

공기치환기능이 강화된 콩나물 재배통 개발

김중만[†] · 황호선 · 전예정
원광대학교 생물환경과학부

Development of the Soybean Sprouting Bucket with Enhanced Air Circulation Function

Joong-Man Kim[†], Ho-Sun Hwang and Ye-Jeoung Jeon

Division of Bio-environment, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Abstract

Traditional soybean sprouting bucket has some problems which are putrefaction and growing inhibition by the high temperature and carbon dioxide in the bucket during culturing. To solve this problems we developed the new soybean sprouting bucket. The new bucket consisted a square shaped bottom which has 5 draining holes (each 10 mm in dia, 2 mm in height) and four side wall which has two rectangular shaped holes (10 cm long, 0.5 cm wide), and the support vessel which 592 tiny draining holes whose center attached a pipe with 36 small holes (each 2 mm in dia). The new one showed lower temperature and carbon dioxide content during culturing, and the putrefaction was lower, whereas growing degree was higher during culturing at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ than the traditional bucket.

Key words: soybean sprout, sprouting bucket, air replacement, carbon dioxide

서 론

콩나물은 본초강목, 산림경제 등의 기록으로 보아 오래 전부터 식용되어 왔음을 알 수 있다. 콩나물에는 tryptophan과 lysine 등의 amino acid가 많이 함유되어 있고(1) 세포노화방지 효과가 있는 항산화 물질인 비타민 C와 장의 건강과 비만 예방에 좋은 섬유소, 숙취제거에 효과가 있는 aspartic acid (2), asparagine(3,4) 등과 유전적으로 합성능력이 없는 신생아, 신장 및 간장병 환자 또는 운동선수와 같은 고에너지를 필요로 하는 사람에게 있어서 조건적 필수영양소인 카르니틴(β -hydroxy- γ -trimethylammonium butyrate) 등 다양한 생리활성을 갖는 기능성물질들이 함유되어 있음이 보고(5)되어 있다.

콩나물은 다소비 식품이면서 재배, 영양 및 생리활성 기능면에서 이로운 점들이 많지만 현재 상업적으로 대량생산 유통되면서 재배기간 단축, 부패방지, 발근억제, 겉보기품질 향상 등을 목적으로 재배과정에서 방부제나 생장촉진제 등을 사용하여 재배함으로써 소비자들에게 콩나물에 대한 불신(6)을 받고 있다. 이런 결과로 소비자들은 자가에서 콩나물을 안전하게 직접 재배해서 소비하는 방법에 관심을 갖게 되었고(7) 그에 부응한 가정용 재배기들과 불특정다수가 이용하는 대중음식점이나 단체급식소 등에서 필요한 소량생산용

재배기들의 사용이 늘고 있다. 그러나 현재 대량 생산 및 소량 생산용 콩나물 재배통은 바닥에 한 개 내지 수 개의 배수구를 둔 구조나 망상바닥으로 된 형태로 되어 있어 이들 재배통은 콩나물 재배 공정을 마칠 무렵이 되면 배수구가 막혀 재배통 특히 중심부는 과도한 호흡열과 높은 탄산가스 농도로 인하여 부패가 발생하고 동시에 생육이 저해되는 문제가 있다.

그간 콩나물 재배기에 관한 연구로는 Kim 등(8-10)에 의한 싸이펀과 두레박을 병용한 자동 수주시스템 개발 및 싸이펀 원리를 이용한 자동 재배기 개발에 관한 연구가 있을 뿐이며 상기에서 지적한 문제에 대한 연구는 아직 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 콩나물 재배에서 핵심기구인 콩나물 재배통의 공기치환 기능을 개선할 수 있는 콩나물 재배통의 구조 개선을 실시하고 그 효과를 확인하였기에 그 결과를 보고하고자한다.

재료 및 방법

재래식과 개량식 재배통의 형태

재래식 재배통은 원통형이고 크기는 30 cm(D)×95.5 cm(G)×30 cm(H)이며 바닥에는 \varnothing 2 mm의 둥근 배수구가 25개 형성된 것으로 그 모양은 Fig. 1과 같다.

