

대추 성숙중의 세포벽 성분과 세포벽 분해효소의 활성 변화

손미애 · 서지형 · 김미현 · 신승렬* · 김주남** · 김광수

영남대학교 식품영양학과, *경산대학교 식품과학과, **영남전문대학 식품영양과

Changes in the Cell Wall Components and Cell Wall-Degrading Enzyme Activities of Jujube Fruits during Maturation

Mi-Ae Son, Chi-Hyeong Seo, Mi-Hyun Kim, Seung-Ryeul Shin*, Ju-Nam Kim**, Kwang-

Soo Kim

Department of Food & Nutrition, Yeungnam University

**Department of Food Science, Kyungsan University*

***Department of Food and Nutrition, Yeungnam Junior College*

Abstract

This paper was investigated the changes of the cell wall components, enzyme activities during ripening of jujuba fruits for elucidating the softening metabolism of jujuba fruits. Firmness were decreased during ripening. Moisture content did not show any notable changes until ripening stage but they decreased a little in overripe jujuba fruits. Polygalacturonase activities were not detected at nature green stage and β -galactosidase activities were until turning stage. But polygalacturonase activities in ripening and overripening were 51.31 and 100.72 units/100g-fr. wt. respectively. β -galactosidase activities were 16.05 and 182.55units/100g-fr. wt. in the same stages. The content of water-soluble protein was increased in overripening. Stage the contents of cell wall and alcohol-insoluble material were decreased during maturation, but water-soluble material was increased. The pectin and alkali-soluble hemicellulose were increased until ripening stage, but decreased in overripe jujuba fruits. The total pectin and insoluble pectin during ripening, but decreased in overripe jujuba fruits.

Key words : jujube, softenig, cell wall-degrading enzyme, pectin.

서 론

과실의 연화는 미숙상태에서 완숙상태로 전이되는 성숙과정에서 일어나서 과실의 기호성을 증가시키지만 완숙기 이후인 저장 및 유통 중에는 물성과 기호성을 변화시킬 뿐만 아니라 변질과 부패를 촉진시키고 저장성과 품질의 저

하를 초래하는 주된 요인으로 작용한다[1]. 이러한 연화는 생체내에 존재하는 세포벽분해효소의 작용에 의하여 세포벽성분이 분해되어 일어나며, 세포벽 구성성분의 조성과 형태, 세포벽분해효소의 종류, 칼슘의 함량 및 pH에 영향을 받는다[2]. 과실의 세포벽은 펙틴질, 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스, 단백질 등으로 구성되

어 있으며, 세포벽을 연결하는 middle lamella은 rhamnagalacturonan이 주요 성분인 펙틴질에 비섭유성 중성당의 잔기인 galactan과 arabinogalactan이 측쇄결합하여 구성되어 있고, 세포벽단백질은 펙틴의 측쇄잔기와 공유결합하고 있다. 이들 세포벽 구성성분은 연화중에 세포벽분해효소의 작용에 의해 분해되어 펙틴과 헤미셀룰로오스가 저분자 형태의 polymer로 유리되고 비섭유성 중성당인 galactose와 arabinose가 감소됨과 더불어 hydroxyproline을 다량 함유한 세포벽단백질도 유리된다[3, 4]

과실의 연화에 관여하는 효소로는 polygalacturonase와 α -, β -galactosidase, pectinmethylesterase, cellulase 등이 있다[1, 2]. Polygalacturonase는 성숙과 연화중에 활성이 증가하며 세포벽 middle lamella의 구성성분인 펙틴질을 분해하여 저분자인 polyuronide로 유리시킴으로 과실의 연화를 촉진시킨다[1, 2]. β -Galactosidase역시 성숙과 연화중에 활성이 증가하고 펙틴질의 측쇄결합인 galactan과 arabinogalactan을 분해함으로써 펙틴질의 유리와 polygalacturonase의 작용을 용이하게 하여 연화를 촉진한다[5, 6]. Pectinmethylesterase는 펙틴질의 methoxyl을 제거함으로써 polygalacturonase의 작용을 보다 용이하게 하며, cellulase의 경우에는 세포벽 구성성분중 셀룰로오스를 분해하지만 연화에 큰 영향을 주지는 않는다[6, 7]

본 연구는 과실의 연화현상이 저장성과 품질에 많은 영향을 미치는 것을 고려하여 성숙과 건조중에 일어나는 연화가 품질에 미치는 영향에 대한 연구의 일환으로 성숙과정중에 세포벽 분해효소의 활성과 세포벽 구성성분의 변화에 대해 조사·연구하였다.

