

## 퍼지추론을 이용한 쌀밥의 관능평가

이승주 · 노완섭 · 최유철  
동국대학교 식품공학과

### Sensory Evaluation of Cooked Rice with Fuzzy Reasoning

Seung Ju Lee, Wan Seob Noh and Yoo Chul Choi

Department of Food Science and Engineering, Dongguk University

#### Abstract

Fuzzy reasoning was applied to sensory evaluation of cooked rice. A sensory attribute diagnostics was done in terms of four kinds of attributes-texture, taste, odor and appearance which determine overall palatability. First, rating for the contribution level of each attribute to the overall palatability was asked as one of five scales-very important, important, moderate, slight and very slight. Secondly, the preference level of each attribute for a cooked rice sample was asked as one of five hedonic scales-excellent, good, fair, poor and very poor. Thirdly, the results of the scales were converted into fuzzy values and operated by fuzzy reasoning. Finally, the contribution and preference levels of the attributes were composed to infer the overall palatability of cooked rice sample.

Key words: sensory evaluation, fuzzy reasoning, cooked rice

#### 서 론

일반적인 쌀밥의 품질평가 방법으로서 관능검사를 적용하는데, 검사대상이 되는 관능적 요인으로 조직감, 맛, 냄새, 외관, 전체기호도 등을 직접 질문하여 평가한다<sup>(1,2)</sup>. 이때 전체기호도는 관능적 요인들의 기호도가 종합적으로 반영된 결과이기 때문에 서로 밀접한 관계가 있어야 하나 실제로는 관능요인의 전문적 자질에 따라 상호관계의 정도가 좌우된다.

관능검사 결과는 일반적으로 통계처리하여 평균값을 구하고 서로 다른 시료에 대한 평균값 간에 차이의 유의성을 검정한다<sup>(3,4)</sup>. 이에 비하여 퍼지추론(fuzzy reasoning)에서는 평균값화된 결과가 아닌 개개의 결과를 그대로 반영하여 분석하기 때문에 새로운 방법으로 사료된다. 퍼지(fuzzy)의 핵심은 어떤 대상을 반드시 하나의 값(deterministic value)으로 나타내어 처리하는 기존 방식의 제약성을 탈피하여, 여러 값들로 구성된 일종의 집합(퍼지값)으로 나타내어 대략적으로 표현할 수 있는 방법이다<sup>(5,6)</sup>. 이와같은 퍼지값(fuzzy value)은 인간의 일반적인 표현인 애매모호함을 수학적으로 나타낼 수 있는 수단이 된다.

퍼지추론이 식품의 관능검사에 적용되었다<sup>(7)</sup>. 즉 관능 검사로부터 얻어진 과자의 외관, 맛, 강도 등의 관능적

요인에 대한 기호도를 퍼지값으로 나타내고 종합하여 전체기호도를 추론하였다. 퍼지추론은 첫째, 대상을 퍼지값으로 나타내고 둘째, 퍼지값들의 주어진 상호관계(일종의 함수)를 이용하여 퍼지값의 함수관계를 추론하는 과정이다. 그 밖에도 식품공정의 자동제어 분야에 퍼지 제어(fuzzy control)가 적용되었으며<sup>(8)</sup>, 또한 하나의 값으로 표현하기에는 매우 그 성질이 포괄적이고 모호한 특성을 갖는 식품분야에 그 적용이 유망할 것으로 사료된다.

관능요인이 관능적 요인(예: 조직감, 맛, 향, 외관)의 각각에 대하여 기호도를 판단할 때는 각 요인에 대하여 독립적으로 집중할 수 있다. 이에 비하여 전체적인 기호도(overall palatability)를 판단할 때는 여러 관능적 요인을 동시에 고려하여야 하기 때문에 그 판단과정에 복잡함이 수반되어 자연히 결과의 신뢰도가 낮아질 수 있다<sup>(9)</sup>. 그러므로 전체기호도를 평가할 때는 관능요원에 질문된 전체기호도의 결과를 단순히 사용하는 것보다는 각 관능적 요인에 대한 기호도의 결과를 종합하여 전체기호도를 결정하는 것이 더 신뢰성을 높일 수 있다. 한편 퍼지추론은 여러 관능적 요인에 대한 기호도를 종합하여 전체기호도를 추론하는데 효과적 방법으로 보고되었다<sup>(7)</sup>.

