

증편제조를 위한 퍼지 이론 적용에 관한 연구

권 경 순[†]

서해대학 호텔조리영양과

A Study on the Preparation of Jeung-pyun by Application of the Fuzzy Theory

Kyung-soohn Kwon[†]

Dept. of Hotel Culinary Arts & Nutrition, Sohae College, Kusan, 573-717, Korea

Abstract

In this paper, we proposed a preparation of Jeung-pyun (Korean fermented steamed rice cake with sour taste and spongy texture) using fuzzy theory. Before this preparation was introduced, it thoroughly analyzed the existing data of Jeung-pyun preparation with sensory evaluation and instrumental measurement. It defined a membership function of Fuzzy set by analyzed three sorts of data on Jeung-pyun. And it established the Fuzzy model using the quantity of materials as input, such as rice, flour, wheat flour and fermentation time, and the sensory test scores as output, such as grain, softness, sourness, chewiness, overall quality, pH value and volume, respectively. We got the results that the Fuzzy model was accord with the conventional method with sensory evaluation. And the validity of this method is shown through the computer simulation of the test data. Therefore, the proposed method by Fuzzy model will apply to make Jeung-pyun without sensory evaluation. This study will contribute to develop standard preparation for korean foods and expert system of preparation using computer system.

Key words : Fuzzy theory, Jeung-pyun.

서 론

1940년대에 최초로 컴퓨터가 등장한 이래 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어는 실로 엄청난 발전을 보여 우리 주위에서는 없어서는 안될 중요한 도구가 되어 우리가 원하는 많은 일을 대신해주고 있다. 컴퓨터가 일을 하기 위해서는 우리가 주위 현상을 숫자로 바꾸어 주어야 하고 컴퓨터는 이 숫자를 계산함으로써 우리가 원하는 바를 대신하고 있다. 이때 숫자로 바꿀 때에는 정확한 숫자로 바꾸어 주어야 한다. 그러나 우리는 일상생활에서 정확한 숫자로 나타내기 어려운 모호한 표현을 하는 경우가 많이 있는 것을 볼 수가 있다. 컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바

를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 숫자는 물론이고 모호한 표현을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 인간의 모호한 표현을 처리할 수 있는 이론적인 바탕을 제공하는 것이 퍼지이론(Fuzzy Theory)이다. 퍼지이론은 모호하게 표현된 자료를 우리에게 유용한 자료를 만들어 이용하기 위하여 퍼지집합(Fuzzy Set), 퍼지논리(Fuzzy Logic), 퍼지숫자(Fuzzy Number) 등의 개념을 포함하고 있다¹⁾. 퍼지이론이 처음 소개된 이래로 퍼지이론과 그 응용에 관한 연구가 퍼지 제어, 경영의사결정, 식품 화학, 제약공업, 날씨정보 그리고 인사관리 등의 퍼지 전문가시스템 등에 급속하게 진전되어 왔다²⁾. 따라서 본 연구는 퍼지이론을 떡의 전통적 제조법에 적용함으로써 지금까

[†] Corresponding author : Kyung-soohn Kwon

지의 자료조사를 근거하여 관능검사 및 기계검사를 통하여 제시된 증편제조의 표준화 방법을 더욱더 체계화하고 쉽게 응용할 수 있도록 그 방법을 제시하고자 하였다. 즉, 증편은 습식제분한 쌀가루를 발효시켜 짜낸 우리나라 고유의 발효 떡으로서^{3,4)} 시큼한 맛과 해면상의 조직을 가진 여름 떡이다. 증편의 발효제로 고서에서는^{5~8)}술과 누룩을 사용하고 있으며 그 외의 일부 조리서에서는^{9~11)} 탁주 이외에 엿기름물, 효모, 소다, 누룩 등이 이용되고 있고 충청북도의 향토음식에서는 콩물도 발효제로 사용되었다.^{12,13)} 또한 증편의 발효온도와 시간은 따뜻한 곳(50~60℃)에서 기주될 때까지로 명시되어 있다.^{5~13)} 국내의 증편에 대한 연구는 개량화된 증편 제조법에 관한 연구로 발효원으로 탁주 대신 효모로 사용한 김¹⁴⁾과 김¹⁵⁾의 연구 그리고 탁주와 효모를 발효원으로 사용한 전¹⁶⁾의 연구가 있을 뿐 대략적인 방법으로 모호하게 표현된 것이 대부분으로 조리법을 표준화시킨 것은 거의 없고 몇몇 연구자들^{14~16)}에 의한 자료를 토대로 연구되었다. 따라서 그 이전에 확립되어야 할 전통적 증편 제조법의 표준화를 위한 연구는 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구는 일차적으로 한국의 떡 중에서 밀가루 빵과 유사하여, 서구화된 맛에 길들여진 사람들에게도 수용될 수 있고, 부패와 노화가 비교적 더딘 증편을 택하여, 이의 제조방법을 표준화시키는데 그 목적을 두었으며, 본 연구에서는 현재까지 개발된 제조법들은 재료의 선정 및 분량 등이 일반적으로 경험, 통계적이므로 퍼지이론과 규칙기반 이론 등을 적용하여 재료의 선정 및 분량에 따른 증편의 관능지수를 제시함으로써 임의의 재료량의 배합에 따른 특성을 추론할 수 있는 방법을 제시하였다.

