

pH 조절에 의한 쌀세척 폐수의 처리

노홍균[†] · 김지숙 · 이문이 · 조영인

효성여자대학교 식품가공학과

Treatment of Rice-Washing Wastewater by pH Adjustment

Hong-Kyoon No[†], Ji-Sook Kim, Mun-Yi Lee and Young-In Cho

Dept. of Food Science and Technology, Hysung Women's University, Kyungsan 713-702, Korea

Abstract

Treatment of rice-washing wastewater was considered under various pH levels and chitosan concentrations. Compared with the control test, addition of chitosan at the various concentrations did not noticeably enhanced turbidity reduction at pH 4 and 5, but greatly enhanced at above pH 6. However, reduction of turbidity in the wastewater, irrespective of chitosan concentrations, was the greatest at pH 4 and became lower by increasing pH. Suspended solids in the wastewater were the most effectively recovered by pH adjustment of the wastewater to 4 followed by centrifugation, with over 99% reduction in turbidity. Different concentrations of suspended solids in the wastewater and various kinds of acids used for pH adjustment did not affect turbidity reduction. Increasing storage periods of the wastewater resulted in lower reductions in turbidity.

Key words : rice-washing wastewater, suspended solids, chitosan, turbidity

서 론

쌀은 한국인의 주식이며 또한 가장 중요한 영양섭취원이다. 우리나라의 1인당 연간 쌀소비량은 1991년도에 116kg으로 대부분이 식용으로 소비되었다¹⁾. 쌀은 밥을 하거나 쌀가공제품을 제조하기 전에 먼지나 협잡물 등을 제거하기 위해서 물로 여러번 세척된다. 따라서, 각 가정 및 대단위 단체급식소에서 쌀을 씻을 때 나오는 세척수와, 쌀을 원료로 이용하는 식품공장에서 배출되는 쌀세척 폐수는 전국적으로 하루에도 그 양이 엄청나리라 여겨진다. 이 폐수는 단백질 및 전분질성 부유 고형물을 다량 함유하므로²⁾ 이를 사전 처리없이 그대로 하천이나 강으로 방류시 심각한 수질오염을 야기시킬 수 있다. 그러므로, 이와 같은 쌀세척 폐수에 존재하는 부유성 고형물을 효과적으로 응집침전하여 회수할 수 있는 방법이 절실히 요구된다.

일찌기 일본에서는 청주제조공장에서 배출되는 쌀세척 폐수중의 현탁물질의 제거에 대해 다수의 논문이 발표된 바 있다. 즉, Naito³⁾, Nakamura 등⁴⁾, Tokaku와

Sono⁵⁾, Yoshizawa 등⁶⁻⁸⁾은 응집제인 polyaluminium chloride와 polyacrylamide를 단독 혹은 병용하여 사용해서 쌀세척 폐수내의 부유성 고형물을 응집회수 하였으며, Nunokawa와 Kuma⁹⁾ 그리고 Saito 등¹⁰⁾은 미생물을 이용한 쌀세척 폐수의 처리를 연구하였다. Shinoda 등²⁾은 2, 200ppm의 부유성 고형물을 함유한 쌀세척 폐수를 pH 3.5로 조절한 후 5ppm chitosan과 10ppm carrageenan Na salt로 처리하므로써 상징액의 부유성 고형물의 농도가 35ppm으로 감소되었다고 보고한 바 있다.

키토산(chitosan)은 게, 새우 등 갑각류 외각으로부터 얻어지는 키틴(chitin)을 고온, 알칼리 처리로 탈아세틸화 하므로써 얻어지는 무독, 무공해성 천연 다당류이다¹¹⁾. 식품가공 공장의 폐수로 부터 부유성 고형물을 응집, 회수하는데 다전해질 응집제로서 키토산의 효과는 이미 여러차례 증명된 바 있으며, 키토산 처리에 의해 화학적 산소 요구량이 55~80%, 부유성 고형물이 70~98% 감소되었다고 보고된 바 있다¹²⁻¹⁷⁾.

