

가열에 의한 된장의 텍스처 변화

목철균

경원대학교 공과대학 식품생물공학과

Texture Changes of Soybean Paste(*Doenjang*) by Heat Treatment

Chulkyoon Mok

Department of Food Science and Biotechnology, College of Engineering, Kyungwon University

Abstract

Soybean paste(*Doenjang*) was heat-sterilized at 100~120°C for 5~40 min and the textural characteristics were determined with texture profile analysis. The response surface models for the hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness and initial stress of the heat-sterilized *Doenjang* were developed as functions of sterilization temperature and time. The texture of *Doenjang* was changed remarkably by the heat treatment. All the textural properties increased by the initial heat treatment and started to decrease on further heat treatment. The great changes in the textural properties by the heat treatment indicated that the heating alone was not suitable for the sterilization of *Doenjang*.

Key words: soybean paste(*Doenjang*), heat sterilization, texture, response surface

서 론

된장은 메주를 소금물에 담근 후 일정기간 동안 발효 숙성시켜 가정에서 제조하는 재래식 된장과, 공장에서 대두와 밀가루 등에 *Aspergillus oryzae*를 접종, 배양하여 코오지를 만들어 제조하는 개량식 된장으로 나뉜다(이서래, 1986). 종래에는 가정에서 된장을 제조하여 소비하는 재래식 된장이 주류를 이루었으나, 근래에는 핵가족화, 주거환경의 변화, 여성의 사회참여 증가 등에 따라 많은 가정, 특히 도시지역에서는 공장에서 제조한 개량식 된장의 소비가 급속도로 늘고 있다. 된장의 2003년 기준 시장 규모는 약 800억원 정도이며, 공장 산 된장은 전체 소비량의 27.1%를 차지하고 있다(김동현, 2004).

된장에는 세균, 효모, 곰팡이 등 다양한 미생물이 존재하며 이들 미생물의 활동 여부에 따라 제품의

저장성이 영향을 받는다. 된장 숙성 후 잔존하는 미생물 중 일부는 가스를 생성하여 포장 제품의 용기를 팽창시키고, 플라스틱 등의 유연성 있는 포장재로 포장한 제품을 부풀게 함으로써 유통 상 문제점을 야기하며, 곰팡이가 번식하여 외관을 해치거나 상품가치를 저하시킨다(김종생 등, 1999).

된장의 저장성 향상을 위하여 보존제로 소르빈산, 소르빈산칼륨 또는 소르빈산칼슘이 소르빈산으로 1 g/kg 이하에서 허용되고 있으나(식품의약품안전청, 2005), 합성보존료에 대한 소비자의 거부감 때문에 그 사용이 제한적이다(유승곤 등, 1998). 이러한 문제점을 해결하고자 가열살균(유승곤 등, 1998; 김종생 등, 1999), 에탄올 첨가(이순원 등, 1985), 천연 보존료(유진영, 1992), misin 생성 유산균(이정옥과 류충호, 2002) 및 방사선 조사(박병준 등, 2002)등이 검토된 바 있다.

이 중 산업적 적용이 가장 용이한 기술은 가열살균인데, 가열조작은 살균과 함께 영양성분 파괴, 향미 변화 외에 변색, 텍스처 변화 등을 수반하여 그 적용이 제약을 받고 있다(Joo and Kim, 1996; 유승곤 등, 1998; 김종생, 1999). 이러한 제약 때문에 일부 공장에서는 70°C 내외의 온도에서 30분 정도 열

Corresponding author: Chulkyoon Mok, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, San 65, Bokjeong-dong Sujeong-gu, Seongnam, Gyeonggi-do, 461-701, Korea
Phone: +82-31-750-5403, Fax: +82-31-750-5273
E-mail: mokck@kyungwon.ac.kr

