

# 수력학적 공동현상을 이용한 기열 살균처리가 우유의 영양성에 미치는 영향 - 비타민 A, B<sub>2</sub>, 칼슘, 인, 마그네슘, 아연, 지방 -

박종근 · 성시진 · 엄애선<sup>¶</sup>  
한양대학교 생활과학대학 식품영양학과<sup>¶</sup>

## Effect of Heat Sterilization on Milk Nutrition by Hydrodynamic Cavitation - Vitamin A, B<sub>2</sub>, Calcium, Phosphorus, Magnesium, Zinc, Fat -

Jung Geun Park · Si Jin Seong · Ae Son Om<sup>¶</sup>

Dept. of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Hanyang University, Seoul 04763, Korea<sup>¶</sup>

### Abstract

This study was conducted to investigate the amount of fat, vitamins and minerals in milk can be affected by hydrodynamic cavitation since cavitation is recently focused on as one of the sterilization methods. Vitamins (vitamin A, B<sub>2</sub>), minerals (Ca, P, Mg, Zn) and fat contents were measured according to Ministry of Food and Drug Safety's Processing Standards and Component Specifications of Animal Product. Vitamin A & B<sub>2</sub> contents decreased approximately 23% & 19%, respectively after cavitation. Minerals content showed no change after cavitation. Also, P and Mg contents were reduced after cavitation to 2 mg/100g and 0.1 mg/100g, showing no change. Milk fat content was 3.46% before cavitation and 3.41% after cavitation, displaying no difference. Hydrodynamic cavitation process displays a possibility to replace existing pasteurizing method, as it does not change vitamin or mineral contents in milk. Therefore, a more clear and systematic research on hydrodynamic cavitation pasteurization is needed to distribute excellent quality milk and to emphasize physiochemical properties and quality change of existing heat pasteurization process.

key words: hydrodynamic cavitation, milk, nutrient change, sterilization

### I. 서 론

현대 사회에서는 식품으로부터 국민 건강을 찾  
고자 하는 웰빙(Well-being) 현상(Kang, 2013)과 식  
생활의 서구화로 인한 만성질환 및 성인병의 증가  
는 소비자들에게 건강, 기능성 식품에 대한 관심  
을 고조시키고 있다(Kim, Shin, Lee & Bae, 2014).  
우유는 양질의 단백질과 칼슘 및 리보플라빈(ribo-

flavin)의 주요 급원 식품으로 락토오스(lactose), 카  
제인(casein), 인단백질(phosphoprotein) 등의 영양  
소가 풍부하게 함유되어 있어(Nam, Kim & Park,  
2011) 성장기의 어린이와 청소년뿐만 아니라, 노인,  
저소득층, 임산부, 영유아에게도 권장되는 완전식  
품이다(In & Jung, 2001). 또한 인간의 생명활동에  
필요로 하는 단백질, 지방, 유당, 비타민, 무기질 등  
의 영양소를 골고루 함유하고 있으며, 각종 질병

<sup>¶</sup> 교신저자 : 엄애선, aesonom@hanyang.ac.kr, 서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 식품영양학과

에 대한 예방효과를 가지고 있다(Park & Yoon, 2012). 그리고 주성분인 단백질과 지방의 소화율이 각각 100%에 가까울 뿐만 아니라, 칼슘은 53%로 채소 10~20%, 생선류 20~40%인 것에 비해(Nam & Park, 2011) 영양소 소화이용률이 높다. 우유 내 영양소의 경우, 계절, 수유 기간, 유전적 요인 및 가공 공정 등에 영향을 받는다. 특히 비타민의 경우 정확히 알려진 수치는 없으나, 다른 영양소에 비해 부족한 것으로 나타나 비타민을 강화한 우유들이 시장에 나오고 있다(In, Jung, Jeong, & Ham, 2002). 그러나 원유는 음용할 경우 반드시 병원성 미생물의 사멸과 유해 요소의 불활성화를 위해 가열 살균과정을 필요로 한다(In & Jung, 2001). 현재 원유의 가열 살균처리 중 가장 많이 이용되는 처리는 열처리법으로 63°C에서 30분간 가열하는 저온 장시간 살균법(Low Temperature Long Time; LTLT), 72~75°C에서 15초간 열처리하는 고온 단시간 살균법(High Temperature Short Time; HTST), 135°C에서 2초간 살균하는 초고온 처리법(Ultra-High Temperature; UHT) 방식이 많이 이용되고 있다. 이러한 열 처리법은 우유 가공 공정 중 고온에 의해 이화학적 변화 및 영양성분의 손실을 야기하여 품질에 영향을 줄 수 있다. 최근 품질 변화를 최소화하기 위한 최소가공기술(Minimal Process Technology)에 대한 관심이 높아지고 있으며(Lee et al., 2014), 그 중 수력학적 공동현상(Hydrodynamic Cavitation; HC)은 열과 압력에 따라 달라지는 유체의 상변화에 의해 발생하는 에너지를 이용한 기술이다. 수력학적 공동현상을 이용한 살균처리는 최소한의 살균 공정으로 대용량 처리가 가능하며, 다른 살균법보다 높은 에너지효율을 보이고 있다(Milly, Toledo, Kerr, & Armstead, 2008). 따라서 본 연구에서는 수력학적 공동현상을 이용한 살균처리 우유의 영양학적 품질변화를 살펴보고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 살균장치