재료 및 방법

재 료

실험용 대추는 경산대추협회에서 재식한 개량종 복조대추(*Zizyphus jujuba M.*)를 녹숙기(개화후 90~95일), 변색기(개화후 105~110일), 완숙기(개화후 120~125일), 과숙기(개화후 135~

140일)로 구분하여 실험재료로 사용하였다.

방 법

경도측정

과실의 경도는 직경 3mm의 plunger를 끼운 Effegi경도계로 측정하였다.

중량 및 수분정량

대추의 중량은 무작위로 선정한 일정량의 무게를 측정하고 이를 5회 반복실시하여 개체당 평균값을 구하였다. 수분함량은 각 시료를 일정량 취하여 상압건조법에 따라 측정하였다.

효소의 추출

효소추출은 Pressey[8]와 Moshrefi와 Luh[9]가 행한 방법에 따라 시료 200g에 증류수 400ml를 가하여 균질화한 다음 균질액이 1M 되도록 NaCl을 가하고 pH 6.0으로 맞추어 3시간 저온 후 miracloth로 여과하여 위의 조작으로 반복하여 추출하였다. 추출한 여과액에 85% (NH₄)₂SO₄로 염석하여 원심분리하고, 침전물을 0.15N NaCl용액에서 48시간 투석한 후 20,000xg로 원심분리한 상침액을 조효소액으로 하였다. 모든 효소의 추출 조작은 4°C에서 행하였다.

효소의 활성도 측정

Polygalacturonase의 활성도 측정은 Gross[10]의 방법에 준하였다. 즉 효소반응은 1% polygalacturonate용액 100 μ l와 증류수 50 μ l의 혼합액에 효소액 50 μ l를 가하여 30°C에서 30분간 반응시킨 다음 100mM borate 용액 1ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 1% 2-cyanoacetamide용액 200 μ l를 가하여 잘 혼합하고 10분간 끓인 후 냉각하여 276nm에서 흡광도를 측정하였다. Polygalacturonase의 활성은 30°C에서 30분동안에 1 μ mole의 환원당을 생성하는 효소량을 lunit로 하였다.

β -Galactosidase의 활성도 측정은 *p*-nitrophenyl- β -galactosidase를 가수분해하는 정도를 측정하여 효소의 활성도로 나타내었다. 효소반응은 *p*

-nitrophenyl- β -galactosidase를 2mg/ml를 녹인 10mM sodium acetate buffer 50 μ l에 효소액 100 μ l, 0.2% bovine serum albumin 300 μ l와 10mM sodium acetate buffer 100 μ l를 가하여 반응시킨 다음 200mM Na₂CO₃ 2ml를 가하여 410nm에서 흡광도를 측정하였다. β -Galactosidase의 활성은 30°C에서 15분동안 1mmole *p*-nitrophenyl- β -galactosidase를 분해하는 효소량을 1unit로 하였다. 단백질의 함량은 Lowry 등[11]의 방법에 따라 측정하였다.