재료 및 방법

1. 대상음식의 선정

본 연구에서는 김의 연구¹⁵⁾ 자료를 토대로 쌀가루에 발효원으로 yeast를 첨가하고 약주는 flavoring으로 하여 발효시간의 차이가 증편의 texture에 어떠한 영향을 미치는가를 비교 연구함과 동시에 쌀가루에 밀가루를 일부 첨가한 복합 분을 이용한 증편제조의 관능검사와 기계검사를 병행한 재료 및 분량을 근거로 대상음식을 선정하였다.

2. 재료 및 적용 방법

김의 연구¹⁵⁾에 제시된 자료에서 구한 실제데이터로 쌀가루, 밀가루 및 발효시간에 따른 관능지수의 값으로 구성하여 실험데이터로써 45개의 데이터를 얻은 다음 실제데이터와 똑같은 특성을 가지도록 퍼지모형을 구성하였다. 퍼지모형의 입력은 쌀가루, 밀가루 및 발효시간이 되며, 출력은 조직, 부드러운 정도, 신장도, 씹힘성, 전체적인 특성과 증편반죽의 pH, 증편의 pH 및 증편의 volume 에 대한 관능지수가 된다. 실제데이터와 퍼지모형의 출력을 비교하여 모형의 정확도를 보였으며, 임의의 쌀가루, 밀가루 및 발효시간에 대한 관능지수를 퍼지모형을 통하여 계산적으로 추론됨을 보였다.

3. 제조법에 응용하기 위한 퍼지이론¹⁾

일반적인 집합론에서는 원소가 집합에 속해 있는가 속해 있지 않은가를 명료하게 나타낸다. 그러나 퍼지 집합은 일반적인 집합개념을 확장한 것으로 원소가 그 집합에 모호하게 속할 때 속한 정도를 표현하는 집

Table 1. Formulas and fermentation time for Jeung-pyun¹⁵⁾

Treatments	Ingredients	Starter (ml)	Rice flour (g)	Wheat flour (g)	Yak-ju (ml)	Water (ml)	Sugar (g)	Salt (g)	Fermentation time (hr)
A-0		150	200	—	100	—	60	2	0
B-0		150	150	50	120	10	60	2	0
C-0		150	100	100	130	20	60	2	0
A-2		150	200	—	100	—	60	2	2
B-2		150	150	50	120	10	60	2	2
C-2		150	100	100	130	20	60	2	2
A-4		150	200	—	100	—	60	2	4
B-4		150	150	50	120	10	60	2	4
C-4		150	100	100	130	20	60	2	4

합이다. Zadeh교수는 인간이 사용하는 말의 의미 개념 속에 포함된 모호함을 정량적으로 표현하기 위한 방법으로 membership 함수를 사용한 퍼지집합의 개념을 도입하였다.