따라서 본 연구에서는 쌀밥의 관능검사 분석에 새로운 시도로서 평균값으로 표현하는 기존의 통계분석 대신에 퍼지추론을 적용하였다. 첫째, 쌀밥의 관능적 요인인 조직감, 맛, 향 및 외관이 일반적으로 전체적인 기호도의 결정에 차지하는 비중(기여도)을 추론하였고, 둘째, 관

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Engineering, Dongguk University, 26, Pil-Dong, 3-Ga, Chung-Ku, Seoul 100-715, Korea

능적 요인들에 대한 기호도와 추론된 기여도를 합성하여 쌀밥 시료의 전체기호도를 추론하였다.

**재료 및 방법**

**재료**

1993년 경기도 일대에서 수확하고 도정한 국산 쌀 철원오대(A), 정일품미(B), 특품청결미(C), 경기특미(D)를 시중에서 일시에 다량 구입하여 전 실험기간 동안 4℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

**취반**

쌀 500g을 물로 세미한 후 물을 쌀무게에 대하여 1.4배(w/w)로 가수하고 전기밥솥(RJ-105 금성사)에 넣어 취반하였다. 취반종료 후 10분간 밥솥에 그대로 보관하여 뜸을 들인 후 바로 관능검사에 사용하였다. 관능검사에 사용한 모든 시료는 동일한 조건에서 준비하였다.

**관능검사**

동국대학교 식품공학과 학생 40명을 관능요원으로 선발하여 3회에 걸쳐 반복 실시하였다. 시료는 뚜껑이 있는 사기용기(지름 8.5 cm, 깊이 4.0 cm)에 약 50g를 일정한 모양으로 담아 관능요원에게 제시하였다.

먼저 시료를 제공하지 않은 상태에서 네가지 관능적 요인(조직감, 맛, 냄새, 외관) 각각이 일반적으로 전체적인 쌀밥의 기호도의 결정에 기여하는 정도를 다섯가지 표현(매우중요, 중요, 보통, 경시, 매우경시) 중 하나를 선택하여 표시하도록 하였다. 다음 과정으로 쌀밥 시료를 제공하여 네가지 관능적 요인에 대하여 기호도를 다섯가지 표현(매우우량, 우량, 보통, 불량, 매우불량) 중 하나를 선택하여 표시하도록 하였다. 또한 퍼지추론한 전체기호도와 비교하기 위하여 각 시료에 대한 전체기호도 역시 직접 질문하여 매우불량(1점), 불량(2점), 보통(3점), 우량(4점), 매우우량(5점)으로 평가하도록 하였다.

**퍼지추론**

퍼지추론은 일반적으로 퍼지값의 설정, 퍼지값들의 상관관계(relation) 설정, 퍼지값의 합성(composition) 과정으로 구성된다. 임의의 대상(관능적 요인의 기여도 및 기호도)을 하나의 값이 아닌 여러 값들로서 대략적으로 표현하는 수단인 퍼지값(P)은 집합의 요소(x)와 각 요소가 대상의 표현에 소속되는 정도를 나타내는 소속도(u)로 구성된다(식 (1)). 이때 집합요소는 여러가지 표현(중요, 경시, 우량, 불량 등)의 형태로 구성하였다.

$$P(X) = \{(x, u_x(x)) | x \in X, u_x(x) \in [0,1]\} \quad (1)$$

여기서 소속도는 최대값 1, 최소값 0을 갖는데 소속도가 1이라 함은 그 해당 집합 요소가 표현에 소속되는 정도가 최대를 의미하며 0이라 함은 소속도가 없다는 의미이다. 그 중간 값들은 소속되는 정도가 중간정도 즉, 애매함을

의미한다. 또한 퍼지값의 다른 표현으로 식 (7), (8), (10)과 같이 나타낼 수도 있다.