[†]Corresponding author. E-mail: jmk@wonkwang.ac.kr
Phone: 82-63-850-6677, Fax: 82-63-850-6677

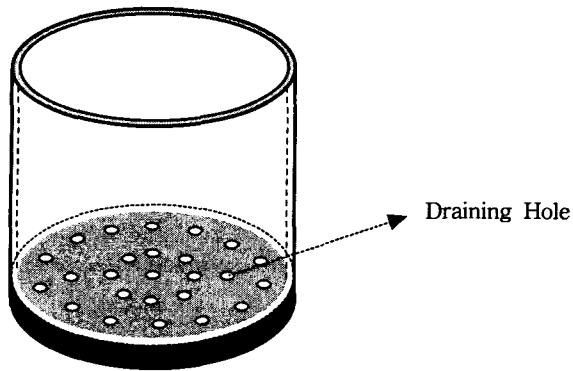


Fig. 1. Structure of traditional culturing bucket.

개량식 재배통은 사각형이고 크기는 26 cm(W)×26 cm(L)×30 cm(H)이며 재배통 벽에는(길이 10 cm, 폭 0.5 cm) 8개의 공기 치환구와 5개의 배수구(높이 10 mm의 Ø 5 mm), 바닥에는 직경 2 mm 기공이 36개 형성된 공기치환 파이프를 내설한 콩나물 받침그릇으로 구성된 것으로 그 형태는 Fig. 2와 같다.

재배실험

콩나물 재배는 재래식통과 개량식 재배통 각각에 은하콩 700 g을 20±1°C 물에서 12시간 수침한 것을 치상한 후 18±1°C의 수돗물을 1일 8회 수주하였고, 1회 수주량은 약 1,600 mL이었으며 재배실 온도는 25±1°C로 유지하여 주었다.

온도측정

재배통내의 온도는 수주 직전 고온발생이 심한 중심부를 Custom Thermometer(CT-1310, Japan)로 각각 5회씩 측정하였다.

탄산가스 측정

콩나물이 재배되고 있는 재배통 내의 탄산가스의 농도는 수주 직전 온도 측정과 동일한 부위를 각각 5회씩 O₂/CO₂ Analyzer(Chinsan Trading Co. Ltd.)로 측정하였고, 이때 공기를 흡입하는 펌프속도는 2 L/min으로 하였다.

성장 정도 측정

콩나물의 성장 정도는 콩나물 통의 전후좌우 및 중간에 위치한 콩나물 3개씩의 길이를 버니어 캘리퍼스(Mitutoyo, Japan)로 측정하여 평균치를 얻는 조작을 5반복하였다.

부패율 측정

부패율 측정을 위한 콩나물 채취는 고온 노출에 의한 부패 발생 빈도가 높은 콩나물 재배통의 중심에 위치한 콩나물을 100개씩을 뽑아내어 부패 콩나물 개수와 건전한 콩나물 개수를 5반복 파악하여 다음과 같은 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{부패율(\%)} = \left(\frac{\text{부패된 콩나물 개수}}{\text{건전한 콩나물 개수}} \right) \times 100$$