본 연구에서 Kwon과 Yoon(2013)이 개발한 수력학적 공동현상 장치(Hydrodynamic Cavitation Reactor; HCR)를 사용하였다. HCR 장치 운전조건을 가압펌프 설정 값( $P_{set}$ ) 기준 0.5 bar 및 전동기(Motor)의 회전속도( $\omega$ : Rotating velocity) 3,600 rpm, 유량은  $4.2 \pm 0.05$  L/min로 설정하였으며, 목표 순간상승온도는  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ , 출구온도는  $70^\circ\text{C}$ 의 조건으로 수행하였다. 우유는 시중에서 판매되고 있는 UHT 멸균 우유를 구입하여 수력학적 공동현상 처리 전을 대조군(Non Hydrodynamic Cavitation Treatment; NHCT)으로 하고, 처리 후를 실험군(Hydrodynamic Cavitation Treatment; HCT)으로 사용하였으며, 분석의 표준물질로 사용된 비타민, 무기질과 용매들 모두 Sigma-Aldrich(st. Louis, Mo. USA) 제품이였다.

### 2. 비타민, 무기질 및 조지방 함량 측정

우유는 살균처리과정에서 고온에 노출되어 열 충격에 약한 영양성분들이 손실되는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 열에 쉽게 변성되는 비타민(Vitamin A, Vitamin B<sub>2</sub>), 무기질(Calcium(Ca), Phosphorus(P), Magnesium(Mg), Zinc(Zn)) 및 조지방 함량을 측정하였다. 각 분석항목은 식품의약품안전처의 축산물 가공기준 및 성분규격 실험법(Processing Standards and Component Specifications of Animal Product, 2016)에 따라 실험하였다.

#### 1) 비타민, 무기질 분석용 우유 시료 준비

Vitamin A를 분석하기 위한 우유 시료 10 mL(Vitamin A 20~30 I.U. 상당량)를 정밀히 달아 Ethanol 30 mL 및 10% Pyrogalllic acid/ethanol 1mL를 가하여 잘 섞은 후 Potassium Hydroxide 용액 3 mL를 가해 30분간 비누화시키고, 냉각 후 distilled water 30 mL를 가하여 분액깔대기로 옮긴다. 플라스크는 distilled water 10 mL와 Petroleum ether(특급) 30 mL로 씻어 분액깔대기에 혼합하여 혼합 및 방치 후, 물 층을 별도의 분액깔대기에 옮긴다. 물 층은

Petroleum ether(특급) 30 mL씩 2회 추출하고, 전 석유에테르 추출액에 합하여 distilled water 10 mL 1회, 50 mL 2회 씻은 후 석유에테르층을 취하여 Sodium sulfuric anhydride를 가해 탈수시켜 갈색 플라스크로 옮긴다. 이어 Sodium sulfate를 섞은 Petroleum ether(특급) 10 mL로 2회 씻고, 씻은 액을 앞의 플라스크와 합하여 40~50℃에서 감압한 후 Isopropyl (HPLC급)으로 녹여 10 mL로 정용한 후 0.45 μm MILLEX-HV13 filter(Millipore)로 여과하였다. Vitamin B<sub>2</sub> 분석용 우유 시료는 일정량을 달아 소량의 물을 가하여 수욕 상에서 20분간 추출한 후 원심분리기(9,000 rpm)로 30분간 원심분리하여 상등액을 0.45 μm MILLEX-HV 13 filter (Millipore)여과하였다.