처리하여 부분 살균한 후 제품을 출하하고 있다. 그러나 부분 살균한 제품이라 하더라도 잔존 미생물의 생육으로 인한 가스 생성 및 에 용기 팽창 또는 곰팡이의 번식에 의한 외관 변화 등 상품성을 저하시킨다. 이를 방지하려면 100°C 이상의 온도에서 고온살균이 필요한 것으로 알려져 있는데(유승곤 등, 1998; 목철균, 2006), 이 경우 열에 의한 품질 변화를 수반하여 상품성을 떨어뜨린다. 가열은 특히 색깔(목철균, 2006) 등 물성을 크게 변화시켜 기호성을 저하시키며 열에 의한 된장의 품질 변화는 된장의 상품성과 직결되지만 아직까지 열에 의한 된장의 텍스처 변화는 보고되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 가열에 따른 된장의 텍스처 변화를 조사하여 산업계에서 가열살균조건의 결정에 필요한 자료를 제시하고자 살균 조건에 따른 된장의 텍스처 특성의 변화를 반응표면 분석기법을 사용하여 살균 온도와 시간의 함수로 나타내었다.

재료 및 방법

재료

대두는 국내산 대두를 시중에서 구입하여 사용하였고, 코오지는 *Aspergillus oryzae*를 배양한 (주)신송식품의 소맥분 코오지를 사용하였다. 식염은 정제염(염도 99%, 한주소금, (주)한주)을 사용하였다.

된장 제조

대두를 12시간 동안 수침한 후 121°C에서 40분간 증자시킨 증자대두, 코오지, 식염과 물을 각각 30, 20, 12, 38% 비율로 혼합한 다음 chopper(Pasta Maker, KitchenAid Inc., St. Joseph, MI, U.S.A.)로 갈아 용기에 담아 20°C에서 16주 동안 숙성시켰다.

가열 처리

된장 50 g을 나일론/PPP로 구성된 투명한 레토르트 파우치(10 cm×15 cm, 팍플러스, 용인, 경기도)에 넣고 얇게 편 다음 진공포장기(동방기계, 한국)를 사용하여 진공포장하였다. 진공포장한 시료를 고압살균기(Automatic High Pressure Sterilizer, HA-240MII, Hirayama Manufacturing Corp., Tokyo, Japan)에 넣고 100~120°C에서 5~40분간 가열처리하였다. 가열처리한 시료는 신속히 얼음물에 담가 냉각하였다.

텍스처 측정

된장의 텍스처는 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro System)를 사용하여 texture profile analysis (TPA)를 실시하여 측정하였다. 시료를 알루미늄 컵(φ 5.5 cm×2.5 cm)에 채우고 지름 2.0 cm 인 stainless steel plunger를 사용하여 TPA를 실시하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness) 및 초기 응력(initial stress)을 조사하였다. 시료 당 TPA는 3 반복 실시하여 평균치를 산출하였다.

통계처리 및 반응표면 분석

가열처리한 된장의 텍스처 항목에 대하여 온도와 가열시간을 반응변수로 한 반응표면분석을 SAS(SAS Institute, 1990)를 사용하여 실행하였다(Montgomery, 1984). 온도와 가열시간에 따른 텍스처 특성치에 대해 다중회귀분석을 실시하고, 반응변수에 대한 모델을 다항회귀식으로 추정하였으며(성내경, 1996), SAS/GRAPH를 이용하여 3차원도(3-dimensional plot)를 작성하였다(성내경, 1995).

결과 및 고찰

된장의 고온 살균 시 가열 온도 및 시간에 따른 된장의 경도(hardness)는 Table 1과 같이 열처리 시간에 따라 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 즉 100°C에서 20분 처리 시 50.10 g으로 증가하였다가 30분 처리 시 31.77 g으로 감소하였고, 110°C에서는 10분 이상, 120°C에서는 30분 이상처리 시 감소하기 시작하였다. 된장의 경도는 가열처리 조건에 따라서 유의적인 차이를 보여 가열처리 시간과 온도가 된장의 경도에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 가열 온도와 시간에 따른 된장의 경도에 대한

Table 1. Hardness* of heat-treated Doenjang (unit: g)

Time (min)	Temperature (°C)		
	100	110	120
0	39.27 ^{abcde}		
5	35.83 ^{de}	48.70 ^{ab}	39.17 ^{abcde}
10	47.90 ^{abc}	47.90 ^{abc}	42.73 ^{abcde}
20	50.10 ^e	39.50 ^{abcde}	42.43 ^{abcde}
30	31.77 ^e	44.47 ^{abcd}	46.80 ^{abcd}
40	35.70 ^{de}	37.13 ^{cde}	37.73 ^{bcde}

*Values with same letter(s) are not significantly different ($\alpha=0.05$).

