

채소의 양이 쥬스의 압착에 미치는 영향

정헌상 · 민용규*

작물시험장 품질이용과, *충북대학교 식품공학과

Effect of Vegetable Weight on the Juice Expression

Heon-Sang Jeong and Young-Kyoo Min*

Crop Quality and Utilization Division, National Crop Experiment Station, RDA

*Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

Abstracts

Three levels of sample weight (10, 15, 20 g) of vegetables (cucumber, radish, garlic, ginger and potato) were expressed to establish the relationships among the expression time, force and deformation. Volumetric strains of pressed cakes (V_{SPC}) were decreased as the sample weight increased. At the end of expression V_{SPC} were 90.3~96.5% for cucumber and radish, and 74.1~79.2% for garlic and ginger, respectively. Time taken to reach the expression force (1215N) was increased upon the increasing sample weight. V_{SPC} at the 1215N were large in cucumber and radish, whereas small in garlic and ginger. Relationship between V_{SPC} and time(t) after reaching the expression force was described as $V_{SPC}=e^{(a \cdot \text{bing}(t))}$. The b value showing increasing rate of V_{SPC} was in the range of 0.062~0.146 for garlic and ginger and of 0.004~0.027 for cucumber and radish. These values were increased as the sample weight increased. Recovery of expressed juice (R_{EJ}) was 92.5~94.9% for cucumber and radish, and 73.1~86.8% for garlic and ginger, and these values were increased as the sample weight increased.

Key words: vegetable, expression, sample weight, volumetric strain, expressed juice

서 론

식품을 다량으로 다룰 때에는 집단적으로 거동하게 되고 힘을 받으면 변형과 파괴를 일으키며, 식품 중의 액체는 압출된다. 액체의 압출특성은 시료가 힘을 받아 다져져서 형성된 케이크의 투과성, 케이크 고형분의 변형저항, 착출액의 점도, 압착압력, 압착시간, 압착온도, 시료의 크기 및 압착시료양 등과 같은 요인들과 식품의 압축강도, 압축성, 이완성 등과 같은 물리적 성질에 의해 영향을 받게 된다. 즉 식품의 압착은 받는 힘과 이 힘에 대한 식품의 물리적 성질과의 반응이라고 볼 수 있다.

식품으로부터 압착액을 분리하기 위한 연구로 McLellan *et al.*, (1991)은 전기원형질분리 방법으로 사과쥬스의 갈변억제 및 수율향상의 효과를 올렸으며, Schwartzberg *et al.*, (1979)은 식물체를 압착할 때 압착요인으로 관여하는 압착압력, 마찰힘, 비체적, 공극과

입자부피, 여과저항 그리고 국부적 흐름속도 사이의 관계에 대해 연구하였다. Hicks *et al.*, (1990)은 사탕수수의 물리적 성질을 압력, 밀도, 다공성 및 밀도로 결정하였고 Mrema와 McNalty (1985)는 유지종자의 착유기작을 세포벽을 통한 기름의 흐름과 세포파괴압력 및 압착조건에 따라 설명하였으며, Sukumaran과 Singh (1987, 1989)는 유채씨의 수분함량, 변형율 그리고 다공성이 기름의 추출율에 미치는 영향을 연구하였다. Koo (1937, 1942)는 목화씨 기름의 수율은 압착압력의 제곱근에 비례하고 점도의 사제곱근에 비례한다고 하였다. 또한 콩기름(Khan과 Hanna, 1984), 해바라기씨기름(Singh *et al.*, 1984), 미강기름(Sivala *et al.*, 1991) 등의 압착에서 압력, 압착시간, 온도가 중요한 인자이지만 수분함량이 가장 중요한 요인이라 보고하는 등 많은 연구가 진행되고 있지만 채소류의 압착요인중 압착시료의 양에 따른 압착특성 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 채소류의 압착에 관여하는 물리적 요인중 시료의 양이 압착특성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 압착시료의 양을 달리하면서 압

Corresponding author: Heon-Sang Jeong, Crop Quality and Utilization Division, National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea

착할 때 시간-힘-변형 간의 관계에 대한 몇가지 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 재료는 충청북도 일원에서 재배된 오이, 무우, 마늘, 생강, 감자를 시중에서 구입하여 수세 후 외피와 속을 제거한 다음 가식부분을 만능식품가공기(FOOP 808, Ulim Electronics)로 일정크기(2×2 mm(±0.2))로 만들어 사용하였고 이들의 수분함량, 섬유소, 비중 및 압착액의 점도를 AOAC(1990)법에 준하여 측정하였다.

