8. Effects of autoclaved-cooled starches on the textural properties of 10% RS added *Garredduk* stored at room temperature ($p < 0.05$)^{*}

Characteristics		Storage time (day)	
		0	1
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	6543.00 ± 364.7
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-50.29 ± 8.6
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.81 ± 0.1
ARS-CA	Hardness	1411.29 ± 539.1	5105.57 ± 591.5
	Adhesiveness	-45.87 ± 8.9	-46.86 ± 10.3
	Springiness	1.09 ± 0.0	1.02 ± 0.0
	Cohesiveness	1.20 ± 0.1	0.87 ± 0.1
AWS-CA	Hardness	1551.14 ± 155.4	3913.00 ± 471.2
	Adhesiveness	-23.29 ± 3.5	-47.71 ± 5.35
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.03 ± 0.0
	Cohesiveness	0.87 ± 0.1	0.89 ± 0.1
Novelose 330	Hardness	1016.57 ± 174.2	1729.00 ± 173.4
	Adhesiveness	-19.14 ± 3.7	-19.86 ± 3.1
	Springiness	1.04 ± 0.0	1.02 ± 0.0
	Cohesiveness	0.97 ± 0.1	0.85 ± 0.1

^{*}The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-9. Effects of autoclaved-cooled starches on the textural properties of 20% RS added *Garredduk* stored at room temperature ($p < 0.05$)^{*}

Characteristics RS 3 type starch		Storage times (day)	
		0	1
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	6543.00 ± 364.7
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-50.29 ± 8.6
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.81 ± 0.1
ARS-CA	Hardness	1819.57 ± 187.6	4900.29 ± 874.3
	Adhesiveness	-36.86 ± 5.5	-46.43 ± 15.0
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.02 ± 0.1
	Cohesiveness	1.02 ± 0.1	0.82 ± 0.2
AWS-CA	Hardness	1866.00 ± 214.5	5611.86 ± 236.4
	Adhesiveness	-41.14 ± 7.9	-73.00 ± 9.4
	Springiness	1.03 ± 0.0	0.93 ± 0.1
	Cohesiveness	0.97 ± 0.1	0.64 ± 0.1
Novelose 330	Hardness	979.00 ± 249.1	1594.43 ± 227.2
	Adhesiveness	-22.57 ± 5.8	-20.29 ± 3.3
	Springiness	1.06 ± 0.1	1.03 ± 0.0
	Cohesiveness	0.96 ± 0.1	0.81 ± 0.1

^{*}The means with the same letters are not statistically different.

의 경도가 가장 낮았다.

첨가수준에 따라서는 0.5% citric acid을 첨가하여 가열-냉각 처리한 쌀전분과 밀전분을 첨가한 시료의 경우 10% 첨가했을 때 경도가 가장 감소되었고 20%를 첨가하면 약간 증가하였으나 그 정도는 미미하였으며 Novelose 330을 첨가한 시료는 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하였다. 그러나 Novelose 330을 첨가한 시료의 경우 저장에 따른 경도변화는 적지만 가래떡이 풀어지는 경향이 있어 가래떡 특유의 쫄깃쫄깃한 성질을 만족시킬 수 없는 없었다. 인절미 제조 시에도 수분함량이 많을수록 경도는 낮고 부착성은 높지만 전통적인 인절미의 맛과 차이가 있다고 보고된 바 있어 가래떡의 제조 시에도 떡의 노화를 억제시키면서 동시에 고유의 텍스처를 유지시켜 주는 것이 중요하다고 생각되었다. 가래떡을 냉동했을 때는 가래떡의 경도가 저장 1일까지는 급격히 증가하다가 완만해졌고, 저항전분의 종류에 관계없이 저항전분 첨가에 따라 가래떡의 노화가 억제되었다(표 2-10~12). 떡은 수분이 많은 식품으로서 저장에 따라 수분 손실로 인한 전분의 노화가 잘 일어나기 때문에 떡의 텍스처가 일정하도록 수분을 유지시켜 주는 것이 필요한데 가열-냉각 처리한 RS 형성 전분은 높은 물 결합능력을 가지고 있어 떡의 저장 중 품질 유지에 도움을 줄 것이라고 생각되었다.

2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 가래떡의 물성

RS 4형 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 전분을 첨가하여 제조한 가래떡을 실온저장했을 때의 텍스처 특성은 표 2-13~15와 같다. 실온에서 떡을 저장한 경우 RS 첨가 여부와는 무관하게 모든 시료의 경도가 증가하였고 탄성과 응집성은 감소하였다(표 2-13~15). RS 4형 전분을 첨가한 가래떡의 경도는 대체적으로 첨가하지 않은 시료에 비해 낮았는데 실

Table 2-10. Effects of autoclaved-cooled starches on the textural properties of 5% RS added *Garredduk* stored at -18 °C (p<0.05)*

RS type	Characteristics	Storage time (day)			
		0	1	3	7
No addition	Hardness	2944.14±382.7	5369.00±855.4	4155.86±620.9	4627.86±704.8
	Adhesiveness	-53.57±7.6	-62.00±10.0	-62.57±12.5	-58.00±9.0
	Springiness	1.02±0.0	0.99±0.0	1.04±0.0	1.00±0.0
	Cohesiveness	0.95±0.0	0.83±0.1	0.96±0.1	0.87±0.1
ARS-CA	Hardness	1656.43±108.8	5239.43±882.8	5264.71±933.2	3764.43±391.9
	Adhesiveness	-44.00±4.3	-54.29±13.8	-57.14±16.0	-44.29±5.4
	Springiness	1.06±0.1	0.99±0.1	1.00±0.1	1.06±0.1
	Cohesiveness	1.10±0.12	0.78±0.2	0.82±0.1	0.93±0.1
AWS-CA	Hardness	1845.86±310.8	4546.27±685.2	3144.86±742.8	3348.71±391.2
	Adhesiveness	-35.43±3.5	-56.29±12.2	-47.43±9.4	-46.86±4.9
	Springiness	1.03±0.0	1.01±0.0	1.01±0.0	1.03±0.0
	Cohesiveness	0.95±0.1	0.86±0.1	0.98±0.1	0.95±0.1
Novelose 330	Hardness	1839.71±241.9	2351.71±250.4	2583.29±449.1	2591.71±295.8
	Adhesiveness	-31.57±5.9	-29.00±2.8	-37.00±7.3	-35.00±5.6
	Springiness	1.01±0.0	1.04±0.1	1.01±0.0	1.01±0.0
	Cohesiveness	0.88±0.1	0.88±0.1	0.89±0.1	0.83±0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-11. Effects of autoclaved-cooled starches on the textural properties of 10% RS added Garredduk stored at -18°C (p<0.05)*

RS 3	Characteristics	Storage time (days)			
		0	1	3	7
No addition	Hardness	2944.14±382.7	5369.00±855.4	4155.86±620.9	4627.86±704.8
	Adhesiveness	-53.57±7.6	-62.00±10.0	-62.57±12.5	-58.00±9.0
	Springiness	1.02±0.0	0.99±0.0	1.04±0.0	1.00±0.0
	Cohesiveness	0.95±0.0	0.83±0.1	0.96±0.1	0.87±0.1
ARS-CA	Hardness	1411.29±539.1	5541.43±982.0	9243.00±1757.7	5187.33±1162.0
	Adhesiveness	-45.87±8.9	-61.71±13.9	-65.71±24.4	-46.67±8.2
	Springiness	1.09±0.0	1.00±0.1	0.96±0.1	1.01±0.1
	Cohesiveness	1.20±0.1	0.77±0.1	0.74±0.1	0.83±0.1
AWS-CA	Hardness	1551.14±155.4	3441.86±596.3	4687.14±964.3	4070.86±624.6
	Adhesiveness	-23.29±3.5	-40.71±8.0	-51.86±11.3	-51.29±9.0
	Springiness	1.02±0.0	1.01±0.0	1.09±0.0	1.04±0.1
	Cohesiveness	0.87±0.1	0.88±0.1	0.92±0.0	0.87±0.1
Novelose 330	Hardness	1839.71±241.9	2473.71±532.1	2066.71±303.6	2074.14±379.5
	Adhesiveness	-31.57±5.9	-31.14±7.2	-27.29±2.1	-30.14±5.2
	Springiness	1.01±0.0	1.01±0.0	1.02±0.0	1.02±0.0
	Cohesiveness	0.88±0.1	0.83±0.0	0.85±0.1	0.84±0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-12. Effects of autoclaved-cooled starches on the textural properties of 20% RS added *Garredduk* stored at -18°C (p<0.05)*

RS type	Characteristics	Storage time (days)			
		0	1	3	7
No addition	Hardness	2944.14±382.7	5369.00±855.4	4155.86±620.9	4627.86±704.8
	Adhesiveness	-53.57±7.6	-62.00±10.0	-62.57±12.5	-58.00±9.0
	Springiness	1.02±0.0	0.99±0.0	1.04±0.0	1.00±0.0
	Cohesiveness	0.95±0.0	0.83±0.1	0.96±0.1	0.87±0.1
ARS-CA	Hardness	1819.57±187.6	4885.71±1002.1	2891.00±391.5	3815.43±338.5
	Adhesiveness	-36.86±5.5	-41.14±7.0	-46.71±9.8	-40.29±3.5
	Springiness	1.02±0.0	1.02±0.0	1.08±0.1	1.04±0.1
	Cohesiveness	1.20±0.1	0.88±0.1	1.04±0.1	0.88±0.1
AWS-CA	Hardness	1866.00±214.5	2933.57±367.6	3330.71±297.4	3733.86±345.5
	Adhesiveness	-41.14±7.9	-33.14±4.8	-31.86±2.9	-32.86±3.2
	Springiness	1.02±0.0	1.02±0.0	1.02±0.0	0.97±0.1
	Cohesiveness	0.87±0.1	0.78±0.1	0.77±0.1	0.77±0.1
Novelose 330	Hardness	1839.71±241.9	1916.00±414.4	2051.57±431.4	1970.57±325.4
	Adhesiveness	-31.57±5.9	-22.43±4.0	-32.00±10.0	-24.14±4.8
	Springiness	1.01±0.0	1.02±0.0	1.03±0.0	1.00±0.0
	Cohesiveness	0.88±0.1	0.77±0.1	0.77±0.1	0.72±0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

온에서 저장했을 때는 저장기간이나 첨가량에 상관없이 저항전분을 첨가한 모든 시료의 경도가 무첨가 시료에 비해 낮게 나타났다.

전분의 종류에 따라서는 밀전분으로 제조한 RS 4형 전분이 쌀전분으로 제조한 것에 비해 노화억제 효과가 더 컸으며 그 중 가교결합 RS 4 전분(WRS4)을 첨가했을 때 저장 1일까지의 경도 변화가 가장 적었다. 첨가수준에 따라서는 쌀전분을 가교결합시켜 제조한 RS 4 전분(RRS4)을 첨가한 경우 첨가량의 증가에 따라 경도가 증가하였고 부착성은 감소하였으며 20%를 첨가했을 때는 무첨가 시료와 비슷한 경도를 보였다. WRS4를 첨가한 가래떡은 RS 형성전분의 첨가량이 증가함에 따라 경도가 감소하였고 가교결합시키기 전에 annealing 처리하거나 산처리하여 annealing한 시료의 경우 10% 첨가했을 때 경도가 가장 낮았다. 가열-냉각시켜 제조한 저항전분과 가교결합 저항전분을 각각 첨가하여 가래떡을 제조한 후 실온에서 저장했을 때 RS 4형 전분을 첨가한 가래떡의 경도 변화가 가열-냉각 처리구에 비해 적었다.

RS 4형 전분이 첨가된 가래떡을 냉동온도 조건에서 저장했을 때의 텍스처 특성은 표 2-16~18과 같았다. 냉동된 떡을 꺼내 실온에서 1시간동안 자연 해동시켜 시료로 사용하였다. 무첨가군의 경도는 냉동 1일까지 증가하였다가 약간 낮아진 상태가 7일까지 유지되었고 저항전분의 첨가수준과는 상관없이 저항전분을 첨가한 모든 시료의 경도는 무첨가군과 비슷하거나 낮아진 경향이였다. 대부분의 가래떡은 냉동 저장 1일까지는 경도가 증가하다가 그 이후로 완만한 증가를 보였고 첨가수준에 따른 차이는 크지 않았다. 제조된 가래떡은 섭취할 때까지 냉동 보관하는 경우가 많은데 저항전분을 첨가하여 냉동 저장한 가래떡의 경도가 높지 않은 것은 바람직한 일이라 생각된다. 또한, RS 3형 전분에 비해 첨가량에 따른 경도의 변화가 크지 않아 RS 3형 전분보다는 RS 4형 전분이 냉동조건에 안정한 것으로 여겨진다.

Table 2-13. Effects of chemically modified and double modified starches on the textural properties of 5% RS added *Garredduk* stored at room temperature ($p < 0.05$)

Characteristics RS 4 type starch		Storage time (days)	
		0	1
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	6543.00 ± 364.7
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-50.29 ± 8.6
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.81 ± 0.1
RRS4	Hardness	1839.00 ± 356.97	3144.29 ± 486.8
	Adhesiveness	-44.14 ± 4.30	-52.71 ± 8.2
	Springiness	1.06 ± 0.0	1.06 ± 0.1
	Cohesiveness	1.12 ± 0.1	1.02 ± 0.1
WRS4	Hardness	3031.29 ± 427.2	3230.86 ± 177.6
	Adhesiveness	-49.29 ± 4.6	-46.00 ± 7.2
	Springiness	1.01 ± 0.0	1.02 ± 0.0
	Cohesiveness	0.91 ± 0.1	0.91 ± 0.1
AnRRS4	Hardness	1925.43 ± 133.6	5420.43 ± 171.6
	Adhesiveness	-38.43 ± 3.8	-108.00 ± 25.8
	Springiness	1.02 ± 0.0	0.92 ± 0.1
	Cohesiveness	0.93 ± 0.0	0.63 ± 0.1
AnWRS4	Hardness	1754.71 ± 228.3	3377.71 ± 896.4
	Adhesiveness	-27.43 ± 3.6	-37.71 ± 7.9
	Springiness	1.06 ± 0.1	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.94 ± 0.1	0.83 ± 0.1
AcWRS4	Hardness	3206.43 ± 544.7	5793.86 ± 332.5
	Adhesiveness	-60.86 ± 12.7	-102.71 ± 22.3
	Springiness	1.00 ± 0.1	0.88 ± 0.0
	Cohesiveness	0.93 ± 0.1	0.56 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-14. Effects of chemically modified and double modified starches on the textural properties of 10% RS added *Garredduk* stored at room temperature (p<0.05)*

Characteristics RS 4 type starch		Storage time (days)	
		0	1
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	6543.00 ± 364.7
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-50.29 ± 8.6
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.81 ± 0.1
RRS4	Hardness	2137.57 ± 307.5	5013.29 ± 779.2
	Adhesiveness	-52.57 ± 7.4	-82.14 ± 31.0
	Springiness	1.03 ± 0.0	0.95 ± 0.1
	Cohesiveness	1.01 ± 0.1	0.79 ± 0.2
WRS4	Hardness	1954.14 ± 447.8	2574.57 ± 433.7
	Adhesiveness	-41.29 ± 8.2	-53.57 ± 11.0
	Springiness	1.04 ± 0.0	1.03 ± 0.0
	Cohesiveness	0.90 ± 0.1	0.90 ± 0.1
AnRRS4	Hardness	1675.00 ± 213.2	3585.71 ± 388.9
	Adhesiveness	-36.57 ± 5.0	-66.14 ± 10.1
	Springiness	1.01 ± 0.1	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.92 ± 0.1	0.84 ± 0.0
AnWRS4	Hardness	1597.86 ± 370.7	3220.29 ± 298.8
	Adhesiveness	-24.71 ± 3.9	-43.57 ± 10.7
	Springiness	1.06 ± 0.1	1.04 ± 0.1
	Cohesiveness	0.94 ± 0.1	0.81 ± 0.1
AcWRS4	Hardness	2135.57 ± 356.5	5598.57 ± 739.9
	Adhesiveness	-49.86 ± 10.3	-60.141 ± 81.7
	Springiness	0.98 ± 0.1	0.95 ± 0.1
	Cohesiveness	0.93 ± 0.1	0.67 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-15. Effects of chemically modified and double modified starches on the textural properties of 20% RS added *Garredduk* stored at room temperature ($p < 0.05$)

Characteristics			
RS 4 type starch		0	1
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	6543.00 ± 364.7
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-50.29 ± 8.6
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.81 ± 0.1
RRS4	Hardness	3593.57 ± 414.6	6295.43 ± 576.2
	Adhesiveness	-93.29 ± 17.8	-82.14 ± 31.0
	Springiness	1.02 ± 0.0	0.95 ± 0.1
	Cohesiveness	0.96 ± 0.1	0.79 ± 0.2
WRS4	Hardness	1076.00 ± 146.7	1254.57 ± 107.6
	Adhesiveness	-36.00 ± 5.2	-32.14 ± 6.1
	Springiness	1.05 ± 0.1	1.03 ± 0.0
	Cohesiveness	0.92 ± 0.1	0.82 ± 0.1
AnRRS4	Hardness	2213.00 ± 242.7	3625.86 ± 302.1
	Adhesiveness	-54.71 ± 11.0	-66.57 ± 4.3
	Springiness	1.00 ± 0.0	1.00 ± 0.0
	Cohesiveness	0.83 ± 0.1	0.83 ± 0.0
AnWRS4	Hardness	2222.71 ± 161.9	2940.14 ± 181.0
	Adhesiveness	-38.86 ± 2.1	-43.00 ± 7.9
	Springiness	1.03 ± 0.0	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.83 ± 0.1	0.77 ± 0.1
AcWRS4	Hardness	3468.86 ± 500.9	5446.00 ± 1016.4
	Adhesiveness	-76.00 ± 17.6	-95.86 ± 16.2
	Springiness	0.89 ± 0.4	1.03 ± 0.0
	Cohesiveness	0.93 ± 0.1	0.84 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-16. Effects of chemically modified and double modified starches types on the textural properties of 5% RS added *Garredduk* stored at -18°C (p<0.05)*

Characteristics					
RS 4 type starch		0	1	3	7
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	5369.00 ± 855.4	4155.86 ± 620.9	4627.86 ± 704.8
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-62.00 ± 10.0	-62.57 ± 12.5	-58.00 ± 9.0
	Springiness	1.02 ± 0.0	0.99 ± 0.0	1.04 ± 0.0	1.00 ± 0.0
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.83 ± 0.1	0.96 ± 0.1	0.87 ± 0.1
RRS4	Hardness	1839.00 ± 357.0	3961.86 ± 409.0	4701.00 ± 1242.3	4230.57 ± 627.8
	Adhesiveness	-44.14 ± 4.3	-62.71 ± 6.0	-65.71 ± 11.3	-80.43 ± 12.3
	Springiness	1.06 ± 0.0	1.02 ± 0.0	1.14 ± 0.2	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	1.12 ± 0.1	0.94 ± 0.1	0.97 ± 0.2	0.91 ± 0.1
WRS4	Hardness	3031.29 ± 427.2	3293.57 ± 758.6	1980.71 ± 378.9	2055.00 ± 312.1
	Adhesiveness	-49.29 ± 4.6	-46.71 ± 10.3	-42.29 ± 6.4	-41.57 ± 5.2
	Springiness	1.01 ± 0.0	1.03 ± 0.0	1.04 ± 0.0	1.04 ± 0.1
	Cohesiveness	0.91 ± 0.1	0.94 ± 0.1	1.08 ± 0.1	0.90 ± 0.1
AnRRS4	Hardness	1925.43 ± 133.6	3513.43 ± 1030.2	4320.14 ± 729.0	4679.00 ± 647.1
	Adhesiveness	-38.43 ± 3.8	-68.00 ± 13.7	-60.00 ± 10.1	-64.43 ± 12.1
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.04 ± 0.0	1.01 ± 0.0	0.99 ± 0.0
	Cohesiveness	0.93 ± 0.0	0.91 ± 0.1	0.81 ± 0.1	0.85 ± 0.1
AnWRS4	Hardness	1754.71 ± 228.3	3334.43 ± 379.5	4480.43 ± 680.4	3442.71 ± 281.2
	Adhesiveness	-27.43 ± 3.6	-47.14 ± 9.5	-64.43 ± 14.8	-47.00 ± 7.9
	Springiness	1.06 ± 0.1	1.03 ± 0.1	1.02 ± 0.0	1.06 ± 0.0
	Cohesiveness	0.94 ± 0.1	0.87 ± 0.1	0.83 ± 0.1	0.88 ± 0.1
AcWRS4	Hardness	3206.43 ± 544.7	5058.86 ± 672.4	4645.14 ± 500.0	4784.71 ± 687.1
	Adhesiveness	-60.86 ± 12.7	-96.57 ± 49.3	-71.57 ± 18.6	-69.00 ± 10.6
	Springiness	1.00 ± 0.1	0.98 ± 0.1	1.02 ± 0.0	1.03 ± 0.1
	Cohesiveness	0.93 ± 0.1	0.76 ± 0.2	0.87 ± 0.1	0.86 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-17. Effects of chemically modified and double modified starches on the textural properties of 10% RS added *Garredduk* stored at -18°C (p<0.05)*