두 가지 대상 P(X)와 P(Y) 사이에 특정한 관계가 존재하면 그 관계에 근거하여 관계퍼지값(R, relation fuzzy value)이 식 (2), (3)과 같이 연산된다.

$$R(X, Y) = \{(x, y, u_R(x,y)) | x \in X, y \in Y, u_R(x,y) \in [0,1]\} \quad (2)$$

$$u_R(x,y) = \min [u_X(x), u_Y(y)] \quad (3)$$

R에 임의의 퍼지값, P(X')를 합성하면 그에 대응하는 퍼지값, P(Y')이 식 (4), (5)와 같이 연산된다.

$$P(Y') = \{(y', u_Y(y')) | y' \in Y, u_Y(y') \in [0,1]\} \quad (4)$$

$$u_Y(y') = \max [\min (u_X(x'), u_R(x,y))] \quad (5)$$

경우에 따라 집합의 요소들로 구성된 퍼지값을 대표적인 하나의 값으로 디퍼지화(defuzzification)할 수 있다. Center of gravity of fuzzy set 방법에 의하여 P(Y')가 하나의 값으로 식 (6)과 같이 연산된다<sup>9)</sup>.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n y_i u(y_i')}{\sum_{i=1}^n u(y_i')} \quad (6)$$

여기서 C는 P(Y')의 퍼지값을 하나의 값으로 환산한 것이다. 이와같은 퍼지추론의 연산과정을 QBASIC-언어로 프로그램을 작성하여 컴퓨터로 수행하였다.

**통계처리**

관능검사에서부터 얻어진 전체기호도의 점수를 Dun-cans의 다중비교법(multiple comparison)으로 분석하여 각 시료의 평균값에 대한 유의적 차이를 검정하였으며, 퍼스널 컴퓨터용 SAS 통계처리 프로그램을 사용하였다<sup>10)</sup>.

**결과 및 고찰**

**관능적 요인의 기여도**

쌀밥의 전체기호도를 결정하는데 각 관능적 요인이 기여하는 정도를 나타내는 퍼지값(PA)과, 그 기여하는 정도의 수준을 나타내는 퍼지값(PB)을 설정하였다. PA는 조직감, 맛, 향, 외관의 집합요소로 구성하였고, PB는 평가수준인 매우중요, 중요, 보통, 경시, 매우경시의 집합요소로 식 (7), (8)과 같이 구성하였다.

$$PA = ua1/\text{조직감} + ua2/\text{맛} + ua3/\text{향} + ua4/\text{외관} \quad (7)$$

$$PB = ub1/\text{매우중요} + ub2/\text{중요} + ub3/\text{보통} + ub4/\text{경시} + ub5/\text{매우경시} \quad (8)$$

여기서 분모/분자, +는 일반 산술연산기호가 아니라 퍼지값을 나타내는 기호로서 분모는 퍼지값을 구성하는 집합요소, 분자는 각 집합요소의 소속도, +는 집합을

**Table 1. Panel votes<sup>1)</sup> for contribution level of sensory attributes to overall palatability of cooked rice**

| Subjective factor | Very important | Important | Moderate | Slight | Very slight | Total |
|-------------------|----------------|-----------|----------|--------|-------------|-------|
| Votes             |                |           |          |        |             |       |
| Texture           | 67             | 49        | 2        | 2      | 0           | 120   |
| Taste             | 72             | 38        | 10       | 10     | 0           | 120   |
| Odor              | 21             | 68        | 25       | 6      | 0           | 120   |
| Appearance        | 22             | 57        | 40       | 1      | 0           | 120   |