세포벽 추출 및 세포벽 다당류의 분획

세포벽 추출 및 다당류의 분획은 Yamaki 등 [12]과 Ahmed와 Labavitch[13]가 행한 방법에 따라 과육 100g에 80% ethanol을 가하여 균질화한 후 80°C에서 10분간 증탕하여 효소를 불활성화시킨 후 80% ethanol로 3회 여과, 세척하여 동결건조한 것을 알콜불용성 물질(Alcohol insoluble substance: AIS)로 하였다. 알콜 불용성 물질에 α -amylase(3~5unit/mg) 1mg/ml와 protease(6~8unit/mg) 1mg/ml를 가하여 12시간 처리하여 원심분리하여 잔사를 세포벽 성분 (cell wall fraction: CWF)으로 하였다. 세포벽 성분에 150mg NaClO₂와 빙초산, 증류수 100ml를 가하여 70°C에서 1시간 저어 준 후 원심분리하여 상정액을 lignin분획으로 하였고, 잔사에 0.05M EDTA-2Na 100ml를 가하여 80°C에서 30분간 가열하여 원심분리한 후 상정액을 펙틴질 분획으로 하였다. 잔사에 0.05N 황산 100ml를 가하여 100°C에서 5시간 끓인 다음 원심분리하여 얻은 상정액을 산가용성 헤미셀룰로오스로 하였고, 그 잔사에 4N KOH를 가하고 N₂ gas기류하에서 12시간 방치한 후 원심분리하여 얻은 상정액을 알칼리 가용성 헤미셀룰로

오스로, 잔사를 셀룰로오스 분획으로 하였다. 각 상정액은 증류수에서 72시간 투석한 후 동결건조하여 중량법으로 측정하였다.

펙틴질의 분획 및 정량

펙틴질의 분획은 Ben-Arie 등[4]이 행한 방법에 따라 알콜 불용성 물질 500mg에 증류수 100ml를 가하여 추출한 것을 수용성 펙틴(WSP)로 하였고, 잔사에 0.5% EDTA-2Na 용액 100ml를 가하여 용해한 것을 versene-soluble 펙틴(VSP)으로 하였으며, 불용성 펙틴(ISP)은 남은 잔사를 황산으로 가수분해하여 사용하였으며 각각의 분획물은 carbazole 비색법에 따라 각 시료용액 0.5ml와 진한 황산 3ml를 잘 혼합한 다음 20분간 증탕가열하고 냉각시킨 후에 carbazole 시약 100 μ l를 가하여 2시간동안 정색시킨 다음 530nm에서 흡광도를 측정하여 galacturonic acid 검량선에 의해 함량을 산출하였다.

결과 및 고찰

중량과 수분함량의 변화

대추의 성숙중에 중량과 수분함량의 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 녹색기에서 대추의 중량은 5.80g 이었고 완숙기에서는 14.37g으로 녹색기에서 보다 약 2.5배 증가하였다. 과숙기에는 12.19g으로 다소 감소하였으며, 과육의 중량변화도 이와 유사한 경향이었으나 씨앗의 중량은 녹색기에는 뚜렷한 변화가 없었다. 수분함량은 성숙동안에 80.87~86.68%로 뚜렷한 변화가 없었고 과숙기에는 78.08%로 감소하였다.

Table 1. Changes in the weight and moisture contents of jujuba fruits during ripening

Stages ¹⁾	Total weight(g)	Flesh weight(g)	Moisture contents(%)
MG	5.80 \pm 0.06 ²⁾	5.49 \pm 0.08	80.87 \pm 0.86
T	9.62 \pm 0.15	9.10 \pm 0.07	84.25 \pm 0.26
R	14.37 \pm 0.14	13.87 \pm 0.01	86.68 \pm 0.06
OR	12.19 \pm 0.13	11.66 \pm 0.03	78.08 \pm 0.76

1) MG, mature green stage; T; turning stage, R; ripening stage, OR; overripening stage

2) Values shown are means \pm S. D.

경도의 변화

Table 2는 대추 성숙중의 경도변화를 측정한 결과이다. 녹색기와 완숙기의 경도는 각각 2.64, 1.22kg이며 성숙중 점차로 감소하는 경향이었고 과숙기에서 0.13kg으로 감소하였다. 이러한 결과는 김[14]이 복숭아의 성숙중에 경도가 점차 감소하며 특히 완숙시에 급격히 감소한다고 한 보고와 유사하였다.