Characteristics RS 4 type starch		0	1	3	7
		Hardness	2944.14 ± 382.7	5369.00 ± 855.4	4155.86 ± 620.9
No addition	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-62.00 ± 10.0	-62.57 ± 12.5	-58.00 ± 9.0
	Springiness	1.02 ± 0.0	0.99 ± 0.0	1.04 ± 0.0	1.00 ± 0.0
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.83 ± 0.1	0.96 ± 0.1	0.87 ± 0.1
RRS4	Hardness	2137.57 ± 307.5	4347.86 ± 615.8	4915.43 ± 549.9	5208.86 ± 446.2
	Adhesiveness	-52.57 ± 7.4	-76.00 ± 13.1	-81.43 ± 16.8	-92.43 ± 28.3
	Springiness	1.03 ± 0.0	1.03 ± 0.0	1.05 ± 0.1	1.02 ± 0.1
WRS4	Cohesiveness	1.01 ± 0.1	0.95 ± 0.1	0.90 ± 0.1	0.83 ± 0.1
	Hardness	1954.14 ± 447.8	1999.57 ± 373.6	1803.86 ± 188.9	2055.00 ± 312.1
	Adhesiveness	-41.29 ± 8.2	-39.14 ± 8.5	-34.14 ± 2.3	-41.57 ± 5.2
AnRRS4	Springiness	1.04 ± 0.0	1.09 ± 0.2	1.02 ± 0.0	1.04 ± 0.1
	Cohesiveness	0.90 ± 0.1	0.98 ± 0.3	0.91 ± 0.1	0.90 ± 0.1
	Hardness	1675.00 ± 213.2	2709.29 ± 214.3	3020.00 ± 406.9	3081.00 ± 433.9
AnWRS4	Adhesiveness	-36.57 ± 5.0	-43.57 ± 5.4	-48.14 ± 16.3	-48.43 ± 9.9
	Springiness	1.01 ± 0.1	1.01 ± 0.1	1.00 ± 0.0	1.00 ± 0.0
	Cohesiveness	0.92 ± 0.1	0.85 ± 0.1	0.82 ± 0.1	0.82 ± 0.1
AcWRS4	Hardness	1597.86 ± 370.7	4050.29 ± 522.6	4441.29 ± 718.4	3092.57 ± 654.0
	Adhesiveness	-24.71 ± 3.9	-50.29 ± 4.3	-68.43 ± 15.3	-40.71 ± 8.4
	Springiness	1.06 ± 0.1	1.03 ± 0.0	1.01 ± 0.0	1.05 ± 0.0
AcWRS4	Cohesiveness	0.94 ± 0.1	0.81 ± 0.0	0.76 ± 0.0	0.81 ± 0.1
	Hardness	2135.57 ± 356.5	3223.17 ± 88.64	3445.71 ± 468.5	3187.86 ± 488.0
	Adhesiveness	-49.86 ± 10.3	-58.17 ± 9.2	-62.43 ± 7.3	-56.86 ± 8.9
AcWRS4	Springiness	0.98 ± 0.1	1.03 ± 0.1	1.03 ± 0.0	1.05 ± 0.1
	Cohesiveness	0.93 ± 0.1	0.95 ± 0.1	0.91 ± 0.1	0.92 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-18. Effects of chemically modified starches on the textural properties of 20% RS added *Garredduk* stored at -18°C (p<0.05)

Characteristics		RS type			
		0	1	3	7
No addition	Hardness	2944.14 ± 382.7	5369.00 ± 855.4	4155.86 ± 620.9	4627.86 ± 704.8
	Adhesiveness	-53.57 ± 7.6	-62.00 ± 10.0	-62.57 ± 12.5	-58.00 ± 9.0
	Springiness	1.02 ± 0.0	0.99 ± 0.0	1.04 ± 0.0	1.00 ± 0.0
	Cohesiveness	0.95 ± 0.0	0.83 ± 0.1	0.96 ± 0.1	0.87 ± 0.1
RRS4	Hardness	3593.57 ± 414.6	3827.00 ± 392.6	3892.29 ± 554.4	7972.14 ± 1305.1
	Adhesiveness	-93.29 ± 17.8	-58.29 ± 7.6	-91.29 ± 16.7	-145.14 ± 24.3
	Springiness	1.02 ± 0.0	1.02 ± 0.0	1.04 ± 0.1	1.00 ± 0.1
	Cohesiveness	0.96 ± 0.1	0.81 ± 0.0	0.97 ± 0.1	0.74 ± 0.1
WRS4	Hardness	1076.00 ± 146.7	1405.86 ± 131.0	1483.86 ± 124.9	1339.29 ± 92.1
	Adhesiveness	-36.00 ± 5.2	-42.14 ± 3.4	-37.86 ± 6.2	-37.00 ± 4.3
	Springiness	1.05 ± 0.1	1.02 ± 0.0	1.06 ± 0.1	1.03 ± 0.0
	Cohesiveness	0.92 ± 0.1	0.87 ± 0.1	0.87 ± 0.1	0.88 ± 0.1
AnRRS4	Hardness	2213.00 ± 242.7	2709.29 ± 214.3	3258.57 ± 157.1	3636.14 ± 619.3
	Adhesiveness	-36.57 ± 5.0	-43.57 ± 5.4	-57.00 ± 9.9	-63.43 ± 14.8
	Springiness	1.01 ± 0.1	1.01 ± 0.1	0.99 ± 0.0	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.92 ± 0.1	0.85 ± 0.1	0.78 ± 0.1	0.83 ± 0.1
AnWRS4	Hardness	2222.71 ± 161.9	3677.71 ± 410.4	3736.71 ± 364.4	3382.29 ± 403.8
	Adhesiveness	-38.86 ± 2.1	-58.29 ± 13.7	-64.86 ± 10.1	-56.14 ± 9.5
	Springiness	1.03 ± 0.0	1.04 ± 0.0	1.01 ± 0.0	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.83 ± 0.1	0.77 ± 0.1	0.76 ± 0.0	0.79 ± 0.1
AcWRS4	Hardness	3468.86 ± 500.9	4098.29 ± 920.5	3587.00 ± 380.7	3762.29 ± 594.5
	Adhesiveness	-76.00 ± 17.6	-78.43 ± 10.9	-78.71 ± 12.0	-74.57 ± 6.6
	Springiness	0.84 ± 0.1	1.06 ± 0.0	1.05 ± 0.1	1.01 ± 0.0
	Cohesiveness	0.93 ± 0.1	0.90 ± 0.1	0.92 ± 0.1	0.86 ± 0.1

*The means with the same letters are not statistically different.

나. 변성전분을 첨가한 인절미의 물성 특성

1) RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 물성 특성

RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 텍스처 특성은 표 2-19와 2-20과 같다. 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경도와 부착성은 저장 1일보다 저장 2일에 더 높았으며 저항전분의 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 이는 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분의 팽윤력이 멥쌀전분으로 제조한 경우보다 높은 것과 관계 있는 것으로 보인다. 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경도는 저장 기간이 길수록 증가하였으며 저항전분의 첨가량이 증가함에 따라 증가하였다. 멥쌀 전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경도가 찹쌀 전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 경우보다 높은 이유는 멥쌀 전분의 아밀로오스가 인절미의 노화를 촉진시켰기 때문으로 생각된다. 탄성과 응집성은 저장 기간이나 저항전분의 첨가량과 관계없이 각각 0.97 ~ 1.05, 0.93 ~ 1.15 이었다.

찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경우, 레오메타로 측정된 부착성과 경도($p < 0.001$), 부착성과 탄성($p < 0.01$), 부착성과 응집성($p < 0.001$)은 음의 상관관계를 보였으며, 탄성과 부착성($p < 0.001$)은 양의 상관관계를 나타내었다(표 2-37). 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 텍스처 특성은 경도와 부착성, 경도와 탄성, 경도와 응집성은 음의 상관관계를 보였으며($P < 0.05$), 탄성과 응집성은 양의 상관관계를 보였다($p < 0.001$)(표 2-38).

찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 색도는 표 2-21과 같이 L값은 72.52 ~ 75.94로 저장기간과 저항전분의 첨가량의 영향을 받지 않았으나 a값과 b값은 저항전분의 첨가량과 저장기간이 증가할수록 약간 감소하였다. 표 2-22는 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 색도이다. L값은 저장기간과 저항전분의 첨가량과 관계없이 72.21 ~

Table 2-19. Analysis of variance for rheological properties of *Injulmi* with RS-3 prepared from waxy rice starch

Characteristics		Storage time (day)	
		1	2
RS 3			
	Hardness	1359±86	1553±45
No addition	Adhesiveness	-12±1	-13±1
	Springiness	0.98±0.03	0.97±0.04
	Cohesiveness	0.95±0.05	0.93±0.11
10%	Hardness	733±84	1105±84
	Adhesiveness	-5±1	-6.2±1.1
	Springiness	1.10±0.08	1.01±0.05
	Cohesiveness	1.15±0.16	1.05±0.07
20%	Hardness	648±37	1015±80
	Adhesiveness	-5±1	-6±1
	Springiness	0.98±0.09	1.01±0.05
	Cohesiveness	1.01±0.09	1.05±0.07
30%	Hardness	598±33	799±35
	Adhesiveness	-4±1	-6±1
	Springiness	0.99±0.08	1.04±0.06
	Cohesiveness	1.03±0.10	1.10±0.08

Table 2-20. Analysis of variance for rheological properties of *Injulmi* with RS-3 type prepared from nonwaxy rice starch

Characteristics		Storage time (day)	
		1	2
RS 4			
	No addition		
	Hardness	1359±86	1553±45
	Adhesiveness	-12±1	-13±1
	Springiness	0.98±0.03	0.97±0.04
	Cohesiveness	0.95±0.05	0.93±0.11
10%	Hardness	1239±70	1560±70
	Adhesiveness	-11±2	-11±2
	Springiness	1.01±0.04	1.00±0.02
	Cohesiveness	1.06±0.06	1.01±0.06
20%	Hardness	1249±119	1750±76
	Adhesiveness	-7±1	-8±1
	Springiness	1.00±0.04	1.05±0.06
	Cohesiveness	1.01±0.06	1.07±0.09
30%	Hardness	1162±73	1691±222
	Adhesiveness	-9±2	-12±2
	Springiness	1.01±0.03	1.01±0.04
	Cohesiveness	0.99±0.12	1.02±0.11

Table 2-21. Color value of *Injulmi* with RS-3 prepared from waxy rice starch

RS type and addition level		Storage time (days)		
		0	1	2
No added	L	73.53±0.82	73.01±0.37	72.52±0.80
	a	-1.08±0.06	-1.15±0.04	-1.15±0.07
	b	8.20±0.31	7.81±0.12	7.82±0.37
10%	L	74.27±0.42	75.01±0.15	74.94±0.48
	a	-1.23±0.05	-1.35±0.06	-1.27±0.12
	b	7.24±0.34	7.35±0.07	7.49±0.38
RS-3 20%	L	75.19±0.34	75.94±0.28	74.75±0.38
	a	-1.24±0.05	-1.27±0.08	-1.35±0.12
	b	6.48±0.12	6.72±0.04	6.04±0.27
30%	L	75.43±0.74	74.28±0.13	74.54±0.33
	a	-1.24±0.05	-1.32±0.05	-1.28±0.12
	b	6.54±0.12	6.74±0.08	6.27±0.24

Table 2-22. Color value of *Injulmi* with RS-3 prepared from nonwaxy rice starch

RS type and addition level		Storage time (days)		
		0	1	2
No added	L	73.53±0.82	73.01±0.37	72.52±0.80
	a	-1.08±0.06	-1.15±0.04	-1.15±0.07
	b	8.20±0.31	7.81±0.12	7.82±0.37
10%	L	72.21±0.40	72.46±0.07	72.39±0.18
	a	-1.19±0.04	-1.17±0.12	-1.19±0.27
	b	7.27±0.34	7.42±0.08	7.54±0.28
RS-3 20%	L	72.45±0.22	72.04±0.24	73.25±0.28
	a	-1.24±0.05	-1.27±0.06	-1.33±0.02
	b	6.45±0.28	6.99±0.10	6.79±0.09
30%	L	72.28±0.33	74.27±0.22	75.08±0.33
	a	-1.38±0.23	-1.27±0.33	-1.24±0.21
	b	6.55±0.22	6.74±0.21	6.21±0.21

75.08 이었으며, a값과 b값은 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 경우와 같이 저항전분의 첨가량과 저장기간이 증가할수록 약간 감소하는 경향을 보였다. 이는 RS 3형 전분을 제조하는 과정에서 amino-carbonyl 반응으로 갈변 물질이 생성되었기 때문으로 보인다.

2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 물성 특성

가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 레오메타로 측정된 텍스처 특성은 표 2-23과 표 2-24와 같다. 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미는 무첨가 인절미에 비하여 경도와 부착성은 낮았고 저항전분의 첨가량과 저장기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 이러한 경향은 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 경우에 더 뚜렷하였다. 탄성과 응집성은 각각 0.90 ~ 1.07, 0.88 ~ 1.15 로 저항전분의 첨가량과 저장기간과 관계가 없었다.

가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 색도는 표 2-25와 표 2-26과 같다. L값, a값, b값은 저항전분의 첨가량이 증가할수록 감소하였으며 저장기간의 영향은 받지 않았다. 이상의 결과에서 인절미의 제조시 가교결합 RS 4 전분의 첨가가 더 적합할 것으로 보인다.

5. 변성전분을 첨가한 떡의 관능적 특성

가. 변성전분을 첨가한 가래떡의 관능적 특성

1) RS 3형 전분을 첨가한 가래떡의 관능적 특성

쌀가루에 5%의 저항전분을 첨가하여 제조한 가래떡을 실온에서 1일 저장

Table 2-23. Analysis of variance for rheological properties of *Injulmi* with RS-4

Characteristics		Storage time (day)		
		1	2	3
RS-4				
No addition	Hardness	1359±86	1553±45	1685±58
	Adhesiveness	-12±1	-13±1	-13±2
	Springiness	0.98±0.03	0.97±0.04	0.95±0.03
	Cohesiveness	0.95±0.05	0.93±0.11	0.94±0.07
10%	Hardness	833±54	1064±53	1295±39
	Adhesiveness	-5±1	-6±1	-5±1
	Springiness	1.03±0.05	1.03±0.02	0.99±0.04
	Cohesiveness	1.07±0.09	1.04±0.04	0.99±0.06
20%	Hardness	715±95	779±99	1287±93
	Adhesiveness	-5±1	-5±1	-7±1
	Springiness	0.94±0.07	1.55±0.99	0.90±0.05
	Cohesiveness	0.97±0.12	1.00±0.10	0.95±0.08
30%	Hardness	659±86	874±28	1400±188
	Adhesiveness	-6±1	-7±1	-8±1
	Springiness	1.08±0.12	1.03±0.06	1.02±0.05
	Cohesiveness	1.15±0.23	1.12±0.14	0.98±0.10

Table 2-24. Analysis of variance for rheological properties of *Injulmi* with RS-4 prepared from annealing treated starch

Characteristics		Storage time (day)		
		1	2	3
RS-4				
No addition	Hardness	1359±86	1553±45	1685±58
	Adhesiveness	-12±1	-13±1	-13±2
	Springiness	0.98±0.03	0.97±0.04	0.95±0.03
	Cohesiveness	0.95±0.05	0.93±0.11	0.94±0.07
10%	Hardness	974±56	1291±30	2521±253
	Adhesiveness	-6±1	-7±1	-10±1
	Springiness	1.02±0.06	1.03±0.06	1.02±0.02
	Cohesiveness	1.05±0.09	1.07±0.12	0.99±0.08
20%	Hardness	1255±187	1380±67	2307±399
	Adhesiveness	-6±2	-7±1	-11±2
	Springiness	1.03±0.05	1.02±0.03	1.02±0.03
	Cohesiveness	1.02±0.06	1.03±0.03	0.95±0.11
30%	Hardness	1103±101	1304±53	2638±228
	Adhesiveness	-6±2	-6±1	-12±2
	Springiness	1.02±0.04	0.99±0.02	1.02±0.04
	Cohesiveness	1.11±0.16	0.97±0.03	0.88±0.07

Table 2-25. Color value of *Injulmi* with RS-4

RS type and addition level		Storage time (days)			
		0	1	2	3
No added	L	73.53±0.82	73.01±0.37	72.52±0.80	72.38±0.77
	a	-1.08±0.06	-1.15±0.04	-1.15±0.07	-1.18±0.05
	b	8.20±0.31	7.81±0.12	7.82±0.37	7.49±0.27
10%	L	74.57±1.24	73.82±0.84	73.88±1.24	73.91±1.12
	a	-1.41±0.06	-1.37±0.10	-1.40±0.05	-1.35±0.07
	b	8.89±0.40	8.89±0.46	8.92±0.40	8.89±0.57
RS-4 20%	L	72.38±0.70	72.13±0.50	72.42±0.76	72.94±1.29
	a	-1.51±0.08	-1.50±0.06	-1.49±0.11	-1.15±0.10
	b	7.87±0.15	7.89±0.42	7.90±0.34	7.75±0.60
30%	L	71.98±0.59	71.44±0.75	71.20±0.75	71.40±0.87
	a	-1.44±0.13	-1.39±0.07	-1.42±0.08	-1.43±0.07
	b	7.29±0.34	7.29±0.17	7.30±0.14	7.43±0.35

Table 2-26. Color value of *Injulmi* with RS-4 prepared from annealing treated starch

RS type and addition level		Storage time (days)			
		0	1	2	3
No addition	L	73.53±0.82	73.01±0.37	72.52±0.80	72.38±0.77
	a	-1.08±0.06	-1.15±0.04	-1.15±0.07	-1.18±0.05
	b	8.20±0.31	7.81±0.12	7.82±0.37	7.49±0.27
10%	L	71.61±0.59	71.81±0.49	71.71±0.61	71.92±1.07
	a	-1.5±0.13	-1.51±0.06	-1.48±0.07	-1.46±0.08
	b	7.57±0.78	7.42±0.29	7.43±0.46	7.30±0.27
RS-4 20%	L	71.99±0.39	71.70±1.59	72.26±0.53	72.45±1.06
	a	-1.51±0.12	-1.52±0.11	-1.51±0.10	-1.50±0.12
	b	6.77±0.14	6.74±0.27	6.81±0.38	6.95±0.27
30%	L	72.65±0.68	72.25±0.72	71.92±0.93	71.81±0.97
	a	-1.37±0.03	-1.36±0.07	-1.34±0.04	-1.3±0.06
	b	7.78±0.28	7.66±0.29	7.70±0.37	7.64±0.38

한 후 실시한 관능점사의 결과는 표 2-27과 같다. 가래떡의 외관에 대한 평가항목은 색의 흰 정도, 표면의 매끄러운 정도, 촉촉한 정도 등의 세 가지로, RS 전분을 첨가했을 때 색과 촉촉한 정도에 있어서는 유의적인 차이를 발견할 수 없었으나 표면의 매끄러운 정도는 유의적인 차이를 보여($p < 0.05$) RS 전분을 첨가했을 때 무첨가 시료(control)보다 떡의 표면이 매끄럽다고 평가되었다. 또한, 저항전분을 첨가한 시료간에도 차이를 보여 밀전분을 가열-냉각 처리한 저항전분을 첨가한 시료(AWS-CA)가 가장 높은 점수를 받았고 Novelose 330을 첨가한 가래떡이 가장 낮은 점수를 받았다. 이 외에도 밀전분을 가교결합시켜 제조한 RS 4형 전분(WRS4)과 밀전분을 산처리한 후 annealing + 가교결합시킨 저항전분(AcWRS4)이 높은 점수를 얻어 밀전분을 이용하여 제조한 저항전분을 첨가한 가래떡이 표면의 매끄러운 정도에서 좋은 평가를 받은 것으로 나타났다. 쌀가루 특유의 냄새와 이취에서는 모두 점수가 낮았고 시료간에 유의적인 차이는 없었다. 입 안에서의 느낌에 대한 평가로는 떡의 단단한 정도(hardness), 쫄깃한 정도(chewiness), 촉촉한 정도(moistness), 치아에 달라붙는 정도(adhesiveness) 등이 실시되었다. 다른 항목에 비해 떡의 단단한 정도는 유의적인 차이가 있어($p < 0.05$) 저항전분을 첨가한 가래떡은 첨가하지 않은 시료보다 단단하다고 평가되었고 쫄깃한 정도나 촉촉한 정도는 시료간에 유의적인 차이가 없었다. 떡의 단단한 정도는 가래떡의 품질을 평가하는 데 있어 다른 평가항목에 비해 중요한 역할을 하는 것으로 보인다. 전체적인 기호도는 가교결합 전 annealing 처리나 산 처리한 시료를 첨가한 가래떡을 제외하고 저항전분 첨가에 따라 유의적인 차이를 보였고($p < 0.05$) AWS-CA가 가장 좋은 평가를 받았다. 그 다음으로는 WRS4로 나타났다.

5%의 저항전분을 첨가한 가래떡을 7일간 냉동 저장했을 때 저장에 따른 관능적 특성은 표 2-28과 같다. 가래떡의 외관은 무첨가군과 저항전분 첨가

Table 2-27a. Sensory evaluation data of 5% RS added *Garredduk* for 1 day-stored at room temperature ($p<0.05$)^{*}

Characteristics	RS 3 type starch			
	Control	ARS-CA	AWS-CA	Novelose 330
Surface				
Color	8.45±2.4	9.84±2.0	9.71±2.4	8.28±2.5
Smoothness	3.64±2.0	5.15±3.3	11.81±1.5	4.80±2.4
Moistness	11.94±2.0	10.63±2.5	10.66±1.9	10.94±2.5
Flavor				
Rice Odor	5.65±3.4	5.41±3.5	4.36±3.5	5.66±3.5
Off flavor	3.84±2.5	4.03±2.4	3.83±3.0	3.75±2.2
Texture				
Hardness	2.19±1.1	3.49±2.0	5.85±3.3	2.86±1.5
Chewiness	9.05±4.7	9.48±2.2	11.65±1.7	8.92±4.1
Moistness	11.68±1.6	11.04±2.1	9.89±2.1	11.34±2.0
Adhesiveness	9.59±3.4	7.47±3.2	7.26±3.2	9.29±3.5
Overall Quality	7.98±2.5	9.93±2.0	11.04±1.6	7.93±2.5

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-27b.