<sup>1)</sup>40 panelists with 3 replications

**Table 2. Fuzzy membership degrees for contribution level of sensory attributes to overall palatability of cooked rice**

|                       | ua1  | ua2  | ua3  | ua4  | Total(%) |
|-----------------------|------|------|------|------|----------|
| ub1 = 1 <sup>1)</sup> | 36.8 | 39.6 | 11.5 | 12.1 | 100      |
| ub2 = 1 <sup>2)</sup> | 23.1 | 17.9 | 32.1 | 26.9 | 100      |
| ub3 = 1 <sup>3)</sup> | 2.6  | 13.0 | 32.5 | 52.0 | 100      |
| ub4 = 1 <sup>4)</sup> | 10.5 | 52.6 | 31.6 | 5.3  | 100      |
| ub5 = 1 <sup>5)</sup> | -    | -    | -    | -    | -        |

<sup>1)</sup>ubi (i=2, 3, 4, 5)=0; <sup>2)</sup>ubi (i=1, 3, 4, 5)=0

<sup>3)</sup>ubi (i=1, 2, 4, 5)=0; <sup>4)</sup>ubi (i=1, 2, 3, 5)=0

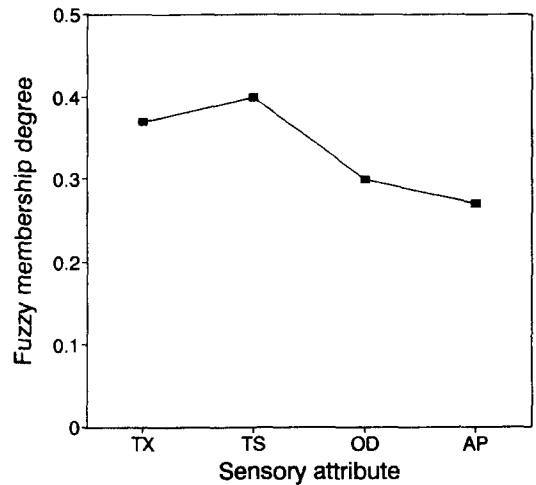
<sup>5)</sup>ubi (i=1, 2, 3, 4)=0, where denominator in calculation of u is zero.

의미한다. 이때 PA내 소속도는 조직감, 맛, 향, 외관에 대하여 각 수준별로 관능요인의 빈도수를 그 평가수준에서의 빈도수 총합에 대한 비율로 나타내었다(Table 1, 2). PB내 소속도는 다섯개의 집합요소 중 하나의 집합 요소에만 1로 하고 나머지는 0으로 하였다. 이때 소속도 1, 0, 0, 0, 0의 조합이란 다섯가지 수준에서 소속도 1이 주어진 수준만이 고려되었음을 의미한다. 이와같이 설정한 PA와 PB 사이에는 각 수준별(PB)로 산출된 관능적 요인의 기여도(PA)라는 관계가 존재하여 각 수준에 대한 다섯가지 관계를 Table 2에 나타내었다. PA와 PB 사이의 관계퍼지값(R1)이 다음과 같이 산출되었다.

$$R1(5 \times 4) = \begin{matrix} \left| \begin{array}{cccc|l} 0.37 & 0.40 & 0.12 & 0.12 & \text{Very important} \\ 0.23 & 0.18 & 0.32 & 0.27 & \text{Important} \\ 0.03 & 0.13 & 0.32 & 0.52 & \text{Moderate} \\ 0.22 & 0 & 0.67 & 0.11 & \text{Slight} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \text{Very slight} \end{array} \right. \\ \text{Texture} & \text{Odor} & & & \\ & \text{Taste} & \text{Appearance} & & \end{matrix} \quad (9)$$

여기서 matrix는 일반산술에서의 달리 두 종류의 집합 요소로 구성된 퍼지값을 표현하는 기호이다. 관계퍼지값의 집합요소는 조직감, 맛, 냄새, 외관, 매우중요, 중요, 보통, 경시, 매우경시로 구성되고 소속도는 식 (9)와 같다.