따라서 본 연구에서는 증편 제조의 표준화를 위하여 경험 및 통계적 혹은 모호하게 이용되는 주재료들에 membership 함수에 의한 퍼지이론을 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 증편의 전통적 제조법 재료의 분석

다양한 재료의 사용으로 인한 제조에 관한 자료는 있으나 체계적인 연구나 표준화된 제조법에 관한 연구는 관능검사 및 기계검사에 의한 방법¹⁵⁾외에는 거의

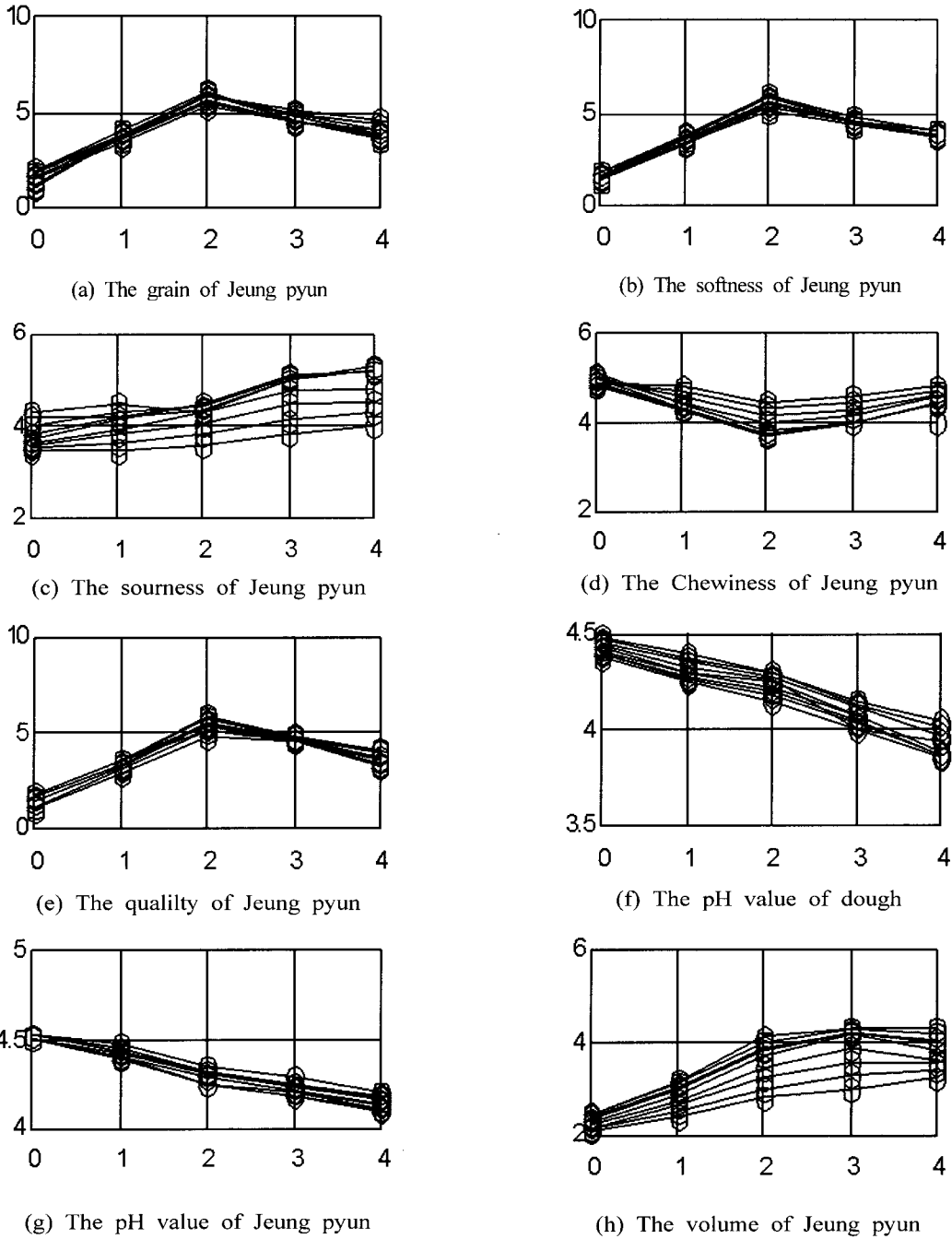


Fig. 1. Sensory evaluation scores of Jeung pyun with varying wheat flour contents versus fermentation time¹⁵⁾.

없다. 다양한 자료조사와 관능검사를 병행한 증편에 관한 주재료(쌀가루와 밀가루의 배합 비)분량 및 발효시간의 변화에 따른 특성은 Table 1과 같다.

