

대량연속취반장치에서 최적 취반조건 연구

이은영 · 정진훈 · 신해헌* · 이석훈 · 변유량
연세대학교 생명공학과 및 생물산업소재연구센터, *천안외국어대학 식품유통과

Studies on Optimum Cooking Conditions for Commercial Continuous Rice Cooker

Eun-Young Lee, Jin-Hoon Jung, Hae-Hun Shin,* Seok-Hoon Lee and Yu-Ryang Pyun
Department of Biotechnology, and Bioproducts Research Center, Yonsei University,
*Department of Food Marketing, Chonan College of Foreign Studies

Abstract

The optimum cooking conditions for large scale continuous gas cooker were studied with three varieties of rice. Optimum soaking time for the cooker was estimated to be 30 min at cooking temperature above 20°C, while 60 min at cooking temperature below 10°C. The ratio of water-to-milled rice giving the best eating quality was founded to be 1.41~1.48, and corresponding moisture content of cooked rice ranged from 60 to 62% for different rice varieties. The optimum ratio of water to milled rice. (Chucheong) decreased from 1.50 to 1.37 with increase in the amount of milled rice from 4.0 to 6.5 kg in a cooking vessel. However, actual water uptake by rice (g water absorbed per g rice) on cooking was nearly constant value of 1.13, which means that evaporated water during cooking increases with decreasing the amount of rice in a cooking vessel.

Key words : large scale gas cooker, hydration model, cooked rice

서 론

급속한 산업화와 도시화, 식생활의 변화로 인하여 우리의 전통적인 주식인 밥의 조리방식이 변화되고 있다. 외식산업은 노동력 부족, 인건비 상승 등으로 전통적인 자체 취반 방식에서 밥공장으로 부터 필요한 양의 밥을 공급받는 시스템으로 변화되고 있으며, 도시락 산업의 발전으로 다양한 가공 쌀 밥류가 산업화되고 있다. 현재 대형 밥공장이 농업협동조합을 중심으로 건립되기 시작하였으므로 우리나라 쌀품종 및 국민기호에 적합한 대량 취반조건을 확립하는 것은 매우 중요하다⁽¹⁾.

쌀밥의 식미는 쌀의 성분조성과 쌀의 가공특성 그리고 취반조건 등에 의해서 좌우된다⁽¹⁻³⁾. 이들 중 우리가 최적조건으로 표준화를 할 수 있고 밥의 조직감에 가장 큰 영향을 끼치는 요소는 취반방법이며 특히 침지조건, 기수량 및 가열조건이다. 수화에 관한 연구

는 Baskishi⁽⁴⁾의 확산에 관한 연구, 김⁽⁵⁾의 수화특성에 의한 쌀의 분류를 비롯하여 여러 연구자에 의해 보고된 바 있다⁽⁶⁻⁸⁾.

본 연구에서는 호화가 일어나지 않는 여러 온도조건에서 수화속도를 수화시간과 온도의 함수로 나타내는 수화모델을 제안하였다. 또한, 대량 취반공정에서 표준화를 위해서는 침지조건, 취반방법에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 한다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 가스식 대량 연속취반기를 이용하여 취반시 취반용량에 따른 최적 기수량과 백미 품종에 따른 최적 취반조건에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 쌀은 1994년에 수확된 일반계 5품종(추청, 동진, 밀양23호, 오대, 이천)을 시중에서 구입하였으며, 구입즉시 nylon/polyethylene 복합비닐 봉지에 밀봉하여 4°C 저온창고에 보관하여 실험기간동안 사용하였다.

Corresponding author : Yu-Ryang Pyun, Department of Biotechnology, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

수화속도의 측정

철망에 1g의 쌀을 넣고 10~40°C 범위의 일정한 온도를 유지한 water bath에서 1~80분간 침지시킨 후 여과지위에 굴리어 표면수를 제거한 다음 무게를 측정하여 무게변화량으로 수분함량을 계산하였다. 수분함량은 moisture analyzer(Sartorius MA30, Germany)에 의해 측정하였다.

