

김치 절임 과정에서의 진공함침 기술의 이용

유하나 · 이승주 · 한응수* · 이광근
동국대학교 식품공학과, *농협대학

Use of Vacuum Impregnation in Brine Salting Process of Kimchi

Hana Ryoo, SeungJu Lee, Eung-Soo Han*, Kwang-Geun Lee

Department of Food Science and Technology, Dongguk University
*Agricultural Cooperative College

Abstract

The salting process in *kimchi* is the most important procedure in terms of its quality and productivity. For reducing salting time of *baechu* (Chinese cabbage), the vacuum impregnation (VI) was applied in this study. The influence of process variables such as initial vacuum pressure, vacuum pressure period (t_1), and relaxation time from vacuum to atmospheric pressure (t_2) on salting process of *baechu*. was investigated. Sample volume fraction impregnated by the solution (X), relative sample volume deformation(γ) and effective porosity (ϵ_e) were measured according to the change in the process variables. X , γ and ϵ_e were not significantly changed with the process variables, but significantly influenced by sodium chloride (NaCl) concentration which occur and osmosis. There might be both inward and outward flows corresponding to impregnation and osmosis, respectively. It was inferred that the effect of the process variables could be offset by that of osmosis due to the difference in NaCl concentration.

Key words:

서 론

김치는 우리나라에서 주요 부식이며, 국제화를 위해 매우 큰 비중을 갖는 전통식품이다. 품질 좋은 김치를 위해서는 절임배추의 품질이 기본이 된다. 절임과정의 주 메커니즘인 염수의 침투는 절임방법, 염수의 농도, 절임시간에 의해서 결정이 된다. 그런데 김치 제조 공장의 품질관리에서 가장 중요하게 인식되는 절임공정은 여전히 그 개선의 소지를 갖고 있다. 따라서 김치 제조 과정의 과학화 및 생산성 향상을 위한 지속적인 연구가 진행되고 있다. 이러한 관점에서 김치의 절임과정에 있어서 진공함침 기술 등의 새롭고 다양한 기술도입의 가능성이 제

기되어 왔다.

과채류의 가공 공정에서 액체나 기체 상태의 유체(fluid)를 물질전달 기작을 이용하여 적용하는 예는 건조, 발효, 열처리 등의 공정에서 존재하나, 보다 빠르고 효과적인 외부 물질의 과채류 내부로의 전달을 위해 온도나 압력의 차이를 이용한 연구가 많이 진행되어 왔다(Fito and Pastor, 1994; Fito *et al.*, 1996). 특히 진공함침을 이용하여 유용한 외부 액체상태의 성분을 과채류 내부의 기체와 교환하는 기술은 최근 많은 주목을 받아 왔다. 진공함침(vacuum impregnation)은 진공과 상압으로의 복원으로 인한 압력 차이에 기본을 두고 있으며, 그 이론은 진공과 상압의 압력 차이로 인한 hydrodynamic 기작에 의해 다공성 생산물의 공극 안으로 생산물 세포 내부의 기체와 외부의 액체간의 교환을 일으켜 효과적인 물질교환을 가능케 하는 것으로 요약할 수 있다(Fito, 1994). 최근 Mujica-Paz *et al.*,은 사과, 망고, 바나나 등 과실류에 등장액(isotonic

Corresponding author: Kwang-Geun Lee, Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, 26, 3-Ga, Pil-dong, Jung-gu, Seoul, 100-715, Republic of Korea.

Phone: 02-2260-3372, Fax: 02-2260-3372
E-mail: kwglee@dongguk.edu

solution)을 진공함침 시켜 가해지는 진공 압력과 시간의 영향을 보고하였다. 진공함침 기술이 대상 과채류의 물성에 미치는 연구는 Fito *et al.*(2001)과 Martinez-Monzo *et al.*(2000)에 의해 보고되었는데, 그들은 진공함침 기술이 대상 과채류의 세포 구조를 파괴하지 않고 효율적으로 구성성분의 변화를 유도할 수 있다고 보고하였다.