무기질(Ca, P, Mg, Zn)은 우유 시료 5 g을 취하여 Hotplate에서 가열시키고, 500℃ 회화로에서 2시간 회화시켜 냉각한 후 HPLC용 distilled water 0.5 mL, Nitric acid 용액 3 mL를 가하고 Hotplate에서 Nitric acid를 제거한 후 다시 500℃ 회화로에서 1시간 동안 회화시킨다. 그 후 Hydrochloric acid 용액으로 50 mL를 정용하여 사용하였다.

2) 분석기기 및 조건

본 실험에서는 HPLC(Nanospace SI-1, Shiseido, Tokyo, Japan)와 UV Detector(UV 3200, Shiseido, Japan)를 사용하여 Vitamin A, B<sub>2</sub> 분석을 수행하였으며, 기기 분석 조건은 <Table 1>과 같다. 무기질의 경우 분해기기는 Microwave Digestion Sys-

tem(Ethos 1, Milestone, USA)를 이용하였고, 분석기기는 ICP(Jobin Yvon JY 38 Plus, Longjumeau, France)를 사용하여 분석하였으며, 기기 조건은 <Table 2>와 같다.

3. 조지방 함량 측정

축산물 가공기준 및 성분규격의 유지방 측정법(Gerber법)에 따라, 시료와 황산 및 아밀알코올을 겔벨유지계에 주입하여 시료를 녹이고 원심분리기(700 rpm 이상)에서 원심분리한 후 온탕 중에 담가 석출한 지방층의 도수를 유지방량의 %로 하였다(Processing Standards and Component Specifications of Animal Product 2016).

Ⅲ. 결과 및 고찰

우유의 가열살균 처리는 우유의 성분에 이화학

<Table 2> Operation condition of ICP instrument for the analysis of minerals

Parameters	Operational conditions	
RF power (W)	1,400	
Gas flow (L/min)	Nebulizer	0.8
	Plasma	15
	Auxiliary	0.2
Wavelength (nm)	Ca: 315.887	
	Mg: 279.079	
	Zn: 213.856	

<Table 1> Operation condition of HPLC instrument for the analysis of vitamin A and B<sub>2</sub>

Classification	Vitamin A	Vitamin B <sub>2</sub>
Column	Capcell pak C <sub>18</sub> (UG 80 4.6 mm × 250 mm, SHISEIDO)	Capcell pak C <sub>18</sub> (UG 80 4.6 mm × 250 mm, SHISEIDO)
Mobile phase	EtOH : H <sub>2</sub> O (95 : 5)	Methanol : 10 mm NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 용액 (35 : 65)
Flow rate	0.5mL/min	0.8mL/min
Oven temperature	30℃	30℃
Injection volume	20 μL	20 μL
Detector	UV detector (Ex: 340 nm, Em: 460 nm)	UV detector (Ex: 445 nm, Em: 530 nm)

적 변화와 함께 영양소 손실을 야기하는 것으로 알려져 있다(In & Jung, 2001). 본 연구에서는 수력학적 공동현상 처리한 우유의 비타민(Vitamin A, Vitamin B<sub>2</sub>), 무기질(Ca, P, Mg, Zn) 및 조지방의 함량을 측정하였다. 수력학적 공동현상 처리에 따른 Vitamin A, Vitamin B<sub>2</sub>의 함량은 <Table 3>과 같다.

대조군인 NHCT(Non Hydrodynamic Cavitation Treatment)와 실험군인 HCT(Hydrodynamic Cavitation Treatment)의 Vitamin A 함량은 각각 45.045 µg RE/100g, 34.336 µg RE/100g으로 약 23% 감소하였고, Vitamin B<sub>2</sub>는 약 19% 감소하였다. 지용성 비타민의 경우, 수용성 비타민보다 열에 안정하여 가열 살균처리로 인한 함량 변화는 크지 않은 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2014). 보통 Vitamin A는 가장 활성이 큰 형태인 트랜스-레티놀을 일컫는 것으로, 빛에 의한 파괴와 산소에 의한 산화가 빠르며, 고온·고압의 환경에서 절반 이상이 파괴된다(Hur & In, 2002). Lee 등(2014)은 Vitamin A가 LTLT(63°C에서 30분), HTST(72~75°C에서 15초), UHT(135°C에서 2초) 살균 처리를 통한 손실이 높고 압력과 시간의 영향을 많이 받음을 보고하였다. 또한 비타민의 경우, LTLT 처리 시 10~15%, HTST 처리 시 20%, UHT 처리 시 20% 정도가 손실되는 것으로 알려져 있다(Edmund, 1989; Kim, 1999; Sieber, 1989). 본 연구의 수력학적 공동현상을 이용한 살균처리는 열과 압력에 따라 발생하는 에너지를 이용하여 2초 내외로 처리하는 만큼, 가열 살균처리보다 Vitamin A, Vitamin B<sub>2</sub>의 손실이 적은 것으로 나타났다.