Characteristics	RS 4					
	Control	RRS4	WRS4	AnRRS4	AnWRS4	AcWRS4
Surface						
Color	8.45±2.4	9.22±2.1	10.26±2.6	9.69±2.2	9.08±2.5	10.65±1.8
Smoothness	3.64±2.0	9.38±2.4	10.68±2.9	10.01±1.9	9.75±2.1	10.90±2.7
Moistness	11.94±2.0	9.85±2.5	10.62±2.2	10.47±1.0	10.56±1.9	11.37±1.7
Flavor						
Rice Odor	5.65±3.4	5.00±2.9	3.97±2.7	5.14±2.4	5.37±2.6	3.94±2.6
Off flavor	3.84±2.5	6.08±3.7	3.67±2.6	6.27±3.1	6.89±2.7	3.76±2.6
Texture						
Hardness	2.19±1.1	5.02±3.0	5.10±3.1	4.38±2.4	3.96±2.0	3.59±1.7
Chewiness	9.05±4.7	10.21±2.0	11.07±1.9	8.76±3.5	9.15±3.0	8.29±2.6
Moistness	11.68±1.6	10.04±2.5	10.94±2.1	9.99±2.3	10.52±2.2	11.65±0.9
Adhesiveness	9.59±3.4	7.40±2.8	8.44±2.9	8.67±3.2	9.27±3.5	9.92±2.8
Overall Quality	7.98±2.5	8.70±2.2	10.01±2.2	8.34±1.6	7.78±3.1	7.53±2.2

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-28a. Sensory evaluation data of 5% RS added Garredduk for 7 day-stored at -18 °C (p<0.05)

Characteristics	RS 3			
	Control	ARS-CA	AWS-CA	Novelose 330
Surface				
Color	9.42±2.4	10.05±2.0	10.62±2.8	9.09±2.2
Smoothness	11.31±1.7	10.74±1.5	10.76±1.8	9.96±2.6
Moistness	11.52±2.2	11.79±1.1	11.37±1.3	10.99±2.3
Flavor				
Rice Odor	5.08±3.6	4.54±3.6	3.50±3.4	4.17±3.5
Off flavor	2.67±1.7	2.61±1.3	2.37±1.8	2.54±1.3
Texture				
Hardness	3.10±2.9	2.63±1.3	3.37±2.7	3.36±2.5
Chewiness	9.07±2.8	6.77±4.2	11.75±1.3	9.06±3.5
Moistness	12.17±1.8	11.66±1.7	11.34±2.2	11.35±2.2
Adhesiveness	9.20±3.9	11.00±2.2	7.95±4.2	9.18±3.7
Overall Quality	8.32±1.9	7.69±2.1	10.10±1.3	8.40±1.9

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-28b.

Characteristics	RS 4					
	Control	RRS4	WRS4	AnRRS4	AnWRS4	AcWRS4
Surface						
Color	9.42±2.4	10.05±2.8	10.81±2.0	9.60±2.6	9.45±2.5	10.90±2.3
Smoothness	11.31±1.7	10.15±2.5	10.96±2.4	11.06±1.7	9.89±2.6	10.29±2.8
Moistness	11.52±2.2	9.46±2.9	11.13±2.4	11.73±1.6	11.01±2.1	11.72±1.8
Flavor						
Rice Odor	5.08±3.6	3.23±2.3	3.03±3.1	3.45±2.0	4.04±2.5	4.03±4.1
Off flavor	2.67±1.7	3.00±1.9	1.99±1.6	2.81±1.5	3.06±1.9	2.28±1.4
Texture						
Hardness	3.10±2.9	6.67±4.0	3.47±2.8	3.64±2.0	4.89±3.2	2.21±1.3
Chewiness	9.07±2.8	11.23±2.0	10.18±3.0	10.55±2.6	10.63±3.1	9.12±4.2
Moistness	12.17±1.8	9.06±3.8	11.39±2.0	10.60±2.5	11.04±2.7	12.07±1.1
Adhesiveness	9.20±3.9	5.92±3.2	9.03±3.8	9.98±2.3	8.87±3.4	8.51±4.7
Overall Quality	8.32±1.9	9.64±2.4	8.22±2.8	7.88±2.9	8.15±2.7	8.40±3.1

*The means with the same letters are not statistically different.

군 간에 유의적인 차이가 없었고 풍미에서도 차이가 나지 않았다. 가래떡의 경도는 유의적인 차이가 있어($p < 0.05$) 쌀전분 RS 4형 전분(RRS4)을 첨가한 시료의 경도가 가장 높았고 대부분 무첨가군과 비슷하거나 약간 높은 점수를 얻었다. 쫄깃거리는 정도에서는 AWS-CA가 가장 높은 점수를 받았고 RRS4와 WRS4도 점수가 높았다. 가래떡을 냉동온도에서 7일 저장함에 따라 떡의 외관이나 풍미에 대해서는 차이를 크게 느끼지 못한 것으로 보이며 냉동온도조건이 가래떡의 텍스처에 영향을 준 것으로 생각된다.

5%의 저항전분을 첨가한 가래떡의 관능적 특성을 평가한 결과 저항전분을 첨가한 가래떡이 무첨가 가래떡에 비해 실온과 냉동 온도에서 모두 좋은 점수를 얻었다. 이에 따라 높은 점수를 얻은 AWS-CA군과 WRS4군을 선정하여 저항전분 첨가량별로 가래떡을 제조한 후 관능검사를 다시 실시하였다 (표 2-29~32). 표 2-29과 같이 AWS-CA의 첨가량을 달리했을 때 가래떡의 풍미나 외관 상의 차이는 나타나지 않았고, 경도의 차이는 있어 10%의 RS를 첨가한 가래떡의 경도가 가장 낮았다. 또한, 촉촉한 정도나 치아에 달라붙는 정도는 10%의 RS를 첨가한 가래떡이 가장 높은 점수를 얻었으며 전체적인 기호도도 가장 좋았다. 가래떡을 냉동 저장했을 때는 RS 첨가량별로 차이가 적어 앞의 결과와도 일치하였다. WRS4를 첨가한 가래떡의 경우에는 외관이나 풍미에서는 차이가 거의 없었으나 RS 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하고 촉촉한 정도는 감소하는 경향이였다. 또한, 전체적인 선호도도 5% 첨가군에서 가장 좋은 평가를 받았고 RS 첨가량의 증가에 따라 낮은 점수를 얻었다. 냉동저장시에는 5%와 10% 첨가군이 모든 부문에서 점수가 비슷하였고 20% 첨가군이 낮은 평가를 받았다.

Table 2-29. Effects of RS addition level on Garredduk for 1 day- stored at room temperature (p<0.05)*

Characteristics	Addition level (%)	AWS-CA		
		5	10	20
Surface				
Color		9.59±2.8	10.76±2.6	10.66±2.4
Smoothness		10.68±2.1	11.41±1.9	10.86±2.4
Moistness		8.89±3.4	11.04±1.1	11.07±1.4
Flavor				
Rice Odor		3.54±3.9	3.59±3.2	3.78±3.4
Off flavor		2.80±2.3	2.62±1.9	2.52±1.8
Texture				
Hardness		8.68±3.8	4.51±2.1	7.82±2.6
Chewiness		10.56±1.5	9.86±3.0	10.46±3.0
Moistness		8.46±2.3	11.57±1.7	10.20±1.7
Adhesiveness		6.54±3.8	9.10±2.8	6.21±3.5
Overall Quality		7.69±2.7	9.21±2.4	8.62±2.7

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-30. Effects of RS addition level on Garredduk for 7 day-stored at -18 °C (p<0.05)*

Characteristics	Addition level (%)	AWS-CA		
		5	10	20
Surface				
Color		10.18±2.7	10.74±2.5	11.68±2.2
Smoothness		11.52±1.5	11.69±1.6	11.26±2.8
Moistness		10.92±2.0	11.91±1.4	10.99±2.2
Flavor				
Rice Odor		1.98±1.3	2.13±1.4	1.88±1.4
Off flavor		2.06±1.8	3.51±3.3	1.71±1.4
Texture				
Hardness		7.29±4.8	3.11±2.7	5.63±4.0
Chewiness		11.62±2.6	10.20±4.0	11.18±2.2
Moistness		8.41±4.2	11.80±1.4	9.90±3.2
Adhesiveness		5.91±3.7	9.63±3.1	6.88±3.1
Overall Quality		9.06±2.5	9.00±3.7	8.21±3.2

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-31. Effects of RS addition level on Garredduk for 1 day-stored at room temperature (p<0.05)*

Characteristics	Addition level (%)	WRS4		
		5	10	20
Surface				
Color		10.33±2.2	9.06±3.5	10.11±2.5
Smoothness		10.60±2.5	9.71±3.2	9.21±3.9
Moistness		10.11±2.2	7.26±4.0	8.48±3.8
Flavor				
Rice Odor		2.94±2.6	2.59±2.4	2.68±2.7
Off flavor		3.50±3.6	2.21±2.2	2.49±2.8
Texture				
Hardness		5.56±3.6	7.95±4.7	8.50±3.9
Chewiness		10.00±3.4	9.86±4.4	9.16±4.2
Moistness		9.17±3.3	6.04±4.6	6.80±3.9
Adhesiveness		7.14±3.2	5.63±4.0	7.65±3.4
Overall Quality		10.17±1.7	8.09±3.7	5.61±2.1

*The means with the same letters are not statistically different.

Table 2-32. Effects of RS addition level on Garredduk for 7 day-stored at -18 °C (p<0.05)

Characteristics	Addition level (%)	WRS4		
		5	10	20
Surface				
Color		10.70±2.5	10.41±2.7	10.24±2.3
Smoothness		10.96±1.8	11.57±1.2	10.15±2.3
Moistness		10.34±3.3	9.71±3.2	9.16±3.7
Flavor				
Rice Odor		2.34±2.6	2.94±2.6	3.14±2.5
Off flavor		1.88±1.8	2.32±1.8	2.69±2.0
Texture				
Hardness		4.44±4.5	4.90±4.5	5.00±5.0
Chewiness		11.73±2.6	11.89±2.6	8.18±4.1
Moistness		10.47±4.1	10.36±3.8	8.48±4.0
Adhesiveness		8.30±4.5	9.81±3.7	8.51±3.8
Overall Quality		10.29±2.6	10.26±2.7	6.53±3.7

*The means with the same letters are not statistically different.

나. 변성전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성

1) RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성

참쌀전분과 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성은 표 2-33과 표 2-34와 같다. 참쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 표면의 색은 첨가량이 증가할수록 밝아졌으나 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 경우에는 무첨가 인절미와 차이를 보이지 않았다. 참쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경도, 부착성, 부드러움성은 RS 3형 전분의 첨가량과 관계가 없었으나 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경도, 부착성, 부드러움성은 RS 3형 전분의 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 그러나 냄새, 이취, 탄성은 RS 3형 전분의 첨가량과 종류의 영향을 받지 않았다. 참쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 전체적인 기호도는 무첨가 인절미와 차이가 없었으나 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 경우에는 RS 3형 전분의 첨가량이 증가할수록 감소하였다.

참쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 전체적인 기호도는 부착성과 부드러움성과 양의 상관관계를 보였으며($p < 0.05$), 경도와 부착성은 음의 상관관계를 보였다($p < 0.05$)(표 2-37). 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 전체적인 기호도는 경도와 음의 상관관계를 보였으나($p < 0.01$), 탄성($p < 0.001$), 응집성($p < 0.001$), 부드러움성($p < 0.005$)과는 양의 상관관계를 보였다($p < 0.005$)(표 2-38).

참쌀전분과 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 관능검사의 전체적인 기호도와 레오메타로 측정된 부착성은 양의 상관관계를 보여($p < 0.05$) 인절미의 품질 특성에는 경도보다는 부착성이 큰 영향을 줌을 확인하였다(표 2-37, 표 2-38).

이상의 결과로 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분의 첨가는 인절미의 전체

Table 2-33. Analysis of variance for sensory properties of *Injulmi* with RS-3 prepared from waxy rice starch

Characteristics	RS-3				
	Addition level (%)	0	10	20	30
Appearance					
Surface Color		7.01 ± 2.95	6.98 ± 2.50	5.42 ± 2.67	5.46 ± 3.50
Flavor					
Odor		4.46 ± 2.12	3.87 ± 1.96	3.91 ± 2.21	4.51 ± 3.05
Off flavor		2.63 ± 1.76	2.32 ± 1.06	2.78 ± 1.48	2.17 ± 1.32
Texture					
Firmness		3.56 ± 1.73	3.20 ± 1.77	3.16 ± 1.24	3.31 ± 1.94
Springiness		10.48 ± 2.36	10.71 ± 2.12	10.63 ± 2.32	11.01 ± 2.51
Adhesiveness		9.21 ± 3.06	8.37 ± 2.88	9.81 ± 2.47	10.31 ± 3.26
Smoothness		11.64 ± 2.61	11.77 ± 1.68	10.81 ± 1.57	11.54 ± 1.45
Overall Quality		9.52 ± 2.51	9.65 ± 2.32	9.58 ± 2.68	8.33 ± 2.32

Table 2-34. Analysis of variance for sensory properties of *Injulmi* with RS-3 prepared from nonwaxy rice starch

Characteristics	Addition level (%)	RS-3			
		0	10	20	30
Appearance					
Surface Color		7.01 ± 2.95	7.85 ± 2.40	7.02 ± 2.75	7.90 ± 3.09
Flavor					
Odor		4.46 ± 2.12	3.85 ± 1.86	3.99 ± 1.95	6.18 ± 3.98
Off flavor		2.63 ± 1.76	2.57 ± 0.95	3.21 ± 1.81	2.36 ± 1.10
Texture					
Firmness		3.56 ± 1.73	9.12 ± 1.64	6.98 ± 2.29	7.61 ± 3.21
Springiness		10.48 ± 2.36	8.03 ± 2.97	9.54 ± 2.12	9.02 ± 2.97
Adhesiveness		9.21 ± 3.06	6.76 ± 3.16	8.94 ± 2.61	7.34 ± 3.54
Smoothness		11.64 ± 2.61	8.57 ± 2.29	9.90 ± 2.14	9.98 ± 2.47
Overall Quality		9.52 ± 2.51	6.58 ± 1.99	8.44 ± 2.47	7.59 ± 2.63

적인 품질의 저하를 나타내므로 저항전분을 첨가한 인절미의 개발에 이용하기 어려울 것으로 보인다. 그러나 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가하여 인절미를 제조할 경우에는 RS 3형 저항전분을 30% 까지 첨가하여도 무첨가 인절미와 품질의 차이가 나지 않는 것으로 보아 찹쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분의 첨가량은 30%가 적합한 것으로 생각된다.

2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성

표 2-35와 표 2-36은 각각 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 관능적 특성이다.

RS 4를 첨가하여 제조한 인절미의 표면의 색은 저항전분의 첨가량이 증가할수록 밝아졌으며, 냄새와 이취는 저항전분의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 부착성과 부드러움성은 저항전분의 첨가량의 증가하였을 때 큰 차이를 보이지 않았다. 가교결합 RS 4를 첨가한 인절미의 경우에는 저항전분의 첨가량이 증가할수록 경도와 탄성은 감소하는 경향을 보였으나 무첨가 인절미와 저항전분을 첨가한 인절미의 전체적인 기호도는 비슷하였다. Double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 경우에는 저항전분의 첨가량이 증가할수록 경도가 약간 증가하였으며 전체적인 기호도는 감소하는 경향을 보였다.

이상의 결과로 보아 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분보다 가교결합 RS 4 전분이 더 적합할 것으로 생각되며 30%를 첨가하여도 품질에 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 그리고 RS 3형 전분보다는 RS 4형 전분이 인절미의 제조에 더 적합할 것으로 보인다.

Table 2-35. Analysis of variance for sensory properties of *Injulmi* with RS-4

Characteristics	RS-4				
	Addition level (%)	0	10	20	30
Appearance					
Surface Color		7.01 ± 2.95	4.50 ± 1.52	4.24 ± 2.63	5.47 ± 3.27
Flavor					
Odor		4.46 ± 2.12	1.72 ± 0.96	2.13 ± 1.32	2.32 ± 1.95
Off flavor		2.63 ± 1.76	1.44 ± 0.58	1.54 ± 0.71	2.15 ± 1.69
Texture					
Firmness		3.56 ± 1.73	4.04 ± 3.11	5.48 ± 4.14	4.10 ± 1.97
Springiness		10.48 ± 2.36	11.92 ± 1.36	11.01 ± 1.07	9.30 ± 2.61
Adhesiveness		9.21 ± 3.06	8.90 ± 3.54	7.92 ± 3.77	10.06 ± 1.93
Smoothness		11.64 ± 2.61	10.94 ± 2.68	10.41 ± 2.29	10.54 ± 1.30
Overall Quality		9.52 ± 2.51	10.22 ± 1.34	9.24 ± 2.62	7.88 ± 2.32

Table 2-36. Analysis of variance for sensory properties of *Injulmi* with RS 4 prepared from annealing treated starch

Characteristics	RS-4				
	Addition level (%)	0	10	20	30
Appearance					
Surface Color		7.01±2.95	5.54±2.77	4.18±1.88	3.07±1.43
Flavor					
Odor		4.46±2.12	2.38±1.72	2.03±0.89	2.23±1.73
Off flavor		2.63±1.76	1.50±0.79	1.56±0.63	1.59±1.13
Texture					
Firmness		3.56±1.73	2.42±0.80	2.80±0.93	1.68±0.65
Springiness		10.48±2.36	9.92±3.90	8.95±4.01	8.55±4.41
Adhesiveness		9.21±3.06	10.01±2.64	9.04±2.65	8.96±4.03
Smoothness		11.64±2.61	12.13±0.79	11.79±1.06	10.08±5.10
Overall Quality		9.52±2.51	10.99±0.83	9.20±2.57	8.99±3.76

Table 2-37. Analysis of variance for sensory properties of *Injulmi* with RS-3 prepared from waxy rice starch

		Rheological properties				Sensory properties							
		Hardness	Adhesive-ness	Springi-ness	Cohesi-veness	Surface color	Odor	Off-flavor	Firmness	Springi-ness	Adhesive-ness	Smooth-ness	Overall quality
R h e o l o g i c a l	Hardness	1.000											
	Adhesive-ness	-0.620***	1.000										
	Springi-ness	0.272	-0.404**	1.000									
	Cohesi-veness	0.296	-0.511***	0.898***	1.000								
S e n s o r y	Surface color	0.164	-0.219	0.138	0.120	1.000							
	Odor	0.039	0.150	-0.037	-0.015	-0.069	1.000						
	Off-flavor	0.062	-0.005	-0.107	-0.015	0.032	-0.023	1.000					
	Firmness	0.109	-0.026	-0.033	-0.069	-0.150	-0.008	0.122	1.000				
	Springi-ness	-0.132	0.003	0.250	0.157	0.221	-0.289	-0.388*	-0.223	1.000			
	Adhesive-ness	-0.121	0.017	0.173	0.051	0.1889	0.039	-0.149	-0.391*	0.385*	1.000		
	Smooth-ness	-0.041	-0.124	0.107	0.147	-0.021	-0.009	-0.034	-0.249	0.252	0.208	1.000	
	Overall quality	0.036	0.359*	0.241	0.191	0.236	-0.086	0.165	-0.033	0.005	0.323*	0.315*	1.000

n=10, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

Table 2-38. Analysis of variance for sensory properties of *Injulmi* with RS-3 prepared from nonwaxy rice starch

	Rheological properties				Sensory properties								
	Hardness	Adhesive-ness	Springi-ness	Cohesi-veness	Surface color	Odor	Off-flavor	Firmness	Springi-ness	Adhesive-ness	Smooth-ness	Overall quality	
F h e l o g i c a l	Hardness	1.000											
	Adhesive-ness	-0.393'	1.000										
	Springi-ness	-0.403'	0.053	1.000									
	Cohesi-veness	-0.474'	0.225	0.774***	1.000								
S e n s o r y	Surface color	-0.065	-0.112	0.219	0.123	1.000							
	Odor	-0.024	0.046	-0.038	0.003	-0.017	1.000						
	Off-flavor	0.257	0.101	-0.094	-0.107	-0.194	0.804	1.000					
	Firmness	0.359'	-0.352	-0.163	-0.048	-0.040	0.064	-0.113	1.000				
	Springi-ness	-0.191	0.175	0.021	0.016	0.058	-0.028	-0.083	-0.475**	1.000			
	Adhesive-ness	-0.069	0.122	0.058	-0.139	0.251	-0.021	0.034	-0.564***	0.405**	1.000		
	Smooth-ness	-0.256	0.033	-0.137	-0.232	-0.042	-0.020	0.204	-0.457**	0.535***	0.424**	1.000	
	Overall quality	-0.331'	0.344'	-0.09	-0.079	0.209	-0.152	-0.005	-0.454**	0.444**	0.458**	0.392'	1.000

$n=10$, * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

6. 저항전분을 첨가한 떡의 RS 수율

가. 저항전분을 첨가한 가래떡의 RS 수율

RS를 첨가하여 제조한 가래떡의 RS 수율은 표 2-39와 같다. 저항전분의 종류와 무관하게 저항전분 첨가에 따라 가래떡의 RS 수율이 증가하였고, 저항전분의 첨가량이 증가할수록 가래떡의 RS 수율도 증가하였다. 이는 20%의 저항전분을 첨가한 쌀가루와 같은 경향이었고 저항전분을 첨가한 쌀가루 믹스보다는 가래떡의 RS 수율이 더 높았다.