본 연구에서는 여러 pH 조건 및 키토산 농도하에서 쌀세척 폐수로 부터 부유성 고형물을 효과적으로 응집 침전하여 회수할 수 있는 방법을 모색코자 하였다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

응집제

본 실험에 응집제로 사용한 키토산 (from crab shells, practical grade)은 (주)금호화성으로 부터 구입하였다. 키토산 용액은 1% 초산에 10g/L의 농도로 용해시켜 사용하였다.

쌀세척 폐수의 준비

쌀세척 폐수는 본 연구실의 연구원 5명의 각 가정에서 아침에 쌀세척시 얻어지는 세척수를 실험실에서 수합한 후 혼합하여 사용하였다. 폐수내 부유물질의 농도에 따른 탁도 감소 효과를 비교하기 위해서는 분리하여 사용하였다. 모든 폐수는 사용하기 전 60mesh 체로 걸러 불순물을 제거한 후 실험에 사용하였다.

Laboratory jar test

폐수처리에 적용할 최적 pH 및 키토산 농도를 확립하기 위해 Culp와 Culp¹⁸⁾가 제시한 jar test를 이용하였다. 적절한 pH (pH 4, 5, 6, 7)로 조절된 혹은 조절되지 않은 원액 폐수 100ml에 적당량의 키토산을 첨가하여 100rpm에서 2분, 30rpm에서 3분 교반시키고 1시간과 3시간 동안 실온에서 각각 정지시킨 후 피펫으로 일정량의 상징액을 취하여 탁도를 측정하였다. 탁도는 Hatch 2100A 탁도계를 사용하였고 단위는 NTU (nephelometric turbidity units)로 나타내었다. 폐수의 pH 조절은 6N과 0.1N의 HCl 또는 NaOH를 사용하여 조정하였다.

폐수의 저장효과

쌀세척 폐수의 저장에 따른 처리 효과를 검토하기 위하여 폐수를 1.5L 용기에 담아 밀봉한 후 4°C와 실온에서 각각 1일, 2일 저장하였다.

폐수 분석

쌀세척 폐수의 특성인 총고형물, 용존성 고형물, 부유성 고형물 및 탁도는 APHA¹⁹⁾의 표준방법에 따라 2반복 측정하였다. pH는 pH meter (Mettler Delta 320)로 측정하였다.

결과 및 고찰

쌀세척 폐수의 특성

쌀세척 폐수의 특성은 Table 1과 같이, 총 고형물 (total solids)의 농도는 평균 4,850mg/L이었으며 그 중 용

존성 고형물 (dissolved solids)과 부유성 고형물 (suspended solids, SS)은 각각 29%와 71%을 나타냈다. 쌀세척 과정에서 총 고형물의 손실은 백미의 품종 및 도정도에 따라 2.11~2.64% 범위이며^{20,21)} 세척수에 있는 총 고형물의 약 55%는 탄수화물로 구성되어 있다고 보고된 바 있다²⁰⁾.

쌀세척 폐수의 SS 농도는 세척 방법과 세척수의 양에 따라 달라질 수 있으나, 본 폐수의 SS 농도는 평균 3,425mg/L로 이는 일반적으로 식품가공 및 제조공장에서 배출되는 SS 농도²²⁾ 보다는 훨씬 높은 편이었다. Noshiro 등²³⁾은 쌀세척 폐수의 SS 농도는 세척수의 양에 따라 크게 변하나 백미 1kg에서 분리되는 SS는 11~12g으로 세척방법에 관계없이 거의 유사한 것으로 보고하였다. Nakamura 등⁴⁾은 교반기를 이용한 쌀세척시 교반 시간 및 교반속도와 SS와의 관계를 검토한 결과, SS 농도는 교반시간에 따라 직선적으로 상승하였으나 교반 속도에 따라서는 일정한 상관관계를 발견하지 못했다.