진공함침 기술을 절임에 응용한 예는 Chiralt *et al.*(2001)에 의해 보고되었는데, 육류, 생선류 그리고 치즈의 절임에 진공함침기술을 도입한 결과 절임시간의 단축 및 공정효율의 향상을 도모할 수 있었다. Pavia *et al.*(2000)은 저염 치즈를 얻기 위해 진공함침 기술을 치즈에 도입하여 숙성정도를 조절하는데 이용하였다. 실험결과 진공함침을 한 치즈에서 훨씬 신속한 염지가 이루어졌고, 좀더 균일한 염분의 분포가 치즈내에서 형성되었다. 아울러 Esriche *et al.*(2000)은 진공함침 치즈의 휘발성분의 변화를 보고함으로써 향성분의 진공함침에 의한 도입 가능성을 제시하였다.

이러한 사실로부터, 본 연구진은 진공함침을 김치 제조과정의 염장 과정에 적용한다면, 단시간에 김치 제조에 필요한 염도에의 도달과 더불어 김치 제조에 적합한 조직을 가진 절임배추의 가공도 가능할 것이라는 가설을 설정하였다. 본 논문에서는 배추절임 시 절임속도, 절임정도, 배추의 미세구조 변화에 중요한 영향을 주는 진공함침의 압력의 세기와 시간, 그리고 해제속도를 달리 하여 각 조건에서의 진공함침 효과를 살펴보고, 더불어 염수 농도에 따른 진공함침 효과도 알아보았다. 국내에서는 배추뿐만 아니라 어떠한 과채류 가공분야에도 진공함침기술이 도입되지 않은 상태이므로 본 연구가 국내 식품 가공 시 진공함침 응용의 동기부여를 할 수 있을 것이라 판단된다.

재료 및 방법

실험재료

진공 함침을 위한 배추[*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*(Lour)Olsson]는 서울 시내의 시장에서 구입한 겨울 배추를 사용하였다. 배추의 포기당 평균 무게는 3.0 ± 0.50 kg이었다. 배추는 대개 4개의 잎이 한 커로 구성되어 있었고, 배추의 가장 바깥쪽으로부터 세 번째 커까지의 잎을 제거하고 나머지 부분만을 사용하였다. 진공함침을 위해 배추의

가운데 맥 부분만을 가로 2.5 cm, 세로 2.5 cm, 두께 5 mm로 잘라 시료로 사용하였고 매 실험마다 5개의 배추 조각을 사용하였다.

함침액의 제조

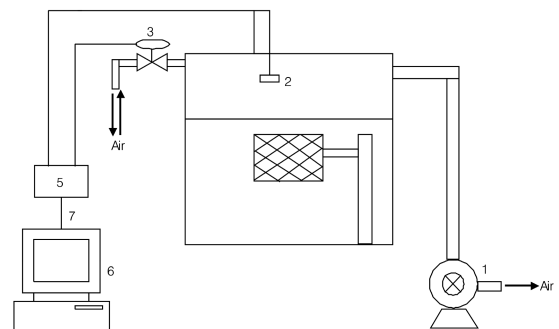
함침액은 시장에서 구입한 소금(천일염)을 증류수에 농도를 0, 2, 5, 10, 20%(w/v)으로 달리하여 용해시켜 사용하였다.

진공함침장치

진공함침 실험은 특별히 제작한 진공함침장치와 컴퓨터 제어 시스템을 이용하여 실시하였다. 진공함침장치는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 진공조, 진공 펌프, 시료가 뜨지 않도록 제작한 지지대, 압력 조절 제어기(KVC230) 및 컴퓨터로 구성되어 있다. 진공함침장치의 압력 조절 제어기는 컴퓨터와 RS-485통신으로 연결되어 압력 설정값이 컴퓨터로부터 실시간으로 보내져서 자동으로 제어되도록 하였다. 컴퓨터 프로그램은 GUI(graphic user interface)의 형태로 MS Visual Basic(version 6.0)을 이용하여 개발하였다. 실험에 쓰인 컴퓨터 프로그램의 창은 Fig. 2와 같다.