수화모델

시간에 따른 수분흡수량(dry basis, %)을 나타내는 모델은 Peleg 모델⁽⁹⁾을 변형시켜 식(1)과 같이 표현하였다.

$$W = W_0 + \frac{t^2}{k_1 + k_2 t_2} \quad (1)$$

여기서, W 는 시간 t에서의 수분함량(dry basis, %), W₀는 초기 수분함량이며, k₁, k₂는 수화속도상수이다. 여기서 k₁, k₂는 온도(T)와 초기수분함량(W₀)의 함수로 다음과 같이 표현하였다.

$$\ln k_1 = a_0 + a_1\left(\frac{1}{T}\right) + a_2\left(\frac{1}{T}\right)^2 + a_3\left(\frac{1}{W_0}\right)^2 \quad (2)$$

$$\ln k_2 = b_0 + b_1\left(\frac{1}{T}\right) + b_2\left(\frac{1}{T}\right)^2 + b_3\left(\frac{1}{W_0}\right)^2 \quad (3)$$

이때 각 온도와 시간에서 측정된 수분함량(W_{obs}) 값과 계산한 수분함량(W_{cal})의 차, 즉 sum of square of residues (SSR)=Σ(W_{cal} - W_{obs})²를 최소화 시키는 각 상수값은 Newtonian 방법을 Excel program을 이용해 결정하여 최적화하였다⁽⁹⁾.

수화중 경도변화 측정

쌀을 20°C의 수온에서 물에 침지시킨 후 Texture analyzer(TX-XT2, England)를 사용하여 경도를 측정하였으며 이때의 시료별 측정횟수는 20회였다. Texture analyzer의 조작조건은 load cell 20 kg, cross head 속도 0.2 mm/sec, clearance 0.2 mm, 변형률 50%, plunger의 직경은 25 mm이었다.

취반방법

대량취반공정에서 사용된 장치는 연속 취반장치 (Rice Friend, ARS-40, Japan)로 현재 서울농협 급식센터에서 사용하고 있는 것으로 전처리, 가열, 후처리 등 일련의 공정을 연속적으로 수행할 수 있도록 각 기계를 연결한 시스템이다. 열원으로는 도시가스를 사용하여 장

방형의 버너위에 취반솥이 이동하며, 버너의 중앙온도는 760°C, 버너의 가장자리의 온도는 880°C로 도시가스의 정압장치를 이용하여 일정온도를 유지하였다.

저온창고에서 꺼낸 시료를 하루동안 방치한 후 해포하여 생쌀 6 kg을 기준으로 실험하였다. 모든 시료의 세미는 세미기에서 3회 실시하였으며, 세미직후 실온에서 1시간동안 침지하였다. 침지직후 일정한 온도로 유지되는 가스식 연속취반기에 도입하여 하부를 통과하는 동안 한술당 11분 30초 동안 직화로 가열한 후 상부를 통과하는 동안 배기열로 증가된 다음 25분 후에 취반기에서 배출되었다. 외부 톨러 콘베이어를 통과하는 동안 냉각을 방지하면서 30분간 뜸들었다.

관능검사

관능평가는 6명을 선정하여 훈련된 관능검사요원 6명이 2반복 동일순서로 실시하였다. 식미평가 항목 중 밥상태의 질고 된 정도(dry-watery state of cooked rice)는 15 cm 선 척도방법에 준하여 실시하였으며, 기호도는 13점법 관능검사 용지를 사용하였다⁽¹⁾. 평가결과는 SAS를 이용하여 분산분석 및 1차회귀분석을 하였다.