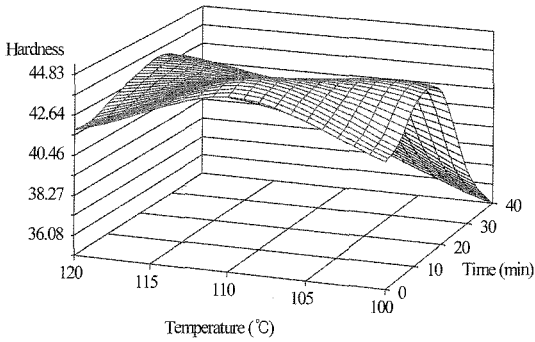


Fig. 1. Response surface of hardness of *Doenjang* to heat sterilization conditions.

반응표면을 작도한 결과는 Fig. 1과 같다.

가열살균에 의한 된장의 경도 변화는 단백질의 열변성과 열에 의해 생성된 화합물과 단백질 간의 반응에 기인하는 것으로 추정된다. 즉, 가열초기에는 열에 의해 된장의 단백질이 변성되고, 된장의 단백질과 당의 반응인 Maillard 반응과 당의 카라멜화 반응이 촉진되어 갈변을 가속되며(김동훈, 1998; 목철균, 2006), 이 때 생성된 축합 및 중합체가 열변성된 단백질과 가교결합을 하기 때문에(Belitz et al., 2004) 경도가 증가하는 것으로 사료된다. 한편, 계속된 열처리는 생성된 고분자 중합체를 분해하여 분자량을 낮추고, 축합 및 중합물질 생성 시 발생하는 수분에 의해(Belitz et al., 2004; Mehas와 Rodgers, 1998; 김동훈, 1998) 된장의 경도를 감소시키는 것으로 생각된다.

TPA에서 부착성(adhesiveness)은 plunger로 된장 시료를 눌렀다가 되돌릴 때 나타나는 저항으로서 음수로 표시된다. 즉, 값이 작을수록 부착성이 큼을 의미한다. 살균조건에 따른 된장의 부착성은 Table 2와 같이 살균온도와 시간이 증가할수록 증가하다

Table 2. Adhesiveness* of heat-treated *Doenjang* (unit: gcm)

Time (min)	Temperature (°C)		
	100	110	120
0	-26.08 ^a		
5	-65.54 ^{ab}	-77.37 ^{ab}	-84.54 ^{ab}
10	-126.98 ^{ab}	-150.49 ^b	-119.24 ^{ab}
20	-146.51 ^b	-73.92 ^{ab}	-103.31 ^{ab}
30	-69.45 ^{ab}	-94.66 ^{ab}	-98.53 ^{ab}
40	-86.47 ^{ab}	-40.44 ^{ab}	-89.86 ^{ab}

*Values with same letter(s) are not significantly different ($\alpha=0.05$).

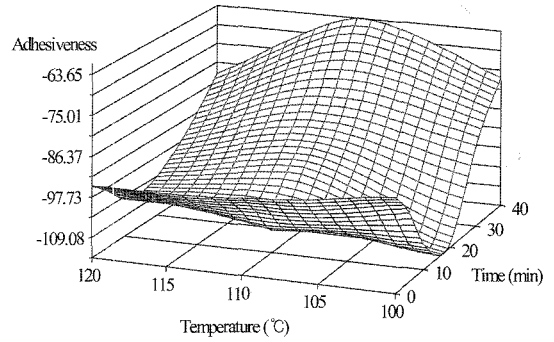


Fig. 2. Response surface of adhesiveness of *Doenjang* to heat sterilization conditions.

가 감소하는 경향을 보였다. 살균온도와 시간에 따른 부착성의 반응표면은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 살균시간 20분을 기준으로 양상이 변화하였다. 즉 20분 이하의 열처리는 부착성을 증가시켰고, 그 이상의 처리는 부착성을 감소시켰다. 된장은 가열 살균 전에 -26.08 g·cm의 부착성을 나타내었으나 100°C에서 20분 처리 시 -146.51 g·cm로 가장 높은 부착성을 보였고, 그 이상의 열처리에서는 감소하기 시작하였다. 이러한 경향은 다른 온도에서도 관찰되었는데, 110°C와 120°C의 경우는 10분간 열처리 후 최대값을 보였으며 각각 -150.49 g·cm와 -119.24 g·cm의 값을 보였다.