진공함침

진공조 내부의 저울 위에 함침액이 담긴 용기를 넣고 함침액(염수)의 초기 무게(MLO)를 잰다. 그런 후에 시료로 쓰일 배추 5조각을 지지대에 부착된 망에 넣고 비커에 담긴 소금물에 침지한 후 진공을 일정시간(t_1)동안 가한 후 일정시간(t_2)동안 상압으로



1, vacuum water pump; 2, pressure sensor; 3, solenoid valve; 4, vent; 5, pressure controller; 6, computer; 7, RS 485 communication.

Fig. 1. Scheme of the vacuum impregnation equipment.



Fig. 2. Typical computer program window used for vacuum impregnation equipment.

해제하여 함침을 종료하였다. 이때 진공 함침 전·후의 배추의 무게와 부피를 측정하였는데, 배추의 부피는 증류수를 채운 메스실린더에 배추를 넣어 증가하는 물의 양으로 측정하였다. 진공압력은 460 torr, 상압은 760 torr로 하여, 진공유지시간인 t_1 과 진공해제시간인 t_2 를 각각 달리하여 5개의 조건으로 조합하였다. 조건 1(case1)은 t_1 : 5 min, t_2 : 15 min; 조건 2(case2)는 t_1 : 10 min, t_2 : 15 min; 조건 3(case3)은 t_1 : 15 min, t_2 : 15 min; 조건 4(case4)는 t_1 : 15 min, t_2 : 10 min 이고, 조건 5(case5)는 t_1 : 15 min, t_2 : 5 min으로 하였다.

단, 장치의 진공 성능의 특성상 460 torr에 도달 시간인 약 15초, 상압 도달 시간인 약 10초는 각각 t_1 과 t_2 에 포함시켰다. 모든 실험은 3번 반복하였다.

함침액의 침투 성능 측정

얻어진 자료를 이용하여 함침액의 침투 성능을 나타내기 위한 요소인 함침액 침투율(X), 시료 변형율(γ), 그리고 유효 공극률(ϵ_e)을 다음과 같은 식에 의하여 각각 계산하였다(Fito *et al.*, 1996).

$$X = \frac{Mt - Mo}{\rho Vo} \tag{1}$$

$$\gamma = \frac{Vt - Vo}{Vo} \tag{2}$$

$$\epsilon_e = \frac{X - \gamma}{1 - P2/P1} \tag{3}$$

여기서 Mo, Mt는 함침 전·후의 시료무게; Vo, Vt는 함침 전·후의 시료부피; ρ 는 함침액의 밀도; P1, P2는 초기진공도와 진공해제압력을 의미한다.

염도측정

함침액의 염도에 따른 함침효과를 알아보기 위하여 염도를 한기영과 노봉수(1996)의 방법에 따라 측정하였다. 실험 후 모든 시료를 믹서기(한일믹서기, FM-681)에 갈아서 여과지(No. 2)로 여과하여 그 즙액을 사용하였다. 즙액 1 mL을 100 mL mess flask에 넣어 증류수로 정용하고, 10 mL을 취하여 0.1 N- K_2CrO_4 용액 1 mL을 지시약으로 가하고 0.1 N- $AgNO_3$ 로 적정하여 다음 식에 의하여 환산하였다.

$$\text{염도}(\%) = \text{적정치} * 0.00585 * \frac{10}{100} * \frac{100}{\text{시료채취량}} * \text{factor} \tag{4}$$

여기서 factor는 0.1 N- $AgNO_3$ 농도 계수로서 본 실험에서 쓰인 값은 0.9998이다.

통계처리

공정 변수별 성능 변수의 3만복 값의 평균값은 H. Mujica-Paz(2003) 방식에 의한 다중비교(multiple comparison)에 의하여 유의성 검정을 하였다. 통계처리 프로그램으로 SAS(version 8)을 사용하였다.

