

오존수 살수(撒水)에 의한 콩나물의 성장조건 최적화

김 일 두 · 김 순 동[†]
대구가톨릭대학교 식품공학과

Optimal Conditions for the Growth of Soybean Sprouts by Ozone Water Watering

Il-doo Kim and Soon-Dong Kim[†]

Dept. of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyungsan, 712-702, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the optimal conditions for the growth of soybean sprouts by ozone water watering. Optimal conditions for ozone water watering of soybean sprouts during cultivation at 20°C were evaluated with ozone concentration(0.1~0.5 ppm) and watering frequency(1~9 times) by response surface methodology. The optimal conditions for growth of soybean sprouts were ozone concentrations of 0.20~0.32 ppm, ozone treatment frequency of 3.0~4.4 times. Germinatin rates, hypocotyl weights and hypocotyl lengths in the soybean sprouts cultivated under the optimal conditions increased by 13.3, 10.1 and 11.9%, respectively, whereas root weights decreased by 89.0%.

Key words: soybean sprouts, cultivation, optimal conditions, ozone treatment.

I. 서 론

콩나물은 콩에 물만을 공급하면서 암소에서 5~6일간 재배한 것으로 특히, 채소류가 부족한 겨울철에 채소류의 주요 공급원으로 이용되어 왔으며, 콩을 물에 침지한 후 시루에 담아 하루 5~6회 물을 주는 등의 단순한 방법으로 재배가 가능하므로 일반가정에서 널리 재배되었다¹⁾. 그러나 인구의 급속한 증가와 경제성장 및 여성의 사회진출 등 사회여건의 변화로 인하여 공장규모의 콩나물 재배가 급속히 증가하고 있어 이에 따른 품질향상 대책이 요구되고 있다²⁾.

콩나물의 재배는 온도와 습도가 높은 환경에서 이루어지기 때문에 재배 중에 미생물이 오염되어 콩나물이 부패되는 현상이 큰 문제점으로 대두되고 있다³⁾. 콩나물 재배중 부패를 일으키는 원인 미생물은 콩에 오염되어 있는 내열성 아포균⁴⁾과 *Pseudomonas* sp. 및 *Fusarium* sp.⁵⁾로 알려져 있다. 박 등⁶⁾은 콩나물의 부패를 방지하는 방안으로 물주는 방법의 개선을 들었다. 그러나 콩나물 제조업자들의 영세성과 시설의 낙후성 등으로 콩나물의 생산촉진을 도모함으로써 부패를 방지하기 위한 수단으로 성장조절제와 농업용 농약을 살포하고 있는 실정이다. 1996년 보건복지부 통계에 의하면 콩나물 업체의 약 60% 이상이

농약을 사용한 경험이 있는 것으로 조사된 바 있다²⁾. 이상에서 콩나물 재배시 부패를 막기 위해서는 콩에 오염되어 있는 미생물의 수를 줄이거나 또는 그 생육을 저해시키는 방법 및 콩나물의 생육을 촉진시킴으로써 상대적으로 부패정도를 감소시킬 수 있다. 한편, 오존은 미생물의 살균 및 번식방지⁷⁾, 탈취⁸⁾에 효과가 우수하며, 쉽게 분해되어 산소로 되돌아가므로 2 차적 공해를 일으키지 않아 식품의 살균, 저장 및 농산물의 청정화에 이용할 수 있다^{9,10)}. 또한 오존이 이용 목적에 따라 오존수 및 오존 가스 상태로 식품에 이용되며, 이를 콩나물 재배에 이용시 콩나물의 생육을 촉진한다는 사실이 밝혀져 있다¹¹⁾. 본 연구에서는 수침시에 오존수로 처리한 콩을 오존수로 재배할 경우 최적 오존농도와 살수횟수를 반응표면분석을 통하여 최적화하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

원료콩은 경북 청도에서 생산된 개체중량이 120±10 mg인 콩(*Glycine max* Merr., cv. Joonjul)을 시료로 하였으며, 외관상 이상이 없는 것을 정선하여 4±1°C에서 저장하면서 사용하였다.