폐수의 탁도는 1,000NTU 이상으로, SS 농도가 상당히 높음을 암시해 주고 있다. Karim과 Sistrunk²⁴⁾은 탁도와 SS 농도 사이에는 밀접한 상관관계가 있으므로 탁도를 측정하므로써 폐수내의 SS 농도의 변화를 알 수 있다고 보고한 바 있다. 폐수내의 SS는 여과에 의해서는 제거가 실질적으로 곤란하므로 응집침전에 의한 방법이 널리 사용되고 있다²⁵⁾.

본 실험에 사용한 폐수의 pH는 평균 6.85로, 이는 Noshiro 등²³⁾이 보고한 청주 제조시 쌀세척 공정에서 배출되는 폐수의 pH 값 (7.2~7.8) 보다는 훨씬 낮았으나 Nakamura 등⁴⁾과 Tokaku와 Sono⁵⁾가 보고한 pH값 (6.6~6.8)과는 유사하였다.

pH, 키토산 및 정지시간의 효과

쌀세척 폐수의 탁도감소를 위해 여러 pH 조건하에서 키토산 농도를 달리하여 처리한 결과는 Table 2와 같다. 정지 3시간 후 가장 효과적인 탁도 감소 (6NTU)는 pH 4에서 키토산을 무첨가했을 때 이루어졌으며 키

Table 1. Characteristics of rice-washing wastewater

Parameter	Mean±S.E. ¹⁾
Total solids (mg/L)	4850±450
Dissolved solids (mg/L)	1425±125
Suspended solids (mg/L)	3425±575
Turbidity (NTU)	> 1000
pH	6.85±0.10

¹⁾ Mean±standard error for two rice-washing wastewaters obtained from two different days. Each wastewater was collected and combined from 5 houses

토산의 첨가는 더 이상 탁도감소를 나타내지 않았다.

쌀세척 폐수의 탁도감소 경향을 pH의 효과면에서 살펴보면, 폐수의 탁도감소는 키토산 농도와는 관계없이 pH 4일때 가장 효과적이었으며 pH가 증가함에 따라 저하하였다. 이는 Nakamura 등²⁴이 쌀세척 폐수의 pH 조절에 따른 SS 침강성 실험에서 pH 3~4에서 SS 제거율이 가장 좋았고 pH 4~5 사이에서는 제거율이 저하했다고 한 보고와 유사하였다. 또한, *Aspergillus sojae*가 생산하는 고분자복합체 (F-1)를 쌀세척 폐수의 응집제로 사용한 Nunokawa와 Kuma²⁵의 실험에서도 최종 pH가 3.5~4.0에서 응집성이 가장 효과적이라고 발표하였으며, 이는 본 실험의 최적 pH와 유사하다. 이와 같은 결과들은 No와 Meyers¹⁶가 crawfish 가공폐수에서 보고한 바와 같이, pH 조절이 탁도 감소에 중요한 역할을 함을 증명해 주고 있다.

본 실험에서 초기의 폐수 탁도가 1,000NTU라 가정하더라도 pH 4로 조절한 후 3시간 정지에 의해 99% 이상의 탁도감소 효과를 초래할 수 있었다. 한편, 齊藤 등²⁶은 쌀세척시 유출된 유기물을 pH 4.0으로 조정하므로써 85% 정도 유기물을 회수할 수 있었다고 보고한 바 있다.

키토산 첨가에 따른 탁도감소 효과는 키토산을 첨가

하지 않은 대조구와 비교시, pH 4, 5에서는 뚜렷하게 나타나지 않았으나 pH 6, 7에서는 키토산 농도가 증가함에 따라 탁도감소 효과도 현저하였다.