결과 및 고찰

본 실험에서 진공함침 조건과 함침액에 따른 함침액 침투율(X)과 시료 변형율(γ), 유효 공극률(ϵ_e)을 Table 1에 나타내었다. 함침 조건에 따른 결과는 X, γ 와 ϵ_e 이 진공 유지 시간과 진공 해제 시간에 따라 모두 유사한 결과를 나타내었으나 그 경향성을 보기 위하여 진공 함침의 가장 중요한 성능 변수인 X만을 Fig. 3과 Fig. 4에 도식화하였다.

Table 1, Fig. 3과 Fig. 4에 나타난 결과에서 함침액의 농도와 상관없이 진공 유지 시간에 따른 X의 변화는 통계적으로 유의적인 차이가 보이지 않았다. 그러나 H. Mujica-Paz(2003) 등에 의하면 진공 유지 시간과 진공 해제 시간에 따라 X가 유의적으로 차이가 나타난다고 하였다. 특히 진공 유지 시간과 진공 해제 시간이 길어질수록 완전한 침투 공정이 일어나 X가 증가한다고 하였다. 그러나 본 실험결과와는 H. Mujica-Paz(2003)와는 다른 양상을 보였는데

Table 1. Sample volume fraction impregnated by the solution (X), relative sample volume deformation (γ), effective porosity (ϵ_e) and salinity (%) at the end of the vacuum impregnation (VI) according to VI conditions and concentrations of brine.

함침액 농도	실험조건	Case*				
		1	2	3	4	5
0%	X	0.1995 ^a	0.2174 ^a	0.2024 ^a	0.2075 ^a	0.1949 ^a
	γ	0.0667 ^a	0.0625 ^a	0 ^a	0.0625 ^a	0.1250 ^a
	ϵ_e	-0.2213 ^a	-0.0258 ^a	-0.0337 ^a	-0.0242 ^a	-0.0117 ^a
	Salinity (%)	1.7408 ^a	1.7408 ^a	1.7408 ^a	1.7408 ^a	1.7408 ^a
2%	X	0.0711 ^a	0.1283 ^a	0.0614 ^a	0.1011 ^a	0.0681 ^a
	γ	-0.1111 ^a	-0.0769 ^a	0 ^a	-0.1429 ^a	-0.1111 ^a
	ϵ_e	-0.0304 ^a	-0.0342 ^a	-0.0102 ^a	-0.0407 ^a	-0.0299 ^a
	Salinity (%)	2.9013 ^a	2.3210 ^a	2.3210 ^a	2.3210 ^a	2.3210 ^a
5%	X	-0.0003 ^a	-0.0152 ^a	0.0024 ^a	0.0114 ^a	-0.0282 ^a
	γ	-0.1250 ^a	-0.2222 ^a	-0.2500 ^a	-0.1250 ^a	-0.3000 ^a
	ϵ_e	-0.0208 ^a	-0.0345 ^a	-0.0421 ^a	-0.0227 ^a	-0.0453 ^a
	Salinity (%)	1.7408 ^a	2.9013 ^a	2.9013 ^a	2.9013 ^a	2.9013 ^a
10%	X	-0.0680 ^a	-0.0644 ^a	-0.0736 ^a	-0.0656 ^a	-0.0219 ^a
	γ	-0.2222 ^a	-0.2222 ^a	-0.2500 ^a	-0.2500 ^a	-0.2500 ^a
	ϵ_e	-0.0257 ^a	-0.0263 ^a	-0.0294 ^a	-0.0307 ^a	-0.0380 ^a
	Salinity (%)	2.9013 ^a	3.4816 ^a	3.4816 ^a	3.4816 ^a	3.4816 ^a
20%	X	-0.0632 ^a	-0.0682 ^a	-0.0772 ^a	-0.0422 ^a	-0.0753 ^a
	γ	-0.2500 ^a	-0.1250 ^a	-0.3333 ^a	-0.2500 ^a	-0.2500 ^a
	ϵ_e	-0.0311 ^a	-0.0095 ^a	-0.0427 ^a	-0.0346 ^a	-0.0291 ^a
	Salinity (%)	4.0619 ^a	4.0618 ^a	5.2224 ^a	4.6421 ^a	5.2224 ^a