2. 오존수 제조와 콩나물 재배 중의 처리

오존수 제조와 처리는 김⁸⁾의 방법에 준하여 대기를 이용하여 전압으로 발생량을 조정할 수 있는 Fig. 1의 오존발생기(Woo-Sung Hi Tech Co., SP-100, Korea)를 사용하여 처리하였다. 즉, 수침 중에는 8시간 수침 중 초기 40간을 용존오존농도 0.3 ppm으로 고정하여 처리하였으며, 살수 중에는 1일 9회 왕복 살수하였으며, 용존오존농도 0.3 ppm으로 처리하였다. 용존오존농도는 오존 모니터(Ebara Jitsugyo Co., PL-320, Japan)로 측정하였다. 재배규모는 원료 콩 양으로 1 kg 씩 사용하였으며 수침온도는 20±1°C, 수침시간은 8시간, 재배용기는 플라스틱 시루(직경 31 cm×높이 29 cm)를 사용하였다. 수온은 18±1°C로, 살수횟수는 1일 왕복 9회, 살수시간은 2분, 재배실 온도는 20±1°C, 재배기간은 6일로 하였다.

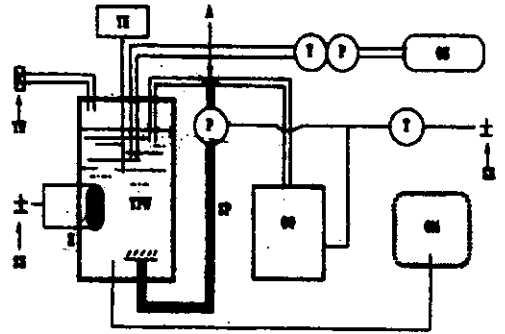


Fig. 1. Schematic diagram of ozone water production and ozone treatment, TE, thermometer; T, timer; A, aspirator; P, pump; GS, growth chamber for soybean sprouts; TW, tap water; SE, sources of electricity; TPW, tank for pouring water; OG, ozone generator; OM, ozone monitor; SP, screw pipe; H, heater.

3. 오존처리 최적화 설계

콩의 수침시 오존 처리는 김⁸⁾의 실험결과를 이용하여 8시간 수침 중 최초 40분간을 용존오존농도 0.3 ppm로 처리하였다. 오존수 살수는 수침한 콩을 시루로 옮긴 후 오존농도와 살수횟수를 각각 독립변수로 설정하여 Statgraphics 프로그램내의 중심합성 계획법(central composite design)¹²⁾을 이용하여 오존처리 콩나물 재배에 대한 부분실험 계획(fraction factorial block)을 설정하였다. 즉, 살수시 용존 오존 농도 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 ppm 및 살수횟수 1, 3, 5, 7, 9회로 하였다(Table 1, 2).

Table 1. Ozone treatment conditions for ozone water watering of soybean sprouts in experimental design

Code ^a	Levels					
	-2	-1	0	1	2	
Ozone concentration : C(ppm)	X ₁	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Treatment frequency : F(time)	X ₂	1	3	5	7	9

^a X₁ = (C-0.3) ; X₂ = (F-5)/2

Table 2. Experimental conditions for the central composite design

Exp. No.	Experimental factor values			
	Real ^a		Codified	
	C	F	X ₁	X ₂
1	0.2	3	-1	-1
2	0.2	7	-1	1
3	0.4	3	1	-1
4	0.4	7	1	1
5	0.3	5	0	0
6	0.3	5	0	0
7	0.1	5	-2	0
8	0.5	5	2	0
9	0.3	1	0	-2
10	0.3	9	0	2

^a C in ppm and F in time of ozone treatment.

4. 발아율

원료콩 1 kg에 대한 평균 개수를 미리 산출한 후 5일간 재배하였을 때 얻어진 전체 콩 개수에 대하여 미발아된 콩의 개수를 제한 콩나물 수의 백분율로 나타내었다.

5. 콩나물 성장도 및 수율 측정

콩나물의 시루의 중앙부와 가장자리부로 구분하여 각각 그 상부와 하부로부터 400~500 개체를 무작위로 채취하여 자엽과 배축 및 뿌리부로 나눈 다음 평균중량을 측정하였으며, 배축의 길이는 digmatic caliper(CD-20B, Mitutoyo, Co., Japan)로 측정하였다.

6. 통계처리

실험은 10회반복 평균치로 나타내었으며 수돗물로 8시간 수침한 콩을 수돗물로 1일 9회 왕복 살수한 대조구에 대한 %로 나타내었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 콩나물의 성장에 미치는 오존수 살수효과