통계처리

상기 실험으로부터 얻은 5회 반복수치는 SAS series pack-

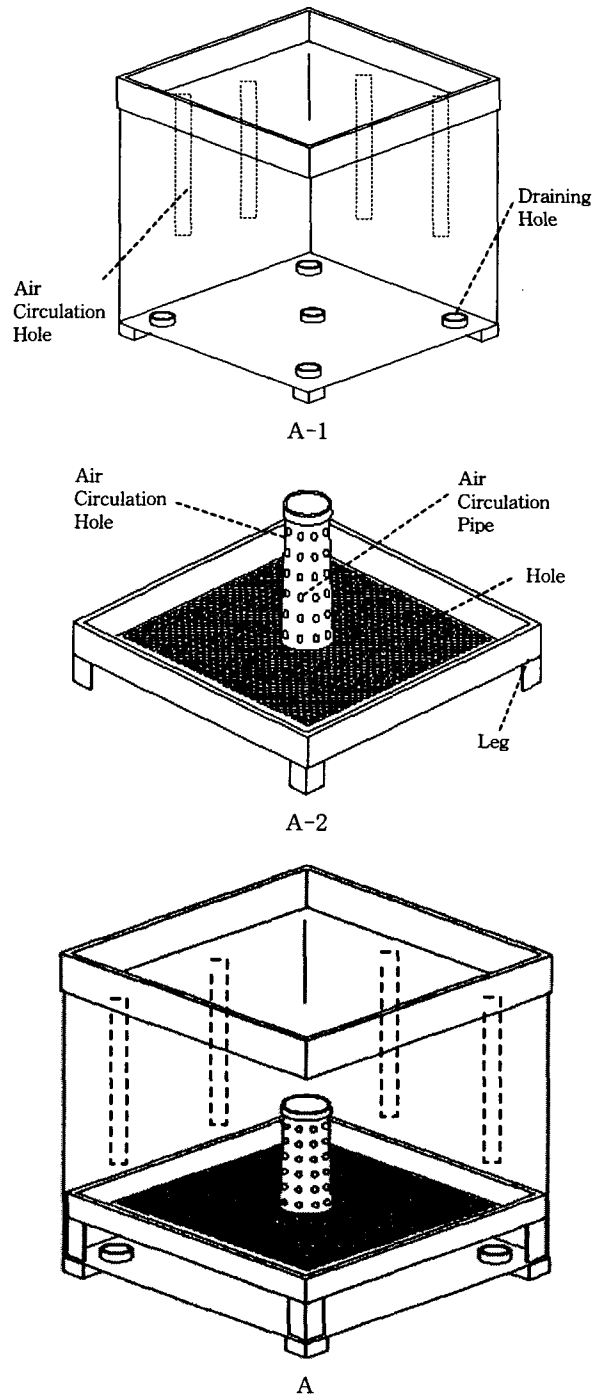


Fig. 2. Structure of improved culturing bucket (A). A-1: Culturing bucket, A-2: Support vessel of soybean sprouts.

age의 ANOVA, Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

재배통의 형태와 특징

재래식 재배통은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 바닥에 불린 콩이 빠지지 않는 크기로 25개 배수구를 둔 재배통이다.

이 재래식 콩나물 재배통은 콩나물이 성장하여 감에 따라서 바닥에 있는 배수구가 점점 막힘과 동시에 콩나물 성장에 병행되는 호흡반응에 의해서 발생하는 호흡열과 탄산가스로 인하여 재배통 내의 생육 환경이 나빠져 부패와 성장 저해 문제가 발생하게 된다.

이 문제를 해결하기 위해서 콩나물 재배통 내부의 공기가 재배실 내의 공기와 치환 기능이 있도록 재배통의 구조를 구성했는데 그 모양과 구성은 Fig. 2와 같다.

개량재배통은 재배통과 그 재배통에 삽입되는 콩나물 받침그릇으로 구성되었는데 재배통은 벽에 여덟 개의 공기 치환구를 수직으로 설치하여 콩나물 재배통 내·외의 공기치환으로 O₂가 공급되고 동시에 CO₂ 및 호흡열이 제거될 수 있도록 하였다. 그리고 재배통 바닥에는 Ø 10 mm, 높이 2 mm인 배수구겸 물턱을 다섯 개 설치하여 재배통 바닥에 물 턱 기능이 발휘되어 콩나물 재배기간 동안 물이 통 바닥에 고이게 하여 콩나물 받침 바닥을 통과한 뿌리가 마르지 않도록 하였다.

한편 콩나물 받침 그릇은 바닥에 Ø 2 mm 크기의 배수구 592개를 설치하였고 그 바닥 중앙에는 36개의 공기 치환구가 형성된 공기치환 파이프를 수직으로 설치하여 콩나물 재배통의 중심 부위가 고온 장해 및 산소 부족으로 발생하는 부패와 생육저해를 해결하고자 하였다.