*case 1: t_1 (5 min), t_2 (5 min); case 2: t_1 (10 min), t_2 (15 min); case 3: t_1 (15 min), t_2 (15 min); case 4: t_1 (15 min), t_2 (10 min); case 5: t_1 (15 min), t_2 (5 min).

a<0.05

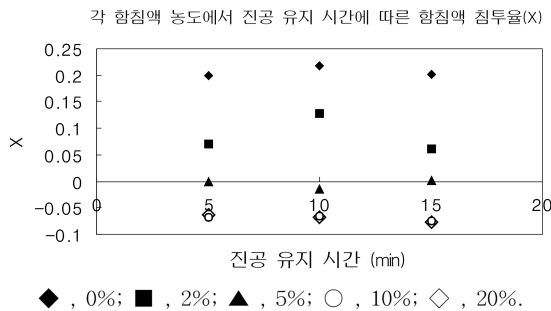


Fig. 3. Sample volume fraction impregnated by the solution (X) in each NaCl solution by the different vacuum period.

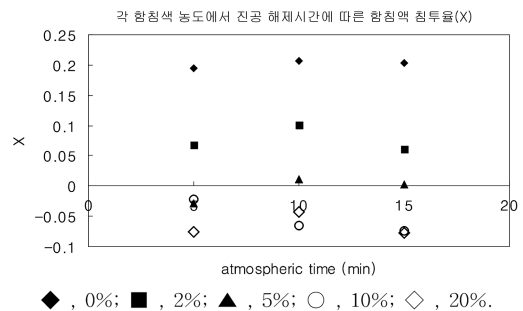


Fig. 4. Sample volume fraction impregnated by the solution (X) in each NaCl solution by the different atmospheric period.

그 이유는 등장액이 아닌 고장액에 의한 함침과 함께 삼투현상의 역작용이 동반되었기 때문으로 생각된다.

함침액의 농도가 증가함에 따라 진공 유지 시간과 관계없이 X가 감소한 사실로 미루어 보아 삼투현상에 의한 함침액의 유출 가능성이 명백하다고

판단되나 이에 대한 명확한 규명이 요구된다. 진공 해제 시간의 효과로 상기와 유사하게 큰 차이를 보이지 않았고 함침액 농도에 따른 효과는 유의적인 차이를 보였다. M. Gras *et al.*(2002) 등에 의한 진공 해제 시간의 증가에 따라 역시 X가 증가한다고 보고되었으나, 진공 유지 시간의 경우와 동일하게

삼투 현상이 동반되어 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 생각된다.

Fito *et al.*(1996)에 따르면 시료 변형율(γ)은 원래 시료 부피에 대한 진공 함침된 시료의 부피의 변형 비율로서 상대적인 시료의 변형으로 정의된다. Fito *et al.*(1996)에 의하면 진공 유지 시간과 진공 해제 시간에 따라 γ 에 유의적인 차이가 나타난다고 하였으며 시료 변형율은 X값과 함께 시료 물질의 구조와 기계적 성질의, 진공 함침 조작 조건에 의존하는 요인으로 간주되었으나 본 실험 결과에서는 진공 유지 및 해제 시간에 따른 효과가 고장액에 의한 삼투현상으로 인해 경미하게 나타난다. 특히 고장액에서 보여지는 음의 시료 변형율은 진공 함침의 역작용으로 수반된 삼투현상에 기인한 것으로 보여지며, M. Gras *et al.*(2002)은 음의 시료 변형율이 시료 물질 내부의 기체의 배출에 대한 낮은 저항, 고체 matrix가 본래 가지고 있던 즙액의 손실 때문에 일어나는 고체 matrix의 수축과 긴밀하게 연관되어 있다고 하였다. 본 실험에서는 진공 함침의 효과를 증가하는 삼투현상으로 인해 배추가 본래 가지고 있던 즙액이 침투된 함침액에 비해 과량 유출되어 배추가 수축한 것으로 생각할 수 있었다.