나. 저항전분을 첨가한 인절미의 RS 수율

1) RS 3형 전분을 첨가한 인절미의 RS 수율

참쌀전분과 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 10%, 20%, 30% 첨가한 인절미의 RS 수율은 표 2-40과 표 2-41과 같다. RS 3형 전분의 첨가량의 증가와 인절미의 RS 수율은 5.84% ~ 8.51% 로 차이가 없었으나 참쌀전분과 멥쌀전분으로 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 인절미 모두 저장 1일에 비하여 저장 2일에는 RS의 함량이 증가하였다.

2) 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가한 인절미의 RS 수율

표 2-42와 표 2-43은 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가하여 제조한 인절미의 RS 수율이다. 가교결합 RS 4 전분과 double modification에 의해 제조된 RS 4 전분을 첨가하여 제조한 인절미 모두 저항전분의 첨가량이 증가할수록 증가하였으며 저장기간이 증가할수록 증가함을 보였다.

Table 2-39. RS level (%) of RS added rice cakes stored for 0 day

Rice cakes*	Addition of RS (%)		
	5	10	20
ARS-CA ¹⁾	6.52±0.3	6.67±0.2	6.78±0.1
AWS-CA ²⁾	6.50±0.2	7.35±0.1	8.52±0.4
RRS4 ³⁾	7.12±0.7	7.21±0.1	7.93±0.0
WRS4 ⁴⁾	7.24±0.7	8.01±0.4	9.39±0.2
AnRRS4 ⁵⁾	7.77±0.5	8.06±0.4	9.16±0.7
AnWRS4 ⁶⁾	7.53±0.8	7.84±0.4	9.57±0.5
AcWRS4 ⁷⁾	7.53±1.0	7.84±0.1	9.57±0.0
Novelose 330 ⁸⁾	9.72±0.2	12.20±0.9	17.85±0.0
No addition	5.92±0.6		

***Rice cakes were made with the rice flour and 20% RS below;**

- 1) ARS-CA : Rice starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 2) AWS-CA : Wheat starch. 1 Autoclaving-cooling cycle, citric acid 0.5%
- 3) RRS4 : Cross-linked rice starch
- 4) WRS4 : Cross-linked wheat starch
- 5) AnRRS4 : Annealed and Cross-linked rice starch
- 6) AnWRS4 : Annealed and Cross-linked wheat starch
- 7) AcWRS4 : Acid treated and Cross-linked wheat starch
- 8) Novelose 330 : Commercial RS 3 starch from Nation Starch. Co., USA

Table 2-40. RS yield of *Injulmi* with RS-3 prepared from waxy rice starch

		(%)	
		Storage time (day)	
		1	2
RS-4			
	0%	7.34	7.19
	10%	6.83	7.89
	20%	6.20	6.50
	30%	6.14	7.17

Table 2-41. RS yield of *Injulmi* with RS-3 prepared from nonwaxy rice starch

RS-4	Storage time (day)		(%)
	1	2	
	0%	7.34	7.19
10%	6.97	7.18	
20%	5.84	7.31	
30%	7.90	8.51	

Table 2-42. RS yield of *Injulmi* with RS-4

(%)

RS-4	Storage time (day)		
	1	2	3
0%	7.34	7.19	7.27
10%	7.78	9.75	10.76
20%	8.70	10.66	10.83
30%	8.62	11.79	11.53

Table 2-43. RS yield of *Injulmi* with RS-4 prepared from annealing treated starch

		(%)		
		Storage time (day)		
		1	2	3
RS-4				
	0%	7.34	7.19	7.27
	10%	7.75	9.33	10.42
	20%	7.79	9.83	10.64
	30%	8.97	10.83	11.26

3절. 기능성 변성전분의 이용

및 변성전분 첨가 밀가루 제품 개발

1. 밀가루의 특성

가. 밀가루의 일반성분 및 이화학적 특성 분석

국수와 빵 제조용 밀가루의 일반성분과 이화학적 특성을 분석하였다(표 3-1). 국수용 밀가루는 다목적용 밀가루로 단백질 함량이 9%인 중력분이었고 회분함량이 0.42%, 평균 입자사이즈는 26.1 μm 였다. 빵용 밀가루는 단백질 함량이 12.5%로 강력분을 사용하였고 회분은 중력분과 비슷하였다.

밀가루의 팽윤력과 용해도는 표 3-2와 같았다. 팽윤력과 용해도는 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 서서히 증가하다가 85 $^{\circ}\text{C}$ 에서 급격히 증가하였다. 밀가루의 RVA에 의한 호화온도는 65.35 $^{\circ}\text{C}$ 였으며, 호화 피크 점도는 275.33 RVU였다.

Table 3-1. Proximate compositions of wheat flour

	Moisture content(%)	Ash(%)	Protein(%)	Granule size(μm)
Bread flour	13.8	0.41	12.5	37.5
All-purpose flour	13.6	0.42	9.3	26.1

Table 3-2. Swelling power and solubility of wheat flour

	Swelling power	Solubility (%)
30 $^{\circ}\text{C}$	2.89	9.23
65 $^{\circ}\text{C}$	7.20	14.00
75 $^{\circ}\text{C}$	8.85	13.40
85 $^{\circ}\text{C}$	10.91	16.43
95 $^{\circ}\text{C}$	16.16	33.12

나. 파리노그래프에 의한 반죽 특성

강력분의 수분흡수력은 66.0%, 안정도는 34.5분, 반죽의 발전시간은 5분, M.T.I.는 20 Bu 였고, 중력분은 수분흡수력이 60.5%, 안정도는 12.5분, 반죽의 발전시간은 1.5분 M.T.I.는 30 Bu 였다.

Table 3-3. farinograph data of wheat flour

	Bread flour	All-purpose flour
Water absorption(%)	66.0	60.5
Stability(min)	34.5	12.5
Development time(min)	5.0	1.5
M.T.I.(Bu)	20	30

2. 변성전분 첨가 밀가루의 특성 조사

가. 밀가루의 일반성분

저항전분이 첨가된 밀가루의 수분, 회분, 조단백질, 젖은 글루텐의 함량은 Table 3-4와 3-5와 같았다. 저항전분을 첨가한 밀가루의 경우 수분함량은 첨가 비율에 따라서 6가지 시료 모두 유사하게 감소하였다. 회분함량의 경우 Control과 비교시 밀전분과 RS 3형 전분을 사용한 FSR1-1부터 FSR4-2까지의 경우에는 저항전분의 첨가 함량이 높아짐에 따라 따라 회분도 비례적으로 감소하는 경향을 보였으나 RS 4형 저항전분을 사용한 FRS5-1부터 FRS6-2까지는 저항전분 첨가량에 따라 증가 하였다. 이는 RS 4형 저항전분을 제조할 때 사용한 가교 결합제와 염 또는 제조 과정중 생성된 염때문인 것으로 사료된다. 이것은 저항전분 제조 후 수세과정에서 가교 결합에 사용되고 남은 잔유물 완전히 제거되지 않았기 때문이다. 또 RS-4형 저항전분은

인산기에 의한 가교결합 전분으로 전분에 인산기가 결합되어 회분함량을 증가시킨다.

밀가루의 제빵 적성은 밀가루 단백질 함량과 질에 좌우되고 빵의 부피를 결정하는 중요한 인자이다. 밀가루의 단백질의 특징중의 하나는 gliadin, glutenin 두 단백질이 물과 혼합되어 gluten이라는 단백질을 형성하는 것이고 이러한 성질은 밀가루 단백질만이 갖는 독특한 것이다. 본 실험에서는 저항전분(RS)이 10% 첨가되었을 때 단백질이 평균 1.22%, 젖은 글루텐량은 3.82% 감소하였고 20% 첨가시에는 2.27%, 6.58%가 감소하였다.

Table 3-4. Proximate analysis data of flour blend with RS 3 type resistant starch

	Moisture (%)	Ash (14%MB)	Protein (14%MB)	Wet gluten (%)
Control	13.4	0.46	12.1	32.9
FRS1-1	13.6	0.43	10.9	29.0
FRS2-1	12.7	0.43	11.0	29.9
FSR3-1	12.9	0.43	10.5	28.2
FRS4-1	12.9	0.43	10.9	28.8
FRS1-2	13.2	0.40	9.8	26.5
FRS2-2	12.1	0.41	10.0	26.6
FRS3-2	12.3	0.41	9.9	26.4
FRS4-2	12.5	0.41	9.8	26.3

Table 3-5. Proximate analysis data of flour blend with RS 4 type resistant starch

	Moisture (%)	Ash (14%MB)	Protein (14%MB)	Wet gluten (%)
Control	13.4	0.46	12.1	32.9
FRS5-1	12.9	0.70	11.0	29.0
FRS6-1	13.2	0.47	11.0	29.3
FRS5-2	12.5	0.97	9.8	26.1
FRS6-2	12.8	0.50	9.7	26.0

나. 팽윤력과 용해도

여러 종류의 전분으로 제조한 저항전분을 밀가루 건물 당 20% 비율로 첨가하였다. 저항전분을 첨가한 밀가루의 팽윤력과 용해도를 측정한 결과는 표 3-6과 표 3-7과 같았다. 밀과 찹쌀 생전분(그림 3-1, 그림 3-6)을 밀가루에 첨가했을 때, 밀가루 자체의 팽윤력과 차이를 보이지 않았으나 찹쌀전분을 첨가하여 85℃ 이상으로 가열한 경우에는 팽윤력과 용해도가 증가하였다. 밀 전분으로 제조한 RS 3 형 전분과 citric acid를 첨가한 RS3-CA(그림 3-2,

그림 3-7)는 밀가루에 첨가되었을 때, 30~75℃까지는 팽윤력과 용해도를 증가시켰으나 그 이상의 온도에서는 밀가루의 값과 비슷하였다. 밀전분으로 제조한 RS 4 형 전분들(그림 3-3, 그림 3-8)은 모두 밀가루의 팽윤력과 용해도를 감소시켰으며 특히 산처리와 annealing 처리를 병행하여 제조한 변성전분이 밀가루의 팽윤력, 용해도와 큰 차이를 보였다. 또한 변성전분을 10% 첨가한 것보다 20% 첨가하였을 때 감소정도가 더 컸다. 상품화 되어 있는 변성전분인 Novelose 240과 330(그림 3-4, 그림 3-9)을 첨가하여 팽윤력과 용해도를 측정하였다. Novelose도 밀가루에 첨가되었을 때 밀가루의 팽윤력과 용해도가 감소하였다. 찹쌀전분으로 제조한 RS 4 형 전분을 첨가하여 팽윤력과 용해도를 측정한 결과는 그림 3-5와 그림 3-10과 같았다. 찹쌀생전분이 밀가루의 팽윤력과 용해도를 증가시킨 반면, 찹쌀전분으로 제조한 RS 4 형 전분은 밀가루의 팽윤력과 용해도를 감소시켰다. 다양한 재료와 방법으로 제조된 RS 4 형 전분은 밀가루의 팽윤력과 용해도를 감소시키므로 국수에 첨가되면 국수를 삶을 때 조리수로 용출되는 정도나, 시간에 따라 붙은 정도를 감소시킬 수 있을 것으로 기대되었다.

Table 3-6. Swelling powers of wheat flours with different RS

	Swelling power			
	30 °C		95 °C	
	10%	20%	10%	20%
No added	2.89		16.16	
Wheat NS ¹⁾	2.74	2.78	16.85	17.27
Wheat RS3	3.10	3.37	16.07	15.70
Wheat RS3-CA ²⁾	2.99	3.25	16.41	16.04
Wheat RS 4	2.81	2.68	13.70	12.06
Wheat AnRS 4 ³⁾	2.85	3.19	13.28	12.07
Wheat AcAnRS 4 ⁴⁾	2.66	2.72	13.48	11.68
Waxy rice NS	2.85	2.81	16.71	17.21
Waxy rice RS4-1	3.01	3.19	15.05	13.20
Wheat AnRS4-1	3.02	3.25	14.44	12.78
Novelose 240	2.74	2.74	14.21	12.32
Novelose 330	2.85	2.95	14.19	13.20

¹⁾NS mean native starch ²⁾CA mean citric acid

³⁾AnRS 4 mean RS 4 type starch prepared from annealed starch

⁴⁾AcAnRS 4 mean RS 4 type starch prepared from acid treated and annealed starch

Table 3-7. Solubilities of wheat flours

	Solubility (%)			
	30 °C		95 °C	
	10%	20%	10%	20%
No added	9.23		33.12	
Wheat NS	8.61	8.26	29.31	30.34
Wheat RS3	10.42	12.05	32.30	32.57
Wheat RS3-CA	10.44	11.93	33.52	35.51
Wheat RS4-1	8.12	6.11	29.12	26.34
Wheat AnRS4-1	6.79	6.36	28.01	27.41
Wheat AcAnRS4-1	4.22	4.83	28.08	26.01
Waxy rice NS	8.15	7.59	36.20	44.20
Waxy rice RS4-1	7.80	7.07	30.67	27.29
Wheat AnRS4-1	7.70	6.98	29.83	27.11
Novelose 240	7.41	7.42	30.00	28.68
Novelose 330	9.32	8.97	31.88	31.49

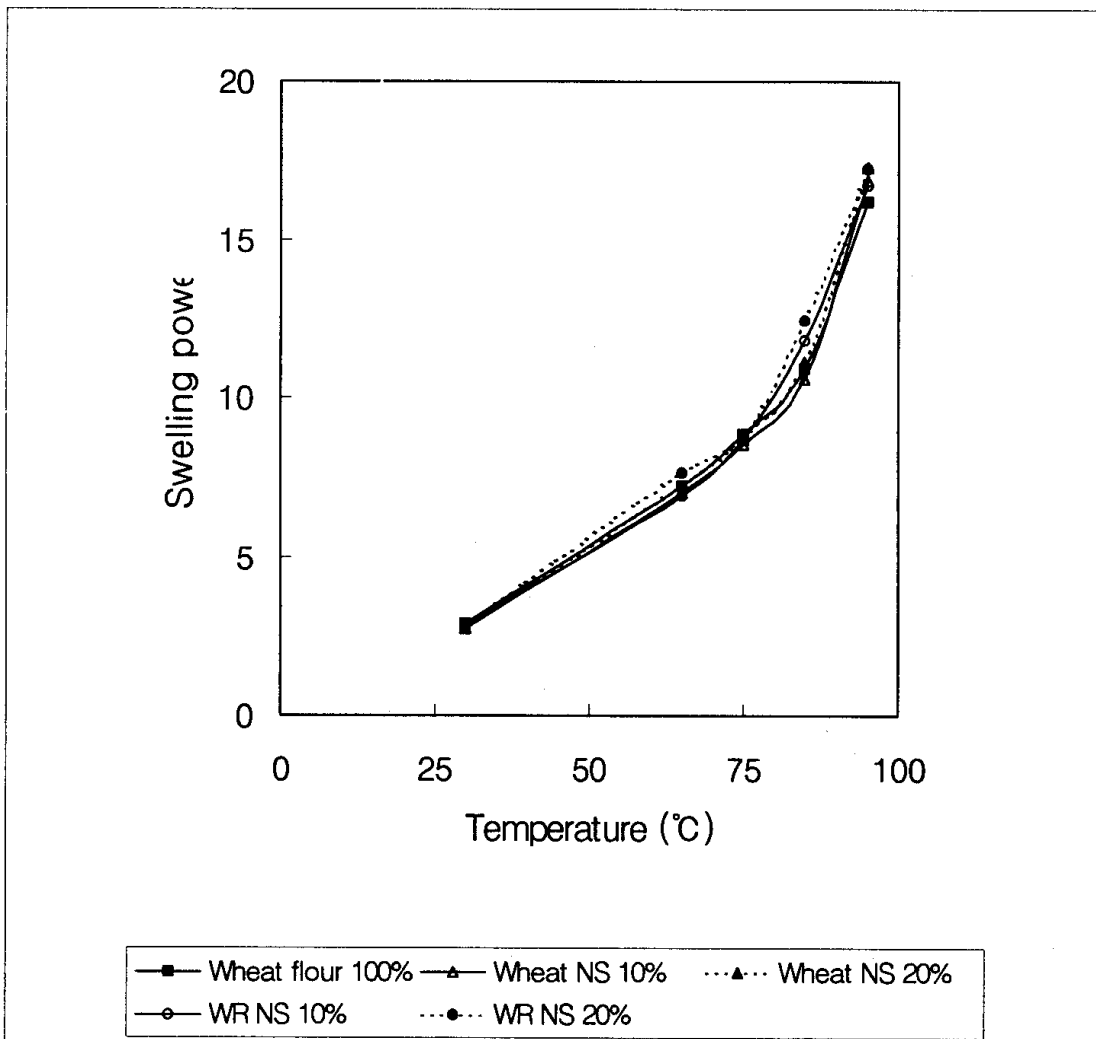


Fig. 3-1. Swelling power of wheat flour with native wheat and waxy rice starch(NS)

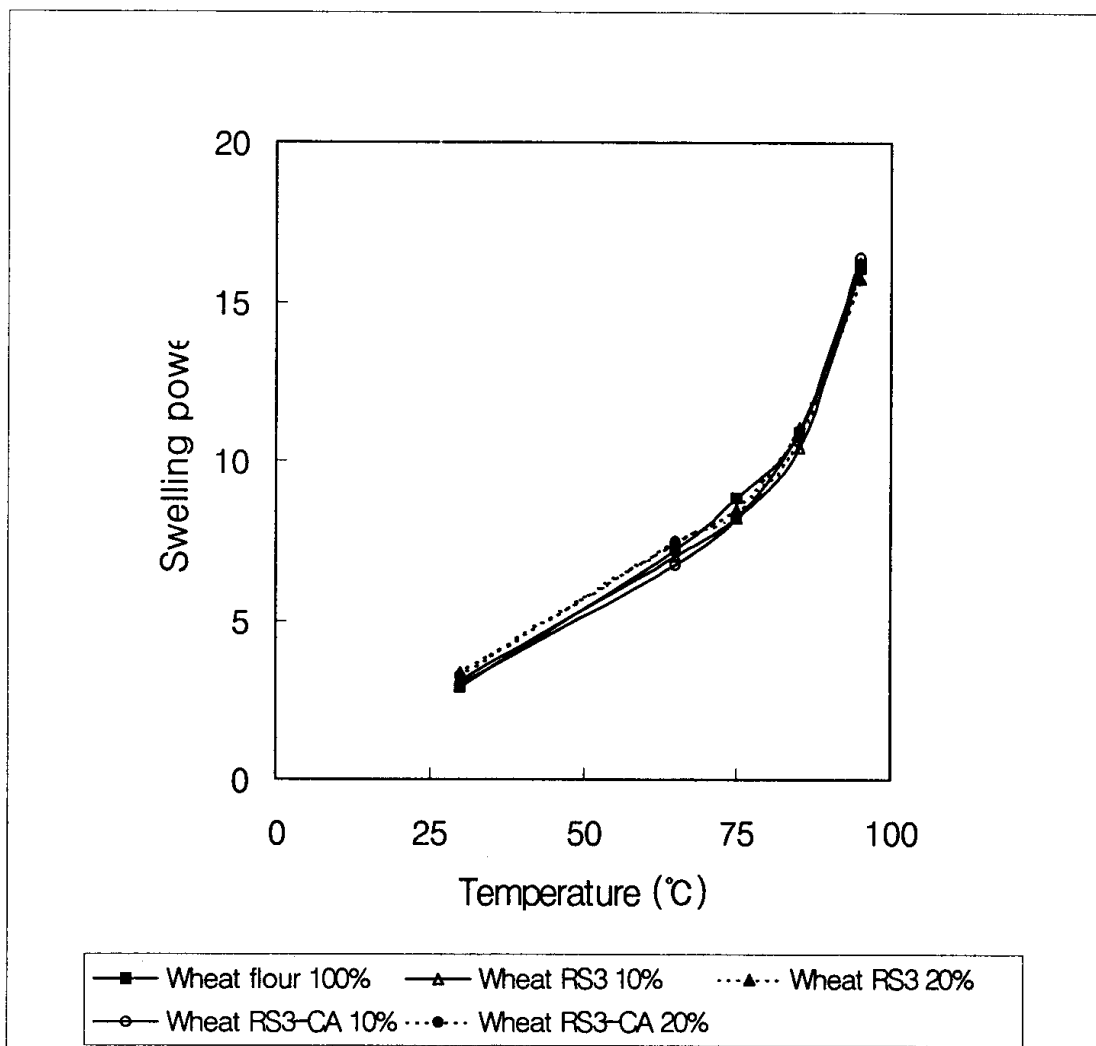


Fig. 3-2. Swelling powers of wheat flour with autoclaving-cooling(RS 3) and citrate added and autoclaving-cooling(RS 3-CA) wheat starches