결과 및 고찰

수분흡수양상

온도와 품종에 따른 수화경향을 관찰하기 위하여 10~40°C 사이의 온도에서 추정, 밀양23호 및 동진에 대하여 침지실험을 하였으며, 대표적인 두 품종 중 밀양과 추청의 수화곡선을 Fig. 1에 나타내었다. 저온과 중온에서는 수화시간 10분까지는 높은 수분흡수를 보였으며, 온도가 증가함에 따라 10분까지의 수화속도는 10°C의 경우 0.08 g H₂O/min이었으나 40°C의 경우 0.2 g H₂O/min으로 약 2.5배 증가되었다. 이는 김⁽⁶⁻⁶⁾등의 보고와 비슷한 경향이였다. 20°C에서 품종간 수화속도를 비교하면 초기 수분흡수속도는 밀양23호는 0.116 g H₂O/min으로 추청의 0.09 g H₂O/min 보다 약간 높았으나 시간이 경과함에 따라 품종간의 흡수속도의 차이는 적어졌으며, 침지시간 30분 경과 후에는 수분흡수가 거의 완료되었다. Bhattacharya⁽¹⁰⁾는 Indica 품종이 Japonica 품종에 비해 동일시간에 대하여 많은 수분을 흡수한다고 보고하였으며 수화 parameter로 쌀의 숙성도, 수화시의 쪄개지는 정도 등을 사용하였다. 본 실험에서 Indica 품종인 밀양 23호가 다른 Japonica 종인 추청, 동진에 비해 수분흡수속도가 커 위의 연구와 잘 일치하는 경향을 나타내었다.

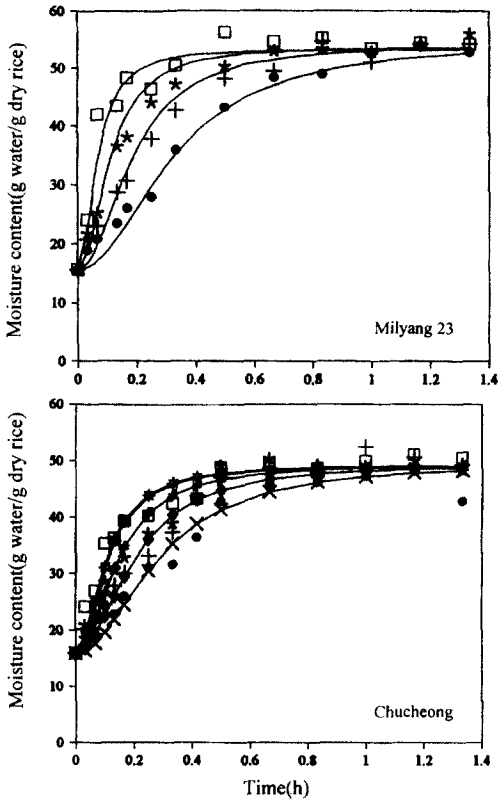


Fig. 1. Water absorption curves of milled rice soaked at different temperatures.

Predicted value plotted line by equation (1). Experimental data : ● : 10°C, + : 20°C, △ : 30°C, □ : 40°C

저온(10°C)에서는 수화속도가 현저히 느려 침지시간 30분에서의 수화량은 20°C와 비교하여 5~6% 적었으나, 60분 침지 후에는 일정수분 함량에 도달하여 온도에 관계없이 일정한 수분함량을 나타내었다. 따라서 평형상태에 도달하였을 때 수분함량은 침지수의 온도에 영향을 받지 않고 품종에 의하여 결정된다는 것을 알 수 있었다. 60분 침지후 쌀의 무게증가율은 원료쌀의 수분함량이 13~14%범위일 때 1.20~1.27배였다.

침지시간과 침지온도는 취반된 쌀의 식미나 색, 냄새에 영향을 준다고 알려져 있으므로 침지온도에 따른 최적 침지시간을 결정하는 것은 중요하다. 결론적으로 침지수온이 20°C 이하일 때는 침지시간 60분, 그 이상의 온도에서는 30분이면 침지가 거의 완료되었다. Hirata⁽¹¹⁾는 대량취반시 불림시간을 상온에서 30분, 저온에서는 60분으로 보고하여 본 실험결과와도 잘 일치함을 보였다.