유효 공극률은 Fito *et al.*(1996)에 의해 시료 부피당 공극 안에 있는 기체의 부피로 정의되었고 M. Gras *et al.*(2002)에서는 채소의 실제 진공 함침 가능성을 파악할 수 있는 척도로 이해된다. Fito *et al.*(1996)은 먼 진공 유지 및 해제 시간에 따라 유효 공극률의 차이가 발생한다고 하였지만, 본 실험에서는 고장액에 의한 삼투현상으로 인해 그 차이를 확인할 수 없었다. 또한 M. Gras *et al.*(2002)은 이러한 유의적이지 않은 유효 공극률은 세포 조직이 치밀하다는 것을 설명한다고 하였다. 더불어 효과적인 공극률은 진공 유지 시간과 진공 해제 시간이 긴 경우에 일어나는 데, 이것은 시료가 진공 함침에 의해 기계적인 평형에 도달하기 위해서 최소 15분의 시간이 필요하다는 것을 말한다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 시간이 길어질수록 진공 함침과 동반된 삼투 현상으로 인해 위와 같은 사실을 확인할 수 없었다.

염도

진공 함침 후의 염도 변화는 진공 함침과 무관하게 사용된 함침액의 농도에 따라 증가하였다. 즉, 고농도의 함침액에 의하여 배추의 염도가 증가하였고 결국 진공 유지 및 해제 시간에 의한 함침액의

유입 효과와 삼투 현상에 의한 유출 효과가 서로 상충되어 그 차이가 불균일하며, 이 현상은 함침액 침투율, 시료 변형율은 유효 공극률에서 나타난 현상과 동일하게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

결론

식품가공 분야에서 새로운 기법으로 그 적용 분야가 확대되고 있는 진공 함침 기술을 배추 절임에 시도하였다. 진공 함침의 주요 공정 변수에는 진공도, 진공유지시간, 진공해제시간이 포함되는데 일반적으로는 3가지 변수가 모두 클수록 함침액 침투가 커지는 것으로 알려져 있다. 그런데 본 연구에서는 등장액이 아닌 고장액을 사용한 차이점으로부터 일반적인 예상과는 달리 3가지 공정 변수의 효과가 뚜렷이 나타나지 않았다. 또한 배추 내 염도 역시 함침액 침투와 동일하게 공정 변수의 영향을 받지 않은 것으로 측정되었다. 그러나 고장액 즉, 염수의 농도별 함침액 침투 및 염도의 차이는 뚜렷하여 고장액에 의한 삼투 현상의 수반이 있는 것으로 판단되었다. 즉, 공정 변수에 의한 hydrodynamic 기작이 삼투 현상 즉, 역침투 효과와 대립하여 실질적으로 함침액 침투의 효과와 상쇄되어 유의적인 어떠한 경향을 보이지 않았을 것으로 추론된다. 이와 같은 hydrodynamic 기작과 삼투 현상의 공존은 함침액의 농도가 증가함에 따라 함침액 침투가 더 억제된 결과로부터 그 증거를 예상할 수 있다고 사료된다. 따라서 공정 변수의 효과를 뚜렷이 보기 위해서는 염수 농도차에 따른 삼투효과를 초월할 수 있을 정도의 진공 함침 조건에서 절임이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요약

김치 제조 공정에서의 절임 과정은 김치의 생산성과 품질에 중요한 영향을 끼치는 요소이다. 그런데 김치 제조 공장의 품질관리에서 가장 중요하게 인식되는 절임공정은 여전히 그 개선의 여지를 갖고 있다. 따라서 김치 제조 과정의 과학화 및 생산성 향상을 위한 지속적인 연구가 진행되어야 한다고 판단된다. 이러한 관점에서 김치의 절임과정에 있어서 진공함침기술의 효과적인 도입의 가능성이 본 연구에서 제기되었다. 진공함침기술은 진공과 상압으로의 복원으로 발생하는 압력 차이에 의한 hydrodynamic 기작이 다공성 생산물의 공극 안으로