콩나물 재배 중 재배통 내의 온도 변화

재래식 재배통과 개량식 재배통을 사용하여 콩나물을 각각 재배하면서 각각의 재배통 중심 부위의 온도변화를 측정 한 결과는 Table 1과 같다.

재래식 재배통 중심부의 온도는 재배초기에 재배실 온도 (25±1°C)에 차이가 거의 없는 25.16°C이었으나 성장 완료 단계인 재배 6일째에는 약 37.84°C로 재배실온도보다 크게 상승하였다. 한편 개량식 재배통 역시 재배 초기에는 역시 재배실 온도와 비슷하였으나 재배시간이 지속됨에 따라서 역시 증가하여 재배 6일째 재배통 내의 온도는 약 31.42°C로 높아

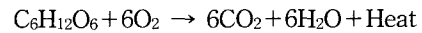
졌으나 재래식 재배통에 비하여 유의적(p<0.001)으로 중심부 온도가 낮았다.

이처럼 재래식 재배통에 비하여 개량 재배통의 중심부 온도가 낮게 유지된 결과는 재배통 벽에 형성된 공기 치환구 (Fig. 2의 A-1)와 콩나물 받침통에 형성된 공기치환 파이프 (Fig. 2의 A-2)의 공기치환능이 발휘된 효과로 판단되었다.

재배통 내의 CO₂ 함량 비교

재래식 재배통과 개량식 재배통에 콩나물을 각각 재배하면서 재배통 중심부의 탄산가스 수준을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

재래식 재배통 중심부의 탄산가스 수준은 재배 1일에는 938.12 ppm이었고 재배 마감 일인 6일에는 약 1316 ppm으로 재배 시간이 경과에 비례적으로 크게 증가되었다. 반면 개량식 재배통 역시 재배 1일에 627.14 ppm이었고 재배 6일 째는 725.22 ppm, 626.2 ppm이었으며 재배기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 재배 5일째에는 각각 1250 ppm, 687.5 ppm으로 공기중의 CO₂ 함량보다 각각 352%, 193.6%로 증가하였다. 한편 콩나물은 햇빛이 없는 조건에서 재배되기 때문에 탄소동화작용의 기능이 극도로 제한되어 생육 중에 진행되는 반응은 호흡작용이다. 일반적으로 호흡 반응을 할 때 다음 반응식과 같이 O₂가 소비되고 CO₂와 열이 발생된다. 이때 발생된 CO₂는 콩나물 생육에 필요한 호흡반응을 억제하는 중요한 요인으로 작용한다.



콩나물 발아와 생육과정에서 강력한 호흡작용이 병행되기 때문에 발아와 생육이 왕성할수록 이 반응이 활발히 진행되어 재배통 내의 O₂ 밀도는 낮아지고 CO₂ 밀도는 상대적으로 높아지게 됨으로 전 재배기간 동안 재배통 내부는 산소의 부족이 계속되는 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 개량식 재배통은 이러한 단점을 해소하기 위하여 벽에 공

Table 1. Temperature in different culturing buckets during cultivation of soybean sprout (unit: °C)

Culturing bucket ¹⁾	Cultivation period of soybean sprout (day)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	25.16±0.13	26.18±0.08 ^{2b3)}	28.12±0.11 ^b	30.18±0.08 ^b	32.50±0.07 ^b	35.06±0.05 ^b	37.84±0.15 ^b
B	25.08±0.08	25.70±0.07 ^a	26.30±0.50 ^a	27.46±0.11 ^a	28.40±0.17 ^a	29.62±0.08 ^a	31.42±0.14 ^a

¹⁾A: traditional culturing bucket, B: improved culturing bucket.

²⁾Mean±SD of 5 experiments.

³⁾The same lettered superscripts within a column are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

Table 2. Content of carbon dioxide in different culturing buckets during cultivation of soybean sprout (unit: ppm)

Sprouting bucket ¹⁾	Cultivation period of soybean sprout (day)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	354.80±0.84 ²⁾	938.12±1.26 ^{3b)}	1088.76±0.86 ^b	1186.98±1.07 ^b	1203.78±0.72 ^b	1250.70±0.77 ^b	1316.90±1.58 ^b
B	354.20±1.30	627.14±2.32 ^a	648.02±3.80 ^a	654.14±0.90 ^a	664.40±3.62 ^a	687.5±0.83 ^a	725.22±0.77 ^a

¹⁾A: traditional culturing bucket, B: improved culturing bucket.