가열살균 조건에 따른 된장의 부착성 변화 패턴은 위에서 살펴 본 경도의 변화와 유사한 패턴을 보이는 것으로서, 초기 가열은 된장의 경도와 부착성을 증가시키며, 가열이 진행됨에 따라 경도와 부착성이 낮아짐을 알 수 있다.

초기 가열에 의한 된장의 부착성 증가도 Maillard 반응 및 카라멜화 반응에 의한 중합체 생성과 자유수의 감소에 기인하는 것으로 사료되며(Belitz et al., 2004; Mehas and Rodgers, 1998), 계속된 열처리에 의한 부착성의 감소는 된장 단백질의 열분해와 축합 및 중합반응에 의해 생성된 수분(Belitz et al., 2004; 김동훈, 1998)이 윤택작용을 하기 때문으로 사료된다.

응집성(cohesiveness)도 Table 3에 나타난 바와 같이 경도와 부착성의 경우와 마찬가지로 가열 시간에 따라 증가하다가 감소하는 경향을 보였으며, 반응표면은 Fig. 3과 같았다.

열처리 전 된장의 탄성(springiness)은 Table 4에서 보는 바와 같이 0.3683이었고 가열처리시간과 온도가 증가할수록 증가하였으며 100°C에서 30분 가열

Table 3. Cohesiveness* of heat-treated Doenjang

Time (min)	Temperature (°C)		
	100	110	120
0	0.2400 ^p		
5	0.2843 ^{ab}	0.3610 ^{ab}	0.3730 ^{ab}
10	0.3977 ^{ab}	0.4893 ^a	0.3750 ^{ab}
20	0.3737 ^{ab}	0.3647 ^{ab}	0.4473 ^{ab}
30	0.3553 ^{ab}	0.3007 ^{ab}	0.4160 ^{ab}
40	0.4070 ^{ab}	0.2490 ^b	0.3887 ^{ab}

*Values with same letter(s) are not significantly different ($\alpha=0.05$).

Table 4. Springiness* of heat-treated Doenjang

Time (min)	Temperature (°C)		
	100	110	120
0	0.3683 ^p		
5	0.4983 ^{ab}	0.5323 ^{ab}	0.4723 ^{ab}
10	0.6643 ^{ab}	0.6773 ^{ab}	0.6270 ^{ab}
20	0.6563 ^{ab}	0.5197 ^{ab}	0.7297 ^{ab}
30	0.8960 ^a	0.4790 ^{ab}	0.6597 ^{ab}
40	0.6323 ^{ab}	0.3737 ^b	0.5970 ^{ab}

* Values with same letter(s) are not significantly different ($\alpha=0.05$).

했을 때 가장 높은 0.8960의 값을 보여 처리하기 전과 유의적인 차이를 보였다. 또한 어느 정도 이상으로 가열시간이 증가할 경우 탄성은 다시 감소하는 경향을 보여 100°C에서 40분 처리 시 0.6323으로 감소하였다. 가열처리에 따른 탄성의 변화경향은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 안정형태의 변화를 보였으며, 전반적으로 경도, 부착성, 응집성 등과 같은 패턴의 변화를 보임을 알 수 있었다.

가열 처리한 된장의 압축 시 초기응력(initial stress)의 변화는 Table 5와 같다. 가열살균 전 된장의

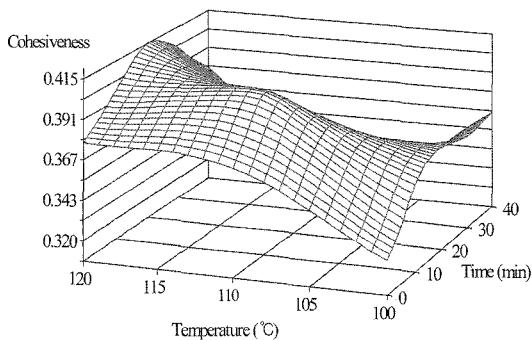


Fig. 3. Response surface of cohesiveness of Doenjang to heat sterilization conditions.