압착장치 및 방법

압착기구는 민과 정(1993)이 사용한 압착기구를 그리고 압착은 Instron(Model 4206)으로 실시하였다. 압착시 Instron에서 발생하는 출력신호(±10 V)를 Burkner와 Kinch (1968)의 방법을 참고하여 14bit AD converter (Industrial I/O card, Taiwan)로 digital 변환하여 computer로 입력받은 후 힘, 변형 및 시간의 측정값으로 환산하여(r²=0.9998) 사용하였다.

압착기구에 시료 고형물의 유출을 방지하기 위하여 60 mesh 망 두장과 여과지(Wattman No.2) 한장을 압착기구의 디스크위에 놓고 시료를 각각 10, 15, 20 g 씩 넣은 다음 5 mm/min의 속도로 1215N까지 힘을 증가시키면서 압착하였다.

압착특성의 분석

각각의 압착조건에서 압착 시료의 양에 따른 힘, 변형 및 시간 간의 관계를 측정하고 압착 전후의 압착케이크 부피변화로 부피변형율(V_{SPC})을, 그리고 압착 전후의 무게변화로 압착액량(R_{EL})을 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$V_{SPC}(\%) = \frac{V_t}{V_o} \times 100 \quad (1)$$

$$R_{EL}(\%) = \frac{W_t}{W_o} \times 100 \quad (2)$$

여기서 V_t는 t시간 압착후 부피, V_o는 초기부피, W_t는 t시간 압착후 무게, W_o는 초기무게 이다.

결과 및 고찰

부피변형율-시간 곡선

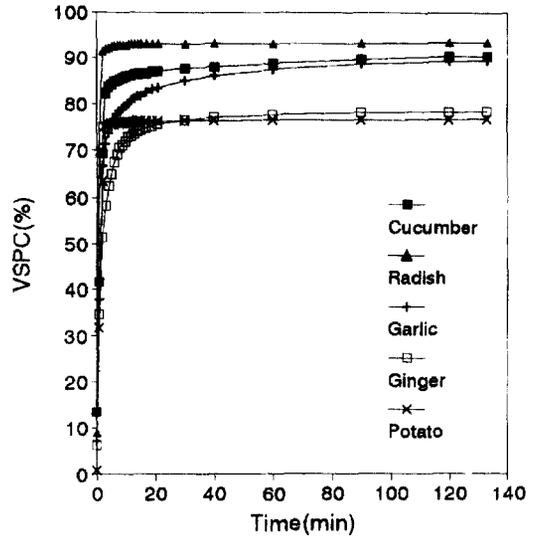


Fig. 1. Changes of volumetric strain of pressed cake (VSPC) with expression time at the sample amount of 10 g.

압착시료의 양을 달리하여 압착할 때 시간에 따른 부피변형율의 변화를 각각 Fig. 1, 2와 3에 나타내었다. 설정된 압착힘(1215N)에 도달하기 전에 압착액은 작은 힘으로도 쉽게 유출되며, 이때에는 크로스헤드의 이동거리와 비례해서 압착액이 나오게 된다. 압착힘은 어느 순간부터 급격히 증가하여 곧바로 설정힘인 1215N에 도달하게 되고 그 후에는 일정한 힘으로

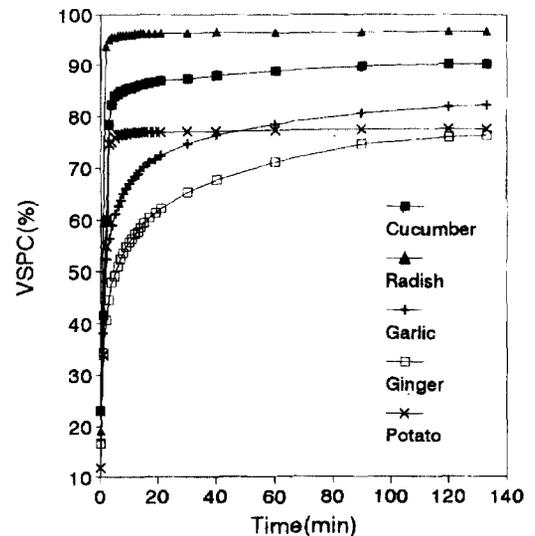


Fig. 2. Changes of volumetric strain of pressed cake (VSPC) with expression time at the sample amount of 15 g.