콩나물 재배는 콩의 수침공정과 살수공정으로 나누어지며, 본 실험에서의 수침시에는 용존 오존농도 0.3 ppm으로 40분간 처리하고 나머지 7시간 20분간 수돗물로 수침하였다. 다음에 시루로 옮긴 후 용존 오존농도 0.10~0.50 ppm으로 횡수 1~9회에 걸쳐 오존수로 살수하면서 5일간 재배하였다. 재배된 콩나물에 대하여 발아율, 수율, 배축의 무게, 배축의 길이 및 뿌리의 무게를 조사하였다(Table 3). 발아율은 No. 4, 8, 10 실험구를 제외하고는 대조구에 비하여 0.4~14.4% 범위의 높은 값을 나타내었다. 배축의 중량은 No. 2, 4, 8, 10의 실험구를 제외하고 대조구에 비하여 10.4~29.2% 범위로 증가하였으며, 배축의 평균 길이는 No. 1, 4, 5, 6, 8 실험구는 대조구의 91.8~99.7%로 범위로 짧았으나 나머지 실험구에서는 대조구 보다 비슷하거나 다소 길었다. 특히, No. 9의 경우는 대조구보다 10.2%가 길었다. 콩나물 품질평가에 대한 소비자의 주요 지표는 뿌리는 되도록 짧고, 배축의 길이는 비교적 긴 콩나물을 선호한다. 이러한 측면에서 적절한 오존수 처리는 콩나물의 뿌리

Table 3. Effect of ozone water watering on the growth of soybean sprouts

(% of control)

Exp. No.	Germination rate (%)	Yield (%)	Hypocotyl weight (g)	Hypocotyl length (cm)	Root weight (g)
1	114.4	110.6	117.2	99.7	95.7
2	105.2	97.3	110.4	103.0	102.7
3	113.7	110.6	129.2	102.8	85.7
4	97.8	98.3	97.5	91.8	110.2
5	112.9	103.4	113.8	93.8	95.5
6	113.7	104.5	112.2	94.5	96.4
7	113.1	101.3	113.2	100.2	112.1
8	90.6	97.4	96.4	95.1	101.6
9	100.4	110.6	125.3	110.2	97.2
10	95.1	98.2	98.7	102.1	125.1

는 적게 하는 반면 수율과 배축의 신장도를 높일 수 있어 산업적 가치가 있는 것으로 판단된다.

Naito¹¹⁾는 콩나물 재배시에 가스상의 오존과 오존수를 병행처리함으로써 배축의 길이가 크게 신장된다고 하였으며, 김⁸⁾은 콩의 수침중에 오존수를 처리함으로써 부패율을 감소시킴과 동시에 수율증대와 배축의 신장이 촉진한다고 하였다. 또 이들은 이러한 효과가 오존을 처리함으로써 peroxidase 및 superoxide dismutase의 활성이 증대되어 성장을 저해하는 물질이 제거되기 때문이라 하였다.

2. 최적 오존수 살수조건

콩의 수침시에 김⁸⁾의 방법에 준하여 용존오존농도 0.30 ppm 40분간 처리한 콩을 시루로 옮겨 오존수로 살수하면서 5일간 재배한 후 얻어진 발아율, 배축의 무게, 배축의 길이 및 뿌리의 무게에 대한 결과를 반응표면 분석한 것은 Fig. 2~6과 같다. 콩나물의 수율은 용존 오존농도 0.17~0.35 ppm, 살수회수 1.22에서 대조구보다 12.29%의 증대를 나타내었으며, 용존 오존농도 관계없이 살수회수가 6.4회 이상이 될 경우는 수율이 낮아지는 경향을 보였다. 발아율은 용존 오존농도 0.14~0.32 ppm, 살수회수 3.05~5.54회의 조건에서 대조구 보다 13.28%가 증가되었다. 배축의 길이는 용존 오존농도가 높고 살수회수가 낮은 경우에 길어지는 경향을 보였으며 용존 오존농도가 높으면서 살수 회수가 많을 경우는 오히려

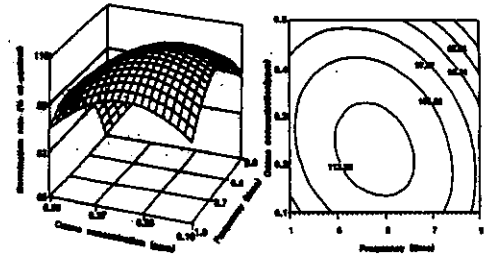


Fig. 3. Contour map and response surface for the effect of ozone concentration and treatment frequency on germination rate during cultivation of soybean sprouts. Numbers accompanying contour lines indicate germination rate values (% of control).

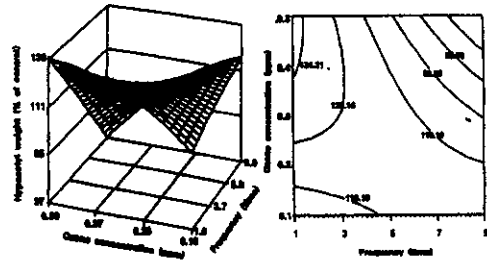


Fig. 4. Contour map and response surface for the effect of ozone concentration and treatment frequency on hypocotyl weight during cultivation of soybean sprouts. Numbers accompanying contour lines indicate hypocotyl weight values (% of control).