생산물 세포 내부의 기체와 외부 함침액의 교환을 일으켜 효과적인 물질교환을 가능하게 한다. 이 연구에서는 김치 제조에 쓰이는 배추를 이용하여 초기 진공 압력, 진공 유지 시간, 상압 유지 시간과 같은 진공 함침 조건이 배추의 진공 함침 절입에 미치는 영향을 살펴보았다. 배추를 이용한 진공 함침 절입의 효과는 함침액 침투율인 X 와 시료 변형율인 γ 로 분석하였는데, 함침액의 농도와 진공 유지시간이 증가할수록 X 와 γ 값은 감소하였다. 이는 진공함침이 고농도의 함침액에서 수행되어 함침 효과를 상쇄시키는 삼투 현상이 수반되기 때문이다. 각 함침조건별로 얻어진 결과를 비교해 보았을 때, 진공 유지 시간(t_1)과 진공 해제시간(t_2)이 각각 15분 일 때가 평균적으로 시료 변형율과 함침액 침투율, 유효공극률이 작았다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술개발 사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- 한기영 · 노봉수. 1996. 통배추의 염절입 방법에 따른 특성변화. *Korean Journal of Food Science and Technology*. **28**(40): 707-713.
- A.chiralt, P. Fito, J.m. Barat, A.Andres, C.Gonzalez-Martinez, I. Escriche, M.M. Camacho. 2001. Use of vacuum impregnation if food salting process. *Journal of Food Engineering*. **49**: 141-151.
- Chiralt, A., Ftio, P., Barat, J.M., Martinez-Monzo,J., and Martinez-Navarrete, N. 1999. Vacuum impregnation : a tool in minimally processing of foods. *Processing Foods*: 341-356.
- Chiralt, A., Fito, P., Barat, J. M., Andres, A., Gonzalez-Martinez, C., Escriche, I. and Camacho, M. M.. 2001. Use of vacuum impregnation in food salting process. *Journal of Food Engineering*. **49**: 141-151.
- Escriche, I., Fuentes, C., Gonzalez, C. and Chiralt, A. 2000. Development of Medium Volatility Compounds in Manchego-type Cheese as Affected by Salt Content and Salting Method. *Journal of Food Composition and Analysis*. **13**: 827-836.
- Fito, P. 1994. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food. *Journal of Food Engineering*. **22**: 313-328.
- Fito, P., and Pastor, R. 1994. On some non-diffusional mechanism occuring during vacuum osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*. **21**: 513-519.
- Fito, P., Andres, A.,Chiralt., and Pardo, P.. 1996. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation relaxation phenomena during vacuum treatment in solid porous-liquid system. *Journal of Food Engineering*. **27**: 229-240.
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J. M., Andres, A., Martinez-Monzo, J. and Martinez-Navarrete. N.. 2001. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*. **49**: 297-302.
- Martinez-Monzo, J., Barat, J. M., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A. and Fito, P. 2000. Changes in thermal properties of apple due to vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering*. **43**: 213-218.
- M. Gras, D. Vidal-Brotons, N. Betoret, A. Chiralt, P. Fito. 2002. The response of some vegetables to vacuum impregnation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. **3**: 263-269.
- Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Lopez-Malo, A., Palou, E. and Welti-Chanes, J.. 2003. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*. **56**: 307-314.
- Pavia, M., Trujillo, A. J., Guamis, B. and Ferragut, V.. 2000. Ripening control of salt-reduced Manchego-type cheese obtained by brine vacuum-impregnation. *Food Chemistry*. **70**: 155-162.
- Salvatori, D., Anders, A., Chiralt, A., and Fito, P. 1997. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. *Journal of Food Processes Engineering*. **21**: 59-73.