Table 2. Changes in the firmness of jujuba fruits during ripening (kg)

Stages ¹⁾	Firmness
MG	2.64 ± 0.19 ²⁾
T	2.18 ± 0.11
R	1.22 ± 0.09
OR	0.13 ± 0.06

1) Abbreviations are the same as in Table 1.

2) Values shown are means ± S. D.

세포벽분해효소의 활성도 변화

Table 3은 과실의 연화에 영향을 미치는 세포벽 분해효소인 polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성 변화 및 가용성 단백질의 함량 변화를 조사한 결과이다. Polygalacturonase활성은 녹색기에서는 나타나지 않았으나 변색기에는 16unit/100 g-fr. wt.이었고 과숙기에는 100.72unit/100 g-fr. wt.로 현저히 증가하였다. 이는 과실의 성숙과 저장중에 polygalacturonase 활성이

증가한다는 보고[2, 15]와 일치하였다. Polygalacturonase의 활성 증가는 과실이 성숙함에 따라 polygalacturonase가 생체내에서 생합성될과 더불어 세포벽에 glycoprotein형태로 결합되어 있는 비활성형의 polygalacturonase가 유리되어 활성형으로 전환되기 때문인 것으로 보고되고 있다[2, 13]

β -Galactosidase는 변색기까지는 활성이 나타나지 않았으나 완숙기에 16.05unit, 과숙기에 182.55unit로 나타났다. β -Galactosidase는 성숙과 저장중에 활성이 증가하고[2, 16] 펙틴질에 축적결합하고 있는 galactan이나 arabinogalactan에 작용하여 galactose를 유리시켜 연화를 촉진한다[2].

대추의 성숙중에 가용성 단백질 함량이 증가하였는데 특히, 과숙기에서는 35.61mg으로서 완숙기의 4.40mg보다 현저하게 증가하였다. Knee [17]는 사과 연화중에 가용성 단백질의 함량이 증가하는데 이는 세포벽이 분해함에 따라 세포벽단백질이 유리되기 때문이며, 사과조직에 세포벽분해효소 처리시에 동일한 현상이 일어난다고 보고하였다. 따라서 대추의 성숙중에 가용성 단백질 증가는 과실의 연화에 따른 세포벽 단백질의 유리 및 단백질의 생합성에 기인되는 것으로 생각되며 세포벽 단백질은 세포벽 펙틴의 잔기와 hydroxyproline 잔기가 공유결합하여 세포벽을 구성하고 있으며 과실의 연화시 펙틴질이 분해되므로 가용성 단백질로 전환되는 것으로 보고되고 있다[18]

Table 3. Changes in the activities of polygalacturonase and β -galactosidase of jujuba fruits during ripening

Stages ¹⁾	Enzyme activities(units/100 g-fr. wt.)		Protein contents (mg/100 g-fr. wt.)
	Polygalacturonase ²⁾	β -Galactosidase ³⁾	
MG	nd ⁴⁾	nd	1.96
T	16.00	nd	2.09
R	51.31	16.05	4.40
OR	100.72	182.55	35.61

1) Abbreviations are the same as in Table 1.

2) One unit of activity is expressed as 1 μ mole of reducing-sugar released/30min at 30°C.

3) One unit of activity is expressed as 1mmole of *p*-nitrophenyl- β -galactosidase degraded/15min at 30°C.

4) nd : not-detected

성숙중의 세포벽 구성성분의 변화

세포벽 성분, 알콜불용성 물질 및 수용성 물질을 정량한 결과는 Table 4와 같다. 알콜불용성 물질의 함량은 녹숙기(3.53 g/100 g-fr. wt.)에서 과숙기(3.20 g/100 g-fr. wt.)로 진행함에 따라 다소 감소하는 경향이였다. 과실의 성숙과 연화중에 알콜불용성 물질이 감소하는 것은

세포벽분해효소의 작용에 의해 불용성인 고분자 물질이 가용성의 저분자 물질로 전환되었기 때문이며[19], Malis-Arad 등[20]은 토마토의 성숙중에 알콜불용성 물질은 감소하지만 변이종 토마토에서는 뚜렷한 변화가 없었다고 보고하였다.