수력학적 공동현상을 이용한 살균처리가 우유

의 무기질인 Ca, P, Mg, Zn의 함량에 미치는 영향을 알아보려고 측정하였으며, 그 결과는 <Table 4>와 같다.

무기질의 경우, NHCT와 HCT 간의 함량 차이는 거의 보이지 않았다. 우유의 칼슘은 불용성 67%, 가용성 33%로 존재하며 불용성 칼슘 중 1/3은 카제인과 결합하고 카제인마이셀 중에 함유되어 있으며, 나머지 2/3는 인산과 함께 인산칼슘으로서 불용성의 콜로이드가 되어 우유 중에 분산하고 있다(ITO, 1989). 가열 살균처리를 하는 과정에서 가용성 칼슘의 양이 감소하거나, 존재형태가 콜로이드상 칼슘으로 변한다(Burton, 1984)고 알려져 있으며, UHT 살균처리로 인한 가용성 칼슘 및 인의 감소율은 10~13%이다(ITO, 1989). Claeys 등(2012)에 따르면 Ca, P, Mg은 가열 살균처리로 인한 함량 변화가 0~2%라고 보고하였으며 이것은 본 연구결과와 같았다. Zn의 경우, NHCT와 HCT간의 함량 차이가 거의 보이지 않았으나, 검출된 함량이 낮아 소실 정도를 파악하기 힘들었다(Table 4).

<Table 4> Changes in Ca, P, Mg, Zn of sterilized UHT milk by hydrodynamic cavitation treatment

Nutrient		NHCT <sup>1)</sup>	HCT <sup>2)</sup>
Mineral (mg/100g)	Calcium (Ca)	97.1±5.6 <sup>3)</sup>	97.1±5.8
	Phosphorus (P)	98.5±6.3	96.5±0.9
	Magnesium (Mg)	9.5±0.2	9.4±0.2
	Zinc (Zn)	0.3±0.0	0.3±0.04

<sup>1)</sup> NHCT: Non hydrodynamic cavitation treatment.

<sup>2)</sup> HCT: Hydrodynamic cavitation treatment.

<sup>3)</sup> Values are Mean±S.D. of 3 replicates.

<Table 3> Changes in vitamin A, vitamin B<sub>2</sub> of sterilized UHT milk by hydrodynamic cavitation treatment

Nutrient		NHCT <sup>1)</sup>	HCT <sup>2)</sup>	Decreasing rate(%)
Vitamin	Vitamin A (µg RE/100g)	45.045	34.336	23.774
	Vitamin B <sub>2</sub> (mg/g)	0.0009094	0.0007338	19.309

<sup>1)</sup> NHCT: Non hydrodynamic cavitation treatment.

<sup>2)</sup> HCT: Hydrodynamic cavitation treatment.