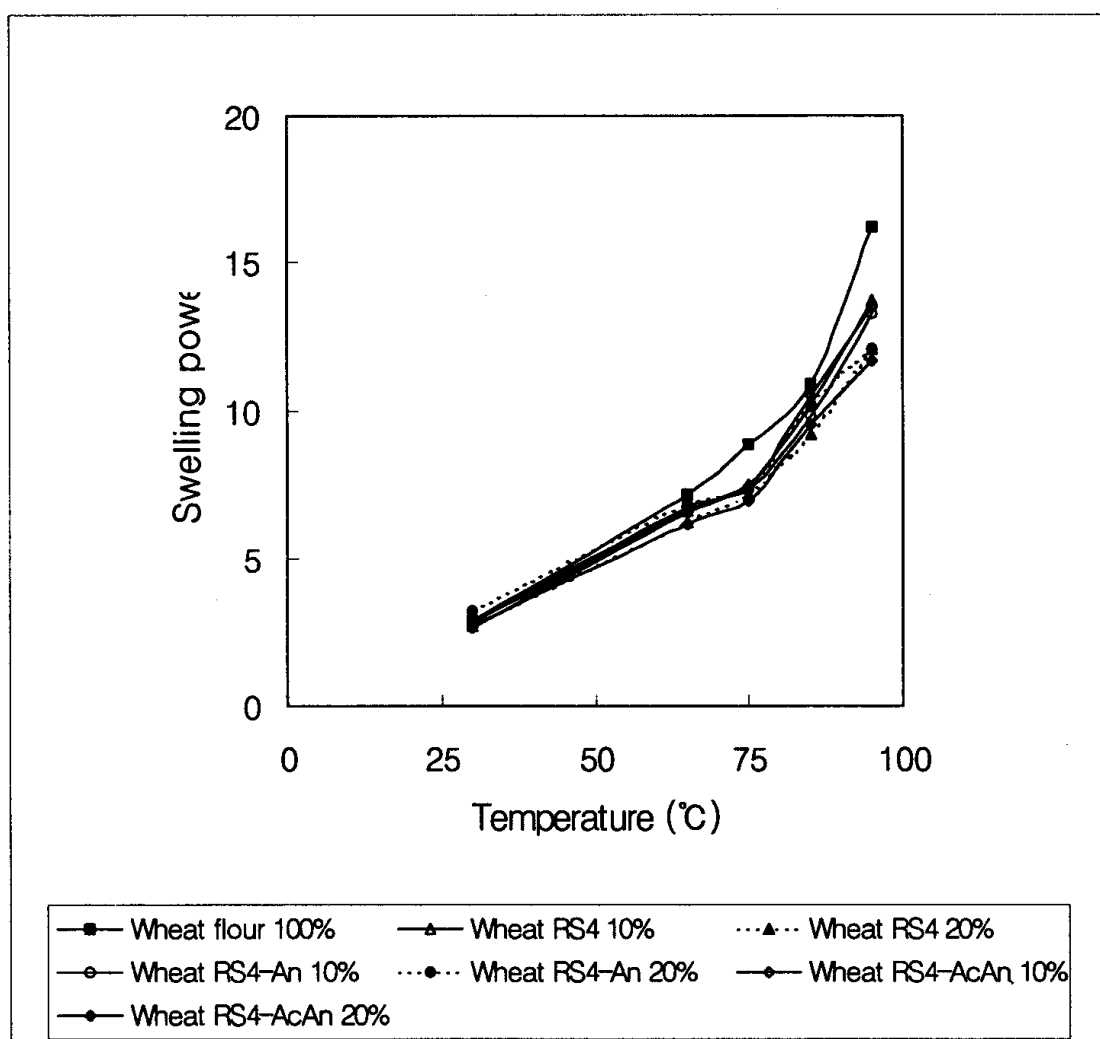


Fig. 3-3. Swelling powers of wheat flours with cross-linked(RS 4), annealed and cross-linked(AnRS 4), and acid treated, annealed and cross-linked(AcAnRS 4) wheat starch

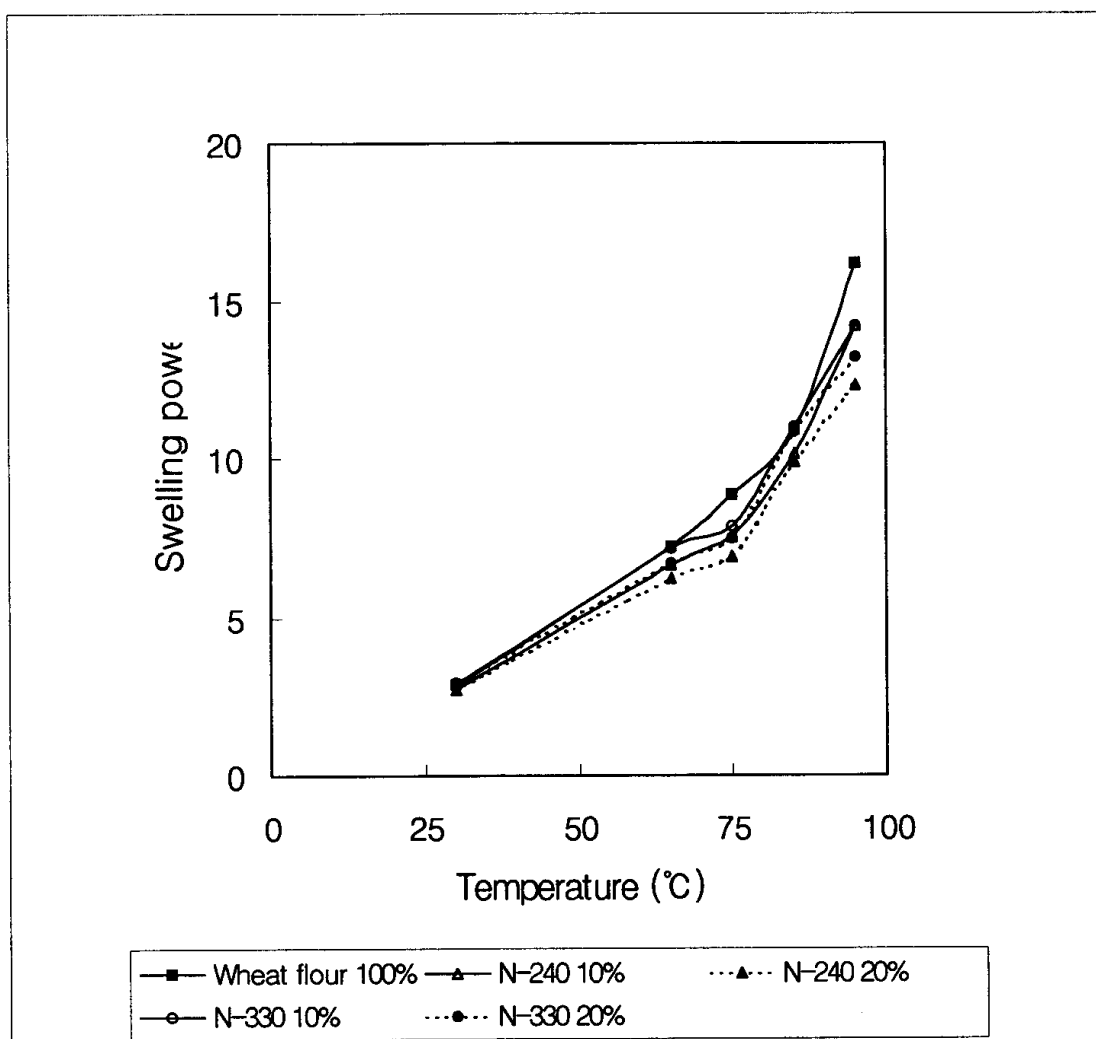


Fig. 3-4. Swelling powers of wheat flours with Novelose-240 and Novelose 330 Novelose 240 and 330 were commercial resistant starches prepared from high amylose maize starch(National Starch Co.)

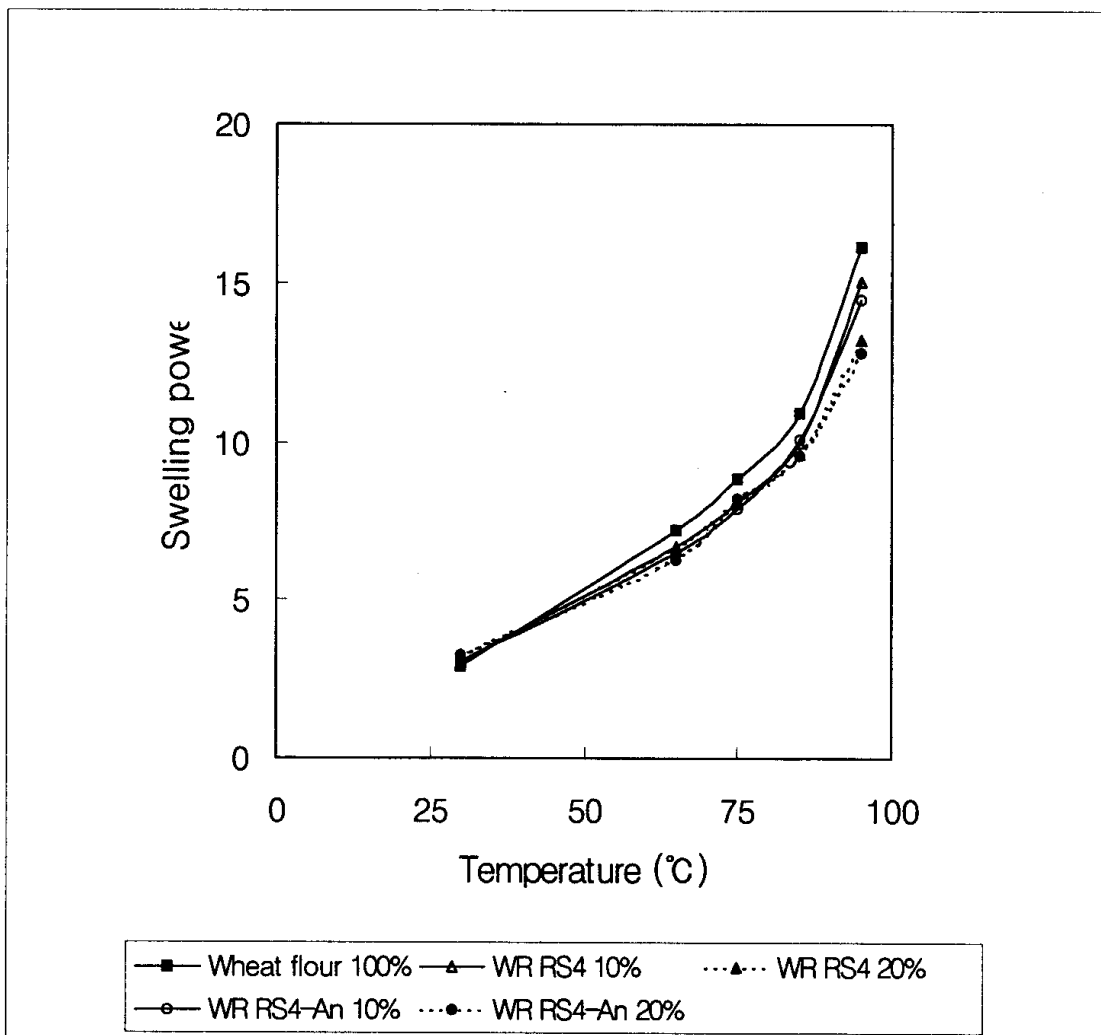


Fig. 3-5. Swelling powers of wheat flours with cross-linked(RS 4), annealed and cross-linked(AnRS 4) waxy rice starches

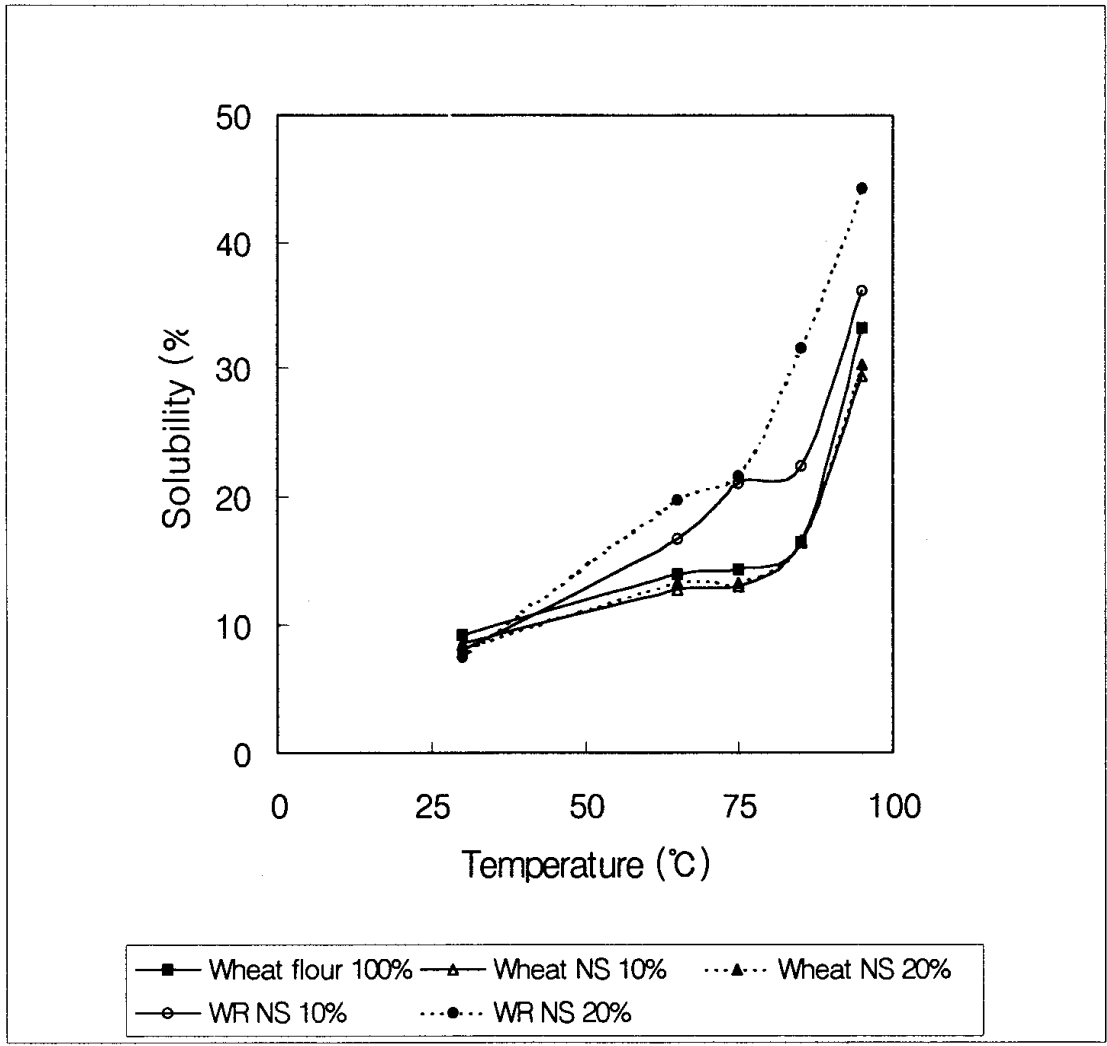


Fig. 3-6. Solubilities(%) of wheat flours with native wheat and waxy rice starches(NS)

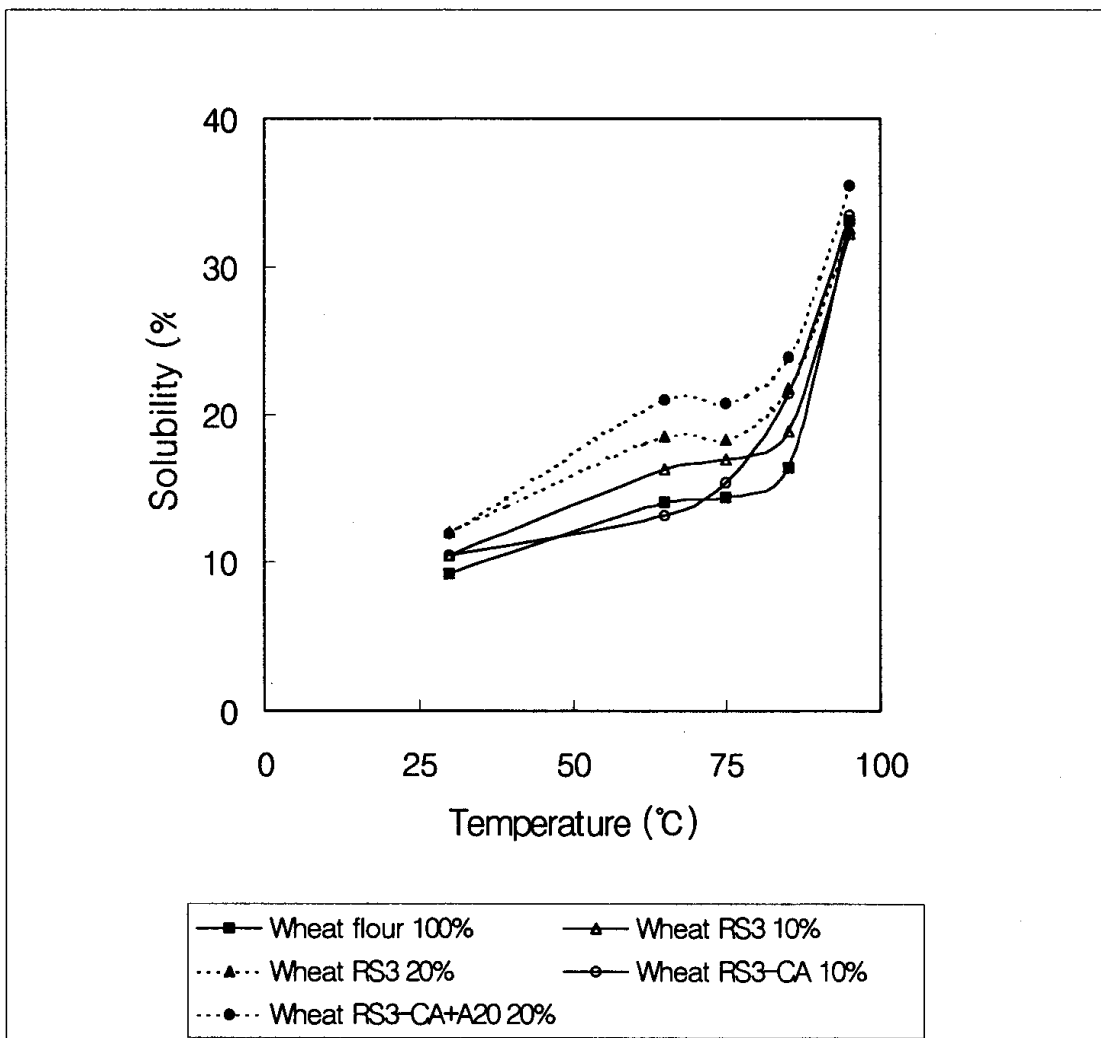


Fig. 3-7. Solubilities(%) of wheat flour with autoclaving-cooling(RS 3) and citrate added and autoclaving-cooling(RS 3-CA) wheat starches

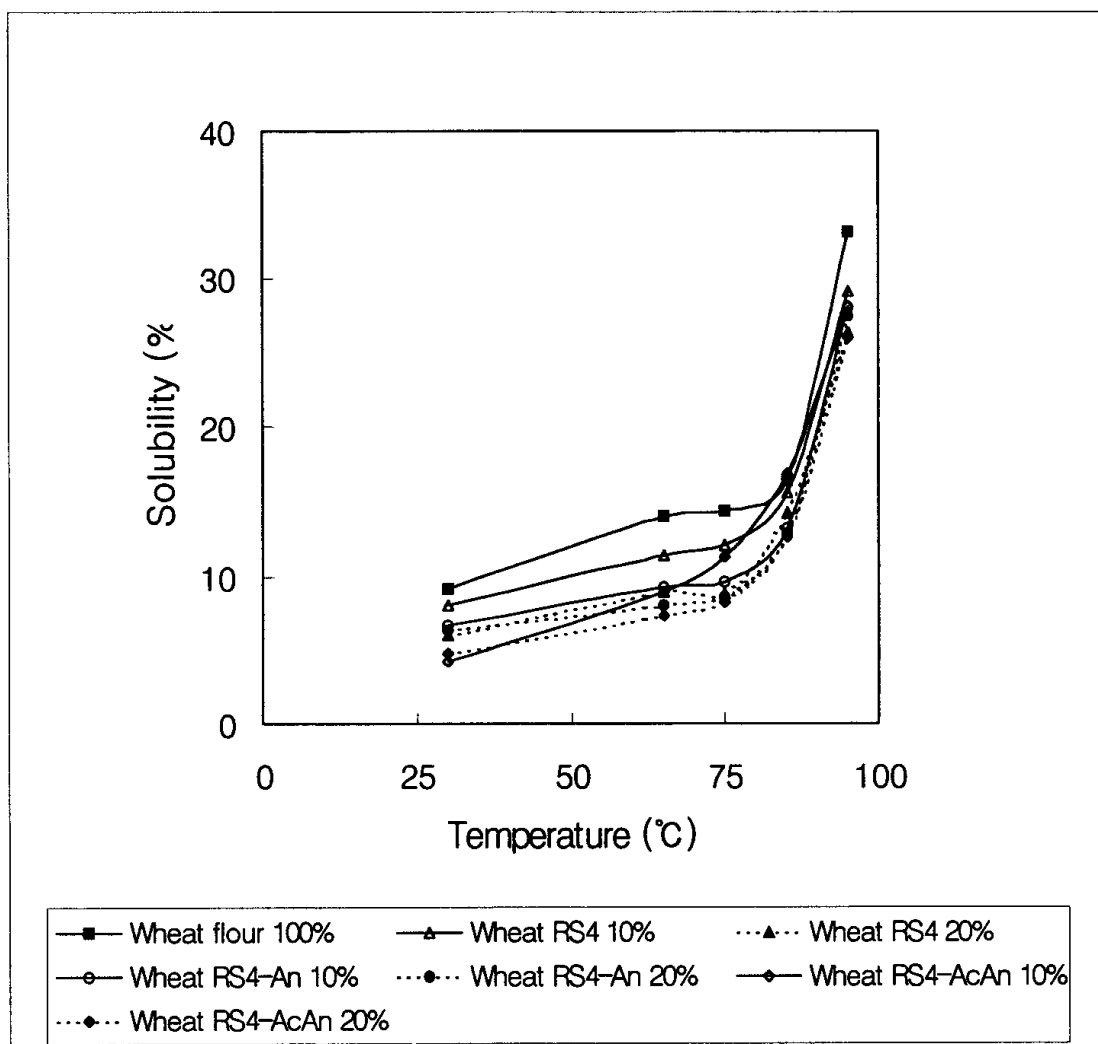


Fig. 3-8. Solubilities(%) of wheat flour with wheat flours with cross-linked(RS 4), annealed and cross-linked(AnRS 4), and acid treated, annealed and cross-linked(AcAnRS 4) wheat starch