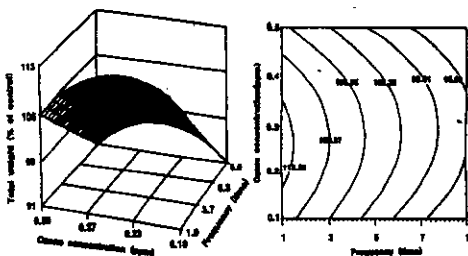


Fig. 2. Contour map and response surface for the effect of ozone concentration and treatment frequency on yield (total weight) during cultivation of soybean sprouts. Numbers accompanying contour lines indicate total weight values (% of control).

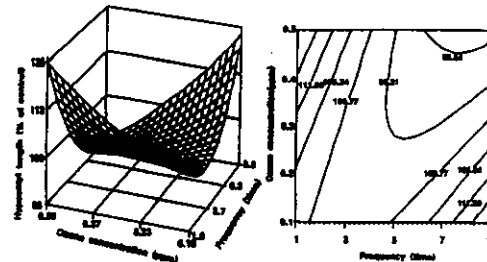


Fig. 5. Contour map and response surface for the effect of ozone concentration and treatment frequency on hypocotyl length during cultivation of soybean sprouts. Numbers accompanying contour lines indicate hypocotyl length values (% of control).

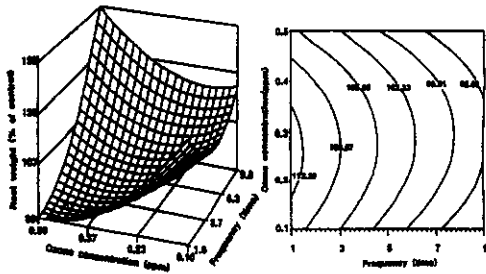


Fig. 6. Contour map and response surface for the effect of ozone concentration and treatment frequency on root weight during cultivation of soybean sprouts. Numbers accompanying contour lines indicate root weight values (% of control).

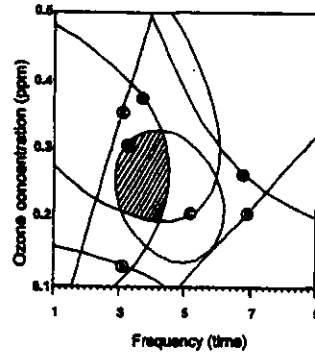


Fig. 7. Superimposed contour map for optimization of hypocotyl length (a), hypocotyl weight (b), root weight (c), germination rate (d), and yield (e) in ozone concentration and treatment frequency.

짧아지는 경향을 나타내었다. 배축의 길이는 오존농도가 0.3 ppm 이하로 낮으면서 살수회수가 많을 경우와 오존농도가 높으면서 살수회수가 적을 경우가 다같이 길어지는 경향을 나타내었다. 뿌리의 중량은 용존 오존농도가 높고 살수 회수가 많을 경우에 높아지는 경향을 나타내었다. 얻어진 결과를 반응표면 분석한 결과 Taylor second equation의 상관계수는 0.8602~0.9799로 비교적 높은 유의성이 인정되었다 (Table 4). Naito¹¹⁾는 콩나물 재배를 위하여 가스상의 오존과 오존수를 병행하여 살수한 결과 가스상의 오존은 0.02~0.20 ppm, 오존수의 용존오존농도는 0.3~0.5 ppm일 때 배축의 길이가 대조구보다 42%가 신장되었다고 하였다. 그러나 오존농도가 0.5 ppm이상으로 높으면 콩나물 생육을 오히려 저해하며, 0.1 ppm 이하로 낮을 경우는 성장에 뚜렷한 영향을 미치지 않는다고 하였다. 김⁸⁾은 콩나물 재배를 위한 콩의 수침시 용존 오존농도 0.3 ppm으로 40분

간 처리하였을 때가 수율증대와 배축의 신장도를 높이는데 가장 효과적이라 하였다. 이상의 결과, 콩나물 재배시 수침시와 살수시의 오존수를 처리함으로써 수율과 발아율을 높이며, 배축의 중량과 신장도를 높이면서 뿌리의 중량을 감소시킬 수 있는 최적조건은 수침시 용존오존농도 0.3 ppm으로 40분간 처리한 콩을 살수할 경우 최적 살수조건은 Fig. 7의 사선 친부분으로 용존오존농도 0.20~0.32 ppm, 살수회수 3.0~6.0회이었다. 즉 이 조건에서는 대조구에 비하여 수율은 12.29%, 발아율은 13.30%, 배축의 무게는 10.10%, 배축의 길이는 11.90%로 증대되는 반면 뿌리의 중량은 89.0%로 감소되었다.