우유 성분 중 유지방은 제품의 향과 맛의 형성에 중요한 역할을 할 뿐만 아니라, 착유 후 냉각, 균질, 교반 및 열처리 등의 요인에 의해 물리적, 화학적 변화가 나타나며, 유지방은 열처리 과정에서 풍미에 손상을 일으키는 lactones 또는 methyl ketone이 형성되면서 품질에 영향을 준다(In & Jung, 2001). Jose 등(2015)은 원유를 LTLT 처리 시 0.41%, UHT 처리 시 0.43%의 함량 차이가 나타났다는 연구결과를 발표하였다. 본 연구에서는 NHCT의 조지방 함량은 3.46%였으며, HCT의 조지방 함량은 3.41%로 함량 소실이 거의 나타나지 않았다(Table 4). 종합적으로 LTLT, HTST, UHT와 같은 가열 살균처리보다 수력학적 공동현상 처리 시 무기질 및 비타민, 유지방의 소실이 적은 것으로 나타났다. Milly et al.(2008)은 수력학적 공동현상을 이용하여 사과주스의 *Saccharomyces cerevisiae* 살균 성능에 대해 연구한 결과, 최소한의 살균공정으로 대용량 처리가 가능하며, 에너지 효율이 최대 84%로 나타나 기존 UHT 처리 방식의 단점을 보완하면서 자연현상에 의해 발생하는 에너지를 이용함으로써 높은 열효율과 에너지 절감이 가능하다고 발표하였다. 선행연구와 본 연구결과를 통해 수력학적 공동현상 살균처리 시 우유의 이화학적 특성 및 품질변화가 적고, 미생물 제어를 할 수 있는 우유의 대량 생산이 가능한 것으로 나타났다. 또한 최근까지 우리나라에서 우유의 열처리 조건에 따라 우유의 성분 및 영양에 미치는 영향과 장단점에 대해서 많은 관심을 가지고 있다(In & Jung, 2001). 그러나 열처리에 따른 우유의 성분 변화 중 단백질 및 관능적 특성에 관한 연구는 있으나, 비타민에 관한 연구는 부족한 실정이므로(In et al., 2002) 우유의 미생물학적 변화뿐만 아니라, 영양학적 변화에 관한 연구들과 수력학적 공동현상 살균처리에 대한 명확하고 체계적인 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

#### IV. 요약 및 결론

우유의 가열 살균처리는 위생상 반드시 거쳐야

할 공정으로서 병원성 미생물을 사멸하고, 유해효소의 불활성화에 목적을 두고 있다. 그러나 우유 중에는 단백질, 유지방, 비타민, 무기질 등과 같은 우리 몸에 꼭 필요한 영양소를 함유하고 있으며, LTLT, HTST, UHT와 같은 우유의 가열 살균처리를 통해 품질 변화뿐만 아니라, 이러한 열에 의해 쉽게 소실되는 영양소인 비타민, 무기질, 유지방 등을 소실시키는 단점이 있다. 따라서 수력학적 공동현상을 이용한 살균처리로 인한 비타민, 무기질, 유지방의 함량 변화와 이를 통한 품질 변화를 보고자 하였다. 우유를 수력학적 공동현상 처리 시 Vitamin A 함량은 45.045 µg RE/100g에서 34.336 µg RE/100g으로 약 23% 감소하였고, Vitamin B<sub>2</sub>는 0.0009094 mg/g에서 0.0007338 mg/g으로 약 19%감소하였다. Ca과 Zn의 NHCT와 HCT 간의 함량 차이는 없었으나, P는 2 mg/100g의 함량 차이를 보였고, Mg은 0.1 mg/100g의 함량 차이를 보였다. NHCT의 조지방 함량은 3.46%였으며, HCT의 조지방 함량은 3.41%로 함량 차이가 거의 나타나지 않았다. 이러한 결과는 수력학적 공동현상 살균처리가 기존 가열 살균처리의 단점을 보완하면서 최소한의 살균 공정으로 대량 생산이 가능한 것으로 보인다. 또한 현재 연구된 사과주스 등뿐만 아니라, 우유에서도 기존 살균법보다 높은 에너지효율과 품질 변화가 적은 것으로 나타났다. 그러나 현재 열처리에 따른 우유의 성분 변화 중 단백질 및 관능적 특성에 관한 연구는 있으나, 비타민에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 기존 가열 살균처리 시 발생하는 이화학적 특성 및 품질의 변화를 강조하고, 우수한 품질의 우유를 공급하기 위하여 수력학적 공동현상 살균처리에 대한 명확하고 체계적인 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

#### 한글 초록

본 연구는 멸균 방법 중 하나인 수력학적 공동현상을 이용한 살균처리로 인한 우유의 비타민, 무기질 및 지방 함량에 대한 영향을 조사하고자

한다. 비타민(vitamin A, vitamin B<sub>2</sub>), 무기질(Ca, P, Mg, Zn) 및 조지방 함량을 식품의약품안전처의 축산물 가공기준 및 성분규격 실험법에 따라 측정하였다. Vitamin A는 처리 후 약 23% 감소하였고, vitamin B<sub>2</sub>는 약 19% 감소하였다. 무기질의 경우, 처리 전후의 함량 차이가 거의 보이지 않았다. 또한 P는 2 mg/100g, Mg은 0.1 mg/100g의 함량 차이를 보였다. 우유의 조지방 함량은 처리 전 3.46%, 처리 후 3.41%로 차이가 거의 나타나지 않았다. 수력학적 공동현상 처리 시 우유의 비타민과 무기질 함량을 변화시키지 않아 기존 살균 방법을 대체할 수 있는 가능성을 보여주었다. 따라서 기존 가열 살균처리 시 발생하는 이화학적 특성 및 품질의 변화를 강조하고, 우수한 품질의 우유를 공급하기 위하여 수력학적 공동현상 살균처리에 대한 명확하고 체계적인 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the project of the High Value Added Food Technology Development Project(Control No. 313045-3) of IPET(Korea Institute of Planning & Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry & Fisheries). Accordingly, we have been feeling gratitude for IPET.