관능적 요인의 기여도를 각 수준별이 아닌 종합적인 수준에서 산출하기 위하여 PB의 소속도를 1, 0, 0, 0, 0의 조합이 아닌 다섯가지 평가수준의 크기를 반영하는



**Fig. 1. Fuzzy membership degree for contribution level of sensory attribute to overall palatability of cooked rice**

TX: texture, TS: taste, OD: odor, AP: appearance

소속도를 대입하고 관계퍼지값과 합성하여 관능적 요소의 기여도를 추론하였다(Fig. 1). 이때 평가수준의 크기를 반영하는 소속도는 평가수준이 높을수록(예, 중요) 전체 기호도에 미치는 정도가 높고 수준이 낮을수록(예, 경시) 미치는 정도가 낮기 때문에 0.4/매우중요, 0.3/중요, 0.2/보통, 0.1/경시, 0/매우 경시로 정하였다(소속도의 총합은 1). Fig. 1은 추론된 종합적 수준에서의 관능적 요인의 기여도로서 가로축은 집합요소인 관능적 요인이고 세로축은 각 집합요소의 소속도를 나타내는데 소속도는 0.37/조직감, 0.40/맛, 0.30/향, 0.27/외관으로 나타났다.

**전체기호도**

각 관능적 요소에 대한 기호도를 나타내는 퍼지값(PC)을 설정하였다. PC는 매우우량, 우량, 보통, 불량, 매우불량의 집합요소로 식 (10)과 같이 구성하였다.

$$PC = uc1/\text{매우우량} + uc2/\text{우량} + uc3/\text{보통} + uc4/\text{불량} + uc5/\text{매우불량} \quad (10)$$

이때 PC내 소속도는 각 관능적 요인에 대하여 매우우량,

**Table 3. Panel votes<sup>1)</sup> for preference level of sensory attributes of cooked rice sample A**

| Subjective factor | Excellent | Good | Fair | Poor | Very poor | Total |
|-------------------|-----------|------|------|------|-----------|-------|
| Votes             |           |      |      |      |           |       |
| Texture           | 22        | 47   | 36   | 10   | 5         | 120   |
| Taste             | 24        | 40   | 39   | 11   | 6         | 120   |
| Odor              | 21        | 42   | 43   | 11   | 3         | 120   |
| Appearance        | 20        | 43   | 40   | 11   | 6         | 120   |

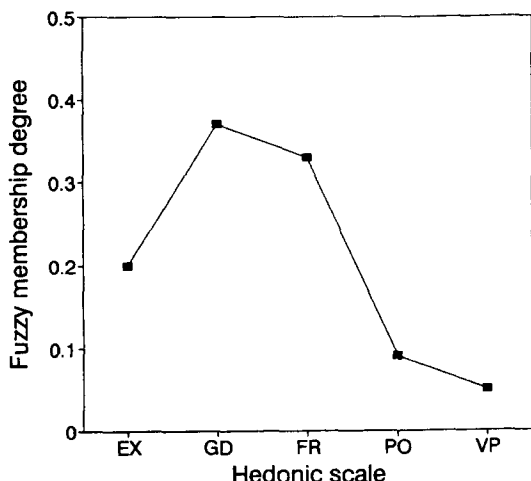
<sup>1)</sup>40 panelists with 3 replications

**Table 4. Fuzzy membership degrees for preference level of sensory attributes of cooked rice sample A**

|                     | uc1  | uc2  | uc3  | uc4 | uc5 | Total (%) |
|---------------------|------|------|------|-----|-----|-----------|
| ua1=1 <sup>1)</sup> | 18.3 | 39.2 | 30.0 | 8.3 | 4.2 | 100       |
| ua2=1 <sup>2)</sup> | 20.0 | 33.3 | 32.5 | 9.2 | 5.0 | 100       |
| ua3=1 <sup>3)</sup> | 17.5 | 35.0 | 35.8 | 9.2 | 2.5 | 100       |
| ua4=1 <sup>4)</sup> | 16.7 | 35.8 | 33.3 | 9.2 | 5.0 | 100       |