Table 4. Changes in the content of cell wall and alcohol-insoluble substance extracted from jujuba fruits during ripening (g/100 g-fr. wt.)

Stages ¹⁾	Cell wall	Alcohol-insoluble substance	Water-soluble substance
MG	2.01	3.53	1.51
T	1.97	3.41	1.44
R	1.47	3.36	1.88
OR	1.12	3.20	2.06

1) Abbreviations are the same as in Table 1.

세포벽 함량은 성숙단계에서 전반적으로 감소하였고, 수용성 물질은 변색기까지는 뚜렷한 변화가 없었으나 완숙기와 과숙기에서 증가하였다. 과실의 연화와 관련한 일련의 변화는 세포벽분해효소에 의한 효소적 변화와 펙틴에 결합되어 있는 칼슘 함량의 감소에 따른 비효소적 변화에 의해 일어난다. 과실은 성숙시 세포벽분해효소인 pectinmethylesterase, polygalacturonase, β -galactosidase, cellulase 등의 활성이 증가하며, 이들의 작용에 의해서 세포벽이 분해된다. 특히, 세포벽의 함량감소는 polygalacturonase가 세포벽과 세포벽을 연결하는 middle lamella의 주요 구성 성분인 펙틴질을 분해함으로써 난용성 펙틴이 가용성 펙틴으로 전환되기 때문이며[19, 21, 22], Knee 등[23]은 *in vitro*에서 토마토와 사과를 polygalacturonase로 처리한 결과 세포벽 함량은 감소하고 가용성 polyuronide함량은 증가한다고 보고하였고, 신 등[24]도 감의 연화에 대한 연구에서 연시의 알콜불용성 물질과 세포벽 함량은 현저히 감소하며, 수용성 물질은 증가한다고 하였다.

따라서 대추의 성숙중 세포벽의 함량 감소는

세포벽분해효소들의 작용에 의하여 난용성 물질이 가용성 물질로 전환되었기 때문이며, 특히 과숙기의 뚜렷한 세포벽 함량 감소는 과숙기에 펙틴질을 분해하는 polygalacturonase 활성이 급격히 증가한 것과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

세포벽 구성 다당류의 변화

세포벽으로부터 lignin, 펙틴, 산가용성 헤미셀룰로오스, 알칼리 가용성 헤미셀룰로오스 및 셀룰로오스로 분류. 정량한 결과는 Table 5와 같다. Lignin의 함량은 성숙시에 감소하였고, 펙틴질의 함량은 녹숙기에서 150.8mg 이었고 완숙기에서는 184.9mg 으로서 성숙동안 증가하는 경향이였으나 과숙기에는 87.0mg으로 현저히 감소하였다. 또한 산가용성 헤미셀룰로오스의 함량은 성숙중에 감소하였으나 과숙기에 증가하였고, 알칼리 가용성 헤미셀룰로오스는 성숙중에 증가하였으며 과숙기에는 감소하였다. 한편 셀룰로오스는 녹숙기에서 완숙기까지 큰 변화가 없었으며 과숙기에는 증가하였다.

Table 5. Changes in the contents of cell wall polysaccharides of jujuba fruits during ripening
(mg/g -cell wall)

Polysaccharides	Stages ¹⁾			
	MG	T	R	OR
Lignin	46.20 (92.86)	44.40 (87.46)	22.60 (33.22)	13.00 (14.56)
Pectin	150.80 (303.10)	152.40 (300.22)	184.90 (271.80)	87.00 (97.44)
Acid-soluble Hemicellulose	64.50 (330.64)	142.00 (279.74)	122.40 (179.92)	160.00 (179.20)
Alkali-soluble Hemicellulose	72.50 (346.73)	188.00 (370.36)	190.30 (279.74)	153.00 (171.36)
Cellulose	460.00 (924.60)	473.20 (932.20)	479.80 (705.30)	586.50 (656.88)

1) Abbreviations are the same as in Table 1.