Table 1. Rate constants of the hydration equation of milled rices at different soaking temperatures

Variety	Soaking Temperature (°C)	Rate Parameters	
		$k_1(\times 10^{-3})$	$k_2(\times 10^{-2})$
Milyang23	10	2.8	2.54
	20	0.9	2.58
	30	0.3	2.61
	40	0.1	2.65
Chucheong	10	2.4	2.95
	20	1.2	2.97
	30	0.7	2.98
	40	0.4	2.99
Dongjin	10	1.7	2.84
	20	0.8	2.69
	30	0.4	2.56
	40	0.2	2.44

수화속도모델

곡류의 전처리 과정 중에 일어나는 수분의 이동에 관한 연구로는 Bandyopadhyad 등⁽⁸⁾에 의한 침지조건에 따른 실험식과 이론식의 비교 및 Suzuki 등⁽⁷⁾의 수화속도식 등이 제안되었다. 본 실험에서는 침지속도를 나타낼 수 있는 모델을 여러 가지 검토하여 수분함량을 침지시간과 온도의 함수로 나타낸 식 (1)을 사용하여 침지시간과 침지온도 변화에 의한 수화정도를 예측한 결과 품종별 상관관계 계수가 0.98이상으로 잘 일치하였다.

10~40°C의 침지온도에서 모델식에 의한 수화량을 예측하여 Fig. 1에 실선으로 나타내었다. 품종별 수화속도 상수 k_1 , k_2 의 온도의 영향을 살펴보면 (Table 1) 침지온도에 따른 k_1 의 값은 온도에 따라 크게 변하여 10°C에서의 k_1 값이 40°C에 비해 6~22배 큰 값을 나타

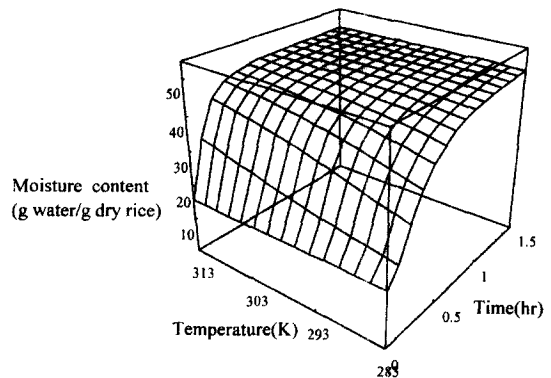


Fig. 2. Prediction of moisture content of milled rice (Chucheong) as functions of soaking temperature and time.

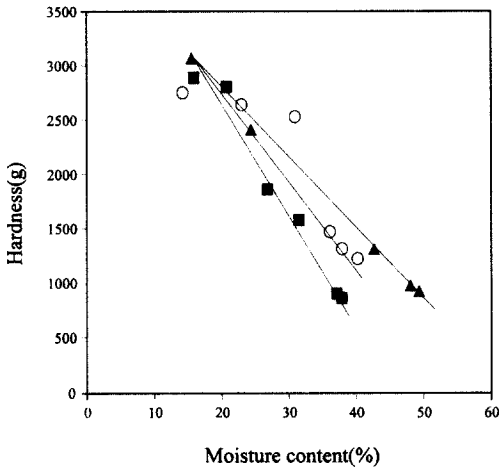


Fig. 3. Relationship between moisture content and hardness of soaked rice.

내었다. 또한 속도상수 k_f 의 계수 중에서 a_1, a_2, a_3 값은 품종에 관계없이 일정한 값을 보였으나, a_1 값은 품종간에 큰 차이를 보여 $(1/T)$ 항에 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다⁽¹²⁾. 본 연구에서 제시한 모델식을 이용하여 대표적으로 추청에 대하여 수분함량을 침지시간과 침지수온의 함수로 3차원 그림을 그려 Fig. 2에 나타내었다. 이상의 모델식을 취반 매뉴얼에서 프로그램화하고 품종별 수화속도를 입력하여 두면 초기 수분함량, 침지수온으로부터 최적 침지시간을 손쉽게

구할 수 있을 것으로 판단된다.

침지에 따른 쌀의 경도변화는 Fig. 3과 같다. 침지시간이 경과됨에 따라 경도감소는 밀양 23호가 추청과 동진에 비해 8~29% 큰 영향을 보였다. 따라서 동일 침지시간에서 밀양 23호가 추청이나 동진에 비해 낮은 경도를 나타내어 쌀입자가 균열이 생기고 쉽게 부스러지는 현상을 보였으며, 이로 인해 수화속도 및 수화량이 더욱 증가되는 것으로 생각된다.