²⁾Mean±SD of 5 experiments.

³⁾The same lettered superscripts within a column are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

Table 3. Height of soybean sprout cultivated with traditional culturing bucket and improved culturing bucket (unit: cm)

Culturing bucket ¹⁾	Cultivation period of soybean sprout (day)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	0.81±0.15	0.92±0.15 ²⁾³⁾	2.52±0.27 ^b	7.45±0.43 ^b	9.81±0.85 ^b	13.52±0.31 ^b	17.80±0.68 ^b
B	0.81±0.08	1.22±0.12 ^{a)}	3.08±0.26 ^a	8.36±0.44 ^a	11.94±0.53 ^a	16.36±0.42 ^a	21.68±0.76 ^a

¹⁾A: traditional culturing bucket, B: improved culturing bucket.

²⁾Mean±SD of 5 experiments.

³⁾The same lettered superscripts within a column are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Putrefactive rate in different culturing buckets during cultivation of soybean sprout (unit: %)

Culturing bucket ¹⁾	Cultivation period of soybean sprout (day)				
	3	4	5	6	7
A	0.00	0.00	1.86±0.18 ²⁾³⁾	14.22±0.13 ^b	24.12±0.24 ^b
B	0.00	0.00	0.93±0.11 ^a	2.90±0.25 ^a	6.34±0.41 ^a

¹⁾A: traditional culturing bucket, B: improved culturing bucket.

²⁾Mean±SD of 5 experiments.

³⁾The same lettered superscripts within a column are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

기 치환구와 바닥에 공기치환 파이프를 내설하였기 때문에 CO₂ 함량이 낮아져 호흡생장 환경이 크게 개선되었으며 콩나물의 생장 및 생장기간동안에 부패정도에도 영향을 미칠 것으로 사료된다.

콩나물의 성장비교

재래식과 개량식 재배통으로 재배한 콩나물의 성장을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

일반적으로 콩나물의 성장에 미치는 주된 영향으로는 온도의 상승으로 예상할 수 있으나 본 실험에서는 재배 초기부터 재배통의 온도가 1~2°C정도 낮았던 개량식 재배통에서 우세한 성장을 보였다. 이때의 재래식 재배통에서는 CO₂의 농도가 급격히 상승하였고 공기의 치환이 효과적인 개량식 재배통에서의 성장 상태가 약간 우세한 결과를 보였다가 재배 6일째에는 큰 차이를 나타냈다.

이는 재래식 재배통에서 재배 초기의 경우 재배온도가 높아 개량식 재배통보다 높은 성장 상태를 나타낼 것으로 예상되나 Table 2에서 보는 바와 같이 재래식 재배통이 개량식 재배통보다 콩나물의 호흡작용에 의한 CO₂ 농도가 높아 그의 생육에 영향을 미친 것으로 사료된다. 재배초기 재래식과 개량식 재배통에서 모두 생장길이가 큰 차이를 보이지 않았으나 4일째부터는 각각 9.8 cm, 11.9 cm로 약간의 차이를 보이다가 재배 6일째에는 각각 17.8 cm, 21.7 cm로서 재래식 재배통에서보다 개량식 재배통에서의 성장 정도가 약 2.1~3.9 cm 정도 빠른 것으로 나타났다.

이러한 결과는 호흡열 발생으로 인한 재배통 내부의 온도가 증가함에 따라 콩나물의 생육조건에 불리한 30°C 이상의 온도가 지속됨과 동시에 CO₂의 수준 증가도 재래식 재배통보다 성장속도에서 개량식 재배통이 상대적으로 유리한 것으로 판단된다.