The values in parenthesis were calculated as mg per 100 g of jujuba fruits.

과실의 연화에 직접적으로 관련이 있는 세포벽과 세포벽을 연결하는 middle lamella는 펙틴질로 구성되어 있으며, 연화중에 세포벽분해효소에 의하여 펙틴질이 분해되어 가용성 polyuronide로 유리된다. 즉, 과실의 성숙과 연화시에 세포벽분해효소인 pectinmethylesterase, polygalacturonase, β -galactosidase는 그 활성이 증가하며, 특히 polygalacturonase는 세포벽 middle lamella를 구성하는 펙틴질의 polygalacturonan을 분해하여 가용성 polyuronide를 유리시킴으로써 펙틴질의 가용화를 촉진시키고, β -galactosidase는 펙틴질에 축적결합된 galactan이나 arabinogalactan에 polygalacturonase의 작용을 용이하게 함으로써 연화를 촉진시킨다[2, 21, 22].

Knee[23]의 경우 사과조직에 polygalacturonase를 처리하였을 때 수용성 펙틴이 증가한다고 보고하였고, 신 등[24]은 감의 성숙기에 증가한 펙틴질이 연시에서는 급격히 감소한다고 하였다. 이상의 연구·보고와 관련시켜 볼 때 본 연구에서 세포벽 펙틴질의 감소는 대추의 연화현상과 깊은 관련이 있을 것으로 생각된다. 또한 세포벽 다당류인 헤미셀룰로오스의 xylomannan과

xyloglucan은 polygalacturonase의 직접적인 작용은 받지 않지만, 펙틴질이 분해됨으로써 간접적인 영향을 받아 저분자화되어 유리된다는 보고가 있으며[25], 토마토의 추숙시 고분자 헤미셀룰로오스는 감소하고 저분자 헤미셀룰로오스는 증가하여 전체적으로 헤미셀룰로오스가 저분자화 된다는 보고[26]가 있다. 이에 반해서 세포벽 구성성분 중 셀룰로오스는 Bartley[27]와 Sexon 등[28]의 보고에 의하면 과실의 성숙시 cellulase 활성은 증가하나 세포벽의 셀룰로오스에는 뚜렷한 영향을 주지 않으므로 셀룰로오스 함량은 일정하거나 극소량이 감소한다. Yamaki[12]는 배에서 셀룰로오스 함량이 성숙과 연화시 감소한다고 하였고, Gross[29]와 Bartley[30]는 과실의 성숙과 연화중에 헤미셀룰로오스 함량은 거의 변화가 없다고 보고하였다.

펙틴질의 변화

Table 6은 펙틴질을 분획하여 그 함량을 조사한 결과로서 불용성 펙틴의 함량은 변색기까지 뚜렷한 변화가 없었으나 완숙기를 지난 과숙기에 급격한 감소를 나타내었다. 하지만 수용성

펙틴질의 함량은 과숙기까지 점차적인 증가를 보였고, versene-soluble 펙틴은 변색기까지는 변화가 없다가 완숙기에서 급격한 증가를 보였으며 과숙기에는 감소하였다. 또한 총펙틴질의 함량은 완숙기까지 증가하다가 과숙기에 급격하게 감소하였다. 감과실의 성숙시 펙틴의 함량은 다소 증가하였으나 연시에서 불용성 펙틴과 총 펙틴이 현저히 감소하였으며, 이와 유사하게 토마토의 성숙과 연화시 polygalacturonase 활성이 증가하여 난용성 펙틴이 저분자화되어 수용성 펙틴으로 전환됨으로써 불용성 펙틴은

감소되고 수용성 펙틴이 증가한다는 보고[31]가 있다. 이는 과실의 성숙시 불용성 펙틴이 증가한다는 신 등[32]의 보고와는 다소 차이가 있으나, 총 펙틴의 감소하는 경향과는 일치하였다. 따라서 본 연구에서 polygalacturonase의 활성이 변색기에 나타나 과숙기에 가장 높았던 결과와 관련지어 볼 때, 대추의 성숙시 세포벽 분해효소인 polygalacturonase의 작용으로 middle lamella의 펙틴질이 분해되어 수용성 펙틴의 함량은 증가하고 불용성 펙틴의 함량이 감소된 것으로 사료된다.