정지시간에 따른 탁도감소 효과는 모든 pH 및 키토산 농도하에서 정지시간이 1시간에서 3시간으로 길어짐에 따라 탁도감소 정도가 모두 증가하였다. 이러한 결과는 일찌기 Bough¹²와 Bough 등¹³이 보고한 결과와 일치하였다.

키토산의 응집력

Table 2에서 키토산에 의한 탁도감소 효과가 pH 4와 5에서는 뚜렷하게 나타나지 않았으나 pH 6과 7에서는 키토산 농도가 증가함에 따라 탁도 감소도 증가하였다. 따라서, 후자가 실제로 키토산에 의한 응집력 때문인지 혹은 키토산을 용해하기 위해 사용한 1% 초산용액에 의한 pH 저하의 영향 때문인지를 구명하기 위하여 pH 6.8인 원액 폐수로 실험한 결과는 Table 3과 같다. 폐수 100ml에 1% 키토산용액 0.2ml의 첨가는 Table 2에서 2mg 키토산/L 농도에 해당한다.

쌀세척 폐수의 탁도는 1% 초산용액의 첨가량을 증가시키에 따라 점차 감소하였으며, 이는 첨가량이 증가함에 따른 pH 저하의 영향 때문인 것으로 여겨진다

Table 2. Effect of pH, chitosan concentration, and settling time on reduction of turbidity¹ in rice-washing wastewater

pH	Settling time (hr)	Concentration of chitosan (mg/L)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
4.0	1	16±0	16± 4	18± 3	15± 0	21± 5	30± 2	25± 1	32± 2
	3	6±1	7± 1	7± 3	7± 1	8± 2	10± 0	9± 4	13± 2
5.0	1	35±8	21± 7	17± 2	26±15	16± 1	29± 8	32±11	38±23
	3	20±1	10± 2	8± 1	11± 7	11± 3	15± 4	13± 4	17± 8
6.0	1	>1000	161±61	83± 38	60±34	40±22	44±25	42±24	60± 8
	3	>900	82± 2	42± 18	24± 8	20± 8	19± 6	19±13	24± 8
7.0	1	>1000	>590	182±180	82±68	60±42	56±41	50±42	55±52
	3	>875	>562	90± 71	51±38	39±27	30±19	24±20	23±21

¹Mean±standard deviation for two rice-washing wastewaters obtained from two different days. Each wastewater was collected and combined from 5 houses

Table 3. Comparison of 1% chitosan solution with 1% acetic acid solution on reduction of turbidity¹ in rice-washing wastewater at pH 6.8

Settling	Settling time (hr)	Volume added (ml/100ml wastewater)						
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
1% acetic acid(A)	1	>1000	>1000	>920	270±29	127±18	85± 7	69± 2
	3	>870	680±85	300±71	102± 4	60± 0	47± 6	34± 8
1% chitosan in A	1	577±442	118±81	44±15	40±10	37±16	39±13	25±14
	3	285±191	55±21	33±15	22± 4	19± 6	19± 8	13± 7

¹Mean±standard deviation for two rice-washing wastewaters obtained from two different days. Each wastewater was collected and combined from 5 houses

(Fig. 1). 1% 초산용액을 1.4ml 첨가했을 때 폐수의 pH는 6.80에서 4.26으로 낮아졌으며 탁도는 3시간 정치 후 초기탁도 >1,000NTU에서 34NTU를 나타냈다 (Table 3). 한편, 키토산용액을 첨가했을 때 탁도 감소는 동일량에서 모두 1% 초산용액 보다 훨씬 효과적이었으며, 이는 초산용액에 의한 pH 저하 효과와 더불어 키토산의 응집력에 의한 것임을 암시하고 있다.