<sup>1)</sup>uai (i=2, 3, 4)=0; <sup>2)</sup>uai (i=1, 3, 4)=0

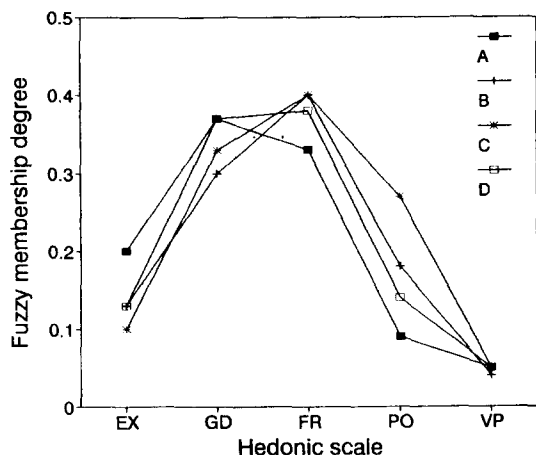
<sup>3)</sup>uai (i=1, 2, 4)=0; <sup>4)</sup>uai (i=1, 2, 3)=0



**Fig. 2. Fuzzy membership degree for overall palatability of cooked rice sample A**

EX: excellent, GD: good, FR: fair, PO: poor, VP: very poor

우량, 보통, 불량, 매우불량에 대한 관능요원의 빈도수를 요원의 전체수에 대한 비율로 나타낸 것으로 네가지 품종의 쌀밥 중에서 A품종을 예를 들어 Table 3과 4와 같이 산출하였다. PA내 소속도는 네가지 집합요소 중 하나의 집합요소에만 1로하고 나머지는 0으로 하였다. 이때 PA의 소속도 1, 0, 0, 0의 조합과 PC의 관계는 관능검사시 모든 관능적 요인을 동시에 고려하지 않고 독립적으로 각각에 대하여 기호도를 평가하였음을 의미한다.



**Fig. 3. Fuzzy membership degree for overall palatability of cooked rice samples-A, B, C and D**

EX: excellent, GD: good, FR: fair, PO: poor, VP: very poor

A품종을 예로 하여 퍼지추론 과정을 나타내었다. PC의 퍼지값과 이에 대응하는 PA의 퍼지값 사이의 네가지 관계를 서로 연산하여 관계퍼지값(R2)이 다음과 같이 산출되었다.

$$R2(4 \times 5) = \begin{matrix} \begin{matrix} 0.18 & 0.39 & 0.30 & 0.08 & 0.04 \\ 0.20 & 0.33 & 0.33 & 0.09 & 0.05 \\ 0.18 & 0.35 & 0.36 & 0.09 & 0.03 \\ 1.17 & 0.36 & 0.33 & 0.09 & 0.05 \end{matrix} & \begin{matrix} \text{Texture} \\ \text{Taste} \\ \text{Odor} \\ \text{Appear-} \\ \text{ance} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Excellent} & \text{Fair} & \text{Very} \\ \text{Good} & \text{Poor} & \text{poor} \end{matrix} & \end{matrix} \quad (11)$$

관계퍼지값의 집합요소는 조직감, 맛, 향, 외관, 매우우량, 우량, 보통, 불량, 매우 불량으로 구성되고 소속도는 식 (11)과 같다.

전체기호도를 추론하기 위하여 PA의 집합요소인 조직감, 맛, 향, 외관의 소속도를 1, 0, 0, 0의 조합이 아닌 종합적인 소속도(각 관능적 요인의 기여도)를 관계퍼지값(R2)과 합성하여 전체기호도를 산출하였다. Fig.2는 A 품종 쌀밥에 대한 퍼지추론의 결과로서 가로축은 집합요소인 기호도의 수준이고 세로축은 각 집합요소의 소

**Table 5. Comparisons on overall palatability of cooked rice between defuzzified grades of fuzzy value and mean values of sensory score(deterministic value)**

| Rank | Variety | Grade | Membership degree |      |      |      |           | Mean <sup>1)</sup><br>value |
|------|---------|-------|-------------------|------|------|------|-----------|-----------------------------|
|      |         |       | Excellent         | Good | Fair | Poor | Very poor |                             |
| 1    | A       | 3.6   | 0.20              | 0.37 | 0.33 | 0.09 | 0.05      | 3.7 <sup>a</sup>            |
| 2    | D       | 3.4   | 0.13              | 0.37 | 0.38 | 0.14 | 0.04      | 3.6 <sup>a</sup>            |
| 3    | B       | 3.3   | 0.13              | 0.30 | 0.40 | 0.18 | 0.04      | 3.4 <sup>a</sup>            |
| 4    | C       | 3.2   | 0.10              | 0.33 | 0.40 | 0.27 | 0.05      | 3.3 <sup>a</sup>            |

<sup>1)</sup>Same letters at the same column indicates insignificant difference at a probability level of P<0.05.