## REFERENCES

- Kang, H. W. (2013). Characteristics of *Kimchi* added with anchovy sauce from heat and non-heat treatments. *Culinary Science & Hospitality Research*, 19(5), 49-58.
- Kim, D. S., Shin, K. E., Lee, W., & Bae, G. K. (2014). A study on the physicochemical and sensory characteristics of cod stock by hot water extraction time. *Culinary Science & Hospitality Research*, 20(2), 89-99.
- Nam, E. S., Kim, H. J., & Park, S. I. (2011). A study on consumption behavior for milk and dairy products among middle school students. *Culinary Science & Hospitality Research*, 17(3), 236-258.
- In, Y. M., & Jung, I. K. (2001). A review on the change of physicochemical quality during heating of milk. *J Korean Dairy Technol*, 19(1), 13-21.
- Park, Y. M., & Yoon, H. H. (2012). Quality characteristics of *Sulgidduck* using dry rice powder added with different amounts of milk. *Culinary Science & Hospitality Research*, 18(5), 267-278.
- Nam, E. S., & Park, S. I. (2011). A study on a school milk program for elementary school students in Seoul. *Culinary Science & Hospitality Research*, 17(4), 121-139.
- In, Y. M., Jung, I. K., Jeong, S. G., & Ham, J. S. (2002). A study on the vitamins contents in UHT milk according to fortification methods. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 22(2), 172-178.
- Lee, J. E., Choi, E. J., Park, S. Y., Jeon, G. Y., Jang, J. Y., Oh, Y. J., & Choi, H. J. (2014). Effects of high pressure treatment on the microbiological and chemical properties of milk. *Korean J Microbiol Biotechnol*, 42(3), 267-274.
- Milly, P. J., Toledo, R. T., Kerr, W. L., & Armstead, D. (2008). Hydrodynamic cavitation: Characterization of a novel design with energy considerations for the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in apple juice. *Journal of Food Science*, 73, 298-303.
- Hur, J. Y. & Hwang, I. K. (2002). The stability of water-soluble and fat-soluble vitamin in milk by heat treatments. *Korean J Soc Food Coockey*, 18(5), 487-494.
- Eitenmiller, R. R. (1995). Water-soluble vitamin assays in human nutrition. *Trends in Food Sci-*

- ence & Technology*, 6(2), 64-65.
- Kwon, W. C., & Yoon, J. Y. (2013). Experimental study of a cavitation heat generator. *I Proes Mechonial Engineering*, 227(1), 67-73.
- Kim, H. Y., Kim, S. H., Choi, M. J., Min, S. G., & Kwak, H. S. (2008). The effect of high pressure-low temperature treatment on physico-chemical properties in milk. *J Dairy*, 91, 4176-4182.
- Sieber, R. (1989). Verhalten der citamine während der lagerung von UHT-milch. *Mitt Gebiete Lebensm Hyg*, 80, 467-489.
- ITO, T. (1989). Influence of heating on protein and calcium in milk. *J Dairy*, 36, 6-14.
- Burton, H. (1984). Reviews of the progress of dairy science: The bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperatures of 100~150°C. *J Dairy Res*, 51, 341-363.
- Claeys, W. L., Cardoen, S., Daube, G., De, B. J., Dewettinck, K., Dierick, Ka., & Herman L. (2012). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control*, 31 (1), 251-262.
- Jose, M. P., Adriano, G., Bruna, W. M., Daniel, N. L., & Claucia F. V. S. (2015). Effects of pasteurization and ultra-high temperature processes on proximate composition and fatty acid profile in bovine milk. *American Journal of Food Technology*, 10(6), 265-272.
- 

2016년 12월 09일 접수

2016년 12월 16일 1차 논문수정

2016년 12월 23일 논문 게재확정