Table 6. Changes in the contents of pectic substances of alcohol-insoluble substance extracted from jujuba fruits during ripening.

Stages ¹⁾	Pectic substances ²⁾ (mg/100mg-AIS)			
	WPS	VSP	ISP	TPS
MG	4.47	2.11	8.58	14.16
	(157.93)	(74.31)	(198.90)	(535.04)
T	5.03	2.11	8.54	15.66
	(171.56)	(71.78)	(290.74)	(534.07)
R	5.89	5.24	6.97	18.10
	(198.04)	(176.10)	(234.12)	(608.26)
OR	6.32	2.69	3.54	12.46
	(202.08)	(86.21)	(110.46)	(398.75)

1) Abbreviations are the same as in Table 1.

2) WSP; water-soluble pectin, VSP; versene-soluble pectin, ISP; insoluble pectin, TPS; total pectic substances.

The values in parenthesis were calculated as mg per 100 g of jujuba fruits.

요 약

본 연구는 대추의 성숙과 건조중에 일어나는 연화가 품질에 미치는 영향에 관한 연구의 일환으로 성숙중에 일어나는 연화현상을 연구하고자 성숙에 따른 정도, 세포벽분해효소의 활성, 세포벽 다당류 및 펙틴질의 변화를 조사하였다.

대추의 성숙에 따라 과육의 중량은 뚜렷이 증가하였으나 씨앗의 중량은 변화가 없었고, 경도는 감소하는 경향이였다. 세포벽분해효소인

polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성은 각각 변색기와 완숙기에 나타난 이후 급격히 증가하였다. 세포벽과 알콜 불용성 물질은 성숙중에 감소하였으나 수용성 물질은 증가하였다. 세포벽 다당류인 펙틴질과 알칼리 가용성 헤미셀룰로오스는 완숙기까지 증가하였고, 산가용성 헤미셀룰로오스는 변색기에 증가하였으며, 셀룰로오스는 완숙기까지 뚜렷한 변화가 없었다. 펙틴질의 경우 대추의 성숙동안에 수용성 펙틴, EDTA 용해성 펙틴 및 총 펙틴은 증가하는 경향이였으나 불용성 펙틴은 감소하는 경향

이었다.

감사의 글

본 논문은 1993년도 영남대학교 학술연구조성비에 의한 것임.