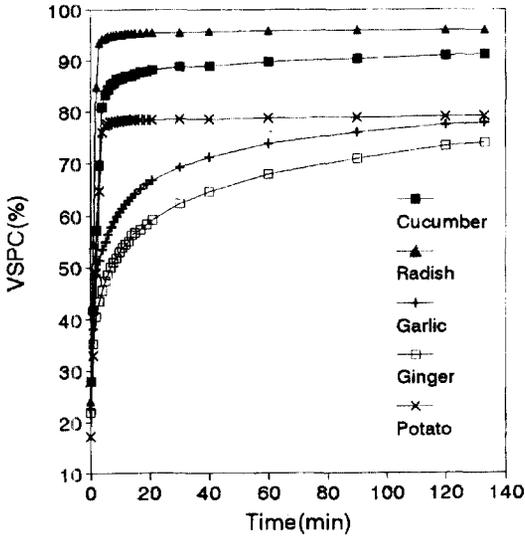


Fig. 3. Changes of volumetric strain of pressed cake (VSPC) with expression time at the sample amount of 20 g.

압착된다. 설정힘에 도달한 후 압착힘의 변화는 없으며, 부피만 감소하게 되는데 이때 힘을 받은 시료의 내부응력 감소와 비례해서 압착액은 나오고 압착힘을 일정하게 유지하기 위하여 크로스헤드는 아래로 이동하게 된다(Peleg와 Bagley, 1983).

본 실험 조건에서 압착힘을 유지시키는 동안 부피변형율은 두 가지 형태로 나타났다. 하나는 오이와 무우 같이 압착힘에 도달할 때까지 크로스헤드 이동거리와 비례해서 증가하다가 압착힘에 도달한 후 약간의 증가가 발생한 경우이고 다른 하나는 마늘과 생강 같이 압착힘에 도달한 이후에도 계속해서 증가하는

경우이다. 이러한 현상은 오이와 무우는 세포상 농산물이며, 마늘과 생강은 섬유상 농산물이기 때문에 가해진 힘에 대한 반응이 다르고 세포의 크기, 압착액의 점도 등과 같은 여러 가지 물리적 성질이 다르기 때문이라 생각된다(민과 정, 1997a 1997b).

시료의 양에 따른 부피변형율을 살펴보면 10 g의 시료에서는 오이와 무우가 각각 90.4 및 93.3%로 크게 나타났으며, 마늘과 생강이 각각 89.5 및 78.5%로 작았다. 15 및 20 g에서도 오이와 무우가 마늘과 생강보다 큰 부피변형율을 나타내었다. 시료의 양이 많아짐에 따라 부피변형율은 오이와 무우의 경우 작은 변화가 관찰되었지만 마늘과 생강은 감소하는 경향을 보였는데 이는 오이와 무우는 세포사이의 공극이 크고 압착액의 점도가 작기 때문에 세포사이 공극을 통한 흐름저항이 작아 시료의 양이 많아져도 쉽게 압착되지만 마늘과 생강은 세포가 작고 압착액의 점도가 크며, 섬유소의 함량이 많기 때문에(민과 정, 1997a, 1997b) 압착에는 큰 힘이 필요하다고 생각된다.

압착힘에 도달하는 시간과 부피변형율

압착힘(1215N)에 도달하는 시간과 그때의 부피변형율은 Table 2에서 보는 바와 같이 오이와 무우가 많은 시간이 걸렸는데 시료의 양이 10 g일 경우 각각 2.5 및 3분, 15 g에서는 3 및 3.5분, 20 g에서는 4 및 4.5분이 소요되었으며, 부피변형율은 시료의 양에 따라 78.4~90.9%의 많은 변화를 보였다.

이와 같이 압착힘에 도달하는데 많은 시간과 큰 부피변형율을 나타내는 것은 시료중에 들어있는 액체성분의 유출이 용이하여 액체성분이 거의 유출될 때까지 부피변형율은 계속적으로 증가하고 내부힘의 증가

Table 1. Physical properties of vegetables and juices

Vegetables	Moisture (%)	Fiber (%)	Specific Gravity	Viscosity (centipoise)
Cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.)	95.6	0.5	0.95	8.8
Radish (<i>Solanum tuberosum</i>)	93.7	1.0	1.00	8.0
Garlic (<i>Allium sativum</i> L.)	62.8	0.8	1.02	25.6
Ginger (<i>Zingiber officinale</i> Rosc.)	75.6	1.9	1.03	7.6
Potato (<i>Raphanus sativus</i> L.)	84.8	0.4	1.09	8.8