Table 1¹⁵⁾에서 나타나듯이 증편의 주재료인 쌀가루와 밀가루의 배합비가 각각 200% : 0%, 150% : 50%, 100% : 100%이었으며, Fig. 1에서 각 그림의 횡축에는 쌀가루와 밀가루의 비율을, 종축에는 발효시간의 변화에 따른 증편의 조직(grain), 부드러운 정도(softness), 신장도(sourness), 씹힘성(chewiness), 전체적인 특성(overall quality)과 증편반죽의 pH, 증편의 pH 및 증편의 volume에 대한 관능지수를 알 수 있었다.

2. 증편 제조법의 퍼지모델 및 구성

제조법에서 모호한 재료선택에 의한 제조법의 구조적인 문제에 대한 제조법의 과정을 퍼지이론으로 접근하는 방법에 대하여 고찰하였다. 제조는 사용된 재료의 종류, 재료의 양 그리고 방법 등에 따라 맛과 특성이 달라질 것이다. 따라서 제조법은 사용된 재료의 종류, 재료의 양, 제조방법, 발효시간 등의 기타 요인에 따라 관능지수가 달라진다.

본 연구에서는 재료의 양 및 발효시간의 변화에 따른 관능지수를 퍼지를 사용하여 추론할 수 있도록 적용하여 관능검사를 하지 않고 추론에 의하여 관능지수를 구할 수 있는 방법을 검토하였다. 즉 재료의 양 및 발효시간의 변화에 따른 관능지수의 값을 경험적으로 구하고, 이 경험적 지식을 이용하여 퍼지모델을 구축한다. 이 퍼지모델을 이용하여 재료의 양 및 발효시간에 따른 관능지수를 추론할 수 있다.

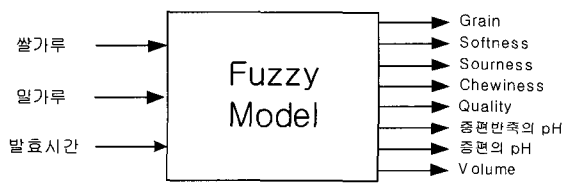


Fig. 2. The structure of fuzzy model.

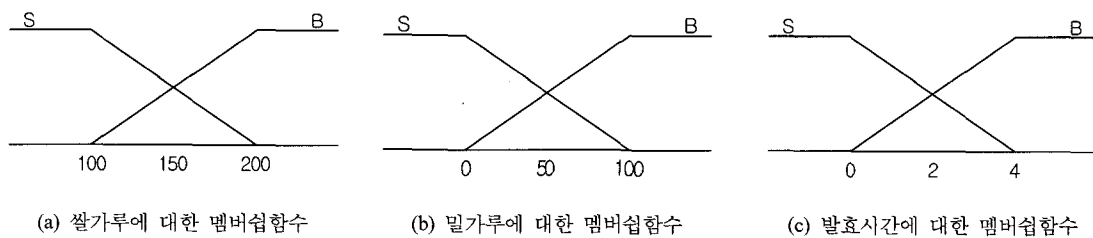


Fig. 3. Membership function of materials.

입력변수는 증편제조에 있어서 가장 많이 사용되는 쌀가루와 밀가루의 배합 비, 발효시간으로 설정하였고, 출력변수는 조직, 부드러운 정도, 신장도, 씹힘성, 전체적인 특성의 관능지수 및 증편반죽의 pH, 증편의 pH 및 volume의 값으로 설정하여 퍼지모델을 구축하였으며, 블록으로 나타내면 Fig. 2와 같다.

각각의 재료에 대한 멤버쉽 함수는 Fig. 3과 같은 규칙이 두 가지인 삼각형을 사용하여, 조사된 자료에 근거하여 멤버쉽의 scaling factor를 결정하였다. 여기서 기호 S는 Small, 그리고 B는 Big을 나타낸다.

퍼지 모델의 구조는 후반부가 선형식이고, 출력은 선형추론법을 사용하여 추론할 수 있다.

구현규칙은 다음과 같이 정의된다.

$$R^i : \text{IF } x_1 \text{ is } A_{i1}, \dots \text{ and } x_k \text{ is } A_{ik} \text{ then } y = f_i(x_1, \dots, x_k) = a_0 + a_{i1}x_1 + \dots + a_{ik}x_k$$

여기서, R^i 는 i 번째 규칙, x_j 는 입력변수(쌀가루, 밀가루, 발효시간),

A_{ij} 는 퍼지집합의 멤버쉽함수,

$a_{ij} (i=1, \dots, n : j=1, \dots, k)$ 는 후반부의 파라미터이다.