가수율에 따른 취반특성

쌀 6 kg을 1시간 동안 침지한 후 가수량을 달리하여 취반하였을 때 쌀밥의 취반특성을 Table 2에 나타내었다. 전반적으로 가수량이 증가함에 따라 취반수율과 밥의 수분함량은 증가되며 증발률은 감소하는 경향을 보였다. 취반종료 후 품종에 따른 밥의 수분함량과 관능평가시의 밥의 질고 된 정도와 관능적인 기호도와와의 관계를 비교하였을 때 bell 형태를 나타내었으며, 되고진 정도가 7일 때 최고 기호도를 나타내었다⁽¹²⁾. 따라서 질고 된 정도의 척도가 7일 때를 기준으로 하여 최적 가수량과 이때 밥의 수분함량을 각 품종에 대하여 구하여 Table 3에 나타내었다. 품종에 따라 약간 차이는 있었으나 최적 가수량은 수분함량 13~14%인 생쌀 무게에 대하여 1.41~1.46배였으며, 이 조건에서 취반한 밥의 수분함량은 60~61%였다. 민⁽¹⁾과 김⁽¹³⁾은 전기 밥솥에서 밥의 최적수분함량을 구한 결과 각각 61.0~63.2%, 61~62%로 보고하여 본 연구 결과 보다 약간

Table 2. Cooking characteristics of different varieties of milled rice

Ratio of water to rice	Weight after 1h soaking(kg)	Weight of cooked rice(kg)	Moisture content of cooked rice(%)	Water uptake (kg water absorbed/kg rice)	Evaporation ratio(%)
Odae(94)					
1.3	7.7	12.4	57.00	1.07	17.0
1.4	7.7	13.0	58.78	1.17	17.0
1.5	7.8	13.5	60.63	1.25	16.0
1.6	7.7	14.2	64.35	1.37	15.0
1.7	7.8	14.8	65.78	1.47	14.0
Dongjin(94)					
1.3	7.5	12.2	58.11	1.03	20.51
1.4	7.5	13.3	60.00	1.22	16.0
1.5	7.5	13.1	60.80	1.18	19.0
1.6	7.6	14.4	62.61	1.40	13.0
1.7	7.7	14.9	65.95	1.48	13.0
Chucheong(95)					
1.3	7.6	11.4	55.53	1.90	30.71
1.4	7.6	12.3	58.97	1.05	25.0
1.5	7.7	13.5	61.80	1.25	17.0
1.6	7.6	14.2	65.09	1.37	15.0
1.7	7.6	14.6	64.17	1.43	16.0

Weight of milled rice : 6 kg, Soaking temperature : 15°C, Soaking time : 1 h

Table 3. Optimum ratio of water to rice for cooking milled rice

rice varieties	Optimum ratio of water to rice	Moisture content of cooked rice(%)
Chucheong	1.41	60.00
Ichon	1.42	60.96
Odae	1.46	60.29
Dongjin	1.41	60.03

높았다. 이와같은 결과로 미루어 보아 주물로 제작된 대량취반 솥의 경우 뚜껑이 무거워 약간 가압된 상태에서 취반되며, 증발수분량이 적기 때문에 밥의 최적 수분함량이 전기 밥솥에 비하여 약간 낮은 것으로 판단된다.

취반용량과 최적가수량과의 관계

표준 취반용량이 7kg인 솥을 사용하여 95년산 추청벼를 4~6.5 kg으로 0.5 kg씩 취반용량을 증가시키고 가수율을 1.3~1.7배 범위 내에서 변화시키면서 동일한 가열조건으로 취반하여 취반용량에 따른 가수비의 영향을 검토하였다(Table 4). 관능적으로 측정된 질고 된 정도의 값이 7점을 기준으로 하여 구한 최적가수량을 Table 5에 나타내었다. 취반용량의 증가에 따라 최적