이상의 Table 2와 3의 결과에 의하면, 쌀세척 폐수의 최초 pH를 조정하지 않고 처리할 경우에는 응집제인 키토산에 의해 탁도가 효과적으로 감소될 수 있었으나 보다 효과적인 탁도 감소는 폐수의 pH를 4로 조절함으로써 간단히 이루어질 수 있음을 나타내고 있다. 이는 Shinoda 등²⁾이 쌀세척 폐수를 처리하기 위하여 HCl로 pH를 3.5로 조절한 후 chitosan과 carrageenan Na salt로 처리한 방법보다 훨씬 간단하고 효과적인 방법으로 생각된다.

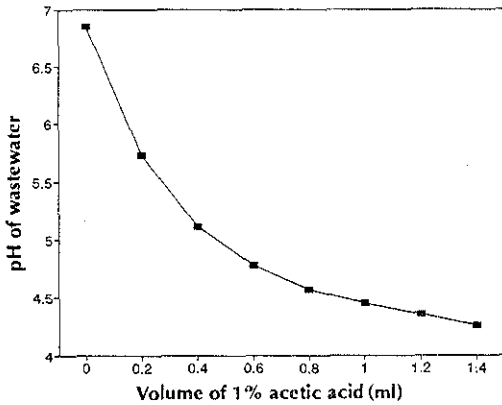


Fig. 1. Changes in pH of rice-washing wastewater in response to the volume of 1% acetic acid solution added.

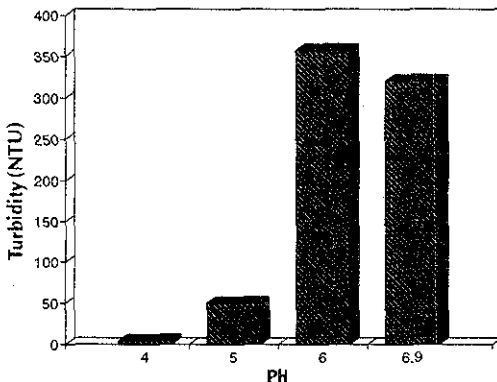


Fig. 2. Effect of centrifugation at 5000rpm for 30min on reduction of turbidity in rice-washing wastewater at various pH levels.

원심분리의 효과

쌀세척 폐수를 일정시간 정치시키지 않고 원심분리에 의해 부유물을 어느 정도 효과적으로 침전, 회수할 수 있는지를 pH 4에서와 pH 5, 6 및 원액 pH(6.9) 조건 하에서 비교 실험한 결과는 Fig. 2와 같다. pH 5, 6 및 6.9에서는 5,000rpm에서 30분간 원심분리 후 상정액의 탁도값은 각각 49NTU, 357NTU, 320NTU로 여전히 콜로이드성 입자가 많이 존재하였다. 반면, pH 4로 조절된 폐수는 원심분리하므로써 부유물은 거의 완전히 침전되어 상정액의 탁도는 4NTU를 나타냈으며, 이는 3시간 정치후 얻어진 탁도값 (Table 2)과 거의 유사하였다. 정치시 얻어지는 침전물은 일반적으로 부피가 크므로 원심분리와 같은 방법으로 2차 처리하여 탈수시킬 필요가 있다⁴⁾. 그러므로, 쌀세척 폐수를 pH 4로 조절한 후 원심분리하므로써 정치시 보다 짧은 시간에 보다 효과적으로 탈수된 침전물을 회수할 수 있는 장점이 있다.

부유물의 농도에 따른 효과

쌀세척 폐수의 부유물 농도는 세척정도 및 세척수의 양에 따라 다를수 있다²³⁾. 따라서, 이러한 조건하에서도 폐수의 pH를 4로 조절한 후 원심분리하므로써 동일한 탁도감소 효과가 이루어질 수 있는지를 검토하기 위하여, 5명의 각 가정에서 수집한 부유물의 농도가 다른 5종의 쌀세척 폐수 (초기 탁도는 각각 1570, 2600, 725, 1530, 780NTU)로 실험한 결과는 Fig. 3과 같다. pH 4로 각각 조절된 폐수를 5,000rpm에서 30분간 원심분리한 후 얻어진 상정액의 탁도값은 모두 6NTU 이하로, 이것