Table 2. Time and volumetric strain of pressed cake (VSPC) to reach expression force with different sample weight

vegetable	10 g		15 g		20 g	
	Time (min)	VSPC (%)	Time (min)	VSPC (%)	Time (min)	VSPC (%)
Cucumber	2.5	80.8	3.0	78.4	4.0	80.9
Radish	3.0	89.7	3.5	89.0	4.5	90.9
Garlic	2.0	66.7	1.5	48.2	2.0	48.6
Ginger	1.5	46.0	1.0	34.2	1.0	35.1
Potato	2.0	63.5	3.5	75.2	3.5	72.7

Table 3. Values of constant a and b on the regression equations (3) between volumetric strain of pressed cake (VSPC) and time

weight vegetable	10 g		15 g		20 g	
	a	b	a	b	a	b
Cucumber	4.398	0.022	4.393	0.023	4.391	0.027
Radish	4.521	0.004	4.551	0.005	4.539	0.006
Garlic	4.223	0.062	3.955	0.102	3.837	0.113
Ginger	4.106	0.063	3.669	0.146	3.631	0.143
Potato	4.318	0.005	4.325	0.006	4.339	0.007

는 상대적으로 느리게 발생하였다고 생각된다.

또한 마늘과 생강의 경우 시료의 양에 따라 압착함에 도달하는 시간은 1~2분이 소요되었으며, 부피변형율은 34.2~66.7% 범위에 있었는데 이러한 시료들은 수분이 적고 고탄분이 많고 마늘은 액체성분의 점도가 다른 시료의 3배정도 높고 생강은 섬유소와 전분이 많이 함유(민과 정, 1997a, 1997b)하고 있기 때문이라 생각된다.

따라서 점성물질을 다량 함유한 시료의 압착시 세포 사이의 공극을 통한 액체의 흐름에 많은 저항을 받게 되어 내부압력이 급격히 증가하게 되고 섬유소와 전분질은 착즙되지 않기 때문에 다른 시료보다 힘의 증가가 빠른 것으로 생각된다.

압착힘에 도달한 후의 부피변형율

압착힘(1215N)에 도달한 후부터 시간과 부피변형율 사이의 관계를 최소자승법으로 구한 결과 다음과 같은 관계가 있었으며, 각각의 시료에 대한 상수 a와 b를 Table 3에 나타내었다.

$$V_{SPC} = e^{(a+t \log(t))} \quad (3)$$

여기서, V_{SPC} 는 부피변형율, t는 시간, a와 b는 상수이다.

회귀분석으로부터 계산한 b값의 크기로 압착힘에 도달한 후 얼마나 많은 변형을 하였는지를 알 수 있다. 시료의 양에 따라 b값은 마늘과 생강이 시료량에 따라 0.062~0.146으로 컸으며, 설정힘에 도달한 후부터 압착이 종료될 때까지 23~34%의 많은 부피변형율의 변화를 보였다. 오이와 무우의 b값은 0.004~0.027 범위에 있었고 압착 종료시 부피변형율은 4~12% 증가하였다.

이와 같이 압력의 변화는 없지만 부피변형율이 계속해서 증가하는 것은 시료가 힘을 받은 후 그 힘에 대한 반응으로 시료중의 액체성분이 유출되기 때문에 부피의 변화가 발생하는데 이는 시료의 구성성분 및 세포특성에 관계된다고 생각된다.

Table 4. Recovery of expressed juice at different sample weight (%)

vegetables	amount of vegetable (g)		
	10	15	20
Cucumber	94.5	92.5	93.8
Radish	93.8	94.7	94.9
Garlic	86.8	81.4	77.6
Ginger	78.2	75.7	73.1
Potato	76.9	77.0	78.3

압착액량

압착전 시료의 무게와 최종 압착시간에서의 압착케이크의 무게의 비로서 계산한 압착액량은 Table 4에서 보는 바와 같이 오이와 무우는 시료의 양에 따라 각각 92.5 ~94.9%로 많은 압착액량을 나타내었으며, 마늘과 생강은 시료의 양에 따라 73.1~86.8%의 압착액량을 나타내었다. 시료의 양이 많아짐에 따라 오이와 무우의 압착액량은 증가하는 경향을 보였지만 마늘과 생강은 감소하는 경향을 나타내었으며, 설정힘에 도달하는 시간이 긴 시료가 더 빨리 그리고 더 많은 압착액량을 나타내었다. 이러한 현상은 마늘과 생강의 경우 시료 양이 증가할수록 다짐에 의한 세포사이의 공극이 작아지고 압착액의 흐름에 대한 저항이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