가수량은 거의 직선적으로 감소하는 경향을 보였다(Fig 4). 민 등⁽¹⁾은 동일 쌀을 시료로 전기밥솥을 이용한 소량 취반실험시 취반용량이 증가함에 따라 최적 가수율은 감소된다고 보고하여 본 연구의 실험결과와 같은 경향을 나타내었다. 한편 최적 가수비에서 증발량을 뺀 실질 가수비는 취반용량에 관계없이 1.13배로 일정한 값을 나타내었다. 따라서 취반용량이 감소할 때 오히려 가수비가 증가하는 현상은 증발율이 크기 때문인 것으로 생각된다. 동일 가수율과 가열조건에서 취반용량이 달라지면 밥의 식미특성이 변하는 것으로 민 등⁽¹⁾이 보고하였는데 전술한 연구결과로 미루어 볼 때 가수율에서 취반을 할 때 취반용량에 따라 증발율이 달라지므로 밥의 식미가 변하는 것으로 생각된다.

따라서 식미가 우수한 밥을 짓기 위해서는 취반용량에 따라 그에 대응하는 가수율을 달리해야 하며, 취반용량에 대응하는 최적 가수율을 결정하는 것도 중요한 인자이다.

요 약

대량취반공정의 표준화를 위하여 최적침지 및 취반 조건에 대하여 연구하였다. 침지공정에서 쌀의 수화속

Table 4. Effects of amount of milled rice (Chucheong) in a cooking vessel on cooking characteristics

Amount of rice (kg)	Ration of water to rice	Weight after 1h soaking (kg)	weight of cooked rice (kg)	Moisture content of cooked rice (%)	Water uptake (kg water absorbed /kg rice)
4.5	1.3	6.0	8.7	57.20	0.93
	1.4	6.0	9.1	58.89	1.02
	1.5	6.0	9.4	59.85	1.09
	1.6	6.0	9.9	60.01	1.20
	1.7	6.0	10.4	63.08	1.31
5	1.3	6.6	9.9	58.45	0.98
	1.4	6.5	10.3	60.77	1.06
	1.5	6.6	10.8	61.73	1.16
	1.6	6.5	11.3	63.26	1.26
	1.7	6.5	11.6	63.77	1.32
5.5	1.3	7.2	10.9	57.58	0.98
	1.4	7.2	11.4	59.51	1.07
	1.5	7.2	11.9	61.61	1.16
	1.6	7.2	12.6	63.60	1.29
	1.7	7.2	13.0	64.26	1.36
6	1.3	7.5	12.1	55.53	1.02
	1.4	7.9	12.8	58.97	1.13
	1.5	7.8	13.4	61.80	1.23
	1.6	7.9	14.1	65.09	1.35
	1.7	7.9	14.6	64.17	1.43
6.5	1.3	8.6	13.1	57.99	1.01
	1.4	8.5	13.9	60.97	1.14
	1.5	8.5	14.7	62.67	1.26
	1.6	8.5	15.4	64.10	1.37
	1.7	8.5	15.8	66.00	1.43

Table 5. Optimum rates of water to water to milled (Chucheong) for cooking with the vaious amount of rice in a cooking vessel.

Amount of rice	Optimum ratio to rice for cooking	Moisture content(%) of cooked rice	Evaporation ratio ¹⁾ (%)	Water up take (kg water absorbed per kg rice)
4.5	1.54	61.94	25.59	1.15
5	1.48	60.56	23.19	1.14
5.5	1.44	60.21	22.56	1.12
6	1.39	61.19	23.87	1.12
6.5	1.37	60.35	19.74	1.11

¹⁾Evaporation ratio = $\frac{\text{weight of raw rice grain} + \text{amount of added water} - \text{weight of cooked rice}}{\text{amount of added water}} \times 100$

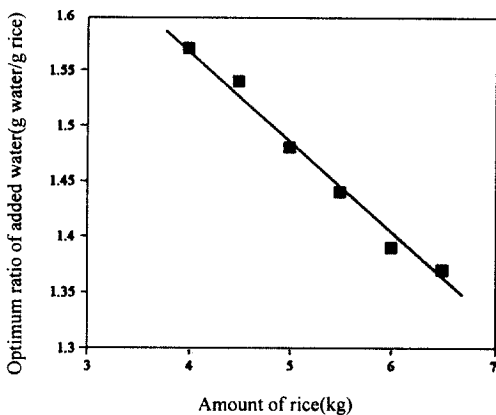


Fig. 4. Relationship between amount of rice in a cooking vessel and optimum ratio of water to milled rice (Chucheong).