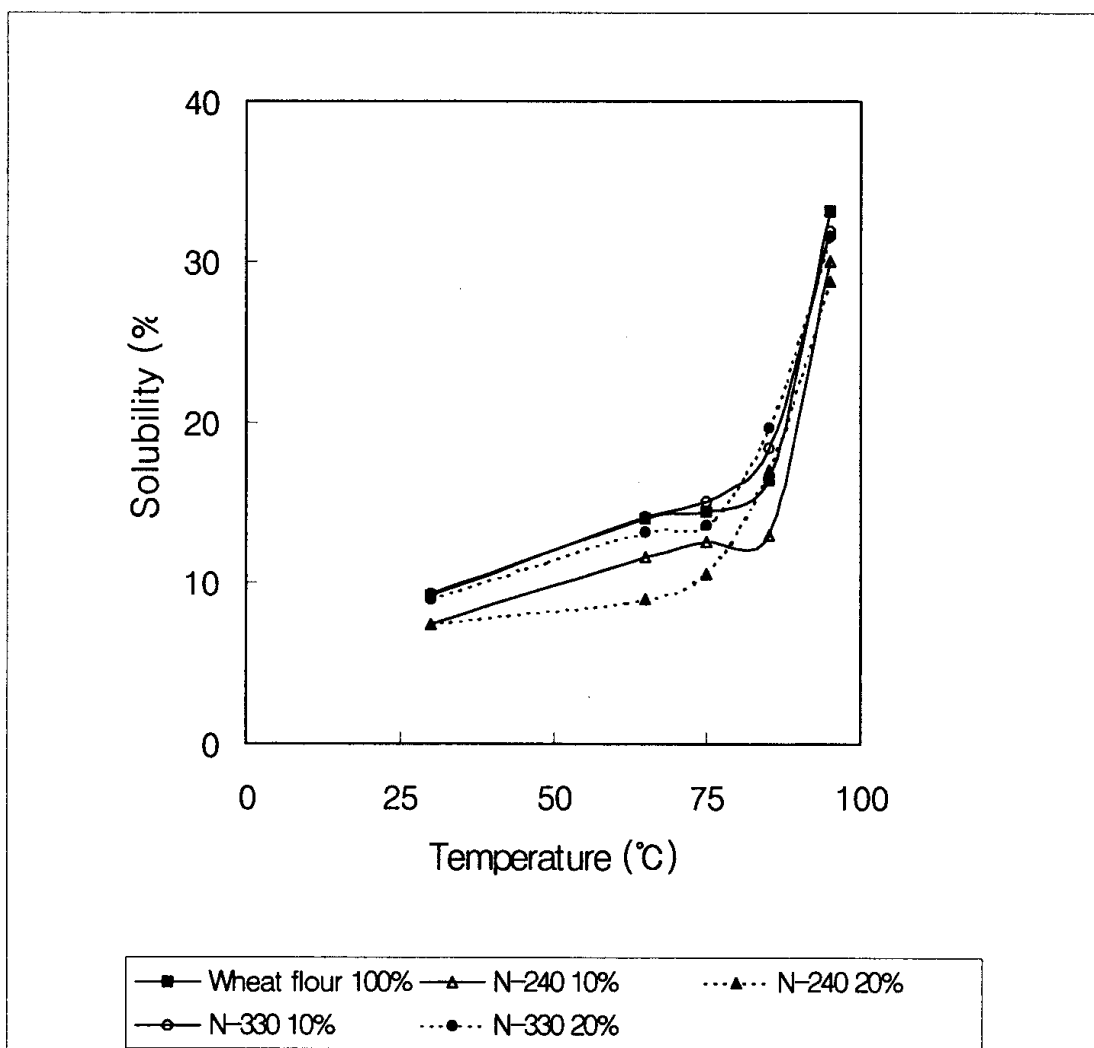


Fig. 3-9. Solubility(%) of wheat flours with Novelose-240 and Novelose 330
 Novelose 240 and 330 were commercial resistant starches prepared from high amylose maize starch(National Starch Co.)

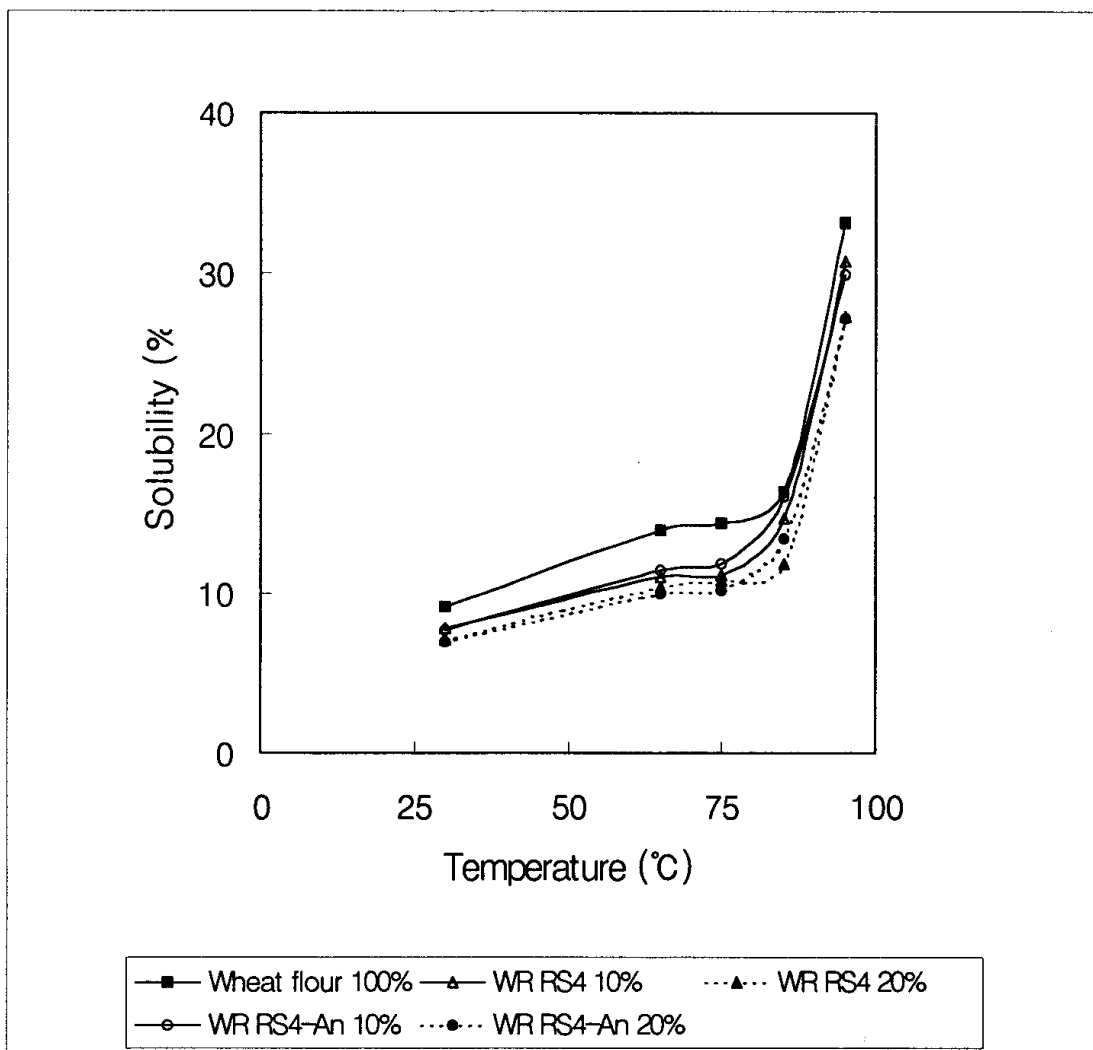


Fig. 3-10. Solubility(%) of wheat flours with cross-linked(RS 4), annealed and cross-linked(AnRS 4) waxy rice starches

다. 물결합 능력

저항전분을 첨가한 밀가루의 물결합능력을 측정하였다. 밀가루 100%의 물결합 능력은 248.60% 였으며, RS 3 형 전분 첨가시 253.61~282.95%까지 증가하였으며, 밀전분으로 제조한 저항전분 첨가시 242.62~196.29%까지 감소하였다. 그러나, Annealing 시킨 후 제조한 RS 4 형 전분을 첨가한 경우에는 오히려 증가했으며, 찹쌀전분으로 제조한 RS 4형 전분을 첨가한 경우는 약간 증가하였다. 시판되는 RS인 Novelose 240은 물결합 능력에 큰 영향을 주지 않았지만, RS 3 형인 Novelose 330을 첨가한 밀가루는 물결합 능력이 약간 증가하였다.

Table 3-8. Water binding capacities of wheat flours with different resistant starches

Addition level	Water binding capacity (%)	
	10%	20%
No added	248.60 ± 25.72	
Wheat NS	251.24 ± 18.98	280.36 ± 71.30
Wheat RS3	253.61 ± 16.48	282.95 ± 16.96
Wheat RS3-CA	254.62 ± 18.99	269.01 ± 17.11
Wheat RS4-1	242.62 ± 15.18	196.29 ± 75.46
Wheat AnRS4-1	257.60 ± 11.65	291.87 ± 2.88
Wheat AcAnRS4-1	245.25 ± 11.86	250.86 ± 13.83
Waxy rice NS	239.83 ± 22.38	241.18 ± 26.60
Waxy rice RS4-1	260.66 ± 20.19	281.27 ± 18.88
Wheat AnRS4-1	259.15 ± 15.97	282.94 ± 18.63
Novelose 240	244.18 ± 17.01	248.12 ± 13.36
Novelose 330	253.27 ± 15.83	262.12 ± 12.23

라. 신속점도측정계에 의한 호화 특성

RS를 첨가한 밀가루의 호화특성을 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, RVA)로 측정하였다. 밀가루의 호화온도는 65.35℃였고 피크점도는 275.33 RVU였다. RS를 첨가했을 때 대부분 호화온도가 낮아졌고 밀 생전분을 제외하고는 최고점도가 밀가루와 비슷하거나 대부분 감소하였다. 밀전분으로 만든 RS 3형 전분과 산처리와 annealing 처리를 병행하여 제조한 RS 4 전분, 밀 RS 3와 RS 4 산처리와 annealing 처리를 병행하여 제조한 RS 4, 찹쌀전분, 멥쌀전분으로 제조한 변성전분들은 밀가루의 호화점도보다는 약간 낮지만 어느정도 유사한 정도의 점도를 유지시켰고, 나머지 시료들은 모두 낮은 점도를 나타냈다. 변성전분을 첨가한 밀가루는 RVA 상 breakdown이나 setback값이 크게 감소하여 저항전분을 첨가함으로써 밀가루 식품의 노화속도를 지연시킬 가능성이 있음을 예측하였다.

마. 밀가루 입자 분포

저항전분 첨가 밀가루의 입자분포는 Table 3-10과 같다. Control은 평균 입자 크기가 62.21 μm 였고 생전분의 첨가는 함량의 증가(10%, 20%)에 따라 63.92 μm , 70.16 μm 로 평균 입자 크기를 증가시켰다. RS 3형 저항전분(RS)이 밀가루에 첨가되었을 때 첨가량이 증가함에 따라 입자 크기를 65.45 μm 에서 74.90 μm 까지 증가시켰고, RS-4형 저항전분의 경우에는 첨가량에 반비례하게 평균 입자크기가 60.69 μm 에서 53.13 μm 까지 감소되었다. RS-4형 저항전분(RS)이 첨가된 FRS5-1부터 FRS6-2까지의 밀가루는 10 μm ~40 μm 사이의 입자가 다른 시료에 비해 많은 것은 특이하였다.

Table 3-9. Pasting characteristics for wheat flour with 20% RS by RVA

Samples	Peak Temp. (°C)	Viscosity					
		Peak (P)	Through (T)	Final (F)	Break-down (P-T)	Consistency (P-F)	Set-back (F-T)
No added	65.35	275.33	173.33	305.10	102.00	-29.77	131.77
Wheat NS	64.75	366.42	202.67	380.42	163.75	-14.00	177.75
Wheat RS3	63.50	227.67	132.25	260.40	95.42	-32.73	128.15
Wheat RS3-CA	65.45	164.67	117.33	216.30	47.34	-51.63	98.97
Wheat RS4	62.90	222.67	133.17	263.25	89.50	-40.58	130.08
Wheat AnRS4	66.35	177.83	116.75	218.00	61.08	-40.17	101.25
Wheat AcAnRS4	61.55	228.42	138.17	271.17	90.25	-42.75	133.00
WR NS	62.15	245.25	147.58	257.58	97.67	-12.33	110.00
WR RS4	62.90	276.00	163.92	298.42	112.08	-22.42	134.50
WR AnRS4	63.25	217.67	140.17	254.50	77.50	-36.83	114.33
Novelose 240	65.70	149.50	89.83	189.30	59.67	-39.80	99.47
Novelose 330	64.65	176.50	109.25	210.70	67.25	-34.20	101.45
Maize RS3-CA	66.90	144.08	94.00	185.80	50.08	-41.72	91.80
Maize Extrudate	65.20	165.20	94.67	174.70	71.25	-8.78	80.03
Maize AnRS 4	64.05	187.83	109.58	226.00	78.25	-38.17	116.42
Maize RS 4-SE	66.10	156.58	92.50	190.70	64.08	-34.12	98.20
Nonwaxy rice	64.25	211.83	138.25	246.60	73.58	-34.77	108.35

Table 3-10. Particle size data of Control and flour blend with RS-3 or RS-4 type resistant starch

	Mean (μm)	Meadian (μm)	Mode (μm)	S.D (μm)	C.V (%)	varienc e (μm^2)	d10 (μm)	d90 (μm)
CONTRO L	62.21	61.01	96.49	38.72	62.2	1,499	10.87	115.6
FRS1-1	63.92	64.01	96.49	38.40	60.1	1,475	12.22	115.9
FRS2-1	65.45	63.45	96.49	41.49	63.4	1,722	11.41	123.0
FRS3-1	68.30	65.94	96.49	43.48	63.7	1,890	12.39	128.8
FRS4-1	69.68	66.85	96.49	44.07	63.2	1,942	14.13	130.9
FRS5-1	60.69	57.37	96.49	40.89	67.4	1,672	9.62	118.3
FRS6-1	59.45	56.75	96.49	39.04	65.7	1,524	10.30	114.2
FRS1-2	70.16	65.20	96.49	46.29	66.0	2,143	15.21	133.7
FRS2-2	74.90	71.65	96.49	46.81	62.5	2,191	15.86	140.1
FRS3-2	72.15	68.69	96.49	45.97	63.7	2,113	14.59	136.2
FRS4-2	72.41	69.44	96.49	46.03	63.6	2,119	13.75	136.4
FRS5-2	53.13	47.85	87.90	36.92	69.5	1,363	8.162	105.9
FRS6-2	54.46	50.07	87.90	36.91	67.8	1,363	9.167	106.7

바. 손상전분 함량

저항전분을 첨가한 밀가루의 손상 전분 함량은 Table 3-11.와 같다. 제빵 과정에서 손상전분(damaged starch)은 gluten 단백질과 경쟁적으로 물을 흡수한다. 만약 손상 전분이 많다면 제조된 dough 특성에 영향을 줄 것이다. Farrand에 따르면 주어진 단백질 양에 준하여 허용된 함량 이하에서 손상전분량이 증가하면 dough의 흡수량은 증가하지만 구워진 빵의 부피는 감소하는 경향이 있다고 하였다. 측정되어진 손상 전분량은 FRS1(생전분 첨가), FRS5(RS4-1 첨가), FRS6(RS4-2 첨가)는 첨가 비율에 따라서 손상전분량이 비례적으로 감소하였으나 RS-3형 저항전분이 첨가된 FRS2, FRS3, FRS4 시료들은 오히려 손상전분이 증가되는 경향을 보였다.

사. 침강 시험

침강 시험(Sedimentation Test)의 결과는 Table 3-12.과 같다. 100% 밀가루인 control과 비교하여 저항전분의 함유량이 높아짐에 따라서 침강값(sedimentation value)가 비례적으로 감소하는 경향을 보였고, 저항전분을 10% 첨가한 시료의 평균 침강값은 42.35cc였고 20% 첨가 시료는 38.43cc였다. 10% 첨가 시료에서는 침강값이 비교적 일정하지만 20% 첨가시에는 RS 3형 시료군에서 침강값의 차가 많이 났다. Table 3-12.에서와 같이 RS 3형 전분 첨가군의 FRS1-1·2그리고 RS-4형 전분군의 FRS5-1부터 FRS6-2까지의 시료들은 일정한 감소를 보인 반면에 FRS2-1부터 FRS3-2까지의 시료군은 다소 큰 편차를 보였다. 침강시험은 lactic acid의 처리에 의한 밀가루 단백질의 팽윤 작용(swelling power)을 기초로 하고 있고, 실린더 바닥에 가라앉은 gluten의 부피는 gluten의 swelling capacity를 결정하는 밀가루 속의 단백질의 양과 질에 의존한다. 이는 흡수되어지는 물의 양이 증가함에 따라 비중이 감소하고 침강속도가 느려지기 때문이다. 이 침강시험은 밀가루 중의

단백질의 함량이나 질을 측정하는 것 보다는 식빵의 부피를 예상할 수 있다. 따라서 본 연구에 사용되어진 저항전분을 첨가한 밀가루로 제조한 식빵의 부피가 밀가루로만 만든 control보다 작아짐을 보여주었다.

Table 3-11. Damaged starch controls of wheat flour blend with RS-3 or RS-4 type resistant starch

Sample	Damaged starch(%)
Control	8.50
FRS1-1	7.13
FRS2-1	10.68
FRS3-1	10.96
FRS4-1	10.57
FRS5-1	8.87
FRS6-1	8.87
FRS1-2	7.83
FRS2-2	11.85
FRS3-2	13.96
FRS4-2	12.78
FRS5-2	7.41
FRS6-2	8.44

Table 3-12. Sedimentation values of wheat flour and flour blend with RS-3 or RS-4 type resistant starch

Sample	Sedimentation value (14.0% M.B)
Control	49.06
FRS1-1	43.82
FRS2-1	41.95
FRS3-1	41.72
FRS4-1	43.30
FRS5-1	42.46
FRS6-1	40.88
FRS1-2	38.79
FRS2-2	34.71
FRS3-2	36.36
FRS4-2	39.68
FRS5-2	38.46
FRS6-2	38.62

아. 변성전분을 첨가한 밀가루의 색도

1) 변성전분을 첨가한 강력분의 색도

명도는 Table 3-13과 같으며 control(밀가루 100%)의 경우 98.26으로 가장 높은 수치를 나타냈고 일반 생전분이 첨가된 FRS1이나 저항전분이 첨가된 FRS2-1부터 FRS6-2까지는 최저 89.48에서 90.68까지 최고 1.2의 차이를 보였다. 명도를 나타내는 L 값은 저항전분 첨가군이 control보다 더 낮았고, 적색을 나타내는 a 값은 -(녹색)쪽으로 0.52만의 차이를 보였으며, b 값이 +7.9정도의 차이로 저항전분을 첨가한 밀가루가 더 노란색을 띠고 있는 것으로 나타났다.