속도를 나타낸다. 이와같이 A품종 쌀밥의 전체기호도를 하나의 값이 아닌 대략적인 집합값 즉 퍼지값으로 나타내므로서 통계법의 평균값과 유의성 검정 결과와 달리 인간의 감각에 가까운 어느 정도 또는 일종의 분포로서 추론할 수 있었다.

Fig.3에 네 가지 품종의 쌀밥의 전체기호도를 앞에서 설명한 퍼지추론 과정을 통하여 산출한 퍼지값을 도시하였으며, Table 5에는 각 퍼지값을 디퍼지화 과정(식(6))에 의하여 하나의 값으로 변환한 전체기호도의 점수를 순위별로 나타내었다. 이때 디퍼지화 과정은 매우우량, 우량, 보통, 불량, 매우불량의 집합요소를 각각 5, 4, 3, 2, 1의 수치값로 대치하여 변환하였다. 추론결과 A>D>B>C의 순으로 전체기호도가 높게 나타났는데, 관능검사로 직접 얻어진 전체기호도의 평균값을 통계처리한 결과와 순위가 일치하고 있음을 알 수 있었다. 단, 유의성 검정 결과 어느 품종간에도 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 쌀 품질의 차이가 미미하며, 또한 관능요인들의 전문성이 결여되어서 결과적으로 통계적인 차이를 나타내지 못하기 때문으로 사료된다.

## 요 약

쌀밥의 관능검사 결과분석에 퍼지추론을 적용하였다. 관능검사이시 쌀밥의 관능적 요인인 조직감, 맛, 냄새 및 외관이 각각 쌀밥 기호도의 결정에 역할하는 정도(기여도)를 매우중요, 중요, 보통, 경시, 매우경시의 택일으로서 평가하도록 하였으며, 주어진 쌀밥 시료에 대하여 각 관능적 요인의 기호도를 매우우량, 우량, 보통, 불량, 매우불량의 택일로서 평가하도록 하였다. 퍼지추론 과정

으로 먼저 전체기호도에 대한 일반적인 관능적 요인의 기여도를 추론하고, 시료에 대한 관능적 요인의 기호도를 추론된 기여도와 퍼지합성하여 결과적으로 전체기호도를 추론하였다.

## 문 헌

1. 김상숙, 홍성희, 민봉기, 신명곤: 패널요원 수행능력 평가에 사용된 분산분석, 상관분석, 주성분분석 결과의 비교. 한국식품과학회지, 26(1), 57(1994)
2. 신명곤, 민봉기, 이영주, 홍성희: 쌀밥의 식미향상을 위한 취반기술 개발연구. 한국식품개발연구원 보고서, G 1045-0364(1993)
3. Meilgaard, M, Civille, G.C. and Carr, B.T.: *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Florida(1987)
4. Stone, H. and Sidel, J.L.: *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press, San Diego(1985)
5. 전인홍, 이광로: 기본적인 퍼지 이론과 응용. 교학사(1992)
6. Zimmermann, H.J.: *Fuzzy Set Theory and its Applications*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts(1991)
7. Zhang, Q. and Lichfield, J.B.: Applying fuzzy mathematics to product development and comparison. *Food Technol.*, 45, 108(1991)
8. Singh, R.K. and Ou-Yang, F.: Knowledge-based fuzzy control of aseptic processing. *Food Technol.*, 48, 155(1994)
9. Klir, G.J. and Folger, T.A.: *Fuzzy sets, Uncertainty and Information*. Prentice-Hall International, Inc., London(1988)
10. 성내경: SAS/STAT-회귀분석. 자유아카데미(1991)

(1994년 10월 11일 접수)