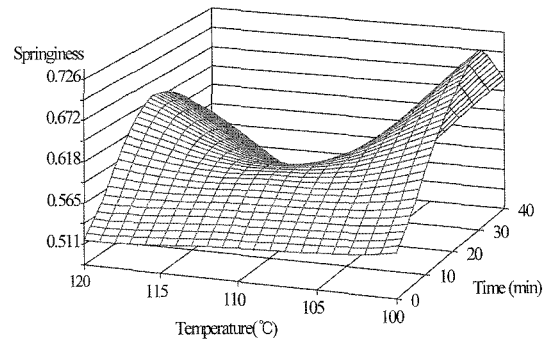


Fig. 4. Response surface of springiness of Doenjang to heat sterilization conditions.

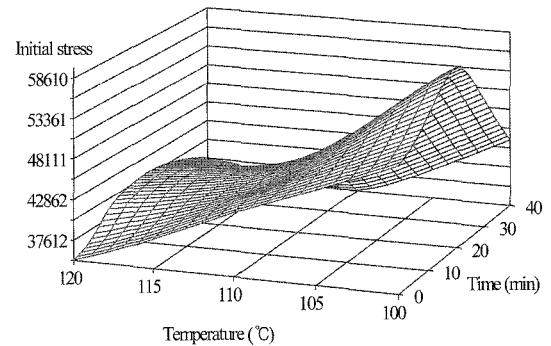


Fig. 5. Response surface of initial stress of Doenjang to heat sterilization conditions.

초기응력은 4.8693×10^4 dyne/cm²이었던 것이 100°C에서 5, 10, 20분간 살균한 경우 그 값이 각각 4.8833×10^4 , 5.2000×10^4 , 7.2053×10^4 dyne/cm²을 나타내어 가열시간에 따라 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 이에 반하여 110°C와 120°C에서 살균한 경우는 살균전의 초기응력과 유사한 값을 보였다.

가열온도와 시간에 따른 초기응력의 변화는 Fig. 5와 같이 가열 초기에는 증가하다가 가열시간이 길

Table 5. Initial stress* of heat-treated Doenjang

(unit: 10^4 dyne/cm²)

Time (min)	Temperature (°C)		
	100	110	120
0	4.8693 ab		
5	4.8833 ab	4.9353 ab	2.8248 b
10	5.2000 ab	3.7325 b	4.6303 b
20	7.2053 a	4.2893 b	4.1533 b
30	5.0607 ab	4.4020 b	4.0047 b
40	4.2020 b	2.7766 b	4.4437 b

*Values with same letter(s) are not significantly different ($\alpha=0.05$).

Table 6. Response surface model for texture of heat-sterilized Doenjang as functions of temperature and time

Texture	Regression equation*
Hardness (g)	$Y = -148.81 + 3.6156 T - 0.7494 \theta - 0.0171 T^2 + 0.0113 \theta \cdot T - 0.0145 \theta^2$
Adhesiveness (gcm)	$Y = -1502.1 + 25.855 T - 2.7185 \theta - 0.1167 T^2 - 0.0092 \theta \cdot T + 0.1003 \theta^2$
Cohesiveness	$Y = 3.4679 - 0.0603 T + 0.0125 \theta + 0.0003 T^2 - 0.0001 \theta \cdot T - 0.0001 \theta^2$
Springiness	$Y = 15.6968 - 0.2792 T + 0.0361 \theta + 0.0013 T^2 - 0.0001 \theta \cdot T - 0.0005 \theta^2$
Initial stress (dyne/cm ²)	$Y = 8.7552 \times 10^4 - 1.4266 \times 10^4 T - 640.026 \theta + 59.941 T^2 + 18.8007 \theta \cdot T - 35.2202 \theta^2$

*T = temperature (°C), θ = time (min)

어질 경우 다시 감소하는 경향을 보였으며 온도가 높을수록 초기응력은 작은 값을 나타내는 경향을 보였다.