도를 수화시간, 수온 및 초기수분함량의 함수로 예측할 수 있는 수화모델을 제안하였으며, 수화모델 예측값과 실험값은 잘 일치하였다. 최적수화시간은 침지수온 20°C 이하에서는 60분 그 이상의 온도에서는 30분이었으며, 침지 종료 후 침지미의 수분함량은 품종에 따라 25~35% 범위였으며, 침지 후 쌀의 무게 증가는 1.20~1.27배였다. 연속취반공정에서 취반술 1개당 취반용량을 생쌀 6kg을 기준했을 때 4종의 일반미에 대한 최적가수율은 1.41~1.46였으며 이 조건에서 취반했을 때 밥의 최적수분함량은 60~62%였다.

대량취반시 술 1개당 취반용량을 생쌀기준 4.5~6.5kg 범위에서 0.5kg씩 증가시켰을 때 최적가수율은 1.54~1.37로 감소하였으며 취반과정 중 수분의 증발율도 25.6~19.7%로 감소하였다. 그러나 초기 가수율에서 취반과정 중 증발량을 뺀 실질 가수비는 취반용량에 관계없이 약 1.13배로 일정하였으며, 밥의 수분함량도 61% 내외로 일정하였다.

감사의 글

본 논문은 농협중앙회 연구비 지원에 의해 수행되었기에 이에 감사드립니다.

문헌

1. Min, B.K. Effects of cooking conditions on the textural characteristic of cooked rice. Ph.D. Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea (1993)
2. Kim, M.H. Effect of cooking conditions on texture of cooked rice(in korean). Kor. J. Food Sci. Technol. 24(5), 511-514 (1992)
3. Kim, S.K., Han, K.Y., Park, H.H., Chae, J.C. and Lee, J.H. Hydration rate of milled rice(in korean). J. Kor. Agr. Chem. Soc. 28(2), 62-67 (1985)
4. Bakshi, A. and Singh, R.P. Kinetics of water diffusion and starch gelatinization during rice parboiling. J. Food Sci. 45 28-33 (1980)
5. Kim, S.K., Jeong, S.J., Kim, K., Chae, J.C. and Lee, J.H. Tentative classification of milled rice by sorption Kinetics (in korean). J. Kor. Agr. Chem. Soc. 27(3), 204-210 (1984)
6. Kim, K.J., Pyun, Y.R., Cho, E.K., Lee, S.K. and Kim, S.K. Kinetic studies on hydration of Akibare and Milyang 23 brown rice(in korean). Kor. J. Food Sci. Technol. 16(3), 297-301 (1984)
7. Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M. and Hosaka, H. Kinetic studies on cooking of rice. J. Food Sci. 41, 1180-1183 (1976)
8. Bandyopadhyay, S. and Roy, N.C. A semi-empirical correlation for prediction of hydration characteristics of paddy during parboiling. J. Food Technol. 13, 91-98 (1978)
9. Lee, S.J. and Peleg, M. Direct measurement of the attractive force between individual cooked grains of sticky and flaky cultivars. J. Food Sci. 53(4), 1113-1117 (1988)
10. Bhattacharaya, K.R. and Sowbhagya, C.M. Water uptake by rice during cooking, Cereal Sci. Today 16, 420-424(1971)

11. Hirata, T. Large-scale cooking system. J. Jap. Coc. Food Eng. 9, 8-12 (1989)
 12. Lee, E.Y. Studies on optimum cooking conditions for commercial continuous rice cooker. M.S. Thesis. Yonsei University, Seoul, Korea (1996)
 13. Kim, J.H. Effect of water to rice ratio on texture of cooked rice. M.S. Thesis. Korea University, Seoul, Korea (1995)
-

(1999년 6월 30일 접수)