Table 3-13. Color(Hunter L, a, b value) of wheat flour blend with RS-3 or RS-4 type resistant starch

	L	a	b
control	98.26	-0.07	-0.23
RS1-1	90.38	-0.54	8.20
RS2-1	89.68	-0.50	8.61
RS3-1	89.67	-0.54	8.35
RS4-1	89.79	-0.53	8.30
RS5-1	89.99	-0.55	7.85
RS6-1	90.36	-0.57	7.97
RS1-2	90.68	-0.52	7.49
RS2-2	89.48	-0.37	8.30
RS3-2	89.87	-0.51	8.121
RS4-2	89.98	-0.50	8.10
RS5-2	90.55	-0.51	7.27
RS6-2	90.57	-0.55	7.43

2) 변성전분을 첨가한 중력분의 색도

밀가루의 명도는 국수에 영향을 주고, 국수의 밝기는 국수의 선포도에 중요한 영향을 준다. 식이섬유를 첨가한 국수는 첨가하지 않은 국수에 비해 색깔이 바람직하지 못하게 변하지만 차이가 크지는 않았다. RS 3형 전분을 첨가한 경우 명도와 redness(a) 값은 감소하고, yellowness(b) 값은 약간 증가하였다. RS4의 경우에는 명도는 약간 더 밝았고, redness(a) 값은 비슷했고, yellowness(b) 값은 약간 증가하였다. 변성전분 첨가 시 밀가루의 원래 색에 비해 약간 변화는 있으나, 그 차이가 매우 적고 redness 값의 감소로 원래의 밀가루의 색보다 더 희게 보이므로 밀가루 제품에 있어서 다른 기능성 소재인 식이섬유 종류를 첨가하는 경우보다 색깔 면에서 훨씬 바람직한 것으로 보였다.

차. 점도 측정계에 의한 호화 특성

저항 전분 첨가 비율에 따른 점도측정계(amylograph)의 특성치는 Table 3-15.과 같았다. 저항전분을 첨가하지 않은 control의 초기 호화 온도는 57.0℃ 였고, 저항전분이 첨가된 시료는 56.3℃에서부터 61.3℃ 사이에서 호화가 개시되었다.

최고점도는 control이 850 BU 였고 생전분이 첨가된 FRS1-1, FRS1-2의 경우에는 전분의 첨가량 증가에 따라 점도가 증가하는 전형적인 상태를 나타내었다. RS 3형 전분(0.1% Citrate, 0.5% SE)이 20% 첨가된 밀가루인 FRS4-2의 최고점도가 가장 낮았다. RS-4형의 저항전분을 첨가한 FRS5와 FRS6의 경우에는 RS-3형 저항전분을 첨가한 시료군 보다는 최고 점도 값이 높았다. 저항 전분을 첨가한 밀가루는 저항전분을 첨가하지 않은 밀가루보다 총 전분 함량이 낮았다. 총전분 함량은 RS 3형 저항전분 첨가시에는 첨가율이 증가함에 따라 점도가 감소하는 경향을 나타냈으나, RS-4형은 그 차

Table 3-14. Color of wheat flour with different RS

		Color		
		L	a	b
No added		98.11	0.10	3.38
Wheat NS	10%	98.19	0.17	2.83
	20%	98.29	0.16	2.71
Wheat RS3	10%	98.68	-0.19	4.70
	20%	97.79	-0.09	4.19
Wheat RS3-CA	10%	97.98	-0.22	4.63
	20%	97.68	-0.13	4.46
Wheat RS4-1	10%	98.02	-0.07	3.62
	20%	98.05	0.07	2.93
Wheat AnRS4-1	10%	98.12	-0.10	4.09
	20%	98.04	0.14	3.30
Wheat AcAnRS4-1	10%	98.11	-0.13	4.02
	20%	98.27	-0.07	3.60
Waxy rice NS	10%	94.29	-1.44	6.90
	20%	94.69	-1.37	6.05
Waxy rice RS4-1	10%	94.20	-1.47	7.03
	20%	94.58	-1.38	6.34
Wheat AnRS4-1	10%	94.19	-1.46	7.17
	20%	94.57	-1.36	6.16
Novelose 240	10%	97.88	-0.05	3.67
	20%	98.12	0.03	3.17
Novelose 330	10%	93.94	-1.43	7.56
	20%	93.96	-1.47	7.66

이를 보이지 않는다고 하였다. 전분 함량은 전분 분해 효소에 의해 측정되므로 밀가루에 저항전분을 첨가하면 상대적인 전분의 함량은 증가하였지만 그 중 일부가 효소에 저항을 받기 때문에 총 전분 함량이 낮게 나타난다고 하였다. 이는 본 실험에서 저항전분의 함량이 증가할수록 최고점도의 값이 낮아지는 결과와 유사하였다.

전분 호화액의 점도는 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량 및 구조 차이, 결정정도에 의하여 결정된다고 한다. 또한 전분의 호화는 전분과 물분자의 상호작용의 결과로서 물은 수소결합에 의하여 회합되어 있으나 온도가 높아질수록 단분자의 비율이 증가하고 이 회합정도가 낮은 물분자가 전분의 미세한 결정 가까이 까지 침입하여 고온에서 불안정하게된 전분 분자의 수소 결합에 파괴를 일으키는 것으로 알려져 있다. 이러한 과정에서 전분입자의 팽윤이 일어나고 아밀로오스 분자들이 용출되어 나오면서 전분의 분산액은 점도가 매우 큰 유백색의 콜로이드 용액을 형성하여 일정한 전분 농도 이상에서 냉각하면 반고체 겔을 형성하게 된다고 하였다.

Table 3-15. Amylo graph data of Control and flour control and flour blend with RS-3 and RS-4 type resistant starch

	Contro	FRS1-	FRS1-	FRS2	FRS2	FRS3	FRS3	FRS4	FRS4	FRS5	FRS5	FRS6	FRS6
	1	1	2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2
Gelatinization temperature (°C)	57.0	56.8	58.0	59.5	61.3	59.7	61.2	58.3	61.0	56.4	58.0	58.9	60.6
Max. Viscosity temperature (°C)	90.7	80.7	89.5	91.0	91.4	88.2	90.1	89.8	90.3	94.0	93.7	88.8	89.5
Max. Viscosity (Bu)	850	895	965	645	545	510	425	505	405	760	620	670	560

카. 밀가루의 반죽 특성

1) 변성전분을 첨가한 강력분의 반죽특성

저항전분을 첨가한 밀가루의 Farinograph로 수분흡수율과 글루텐 형성력을 분석한 결과가 Table 3-16과 같다. Control의 수분 흡수율은 66.5% 였고 citrate로 처리한 RS-3형 전분을 첨가한 시료인 FRS3-1, FRS3-2는 각각 저항전분 첨가량에 따라 흡수율이 70.2%, 76.7%로 증가하였다. citrate, SE로 처리한 FRS4-1, FRS4-2는 흡수율 증가가 가장 커 70.9%, 79.3%였다. Farino graph의 흡수율은 밀가루의 단백질 함량, 입도, 손상전분에 의해 영향을 받는다. 생전분을 첨가한 밀가루 반죽은 첨가량에 따라 흡수율에 따른 변화가 적는데 반하여 저항전분(RS)를 첨가한 밀가루의 경우에는 흡수율이 증가하였다. RS-4형 저항전분이 첨가된 시료군(FRS5-1 ~FRS6-2)에서의 흡수율 변화는 타 시료군에 비해 변화가 적었다. 이것은 저항전분 자체가 낮은 팽윤력을 가지고 있어 가교결합 저항전분 분획이 흡수율에 영향을 준 것으로 생각되었다. 반죽 형성 시간(development time)은 control이 2.7분이었고 생전분을 10%, 20% 첨가한 경우 각각 2.0, 2.1분을 나타내었다. RS-3형 저항전분을 첨가한 시료군에서는 반죽 형성 시간이 10%의 경우에는 증가하였고 20% 첨가시에는 control과 유사한 결과를 보였다. RS-4형 저항전분을 첨가한 시료군에서는 10%, 20% 첨가 시료 모두 감소하였다. 저항전분 10% 첨가시에 반죽 형성 시간이 증가되는 것은 저항전분의 무정형 부분이 먼저 수화되어 글루텐 형성속도를 늦추었기 때문의 생각된다. 김 등은 전분립의 크기에 따라 수화속도가 다르고 반죽의 수화속도가 반죽형성 시간에 영향을 준다고 보고하였다. 반죽의 안정도는 control이 38.5분 이었고 생전분과 저항전분 첨가 시료군에서 첨가율에 비례하여 안정도가 감소하였으나 특히 RS4-2 형의 저항전분이 첨가된 시료에서는 그 변화폭이 23.5분에서 6.5분으로 매우 컸다. MTI(Mixing Tolerance Index-반죽의 항상성(consistency))은

control의 경우 10 BU 였고 생전분과 저항전분의 첨가량에 따라 MTI 값이 커지는 현상을 보였다. RS-4 형 저항전분이 첨가된 시료군에서는 Table 3-16에서와 같이 그 값의 편차가 컸다. MTI가 커진다는 것은 반죽의 안정성이 낮아진다는 것을 의미하기 때문에 MTI 가 커짐에 따라서 제빵 적성이 나쁜 것으로 예상하였다.

Table 10. Farino graph data of Control and flour control and flour blend with RS-3 and RS-4 type resistant starch

	Contr ol	FRS1- 1	RS1-2 RS1-2	RS2- 1	RS2- 2	RS3- 1	RS3- 2	RS4- 1	RS4- 2	RS5- 1	RS5- 2	FRS6 -1	FRS6 -2
Water absorption(%)	66.5	64.3	63.4	68.4	73.7	70.2	76.7	70.9	79.3	67.7	69.0	66.9	65.4
Development Time(min)	2.7	2.0	2.1	3.2	3.0	2.5	3.5	2.6	2.5	2.3	1.8	2.0	2.0
Stability(min)	38.5	33.0	10.0	27.7	22.2	28.5	21.7	19.3	13.9	12.2	9.3	23.5	6.5
M.T.I.(Bu)	10	20	40	20	10	20	30	30	40	30	70	40	60

2) 변성전분을 첨가한 중력분의 반죽특성

변성전분이 10%, 20% 첨가된 밀가루의 반죽특성을 측정하였다(표 3-17). 반죽의 수분흡수율은 RS 3 종류와 찹쌀전분으로 제조한 변성전분을 첨가한 경우에 증가하였고 반죽의 글루텐 발전 시간은 밀전분으로 제조한 RS 3를 첨가한 경우 control과 유사했으며 나머지는 약간 감소하였다. 반죽의 안정도는 밀전분으로 제조한 RS 3 종류 전분과 밀전분으로 제조한 RS 4를 10% 첨가한 경우에 첨가하지 않은 경우보다 안정도가 증가했으며 약화도는 변성전분을 10% 첨가한 경우에 첨가하지 않은 경우보다 약화도가 떨어지거나 비슷하여 바람직한 반죽특성을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

Table 3-17. Farinograph of RS mix flour

		Farinograph			
		Absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Weakness (B.U)
No added		63.2	2.0	8.0	60
Wheat NS	10%	62.0	1.7	9.8	45
	20%	60.7	1.3	5.5	80
Wheat RS3	10%	65.5	2.5	13.3	40
	20%	66.1	2.0	7.8	85
Wheat RS3-CA	10%	66.5	1.8	11.3	50
	20%	67.4	1.4	6.7	75
Wheat RS4-1	10%	63.0	1.5	9.5	30
	20%	62.3	1.2	2.1	90
Wheat AnRS4-1	10%	63.0	1.5	5.7	60
	20%	62.3	1.2	2.1	92
Wheat	10%	63.0	1.5	5.0	70
AcAnRS4-1	20%	62.4	1.3	3.3	90
Waxy rice NS	10%	65.4	1.8	6.3	60
	20%	66.3	1.4	3.5	90
Waxy rice RS4-1	10%	64.0	1.7	4.0	50
	20%	65.1	1.3	2.4	85
Wheat AnRS4-1	10%	64.8	1.7	3.1	70
	20%	65.2	1.5	1.8	85
Novelose 240	10%	1.7	7.0	70	50
	20%	1.2	3.6	80	40
Novelose 330	10%	1.5	7.9	60	51
	20%	1.1	3.4	90	43

3. 변성전분 첨가 국수의 개발

가. 건면과 조리한 국수의 텍스처 특성

건면은 국수 한가닥이 끊어질 때의 거리와 최대 힘으로 텍스처를 측정하였다(표 3-18). 밀가루 100%인 건면이 끊어질 때까지의 거리는 0.25mm, 힘은 72.12 g 였다. 끊어질 때까지의 거리는 밀전분으로 제조한 RS 4 형 전분을 제외하고는 모든 시료가 밀가루 100% 국수보다 더 길었고, 최대 힘은 밀전분으로 제조한 RS 3 형 전분과 citric acid를 첨가한 RS 3 형 전분, 그리고 찹쌀전분으로 annealing 후 제조한 RS 4 형 전분을 첨가한 경우는 밀가루 국수를 끊을 때의 힘과 비슷하거나 오히려 더 단단한 국수가 제조되었다. 생전분을 같은 비율로 첨가한 국수와 비교했을 때에는 변성전분을 첨가한 국수 모두 더 단단한 국수가 제조된 것을 알 수 있었다.

이 국수들을 끓는 물에서 4분간 조리한 후 텍스처를 측정하였다(표 3-10). 조리된 국수의 텍스처는 국수 한 가닥을 잡아당겨서 국수가 끊어지는 지점까지의 거리와 끊어질 때의 힘을 측정하였다. 밀가루 100% 국수는 국수가 끊어질 때까지의 거리가 8.76mm, 끊어질 때의 힘이 14.45 g 였다. 국수가 끊어질 때 까지의 거리와 힘은 밀전분으로 제조한 RS 3 형과 RS 4 형, annealing 후 제조한 RS 4 형, 그리고 찹쌀전분을 annealing 하여 제조한 RS 4 형 전분을 첨가한 경우 밀가루 100% 국수와 유사한 값을 나타냈다. 조리된 국수의 텍스처도 건면에서와 같이 생전분을 첨가한 것 보다 변성전분을 같은 비율로 첨가한 국수가 더 바람직한 성질을 갖는 결과를 나타냈다. 따라서 건면이나 조리된 국수의 텍스처 상으로는 밀전분으로 제조한 RS 3형 전분과 찹쌀전분을 annealing 한 후 제조한 RS 4형 전분을 첨가한 국수와 거의 비슷한 품질을 보였다.

Table 3-18. Breaking distance(mm) and max force(g) dry noodles and cutting distance(mm) and max force(g) of cooked noodles.

	level	Dry noodles		Cooked noodles	
		Distance(mm)	Max force(g)	Distance(mm)	Max force (g)
No added		0.25±0.05	72.12±9.69	8.76±3.05	14.45±3.50
Wheat	10%	0.25±0.18	41.37±15.83	3.57±1.50	7.96±1.30
NS	20%	0.28±0.30	48.44±17.60	6.52±2.82	9.53±1.73
Wheat	10%	0.27±0.09	104.29±39.61	7.53±1.79	14.16±1.90
RS3					
Wheat	10%	0.33±0.10	68.93±24.20	5.04±1.78	8.83±1.03
RS3 - CA					
Wheat	10%	0.18±0.05	53.80±18.35	7.56±1.60	12.72±1.38
RS4	20%	0.21±0.26	54.09±12.72	6.48±1.60	11.88±1.28
Wheat	10%	0.26±0.05	58.63±10.06	9.17±2.30	15.10±2.34
RS4					
(Anneal)	20%	0.22±0.07	37.50±12.60	6.69±1.78	10.30±1.22
Wheat	10%	0.23±0.06	52.66±19.06	5.91±2.78	10.17±2.44
AcAnRS4	20%	0.29±0.08	55.72±18.94	8.07±1.62	12.32±1.39
WR NS	10%	0.29±0.18	44.00±10.29	4.26±2.40	7.63±1.35
WR					
RS4	10%	0.24±0.07	64.98±25.45	3.71±1.93	8.20±1.67
	20%	0.30±0.07	53.51±10.96	5.86±2.03	10.81±1.75
WR	10%	0.27±0.07	71.00±9.59	9.56±3.29	15.55±3.88
AnRS4	20%	0.30±0.08	52.79±18.17	4.89±1.62	10.32±1.73
Novelose	10%	0.26±0.06	57.96±20.20	5.82±1.69	9.95±1.32
240	20%	0.28±0.07	57.19±20.00	9.97±2.35	12.60±1.23
Novelose	10%	0.27±0.07	60.02±12.36	7.77±1.76	12.52±1.20
330	20%	0.34±0.07	56.28±19.58	7.94±1.39	11.27±1.08

나. 국수의 조리특성

다양한 RS를 첨가하여 제조된 국수의 조리특성을 비교하였다. control 국수의 조리 후 무게증가는 200.11%, 부피증가는 28ml였으며 cooking loss는 10.41%이었다. 생전분을 첨가한 경우 국수 조리 후 무게증가나 부피 증가가 현저히 증가했으나 변성전분을 첨가한 국수는 대체적으로 조리에 의한 변화가 생전분보다 더 적었다. 밀전분에 citric acid를 첨가하여 제조한 RS 3형 전분을 첨가한 국수는 조리후 무게나 부피 증가, cooking loss가 control 국수보다 다소 높았고 밀전분으로 제조한 RS 4형 전분을 첨가한 경우 control 국수와 비슷하였다. 밀전분을 annealing 하거나, 산처리와 annealing 하여 제조한 RS 4형 전분이나 찹쌀전분으로 제조한 RS 4형 전분을 첨가한 국수는 첨가하지 않은 국수에 비해 조리 후 변화가 더 크게 나타났다.

다. 국수의 기호도 조사

다양한 방법으로 제조된 변성전분을 첨가한 국수를 제조하여 위와 같은 실험을 하였고 마지막으로 국수의 관능검사를 실시하였다. 관능검사는 100점 만점의 기호도 조사를 하였고 control에 대해 70점의 점수를 주고 다른 시료들을 control과 비교하게 하였다. 기호도 조사를 실시한 결과 대부분의 항목에서 밀전분과 찹쌀전분으로 제조한 변성전분을 20% 첨가한 국수가 첨가하지 않은 국수와 유사한 점수를 받거나 오히려 더 높은 점수를 받았으며 생전분을 첨가한 국수보다는 훨씬 좋은 점수를 받았다. Novelose를 첨가한 국수는 첨가하지 않은 국수보다 더 낮은 값을 보여 이미 상품화 되어 있는 변성전분보다 밀전분이나 쌀전분으로 제조한 변성전분의 이용가치가 높은 것으로 생각되었다.

Table 3-19. Cooking characteristics (4min) of white salted noodles made from wheat flour with various RS

	level	Weight gain (%)	Volume increment (ml)	Cooking loss (%)
No added		200.11	28.0	10.41
Wheat NS	10%	241.71	32.5	9.02
	20%	259.65	33.5	9.64
Wheat RS3	10%	203.65	27.0	10.62
Wheat RS3 - CA	10%	259.38	32.0	11.53
	10%	199.93	27.3	9.48
Wheat RS4-1	20%	202.20	28.0	9.51
	10%	213.32	29.0	9.81
Wheat RS4-1 (Anneal)	20%	256.75	34.0	8.86
	10%	228.94	30.0	8.71
AcAnRS4-1	20%	220.87	30.0	10.32
WR NS	10%	247.36	31.5	8.50
	10%	251.14	33.0	8.71
WR RS4-1	20%	241.19	31.5	9.63
	10%	209.19	28.3	9.61
WR AnRS4-1	20%	261.45	33.0	9.49
	10%	221.20	29.5	8.94
Novelose 240	20%	240.48	30.0	10.37
	10%	220.03	28.0	9.92
Novelose 330	20%	240.45	31.0	9.95

Table 3-20. Sensory evaluation of white salted noodles made from wheat flour with various RS

	level	Color	Surface appear.	Soft. /hard.	Elast.	Smooth	Taste	Total quality
No added		17.5	14	7	17.5	7	7	70
Wheat NS	10%	17.17 ± 2.79	14.89 ± 2.26	7.28 ± 1.09	17.27 ± 2.32	8.22 ± 1.09	7.28 ± 0.83	69.44 ± 10.14
Wheat NS	20%	17.72 ± 3.41	14.22 ± 2.11	6.94 ± 1.01	17.00 ± 2.80	6.89 ± 0.78	6.94 ± 0.73	67.22 ± 6.67
Wheat RS3	10%	18.00 ± 3.31	15.00 ± 2.24	7.94 ± 1.01	19.17 ± 2.50	6.56 ± 1.24	7.38 ± 0.67	74.89 ± 10.54
Wheat RS3 - CA	10%	15.50 ± 3.95	14.67 ± 3.00	7.06 ± 1.42	18.94 ± 4.64	6.67 ± 1.58	6.82 ± 1.39	70.44 ± 16.67
Wheat RS4	20%	18.91 ± 2.02	15.58 ± 1.40	6.95 ± 0.82	18.05 ± 2.92	7.09 ± 1.04	7.15 ± 1.04	70.55 ± 5.22
Wheat AnRS4	20%	19.00 ± 2.11	14.00 ± 1.41	6.50 ± 1.14	17.00 ± 2.85	7.00 ± 1.25	7.10 ± 1.48	72.00 ± 11.60
Wheat AcAn RS4	20%	18.86 ± 1.72	15.00 ± 1.15	7.25 ± 0.50	18.75 ± 1.44	7.25 ± 0.50	7.50 ± 0.58	75.00 ± 5.77
WR NS	10%	17.17 ± 2.80	14.11 ± 2.26	6.28 ± 1.5	16.11 ± 3.56	7.11 ± 1.76	6.67 ± 1.41	66.67 ± 14.14
WR RS4	20%	19.37 ± 2.39	14.50 ± 1.91	7.00 ± 1.41	17.88 ± 2.39	7.00 ± 1.15	7.00 ± 0.82	70.50 ± 9.57
WR AnRS4	20%	18.13 ± 1.25	13.78 ± 1.86	7.25 ± 1.26	18.13 ± 3.15	7.00 ± 1.63	7.50 ± 1.29	72.50 ± 9.57
Novelose 240	20%	18.25 ± 3.81	13.60 ± 1.65	9.80 ± 1.16	17.25 ± 2.75	6.60 ± 1.43	6.60 ± 0.94	69.00 ± 8.76
Novelose 330	20%	18.55 ± 3.91	13.89 ± 1.76	6.17 ± 1.00	16.33 ± 2.50	6.44 ± 1.33	6.14 ± 0.73	63.33 ± 7.07

마. 국수의 RS 함량 조사

국수의 RS 함량을 pancreatin gravimetric method로 측정한 결과는 표 3-21과 같았다. 변성전분을 첨가하지 않은 국수는 RS 함량이 7.06%였고 변성전분을 첨가한 국수는 RS의 수율이 증가하였다. 특히 RS 함량이 가장 높은 밀전분을 산처리와 annealing 하여 제조한 RS 4를 첨가한 국수가 가장 높은 수율을 나타냈다.