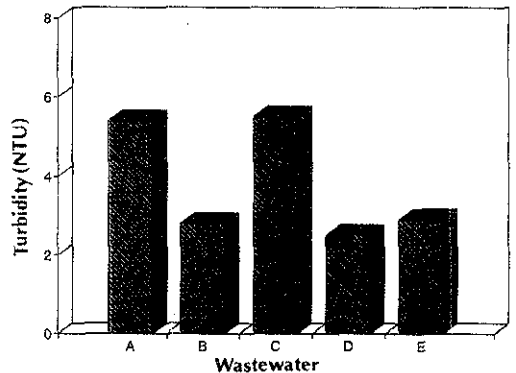


Fig. 3. Comparison of turbidity for 5 rice-washing wastewaters containing different concentrations of suspended solids after pH adjustment to 4 followed by centrifugation at 5000rpm for 30min.

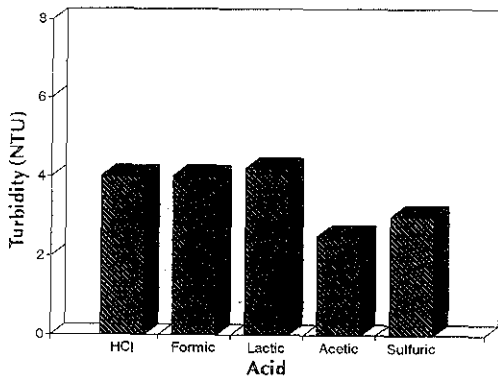


Fig. 4. Comparison of turbidity of rice-washing wastewater after pH adjustment to 4 using various acids followed by centrifugation at 5000rpm for 30min.

은 폐수내 부유물의 농도가 다를지라도 탁도감소 효과(99% 이상)에는 거의 유사함을 증명해 주고 있다. 이러한 사실은 정치에 의한 실험에서와 단일 폐수를 여러 농도로 희석한 후 행한 실험에서도 또한 입증되었다.

pH 조정제의 효과

폐수의 pH를 4로 조절시 여러가지 산용액이 사용될 수 있다. 산용액의 종류를 달리하여 pH 4로 조정후 원심분리하여 상징액의 탁도를 측정한 결과는 Fig. 4과 같다. HCl은 6N과 0.1N을 사용하였으며 개미산, 젖산, 초산, 황산은 각각 1% 용액을 사용하였다.

상징액의 탁도값은 모두 2.5NTU에서 4.2NTU 사이였으며 산의 종류에 관계없이 거의 동일한 탁도감소 효과를 나타내었다. 이는 쌀세척 폐수처리시 pH 조정제로서 사용될 산의 종류는 다양하게 이용될 수 있음을 시사하고 있다.

폐수의 저장 효과

공장에서는 폐수를 사정에 따라 저장한 후 처리해야 할 경우가 있으므로, 폐수를 4°C와 실온에서 1일, 2일 저장한 후 pH 4 조절과 원심분리에 의해 얻어진 상징액의 탁도값은 Fig. 5와 같다. 4°C와 실온에서 1일 저장 후 상징액의 탁도값은 11NTU와 9NTU를, 2일 저장 후는 18NTU와 23NTU를 각각 나타내어 저장 전 4NTU와 비교시 저장기간이 길어짐에 따라 탁도감소 효과가 저하함을 알 수 있다. 따라서 효과적인 탁도감소를 위해서는 폐수를 가능하면 저장하지 않고 바로 처리하는 것이 가장 바람직한 것으로 여겨진다.