요 약

채소류의 압착특성에 미치는 시료 양의 영향을 구명하기 위하여 오이, 무, 마늘, 생강 및 감자를 10, 15, 20 g씩 압착기구에 넣고 압착하면서 시간, 힘, 변형과의 관계를 살펴보았다. 압착시간에 따른 부피변형율은 시료의 양이 많아짐에 따라 감소하였으며 압착종료시 오이와 무우의 부피변형율은 90.3~96.5%로 컸고, 마늘과 생강은 74.1~79.2%로 작았다. 압착힘(1215N)에 도달하는 시간은 시료 양이 많아짐에 따라 길어졌으며, 오이와 무우의 부피변형율은 시료양이 많아짐에 따라 증가하지만 마늘과 생강은 감소하였

다. 압착힘에 도달한 후의 부피변형율(V_{spc})과 시간(t) 간에는 $V_{spc}=e^{(a+blng(t))}$ 의 관계가 있었으며, 변형의 증가율을 나타내는 b 값은 마늘과 생강이 0.062~0.146으로 컸고 오이와 무우는 0.004~0.027로 작았으며, 시료 양이 증가함에 따라 증가하였다. 압착액량은 오이와 무우가 92.5~94.9%였으며, 마늘과 생강은 시료 양의 증가에 따라 감소하였으며 73.1~86.8% 범위에 있었다.

문 헌

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- Burkner, P.F. and D.M. Kinch. 1968. Force-deformation ratio as an index of papaya maturation. *Transactions of the ASAE*, **11**(3): 437-440.
- Hicks, D.D., R.P. Egg and C.G. Coble. 1990. Pressure-density relationships of chopped sweet sorghum. *Transactions of the ASAE*, **33**(3): 771-776.
- Khan, L.M. and M.A. Hanna. 1984. Expression of soybean oil. *Transaction of the ASAE*, **27**(1): 190-194.
- Koo, E.C. 1937. Studies on expression on vegetable oils. Expression of soya bean oil. *J. of Chem. Engr. (China)*, **4**: 15-20.
- Koo, E.C. 1942. Expression of vegetable oil. A general equation on oil expression. *Industrial and Engng. Chem.*, **34**(1): 342-345.
- McLellan, M.R., R.L. Kime and L.R. Lind. 1991. Electropasmolysis and other treatments to improve apple juice yield. *J. Sci. Food Agric.*, **57**: 303-306.
- 민용규, 정현상. 1993. 온도와 압력이 들깨종자의 압착착유에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **25**: 28-32.
- 민용규, 정현상. 1997a. 몇가지 채소류의 편치특성. *한국식품과학회지*, **29**(2): 273-273.
- 민용규, 정현상. 1997b. 몇가지 채소류의 압축 및 비압축 특성. *한국식품과학회지*, **29**(2): 266-272.
- Mrema, G.C. and P.B. McNalty. 1985. Mathematical model of mechanical oil expression from oilseeds. *J. Agric. Engng. Res.*, **31**: 361-370.
- Peleg, M. and E.B. Bagley. 1983. Physical Properties of Food. AVI Publ., p.423-470.
- Schwartzberg, H., B.W. Huang, V. Abularach and S. Zaman. 1979. Expression of water and juices in plants. *Proceeding of the Second Congress on Engineering and Food*, Finland, Aug., **27**: 434-437.
- Singh, M.S., A. Frasaie, L.E. Stewart and L.W. Douglass. 1984. Development of mathematical models to predict sunflower oil expression. *Transaction of the ASAE*, **27**(4): 1190-1194.
- Sivala, K., N.G. Bhole and R.K. Mukherjee. 1991. Effect of moisture on rice bran oil expression. *J. Agric. Engng Res.*, **50**: 81-91.
- Sukumaran, C.R. and B.P.N. Singh. 1987. Oil expression characteristics of rapeseed under uniaxial bulk compression. *J. Food Sci. and Technol.*, **24**(1): 11-16.
- Sukumaran, C.R. and B.P.N. Singh. 1989. Compression of a bad of rapeseeds : The oil-point. *J. Agric. Engng Res.*, **42**: 77-84.