Table 3-21. RS yield of noodles with RS3 and RS4 starch series

	level	RS yield (%)
No added		7.06
Wheat NS	10%	10.79
	20%	10.28
Wheat RS3 - CA	10%	12.90
	10%	10.26
Wheat AnRS4-1	20%	15.62
	10%	14.06
Wheat AcAnRS4-1	20%	21.09
	10%	10.16
WR NS	10%	11.96
	20%	13.25
WR RS4-1	10%	11.75
	20%	13.44
WR AnRS4-1	10%	15.97
	20%	18.56
Novelose 240	10%	17.61
	20%	17.85
Novelose 330	10%	
	20%	

4. 변성전분 첨가 식빵의 개발

가. 빵의 부피 및 비용적

저항전분을 첨가한 밀가루로 제조된 빵의 부피와 비용적의 결과는 Table 3-22과 같다. 빵의 부피와 비용적은 control이 2130 ml였고 비용적은 4.95였다. 생전분과 저항전분이 첨가된 밀가루로 만든 시료 모두 첨가량이 증가함에 따라 총 부피 및 비용적이 감소하였다. 10%씩 생전분과 저항전분이 첨가된 시료의 경우 control에 비해 부피가 338 ml에서 210 ml까지 감소하였으나 전체적인 제품 모양이나 부피는 양호하였다. 20%씩 첨가된 샘플에서는 RS-3형 저항전분이 첨가된 시료에서는 총부피가 FRS2-2 1563 ml, FRS3-2 1593 ml, FRS4-2 1585 ml로 생전분이나 RS4 형 저항전분이 첨가된 시료군보다 control과 비교시 작은 부피를 가졌다. 빵의 부피는 gluten forming protein(glutenin, gliadin)의 비율이 중요하고 그외 밀가루에 함유된 전분, 극성지질과 가스팽창제 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 빵의 부피를 증가시키기 위해서는 활성글루텐(vital wheat gluten)을 첨가하는 실험을 하여야 할 것이다. 밀도는 빵을 씹을 때 씹히는 맛의 차이를 주며 밀도가 작을수록 부드러운 느낌이, 밀도가 크면 쫄깃한 느낌을 주게 된다. Bulk density는 빵의 무게와 부피의 비를 나타낸 것이다. Control이 가장 높았으며 저항전분의 첨가량이 증가할수록 낮아졌다.

Table 3-22. Volume of breads baked by A.A.C.C method with wheat flour and flour blend with RS-3 or RS-4 type resistant starch

	Total Volume (ml)	Bulk density (g/ℓ)	Specific loaf volume(cm ³ /g)
Control	2130	119.97	4.95
FRS1-1	1920	135.45	4.47
FRS2-1	1845	138.03	4.29
FRS3-1	1828	136.31	4.25
FRS4-1	1893	137.17	4.40
FRS5-1	1872	136.31	4.35
FRS6-1	1792	138.89	4.17
FRS1-2	1715	157.81	3.99
FRS2-2	1563	161.68	3.63
FRS3-2	1593	158.24	3.70
FRS4-2	1585	153.94	3.69
FRS5-2	1683	159.53	3.91
FRS6-2	1693	155.66	3.94

나. 빵의 텍스처 측정

빵의 텍스처를 레오미터(Fudoh rheometer, Japan)로 측정하였으며 결과는 Table 11-12와 같다. 빵의 제조 후 3일간 밀봉하여 보관한 후 각 시료의 텍스처를 압착시험 (compression test)와 전단시험 (shearing test)를 통해 측정하였다. crumb의 단단함을 나타내는 toughness는 control의 경우 198(g)이었고, RS-3 형과 RS-4 형 저항전분을 10% 첨가한 시료군에서는 control과 크게 차이가 없었고 FRS4-1에서만 194(g)으로 낮았다. 저항전분을 20% 첨가한 시료군에서는 RS3형을 첨가한 FRS2-2와 FRS3-2에서 낮은 toughness 값을 얻었다. 빵의 단단함은 생전분이나 저항전분의 직접적인 영향이라기 보다는 저항전분내의 호화전분인 무정형 부분이 요구하는 수분의 양이 많으면 글루텐의 형성에 영향을 주므로 발효동안 이스트에 의해 생성된 CO₂ 가스를 잘 포집하지 못하여 빵의 전체 부피가 작아지고, 밀집된 구조를 갖게 되어 더 딱딱해 지는 것으로 생각되었다. 탄성에서는 RS-3형 저항전분이 첨가된 시료군에서 높은 값을 보였다. 점성 역시 RS-3형 저항전분을 첨가한 시료군에서 높아 유의적이었다. 강도(Strength)는 전 시료군에서 유사한 특성을 보였으나 RS-3형 저항전분을 10% 첨가한 FRS3-1, FRS2-2에서 높은값을 보였다. Shearing energy도 RS-3형 저항전분이 첨가된 시료군에서 높았다.

Table 3-23. Compression test of control and flour blend with RS-3 and RS-4 type resistant starch

	Contro 1	FRS1- 1	FRS2-1	FRS3- 1	FRS4-1	FRS5- 1	FRS6- 1	FRS1- 2	FRS2- 2	FRS3-2	FRS4-2	FRS5- 2	FRS6- 2
Toughness (g)	198	199	194	198	194	198	198	198	194	196	198	199	199
Distance (mm)	5.5	5.9	4.9	5.3	3.6	5.7	5.3	5.7	4.6	4.8	4.1	5.6	5.5
Alleviat Rate (%)	98.39	99.31	98.35	99.01	98.68	98.43	98.35	98.43	98.91	98.3	90.2	98.31	98.31
Alleviat time (sec)	0.430	0.433	0.400	0.413	0.430	0.418	0.44	0.401	0.410	0.420	0.430	0.435	0.442
Strain	0.42	0.45	0.38	0.42	0.28	0.44	0.40	0.43	0.35	0.36	0.31	0.42	0.42
Elastic (dyn/cm ²)	99,177	93,475	110,413	98,705	173,498	95,808	102,954	95,977	117,335	113,316	132,865	98,441	99,322
Viscos (d · s/cm ²)	42,911	40,778	44,759	40,780	74,468	43,178	45,153	39,126	48,271	48,502	57,060	43,178	44,437

Table 3-24. Shearing test of control and flour blend with RS-3 and RS-4 type resistant starch

	Control	FRS1-1	FRS2-1	FRS3-1	FRS4-1	FRS5-1	FRS6-1	FRS1-2	FRS2-2	FRS3-2	FRS4-2	FRS5-2	FRS6-2
Strength (g)	194	193	194	196	192	193	193	193	196	192	193	193	193
Total Energy (erg)	129,550	129,211	173,650	183,620	158,560	13658	137748	142604	150,180	175,100	176,430	137064	190713
Shearing Val (g/cm ²)	28	28	28	28	28	28	28	26	28	28	28	28	28
Shearing Energy (erg/cm ²)	18	18	25	26	23	19	18	20	21	25	25	19	18

다. 빵의 관능검사

평가 제품군의 모양 균형성은 RS4형 저항전분(FRS5-1, FRS5-2)이 첨가된 제품군에서 가장 낮은 불균일성을 보였으며 수분 열처리(heat moisture treatment, HMT)를 한 RS3형 전분이 첨가 제품군중에서 우수한 균형성을 보였다. 껍질색(crust color)은 RS3형 저항전분이 첨가된 제품군에서 control보다 밝았고 RS4형 저항전분이 첨가된 제품군에서는 어둡게 나왔으며 첨가량에 따른 변화는 차이가 났으나 유의성이 없었다. 속색상(crumb color)는 전 제품군에서 유사한 특성을 나타내었으나 RS4형 저항전분을 첨가한 제품군에서 control보다 밝은 색을 띄었다. 기공(grain)은 생전분과 RS-3형 저항전분을 첨가한 제품군의 경우에는 control과 유사한 균일성을 보였고 RS4형 저항전분을 첨가한 제품군의 경우에는 control보다 좋지 않았다. white bread의 구수한(roasted) 향은 0.1% citrate를 처리한 RS3형 저항전분을 첨가한

제품군에서 구수한 맛이 가장 강한 것으로 나타났고, 생전분을 첨가한 제품군에서 가장 약한 것으로 평가되었다. 이취(off-flavor)는 첨가량이 증가함에 따라 강해졌으나 0.1% citrate를 처리한 RS3형 저항전분을 첨가한 제품군에서 더 강하게 나타났다. 맛(Taste)은 전 제품군에서 저항전분을 첨가했을 때 구수한 맛이 증가된다고 평가되었다. 경도(Hardness)는 생전분이나 저항전분이 첨가됨에 따라 증가되었으나 저항전분보다는 생전분의 첨가량이 증가함에 따라서 더 강해졌다. 탄성(Springiness)은 RS-3형 저항전분을 첨가한 제품군에서는 증가하였고 RS-4형 저항전분은 첨가한 제품군에서는 감소하였다. 촉촉함(Moistness)는 RS-3형 저항전분을 첨가하였을 때는 첨가량에 따라 증가하였고, 생전분과 RS-4형 저항전분을 첨가하였을 때는 감소하였다. 전체적인 기호도 평가에서는 RS-3형 저항전분 특히 0.1% citrate로 처리한 저항전분을 첨가한 제품이 높은 평가를 받았다.

Table 3-25a. Sensory evaluation data of white bread for wheat flour substituted with RS

	Shape	Color		Grain	Flavor		Taste	Texture			Overall Quality
		Crust	Crumb		Roasted	Off-flav or		Hardnes s	Springi ness	Moistne ss	
Control	9.14 ±2.51	6.95 ±2.19	6.56 ±2.04	7.31 ±3.14	7.27 ±2.53	4.82 ±3.04	7.3 1±2.55	6.26 ±2.31	8.07 ±2.25	7.73 ±2.13	8.21 ±1.82
FRS2-1	8.68 ±2.63	7.51 ±2.39	6.91 ±2.86	6.87 ±2.71	7.00 ±2.60	4.74 ±2.17	7.50 ±3.15	7.07 ±2.90	7.50 ±3.42	7.25 ±2.75	6.74 ±2.50
FRS3-1	6.70 ±3.69	7.72 ±2.20	5.87 ±3.17	7.33 ±3.23	8.48 ±3.32	8.05 ±3.96	7.73 ±3.89	8.48 ±1.75	9.85 ±1.95	8.83 ±1.55	8.92 ±2.92
FRS4-1	7.96 ±2.41	9.47 ±1.53	6.96 ±2.42	5.69 ±2.67	6.66 ±1.83	5.19 ±2.84	5.91 ±1.79	7.99 ±1.79	8.16 ±2.48	6.52 ±2.64	6.90 ±1.74

FRS means flour resistant starch.

The first number of FRS means kinds of RS and second number means % of RS added to flour.

Table 3-25b. Sensory evaluation data of white bread for wheat flour substituted with RS

	Shape	Color		Grain	Flavor		Taste	Texture			Overall Quality
		Crust	Crumb		Roasted	Off-flav or		Hardnes s	Springi ness	Moistne ss	
Control	7.56 ±3.47	7.80 ±3.40	5.48 ±2.36	7.05 ±3.39	6.50 ±3.39	5.47 ±3.46	6.82 ±2.56	6.51 ±2.88	7.39 ±3.49	7.06 ±2.21	6.90 ±2.33
FRS2-2	7.37 ±3.93	6.90 ±2.34	6.90 ±1.63	4.33 ±2.04	6.17 ±3.07	7.50 ±4.28	6.33 ±2.22	7.05 ±2.37	8.47 ±1.85	8.00 ±2.00	7.27 ±2.02
FRS3-2	6.70 ±3.69	7.72 ±2.19	5.87 ±3.17	7.33 ±3.23	8.48 ±3.32	8.05 ±3.96	7.73 ±3.88	8.48 ±1.75	9.85 ±1.95	8.83 ±1.55	8.92 ±2.92
FRS4-2	8.21 ±2.87	6.66 ±2.56	6.91 ±3.28	7.54 ±2.80	6.59 ±2.15	5.47 ±2.35	7.77 ±3.37	6.94 ±3.50	7.70 ±3.85	8.31 ±2.00	6.73 ±3.00

FRS means flour resistant starch.

The first number of FRS means kinds of RS and second number means % of RS added to flour.

Table 3-25c. Sensory evaluation data of white bread for wheat flour substituted with RS

	Shape	Color		Grain	Flavor		Taste	Texture			Overall Quality
		Crust	Crumb		Roasted	Off-flavor		Hardness	Springiness	Moistness	
Control	8.72 ±2.01	6.42 ±2.52	6.80 ±2.13	5.57 ±2.03	6.58 ±3.63	3.02 ±2.59	5.15 ±2.85	7.47 ±2.82	8.40 ±3.14	7.68 ±0.86	6.30 ±1.82
FRS1-1	8.18 ±2.92	7.36 ±2.22	6.75 ±2.72	7.19 ±2.96	6.63 ±2.86	5.56 ±3.07	6.89 ±3.38	7.73 ±3.03	7.33 ±3.28	7.05 ±2.57	6.42 ±2.68
FRS5-1	3.62 ±1.83	4.64 ±1.65	6.20 ±1.74	5.32 ±2.74	6.76 ±3.97	5.42 ±4.62	6.06 ±2.36	8.66 ±2.36	7.14 ±3.44	6.60 ±3.26	6.62 ±2.53
FRS6-1	6.80 ±1.15	9.20 ±1.86	6.16 ±1.75	5.00 ±2.01	6.82 ±4.36	4.16 ±3.04	6.28 ±3.18	8.66 ±3.25	8.78 ±1.92	8.32 ±2.53	6.00 ±2.76

FRS means flour resistant starch.

The first number of FRS means kinds of RS and second number means % of RS added to flour.

Table 3-25d. Sensory evaluation data of white bread for wheat flour substituted with RS

	Shape	Color		Grain	Flavor		Taste	Texture			Overall Quality
		Crust	Crumb		Roasted	Off-flav or		Hardness	Springiness	Moistness	
Control	8.72 ±2.01	6.42 ±2.52	6.80 ±2.13	5.57 ±2.03	6.58 ±3.63	3.02 ±2.59	5.15 ±2.85	7.47 ±2.82	8.40 ±3.14	7.68 ±0.86	6.30 ±1.82
FRS1-2	7.86 ±2.98	6.00 ±2.30	7.66 ±1.79	5.68 ±3.40	4.90 ±3.66	7.38 ±4.90	5.60 ±3.38	10.04 ±1.78	7.54 ±2.53	4.54 ±2.86	5.34 ±3.19
FRS5-2	4.36 ±4.62	4.54 ±1.16	6.04 ±2.19	5.46 ±2.87	5.32 ±3.78	5.84 ±3.67	6.62 ±3.62	9.12 ±1.30	8.32 ±2.09	5.88 ±1.85	6.04 ±2.51
FRS6-2	6.50 ±2.42	5.42 ±2.16	5.94 ±2.75	6.64 ±3.89	6.04 ±3.54	5.10 ±2.79	5.08 ±3.68	7.62 ±1.42	7.70 ±1.50	5.72 ±2.51	6.32 ±2.26

FRS means flour resistant starch.

The first number of FRS means kinds of RS and second number means % of RS added to flour.

제 4 장 참고문헌

Alexander, R.J. 1995. Resistant starch-New ingredient for the food industry. *Cereal Foods World* 40:455,458

Ann, B., Jane, M., Gwyn, J. and Kerin, O. 1996. Resistant starch lowers fecal concentrations of ammonia and phenols in humans. *Am. J. Clin. Nutri.* 63 : 766

Asp, N-G. 1992. Resistant starch. Proceedings of the 2nd plenary meeting of EURESTA: European Flair Concerted Action No.11 on physiological implications of the consumption of resistant starch in men. *Eu. J. Clin. Nutr.* 46(Su 2) S1.

Asp, N-G., van Amelsvoort, J.M.M., and Hautvast, J.G.A. 1996. Nutritional implications of resistant starch. *Nutriton Res. Reviews* 9:1-31.

Behall, K.M. and Howe, J.C. 1996. Resistant starch as energy. *J. Am. College Nutr.* 15:248-254.

Berry, C.S.1986. Resistant starch: Formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fiber. *J. Cereal Sci.* 4:301-314

Björck, I., Gunnarsson, A. and Ostergard, K. 1989. A study of native and chemically modified potato starch. II. Digestibility in the rat intestinal tract. *Starch* 41:128-134.

Champ, M. 1992. Determination of resistant starch in foods and food products: Interlaboratory study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46(suppl.2):S51-S62.

Colonna, P., Leloup, V. and Bulön, A. 1992. Limiting factors of starch hydrolysis. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46(Suppl. 2) S17-S32.

Eerlingen, R.C., Crombez, M. and Delcour, J. A. 1993a. Enzyme-resistant starch. I. Quantitative and qualitative influence of incubation time and temperature of autoclaved

starch on resistant starch formation. *Cereal Chem.* 70:339-344.

Eerlingen, R.C., Deceuninck, M. and Delcour, J.A. 1993b. Enzyme-resistant starch. II. Influence of amylose chain length on resistant starch formation. *Cereal Chem.* 70:345-350.

Eerlingen, R.C. and Delcour, J. A. 1995. Formation analysis, structure and properties of type III. Resistant starch. *J. Cereal Sci.* 22:129-138.

Eerlingen, R.C., Jacobs, H. and Delcour, J. A. 1994b. Enzyme-resistant starch. V. Impact of amylopectin retrogradation on enzyme susceptibility. *Cereal Chem.* 71:351-355.

Englyst, H.N., and Cummings, J.H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46(Su 2):S33-S50.

Gildy, M.J., Cooke, D., Darke, A.H., Hoffmann, R.A., Russell, A.L. and Greenwell, P. 1995. Molecular order and structure in enzyme-resistant retrograded starch. *Carbohydr. Polymers* 28:23-31.

Heijnen, M-L. A., Van Amelsvoort, J.M.M., Deurenberg, P. and Beynen, A.C. 1998. Limited effect of consumption of uncooked (RS2) or retrograded(RS 3) resistant starch on putative risk factors for colon cancer in healthy men. *Am. J. Clin. Nutr.* 67:322-331.

Hoover, R., Hannouz, D. and Sosulski, F. W. 1988. Effects of hydroxypropylation on thermal properties, starch digestibility and freeze-thaw stability of field pea (*Pisum sativum* cv Trapper) starch. *Starch* 40:383-387.

Hylla, S., Gostner, A., Dusel, G., Anger, H., Bartran, H-P., Christl, S.U., Kasper, H. and Scheppach, W. 1998. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. *Am. J. Clin. Nutr.* 67:136-142.

Jane, J-L., Robyt, J.F. 1984. Structure studies of amylose-V-complexes and retrograded amylose by action of alpha-amylases and a new method for preparing

amyloextrins. Carbohydr. Res. 132:105-118.

Lee, S.-K., Mun, S.-H. and Shin, M.-S. 1997 Effect of heating conditions on the resistant starch formation. Agric. Chem. Biotechnol. 40:220-224.

Leloup, V.M., Colonna, P. and Ring, S.G. 1992. Physicochemical aspects of resistant starch. J. Cereal Sci. 16:253-266.

Nagao, S. 1996. Processing technology of noodle productions in Japan in Pasta and Noodle Technology. Ed. by Kruger, J.E., Matsuo, R.B. and Dick, J.W. pp 169-194. AACC.

Prosky, L., Asp, N-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W. and Furda, I. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 71:1017-1023.

Ranganathan, S., Champ, M., Pechard, C., Blanchard, P., NGuyen, M., Colona, P. and Krempf, M. 1994. Comparative study of the acute effects of resistant starch and dietary fibers on metabolic indexes in men. Am. J. Clin. Nutr. 59:879-883.

Sievert, D. and Pomeranz, Y. 1990. Enzyme-resistant starch. II. Differential scanning calorimetry studies on heat-treated starches and enzyme-resistant starch residues. Cereal Chem. 67:217-221.

Silvester, K. R., Bingham, S. A., Pollock, J.R.A., Cummings, J.H. and O'Neill, I.K. 1997. Effect of meat and resistant starch on fecal excretion of apparent N-nitroso compounds and ammonia from the human large bowel. Nutr. and Cancer 29:13-23.

Woo, K. and Seib, P.A. 1997. Cross-linking of wheat starch and hydroxypropylated wheat starch in alkaline slurry with sodium trimetaphosphate. Carbohydr. Polymers 33:263-271.

곡물의 증장기 수급전망과 대응정책. 한국경제연구원, 1997.

농림부 자료 : <http://www.nso.go.kr>

우루과이라운드의 한국경제, 국제경제문제연구회 지음, 도서출판 녹진, 1991

통계청 자료 : <http://210.126.176.1>

식품기술속보, 한국식품개발연구원, 1(1998)

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술 개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개 하여서는 아니됩니다.