이상의 연구결과를 종합해 보면, 쌀세척 폐수내의 부유성 고형물은 폐수의 pH를 4로 조정한 후 원심분

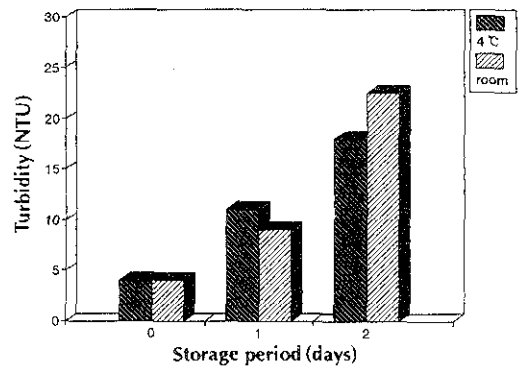


Fig. 5. Effect of storage period and temperature (4°C and room temperature) on reduction of turbidity in rice-washing wastewater by pH adjustment to 4 followed by centrifugation at 5000rpm for 30min.

리하트로서 가장 효과적으로 침전, 회수할 수 있음을 증명하였다. 이 방법은 지금까지 보고된 응집제나 미생물을 이용한 쌀세척 폐수 처리 방법²⁻¹⁰⁾ 보다 간단하면서도 효과적인 것으로 여겨진다. 그러나, 처리수의 pH는 배출허용 수질기준인 pH 5.8~8.6²⁷⁾ 보다 낮으므로 방류하기전 중화조작이 필요할 것이다. 또한 회수된 고형물의 사료 첨가제로서나 기타 이용성에 대해서는 지속적인 연구가 요구된다.

요 약

여러 pH 조건 및 키토산 농도하에서 쌀세척 폐수로부터 부유성 고형물을 효과적으로 응집, 회수할 수 있는 방법을 모색하였다. 키토산 첨가에 따른 탁도감소 효과는 pH가 낮아짐에 따라 작았으며 pH 6 이상에서는 키토산 농도가 증가함에 따라 현저히 컸다. 그러나, 폐수의 탁도감소는 키토산 농도와는 관계없이 pH 4일 때 가장 효과적 이었으며 pH가 증가함에 따라 저하하였다. 쌀세척 폐수내의 부유성 고형물은 폐수의 pH를 4로 조정한 후 원심분리하트로서 가장 효과적으로 침전, 회수할 수 있었다. 이 때 탁도감소는 99% 이상을 나타내었으며, 폐수내 부유물질의 농도차와 pH 조정제로 사용된 산종류는 탁도감소에 영향을 미치지 않았다. 폐수의 탁도감소 효과는 저장기간이 길어짐에 따라 저하하였다.