추론을 하기 위해서는 먼저 후반부 파라미터 a_{ij} 를 구해야 하며 최소자승법에 의하여 다음처럼 구할 수 있다.

$$\hat{a} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

여기서 X 는 실험 데이터의 입력, Y 는 실험 데이터의 출력이다.

그러면 다음의 추론식을 사용하여 임의의 입력 $X^o = \{ x_1^o \ x_2^o \ \dots \ x_k^o \}$ 에 대하여 추론할 수 있다.

$$y^o = \frac{w_1 f_1(x_1^o, \dots, x_k^o) + \dots + w_n f_n(x_1^o, \dots, x_k^o)}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

y^* 는 룬된 값(관능지수), 그리고 w_i 는 전반부의 적합도이다.

i 번째 규칙에 대한 전반부의 적합도 w_i 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$w_i = \prod_{k=1}^n \mu_{A_{ik}}(x_k)$$

여기서, $\mu_{A_{ik}}(x_k)$ 는 퍼지집합 A_{ik} 의 x_k 에 대한 멤버십 값이다.

결론적으로 경험적 지식 기반 퍼지 모델을 구축하고, 이 퍼지 모델로부터 재료의 양에 따른 관능지수를 추론할 수 있다. 이 방법을 이용하면 제조를 하기 전에 재료의 양 및 제조방법에 따른 관능지수를 예측할 수 있어서 아주 유용할 것이다.

3. 시뮬레이션 및 결과

시뮬레이션에 사용되는 멤버십 함수는 문헌¹⁵⁾에 있는 정보를 기초로 하여 앞에서 나타낸 방법을 사용하여 구축된 퍼지모델의 추론 결과와 실제 데이터와의 비교를 Fig. 4에 보여주었다. Fig. 4에서 각 그림의 종축은 data 수, 횡축은 쌀가루, 밀가루 및 발효시간의 변화에 따른 증편의 조직(grain), 부드러운 정도(softness), 신정도(sourness), 씹힘성(chewiness), 전체적인 특성(overall quality)과 증편반죽의 pH, 증편의 pH 및 증편의 volume에 대한 관능지수를 나타낸다.

파란색 실선은 원래의 모델이고 빨간색 점선은 추론모델에 의한 출력력을 보여줌으로써 관능검사를 실시하여 작성된 표준조리법의 관능지수와 관능검사를 하지 않고 추론에 의하여 얻어진 관능지수가 매우 흡사함을 알 수 있었다.

- 파란색 실선은 원래의 모델에 의한 출력
- 빨간색 점선은 추론모델에 의한 출력

관능지수와 추론 결과의 오차를 구해보면 각각 다음과 같다.

- (a) 0.11766 (b) 0.10553 (c) 0.00953 (d) 0.00723
(e) 0.09594 (f) 0.00036 (g) 0.00016 (h) 0.01097

퍼지모델 구축의 정확도를 알아보기 위해 실험 데이터를 입력하여 테스트해 보면 쌀가루 = 112g, 밀가루 = 87.5g, 발효시간 = 2일 경우 증편의 조직, 부드러운 정도, 신정도, 씹힘성, 전체적인 특성과 증편반죽의

pH, 증편의 pH 및 증편의 volume에 대한 실험 데이터는 각각 5.8750, 5.4700, 4.3500, 3.7250, 5.1500, 4.2870, 4.3300, 4.000이고, 추론 데이터는 각각 5.4185, 4.9737, 4.5008, 3.8967, 4.7973, 4.2738, 4.3457, 3.9215이 되어 거의 유사하게 추론됨을 알 수 있었다.

퍼지추론을 사용하여 임의의 재료량에 대한 관능지수를 복잡한 실험이 아닌 계산을 통하여 구할 수 있다. 예를 들어 쌀가루 = 130g, 밀가루 = 120g, 발효시간 = 3시간 일 경우에는 증편의 조직, 부드러운 정도, 신정도, 씹힘성, 전체적인 특성과 증편반죽의 pH, 증편의 pH 및 증편의 volume에 대해 각각 4.7326, 4.3607, 4.6073, 4.2178, 4.0334, 4.1135, 4.2563, 3.8129과 같이 관능지수를 추론할 수 있다.