가열처리조건이 각각의 물성에 미치는 영향을 반응표면 모델식으로 나타낸 결과는 Table 6과 같다. 이 모델식은 된장의 가열 살균 시 온도와 시간에 따른 텍스처 특성의 변화를 예측하는데 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과로부터 가열처리는 된장의 물성을 크게 변화시키는 것으로 확인되었으며, 고온 장시간 처리는 물성을 초기 물성과 유사하게 변화시켰으나 극심한 변색(목철균, 2005)을 수반하므로 열처리 단독으로는 된장 살균에의 적용에 한계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 된장의 저장성 향상에는 가열과 함께 에탄올 첨가, 천연보존료 등을 병용하는 허들기술의 적용이 필요하고, 아울러 방사선조사, 초고압 살균 등 비열살균 기술에 대한 검토도 요구된다.

요 약

가열살균 시 가열에 따른 된장의 텍스처 변화를 조사하였고 살균온도와 살균시간을 변수로 한 살균 된장의 경도, 부착성, 응집성, 탄성, 초기응력에 대한 반응표면 모형을 제시하였다. 초기 열처리는 된장의 텍스처에 뚜렷한 변화를 수반하였고, 경도, 부착성, 응집성, 탄성, 초기응력 등 된장의 모든 텍스처 특성치를 증가시켰으며, 이후 계속된 열처리에 의해 이들 텍스처 특성치는 감소하는 경향을 보였다. 가열처리는 된장의 물성을 크게 변화시키므로 가열살균 단독으로는 된장의 살균에 적합하지 않은 것으로 나타났다.

참고문헌

김동현. 2004. 한국장류산업 현황과 활성화 방안. 식품

음료신문 2004. 6. 1. 식품음료신문사, 서울, 대한민국
 김동훈. 1998. 식품화학. 탐구당, 서울, 대한민국. pp. 404-421
 김종생, 최성현, 이상덕, 이규희, 오만진. 1999. 살균 된장의 저장과정 중 품질변화. 한국식품영양과학회지 **28(5)**: 1069-1075
 목철균. 2006. 가열살균공정에 의한 된장의 변색. 산업식품공학 **10(2)**: 100-106
 박병준, 장규섭, 김동호, 육홍선, 변명우. 2002. 감마선 조사와 저염함량으로 제조한 된장의 미생물 및 품질 특성 변화. 한국식품과학회지 **34(1)**: 79-84
 성내경. 1995. SAS/GRAPH - 통계그래픽스. 자유아카데미, 서울, 대한민국. pp. 219-249
 성내경. 1996. SAS/STAT - 회귀분석. 자유아카데미, 서울, 대한민국. pp. 201-217
 식품의약품안전청. 2005. 식품공전. 식품의약품안전청. 서울, 대한민국. p. 372.
 유승곤, 김인호, 김종생, 최성현, 오만진, 김용국, 이인기. 1998. 향류식 열교환기에 의하여 멸균된 된장의 미생물군 및 색도. 한국생물공학회지 **13(5)**: 724-729
 유진영. 1992. 된장의 보존기간 연장을 위한 천연보존료의 검색. 한국산업미생물학회 추계학술대회. 1992. 10. 30.
 이서래. 1986. 한국의 발효식품. 이화여자대학교 출판부. 서울, 대한민국
 이순원, 신순영, 유태종. 1985. 저염된장 제조시 에탄올 첨가효과. 한국식품과학회지 **17(5)**: 336-339
 이정옥, 류충호. 2002. Nisin 생성 유산균을 이용한 저염 된장의 제조. 한국식품영양과학회지 **31(1)**: 75-80
 Joo, H.K. and N.D. Kim. 1996. Study on the browning inhibition in soybean paste(doenjang). J. Food Sci. Technol. **1**: 29-40
 Belitz, H.D., W. Grosch and P. Shieberle. 2004. Food Chemistry, Springer-Verlag, Berlin, Germany. pp. 268-288
 Mehas, R.Y. and S.L. Rodgers. 1998. Food Science, The Biochemistry of Food and Nutrition. 3rd edition. Glencoe/McGraw-Hill, Peoria, IL. U.S.A. pp.119-120
 Montgomery, D.C. 1984. Design and Analysis of Experiments. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York, NY, U.S.A. pp. 445-474
 SAS Institute, Inc. 1990. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC. U.S.A.