IV. 요약

콩나물의 생육을 위한 오존수 살수조건을 반응표면분석법으로 최적화하였다. 콩의 수침시에는 용존오

Table 4. Taylor second equations calculated by response surface method program

Response	Taylor second equation	R ²	Significance
Germination rate(% of contral)	Y=114.00-8.85X ₁ -5.95X ₂ -11.80X ₁ ² -6.70 X ₁ X ₂ -15.90X ₂ ²	0.8602	0.0739
Hypocotyl weight(% of contral)	Y=114.64-5.75X ₁ -15.28X ₂ -9.02X ₁ ² -24.90 X ₁ X ₂ -1.82X ₂ ²	0.9242	0.0232
Hypocotyl length(% of contral)	Y=94.89-3.05X ₁ -3.98X ₂ +3.13X ₁ ² -14.30 X ₁ X ₂ +16.31X ₂ ²	0.9799	0.0017
Root weight(% ofcontral)	Y=93.72-3.92X ₁ +14.55X ₂ +12.01X ₁ ² +17.50 X ₁ X ₂ +16.31X ₂ ²	0.9566	0.0079
Yield(% of contral)	Y=104.69-1.13X ₁ -8.40X ₂ -4.97X ₁ ² +1.00 X ₁ X ₂ +0.06X ₂ ²	0.8696	0.0649

존농도 0.3 ppm으로 40분간 처리하였다. 살수시에는 용존오존농도 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5 ppm의 오존수를 1일 1, 3, 5, 7 및 9회 왕복 살수하면서 20°C에서 5일간 재배하였다. 수율, 발아율, 배축의 무게, 배축의 길이 및 뿌리의 무게의 결과를 반응표면분석한 결과 Taylor second equations의 상관계수는 0.8602~0.9799범위였다. 수율, 발아율, 배축무게 및 배축길이 증진과 뿌리의 무게를 감소시킬 수 있는 최적 오존수 살수조건은 용존오존농도 0.20~0.32 ppm, 살수회수 3.0~6.0회 범위였으며, 이조건에서 수율은 12.29%, 발아율은 13.3%, 배축의 무게는 10.1%, 배축의 길이는 11.9%로 증대되는 반면 뿌리의 중량은 89.0%로 감소되었다.

V. 참고문헌

1. Chang, K. Y.: Old references related to soybeans in Korea, Korea Soybean Digest, 6(2):1-8, 1989.
2. Park, M. H.: Some problems and improvement against soybean sprouts industry. Paper presented at 10th. Ann. Con. of Kor. Soc. Post-harvest Sci. and Technol of Agric. Products, Jeju, Korea, 1997.
3. Choi, Y. S. and Park, E. H.: Effects of food additives application on the decay reduction and growth of soybean sprouts. Korea Soybean Digest, 6(2):1-6, 1966.
4. Suga, U. R.: Foods and ozone, Tokyo, Food Chemistry Newspaper Office, p. 31-33, 1955.
5. Oh, B. J.: Effects of iron and salts on the growth and putrefaction of soybean sprouts and putrefactive microorganisms, Thesis of Master's Degree, Korea Univ., 1989.
6. Park, O. M., Myung, Y. S. and Lee, Y. S.: Biological prevention of pathogens rotting soybean sprouts. Korea Soybean Digest, 3(2): 4-8, 1986.
7. Bursleson, G. R., Murray, T. M. and Pollafd, M.: Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication. Appl. Microbiol., 29(3):340-344, 1975.
8. Kim, I. D.: Effect of ozone water treatment on growth and quality of soybean sprouts. Thesis of Doctor's Degree, Catholic Univ. of Daegu, 2000.
9. Shigezo, N., Yasuzi, O. and Tatsuya, S.: Changes in microflora of ozone treated cereals, grains, peas, beans and spices during storage. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 35:69-77, 1988.
10. Shigezo, N.: Studies on utilization of ozone in food preservation. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 38:360-367, 1988.
11. Naito, M. S.: Utilization technology of ozone for foods. Technical J. on Food Chemistry & Chemicals, Tokyo, Food Chemistry Newspaper Office, 8:51-78, 1989.
12. Youn, K. S. and Choi, Y. H.: Optimization for the process of Osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. Food Engineering Progress, 1:35-41, 1997.