요 약

지금까지의 요리의 조리법에 대한 우수성은 관능검사의 결과에 의존하고 있는 실정으로, 관능검사의 결과는 조리과정 및 재료량에 영향을 받으며, 매년 요리의 조리과 관능검사 과정에 시간소비와 시행착오를 거쳐야 할 뿐만 아니라 최상의 조리법 및 재료량을 찾아내는 것도 쉽지만은 않았다.

본 논문에서는 시간소비 및 시행착오를 줄이기 위한 대안으로써 컴퓨터 시뮬레이션 방법을 제안하였다. 퍼지이론을 사용하여 몇 번의 실험을 통한 실험데이터로부터 퍼지 모델을 구성하고 퍼지 모델로부터 재료량 및 조리법에 따른 관능지수를 찾을 수 있으며, 최적의 관능지수가 얻어질 수 있는 재료량 및 조리법을 유추해내는 방법이다.

퍼지 모델은 실험으로부터 얻어진 재료량의 변화에 따른 관능지수의 관계로부터 얻어질 수 있으며 전반부와 후반부로 구성되어 있다. 추론방법은 간략 추론법을 사용하였다.

본 논문에서는 이 방법을 증편제조에 적용해 보았으며 제조법은 기존의 방법을 사용하였고 재료량에 따른 관능지수 변화에 제한을 두었다. 퍼지모델의 입력으로는 증편제조에 필요한 재료들의 양을 사용하였고, 조직, 부드러운 정도, 신정도, 씹힘성, 전체적인 특성 및 증편반죽의 pH, 증편의 pH 및 volume의 관능지수는 퍼지모델의 추론과정을 거쳐 출력부로 나오게 되었다. 본 논문에서는 재료의 양 및 관능지수의 변화를 매우 제한적인 경우에 대해서 제시를 하였지만, 증편을 직접 제조하여 관능지수를 평가하지 않고 다양한 재료의 종류, 양 및 제조방법에 따른 정확하고 보편적인 관능지수를 퍼지모델의 시뮬레이션을 통하여 측