문헌

1. 김성훈, 주용재, 성보근, 박정근, 이재욱, 고영곤, 김완배, 김명환 : 농촌사회 경제총서 (1), 쌀 어떻게 지킬 것인가. 농민신문사, p.98 (1992)
2. Shinoda, K., Kanamori, K. and Hisashita, M. : Treatment of wastewaters containing starch. *Jpn. Kokai Tokyo Koho*, **73**, 463 (1979)
3. Naito, S. : Water treatment in a sake factory. *J. Soc. Brew. Japan*, **66**, 910 (1971)
4. Nakamura, K., Ishikawa, T., Sano, E., Tanaka, S. and Noshiro, K. : Waste waters in the sake industry. II. Removal of suspended substances from waste water from rice washing. *J. Soc. Brew. Japan*, **66**, 783 (1971)
5. Tokaku, H. and Sono, K. : Treatment of waste water from rice washing. *J. Soc. Brew. Japan*, **67**, 376 (1972)
6. Yoshizawa, K., Ishikawa, T., Sato, H., Nakamura, K. and Noshiro, K. : Waste waters in the sake industry. III. Coagulation of suspended substances in waste water from rice washing by polyaluminium chloride. *J. Soc. Brew. Japan*, **67**, 453 (1972a)
7. Yoshizawa, K., Ishikawa, T., Unemoto, F., Kato, H. and Noshiro, K. : Waste waters in the sake industry. IV. Effective removal of suspended substances from waste water from rice washing. *J. Soc. Brew. Japan*, **67**, 457 (1972b)
8. Yoshizawa, K., Ishikawa, T., Hamada, Y. and Ohashi, M. : Water pollution in the sake industry. VIII. Influence of rice protein on water discharged at rice washing. *J. Soc. Brew. Japan*, **69**, 51 (1974)
9. Nunokawa, Y. and Kuma, K. : Flocculation of waste water discharged during rice washing. *J. Soc. Brew. Japan*, **73**, 61 (1978)
10. Saito, K., Hasuo, T., Terada, S., Ichishima, N., Maetani, T. and Tadenuma, M. : Treatment of rice-washing water by yeasts under acidic condition. Utilization of wild yeasts (Part III). *J. Soc. Brew. Japan*, **78**, 959 (1983)
11. Knorr, D. : Use of chitinous polymers in food—A challenge for food research and development. *Food Technol.*, **38**, 85 (1984)
12. Bough, W. A. : Coagulation with chitosan—an aid to recovery of by-products from egg breaking wastes. *Poultry Sci.*, **54**, 1904 (1975)
13. Bough, W. A., Shewfelt, A. L. and Salter, W. L. : Use of chitosan for the reduction and recovery of solids in poultry processing waste effluents. *Poultry Sci.*, **54**, 992 (1975)
14. Johnson, R. A. and Gallanger, S. M. : Use of coagulants to treat seafood processing wastewaters. *J. Water Pollut. Control Fed.*, **56**, 970 (1984)
15. Moore, K. J., Johnson, M. G. and Sistrunk, W. A. : Effect of polyelectrolyte treatments on waste strength of snap and dry bean wastewater. *J. Food Sci.*, **52**, 491 (1987)
16. No, H. K. and Meyers, S. P. : Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing streams. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 580 (1989)
17. Wu, A. C. M., Bough, W. A., Holmes, M. R. and Perkins, B. E. : Influence of manufacturing variables on the characteristics and effectiveness of chitosan products. III. Coagulation of cheese whey solids. *Biotechnol. Bioeng.*, **20**, 1957 (1978)
18. Culp, R. L. and Culp, G. L. : *Advanced wastewater treatment*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, p.256 (1971)
19. APHA : *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16th ed., American Public Health Association, Washington, DC (1985)
20. Cheigh, H. S., Ryu, C. H., Jo, J. S. and Kwon, T. W. : Effect of washing on the loss of nutrients in rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **9**, 170 (1977)
21. Hayakawa, T. and Igaue, I. : Studies on the washing of milled rice : scanning electron microscopic observation and chemical study on solubilized materials. *J. Agric. Chem. Soc. Jap.*, **53**, 321 (1979)
22. 신현국 : 식품공업 폐수의 특성과 처리. *식품과학과 산업*, **24**, 9 (1991)
23. Noshiro, K., Nakamura, K., Ishikawa, T., Sano, E. and Yamashita, S. : Waste waters in the sake industry. I. Analysis. *J. Soc. Brew. Japan*, **66**, 779 (1971)
24. Karim, M. I. A. and Sistrunk, W. A. : Treatment of potato processing wastewater with coagulating and polymeric flocculating agents. *J. Food Sci.*, **50**, 1657 (1985)
25. Wheaton, F. W. and Lawson, T. B. : Waste production and management. in "Processing aquatic food products" Wheaton, F. W. and Lawson, T. B. (eds.), Wiley-Interscience, New York, p.349 (1985)
26. 齊藤和夫, 龜尾徹夫, 寺田周, 牧野利一, 夢沼誠 : 洗米廢水の物理化學的處理. *醸協*, **79**, 59 (1984)
27. 전국환경관리인 연합회 : 환경관계법규, 수질환경보전법 시행규칙. *홍문관*, p.716 (1991)

(1994년 3월 9일 접수)