부패율 비교

재래식과 개량식 콩나물 재배통에서 콩나물을 재배하면서

콩나물의 부패율을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

콩나물을 25±1°C에서 재배 후 4일째까지는 재래식이나 개량식 재배통의 온도가 각각 32.5°C와 28.4°C로 다소 높았지만 부패현상은 없었고, 5일째부터는 각각 1.9%, 0.9%로 점차 경미한 부패현상을 보이기 시작하였으며 5일째 이후부터 재래식 재배통에서 부패율이 현저히 증가하여 6일째 14.2%, 7일째 24.1%까지 증가하였다. 그러나 개량식 재배통에서는 6일째 2.9%, 7일째 6.3%로 재래식에 비하여 부패율이 낮았다. 이결과는 재배통에 공기치환 기능을 강화해 줌으로서 CO₂ 농도와 온도상승에 따른 부패율을 낮추어준 것으로 판단되었다.

요 약

본 연구는 기존의 콩나물 재배통이 가지는 재배 중 발생하는 재배통 중심부의 고온과 탄산가스 수준의 증가로 인한 부패현상과 생육저해 문제를 해결하기 위한 것이다. 이 문제를 해결하기 위해서 원리적으로는 콩나물 재배통 내의 공기와 재배실과의 공기치환이 보다 원활히 일어나도록 한 것으로, 콩나물 재배통을 재배통과 콩나물 받침그릇으로 구성하였는데 재배통의 바닥에는 직경 10 mm, 높이 2 mm인 배수구점물 고임 턱 다섯 개를 두었고 재배통 벽에는 폭 0.5 cm, 길이 10 cm의 홈을 두었다. 재배통 속에 넣어 사용하는 콩나물 받침그릇에는 바닥에 배수구가 592개 형성되고 그 바닥 중앙에 직경 2 mm인 구멍 36개가 형성된 공기치환파이프를 부착하여 콩나물 받침 그릇으로 구성하였다. 이렇게 구성한 개량콩나물 재배통은 25±1°C에서 재배한 결과 기존 재배통보다 재배기간 동안 재배통 내의 탄산가스 수준과 온도가 낮았고, 그 결과 부패율은 낮고 성장 정도는 높은 결과를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 1998년 중소기업청 6차 산학연 컨소시엄 지원

에 의하여 이루어진 연구로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Shu SK, Kim HS, Jo SK, Oh YJ, Kim SD, Jang YS. 1995. Effect of different cultural conditions on growing characteristics of soybean sprouts. *Korea Soybean Digest* 12: 75-84.
2. Kim JM. 1988. The point issue and characteristic of spreading food soybean sprout. *Korea Soybean Digest* 142: 10.
3. Byun SM, Huh NE, Lee CY. 1977. Studies on the biosynthesis of asparagine in soybean sprouts. *J Korean Agric Chem Soc* 20: 33-42.
4. Yang CB. 1981. Changes of nitrogen compounds and nutritional evaluation of soybean sprout. Changes of amino acid composition. *J Korean Agric Chem Soc* 24: 94-100.
5. Borum PR, Bennett SG. 1986. Carnitine and lipid metabolism. *J Am Coll Nutr* 5: 177-182.
6. Park MH, Kim DC, Kim BS, Nam GB. 1992. Study on improvement of distribution system and production of clean soybean sprout. *Korea Food Research Institute Report*.
7. Kang HY. 1994. Cooperation work No.1 of industrial-educational-research institute-agricultural cope with UR and GR. *Korea Soybean Digest* 92: 3.
8. Kim JM, Choi YB, Yang DK. 1997. Development of soybean sprouter using principle of siphoning. *Korean J Food Sci Technol* 29: 460-463.
9. Kim JM, Baek SH, Choi YB, Kim HU. 1999. Development of automatical soybean sprouting equipment for medium amount production by using multiple siphons. *J Korean J Soc Food Sci Nutr* 28: 886-889.
10. Kim JM, Choi YB, Hwang HS, Yang DK, Jeon YJ, Song YA. 2002. Development of the automatic watering system for the soybean sprouting equipment by siphon and well bucket. *Korean J Food Sci Technol* 34: 533-535.

(2003년 3월 4일 접수; 2003년 6월 17일 채택)