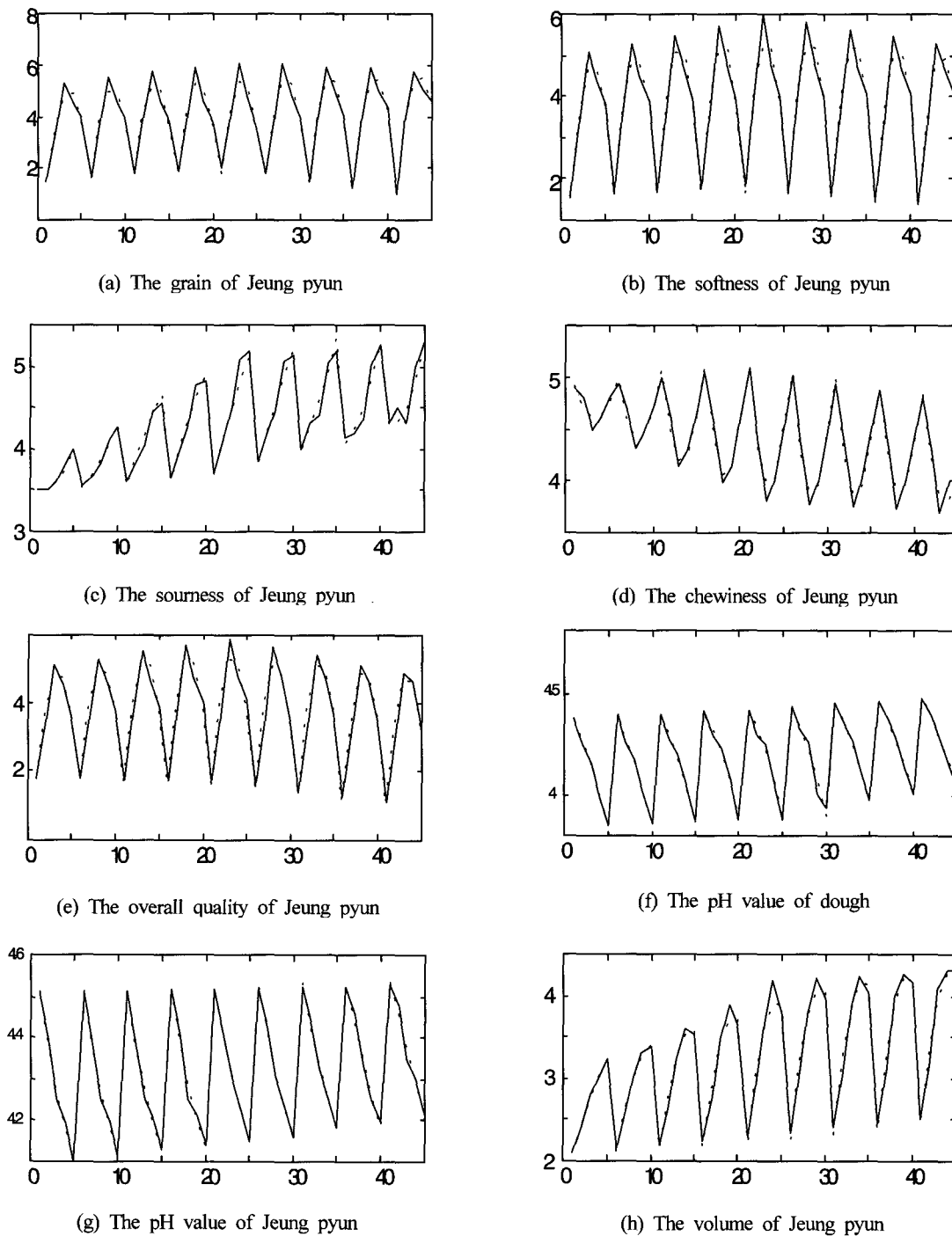


Fig. 4. Compare to original and reasoning model.

정할 수도 있으며, 원하는 특성을 얻을 수 있도록 적합한 재료량을 추론할 수 있다. 또한 이 방법은 제조법의 과학화 및 전산화에 용이하게 응용할 수 있을 것이며, 식이요법이 필요한 환자의 체계적인 영양관리 등에 적용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 서해대학 2001학년도 교수해외연수지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Zimmermann, H. J. : Fuzzy Set Theory and Its Applications, Kluwer-Nijhoff Publishing, (1986).
2. 박민용: 퍼지제어 응용 사례. *정보과학회지*, **10**(1), 65~72 (1992).
3. 이효지 : 조선시대 떡류의 분석적 고찰. *한국음식문화연구원 논총*, p.45(1988).
4. 김상순 : 한국전통식품의 고찰, 숙명여자대학교 출판부, p.334(1985).
5. 황혜성 편: *규곤시의방(해설본)*, 한국인서출판사, p.11 (1980).
6. 憑虛閣李氏 原著, 鄭良婉 譯: *閩閩叢書, 寶晉齋*, p.93 (1975).
7. 황혜성 : 한국민속종합조사보고서, 제15책, 향토음식편, 제 2장, 문화재관리국. p.144(1981).
8. 국학간행회 편 : *조선요리제법*, 민속원, p.128~129 (1943).
9. 염초애, 장명숙, 윤숙자: *한국음식*, 효일문화사, p.261 (1992).
10. 한희순, 황혜성, 이해경: *이조궁정요리통고*, 학업사, p.171(1957).
11. 방신영 : 우리나라 음식 만드는 법, 청구문화사, p.249~251(1954).
12. 강인희 : *한국의 맛*. 대한교과서주식회사, 서울, p.421 (1990).
13. 황혜성 : *궁중음식 향토음식*, 홍보문화사, p.82(1980).
14. 김천호, 장지현 : *재래식 증병 제조법의 개량화에 관한 연구*. *대한가정학회지*, **8**, 292(1972).
15. 김영희 : *밀가루 첨가 및 발효시간에 따른 증편의 특성*. *대한가정학회지*, **23**, 71(1985).
16. 전해경 : *증편의 부재료 및 첨가제에 따른 품질특성*. 숙명여자대학교 박사논문(1992).
17. 이춘영: *쌀과 문화*, 서울대학교출판부, p.102~103(1991).
18. 왕준련: *한국요리백과(III)*, 범한출판사, p.101 (1984).
19. 김광옥, 이영춘 : *식품의 관능검사*, 학연사, p.91~99 (1989).
20. 이진창 : *퍼지의사결정*. *한국정보과학회지*, **10**(1), p.23~37 (1992).
21. 오경환, 조선영 : *Fuzzy Reasoning*. *한국정보과학회지*, **10**(4), p.43~49(1992).

(2002년 7월 16일 접수)