참고 문헌

1. Gross, K. C.(1990) Recent developments on tomato fruit softening. *Postharvest Newsand information*. 1(2), 109.
2. Hobson, G. E.(1981) Enzymes and texture changes during ripening. *In Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables*, Friend, J. and Rhodes, M. J. C.(ed), Academic Press, London, p. 123.
3. Plat-Aloia, K. A. and Thomson, W. W. (1981) Ultrastructure of the mesocarp of mature avocado fruit and changes as associated with ripening. *Ann. Bot.*, 48, 451.
4. Ben-Arie, Sonego, R. R. and Frenkel, C. (1979) Metabolism of the pectic substances in ripening pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104(4), 500.
5. Masayuki, S., Kiyoshi, O., Yoichi, T., Yoichi, H. and Shigeru, Y. A.(1989) β -galactosidase from radish(*Raphanus sativus* L.) seeds. *Plant Physiol.*, 90, 567.
6. Babbitt, J. K., Power, M. J. and Patterson, M. E.(1973) Effects of growth-regulators on cellulase, polygalacturonase, respiration, color and texture of ripening tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 98(1), 77.
7. Zauberman, g. and Nadel, M. S.(1972) Pectinmethylesterase and Polygalacturonase in avocado fruit at various stages of development *Plant Physiol.*, 49, 864.
8. Pressey, R.(1983) β -Galactosidase in ripening tomatoes. *Plant Physiol.*, 71, 132.
9. Moshrefl, M. and Luh, B. S.(1984) Purification and characterization of two tomato polygalacturonase isoenzymes. *J. Food Biochem.*, 8, 39.
10. Gross, K. C.(1975) A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. *Hortscience*, 10(6), 624.
11. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr and Randall, A. L.(1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193, 265.
12. Yamaki, S., Machida, Y. and Kakiuchi, N. (1979) Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant & Cell Physiol.*, 20(2), 311.
13. Ahmed, A. E. and Labavitch, J. M.(1980) Cell wall metabolism in ripening fruit. I. Cell wall changes in the ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.*, 65, 1009.
14. 김미현(1994) 복숭아 품종과 숙도에 따른 세포벽 성분, 효소활성 및 조직의 변화, 한국농산물저장유통학회지 1(2), 107.
15. Tucker, G. A. and Grierson, D.(1982) Synthesis of polygalacturonase during tomato fruit ripening, *Planta*, 64.
16. Bartley, I. M.(1974) β -Galactosidase activity in ripening apple. *Phytochemistry*, 13, 2107.
17. Knee M.(1973) Polysaccharides and glyco-protein of apple fruit cell wall. *Phytochemistry*, 12, 637.
18. Albersheim, P.(1978) Concerning the structure and biosynthesis of primary cell walls of plants. *Int. Rev. Biochem.*, 16, 127.
19. Shewfelt, A. L.(1965) Changes and variation in the pectic constitution of ripening peaches as related to product firmness. *J. Food Sci.*, 30, 573.
20. Malis-Arad, S., Didi, S. and Mizrahi, Y. (1983) Pectic substances : Changes in soft

- and firm tomato cultivars and in non-ripening mutants, *J. Hort. Sci.*, 58(1), 111.
21. Pressey, R. Pressey, R.(1989) Enzymes involved in fruit softening. In *Enzymes in food and beverage processing*, Ory, R. L. and Angelo, A. St.(ed.), ACS Symposium Series, Pp. 172.
 22. Besford, R. T. and Hobson, G. E.(1972) Pectic enzymes associated with the softening of tomato fruit, *Phytochem.*, 11, 2201.
 23. Knee, M., Fielding, A. H., Archer, S. A. and Laborda, F.(1975) Enzymic analysis of cell wall structure in apple fruit cortical tissue. *Phytochemistry*, 14, 2213.
 24. 신승렬, 김주남, 김순동, 김광수(1990) 감과실의 성숙과 추숙중의 세포벽 구성성분의 변화, *한국영양식량학회지*, 22(7), 738.
 25. 송준희, 감과실의 세포벽 성분에 미치는 polygalacturonase와 β -galactosidase의 영향, 영남대학교 박사학위 논문.
 26. Huber, D. J. and Lee, J. H.(1980) Comparative and analysis of pectins from pericarp and locular gel in developing tomato fruit. *Amer. Chem. Soc.*, 12, 142.
 27. Bartley, I. M.(1975) Changes in the glucans of ripening apples. *Phytochemistry*, 15, 625.
 28. Sexton, R. and Roberts, J. A.(1983) Cell biology of abscission. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 33, 133.
 29. Gross, K. C.(1972) Fractionation and partial characterization of cell wall from normal and non-ripening mutant tomato fruit. *Physiol. Plant*, 62, 25.
 30. Bartley, I. M. and Knee, M.(1982) The chemistry of textural changes in fruit during storage, *Food Chem.*, 9, 47.
 31. Shewfelt, A. L., Paynter, V. A. and Jen, J. J. (1971) Textural changes and molecular characteristics of pectin constituents in ripening peaches. *J. Food Sci.*, 36, 573.
 32. 신승렬, 김진구, 김은희, 김광수(1990) 감 연화중 pectin, cellulose 및 비섬유성 중성당의 변화, 영남대학교부설 자원문제연구소, 9 (1), 133.