

大豆组织蛋白产品特性指标的因子分析

于 源, 张 敏*

(东北农业大学食品学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 以市售 12 种大豆组织蛋白产品为样品, 通过因子分析, 探寻大豆组织蛋白产品品质间的相互关系。结果表明, 可将 10 个指标用 4 个公共因子表示。因子 1 对乳化性、吸油性、韧性、硬度起支配作用, 因子 2 对 a^* 、 b^* 起支配作用, 因子 3 对吸水率、 L^* 、密度起支配作用, 因子 4 只对持水性载荷值较大, 表明持水性与其他指标联系较少。大豆组织蛋白产品的评价指标及权重为产品韧性(15%)、硬度(15%)、持水性(25%)、色泽(45%)。吸油率、韧性和硬度为综合指标, 在快速检测时, 可以选用。

关键词: 大豆蛋白; 特性指标; 因子分析

Analysis of Product Characteristic Index in Soy Textured Protein

YU Yuan, ZHANG Min*

(College of Food, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The 12 experiment samples are come from the market. Though the factor analysis to find out the quality properties relationship of different soy texture protein. It is found that 10 factors can be divided into 4 common factors. F1 dominates effect on emulsifying, OAC, tenderness and hardness. F2 dominates effect on a^* and b^* . F3 dominates effect on WAC, L^* and density. F4 reacts dominately on hardness and it indicates that WHC contacts few with other indexes. The index and ratio of evaluating the TSP was suggested as the tenderness(15%), hardness(15%), WHC(25%), colour and lustre(45%). OAC, tenderness and hardness are colligate index. In the quick detect it can be used.

Key words soy protein; characteristic index; factor analysis

中图分类号: TS201

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)04-0135-03

中国是世界主要的大豆生产国及消费国, 大豆蛋白以其营养价值高、价格低廉的特点备受青睐。大豆组织蛋白是重要的大豆蛋白产品之一, 它广泛应用于香肠、罐头、宠物食品等领域。大量的挤压实验结果表明, 大豆组织蛋白生产工艺对产品质量有着直接的影响: 随物料含水量增大, 组织蛋白产品的密度变大, 色泽变浅, 硬度增大; 随着挤压温度增加, 组织蛋白产品密度变小, 色泽加深, 硬度降低^[1-3]。目前在实际生产中, 还无法用单一或少数几个评价指标来综合评定组织蛋白的质量。许多研究者主要从组织蛋白的功能特性(吸水率、吸油率、持水性、乳化性等)、质构特性(硬度、韧性等)、物理特性(色泽、密度等)这三个角度分别评价其质量的优劣^[4]。

因子分析是多元统计的方法之一, 用于研究相关矩阵的内部依赖关系。它将多个变量综合为少数几个“因子”, 是寻找对观察结果起支配作用的潜在因子的统计

分析方法。因子分析应用较少个数公因子的线行函数与特定因子之和来表达原观察变量的每一个分量, 从而恰当的解釋原变量相关性并降低其维数。

帅益武^[5]曾进行过大豆组织蛋白产品的因子分析, 由于采用的是同一挤压机不同操作条件下生产出的组织蛋白样品, 相应产品质量指标间的变异较小。本研究则以市售大豆组织蛋白产品为实验材料, 分别测定产品的吸水率、吸油率、持水性、乳化性、硬度、韧性、色泽、密度, 并对实验结果进行因子分析, 明确大豆组织蛋白产品各指标间关系, 从而获得能够综合评价大豆组织蛋白产品的质量指标, 为今后组织蛋白产品的质量快速检测提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆组织蛋白 市售。不同形态、品牌产品共计 12 个。

收稿日期: 2007-11-30

作者简介: 于源(1983-), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail: pmjxjh6@sina.com

* 通讯作者: 张敏(1972-), 女, 副教授, 博士, 研究方向粮油食品加工及副产物综合利用。

E-mail: 7777xzm@163.com

1.2 产品各指标测定方法

1.2.1 功能特性的测定

1.2.1.1 持水性的测定

称 2.0 g 样品, 置于预先称重过的离心管中, 逐步加水加至样品呈浆状无水析出为止, 用 0.1 mol/L 的标准酸溶液调节 pH7, 于 3000 r/min 离心 10 min, 倒去上层清液, 称重。若无上清液, 则再加水搅匀再离心, 至离心后有少量上清液为止。每个样品 3 次重复, 取平均值。

$$\text{持水性} = \frac{(\text{离心管重} + \text{沉淀物重}) - (\text{离心管重} + \text{样品重})}{\text{样品}}$$

1.2.1.2 吸油率的测定

10 g 样品置于烧杯中, 加入 50 ml 一级大豆油, 静置 30 min 后 1000 r/min 离心 10 min。每个样品 3 次重复, 取平均值。

$$\text{吸油率} = \frac{50 - \text{离心后油的体积}}{\text{样品质量}}$$

1.2.1.3 吸水率的测定

2 g 样品, 100 ml 蒸馏水复水 1 h, 20 目筛子放置 2 min, 沥去多余水分, 称重。每个样品 3 次重复, 取平均值。

$$\text{吸水率 (WAC)} = \frac{\text{复水后增加的重量}}{\text{样品干重}} \times 100\%$$

1.2.1.4 乳化性的测定

7 g 样品置于烧杯, 加入 100 ml 蒸馏水及 100 ml 一级大豆油。以 500 r/min 均质 3 min, 倒入量筒放置 30 min, 使用 0.1 mol/L 标准 NaOH 溶液调至 pH 等于 9, 测定分离水量。分离水越多, 乳化性越差。每个样品 3 次重复, 取平均值。

1.2.2 质构特性的测定

采用 Te-231 型质构分析仪中的压缩模式, HDP/BS 探头。测试前速度 1.0 mm/s, 测试中速度 0.1 mm/s, 测试后速度 5.0 mm/s。每个样品 5 次重复。取平均值。

1.2.3 物理特性

密度: 采用石英砂置换法测定体积, 天平称重测定质量。计算公式为密度 = 质量 / 体积。

产品色泽: 采用 WSC-S 色度色差计, 用 L*a*b* 色空间表示。L* 值为明度指数, a* 值和 b* 值为彩度指数, a* 值是偏红、偏绿度, b* 值是偏黄、偏蓝度。

1.3 因子分析

因子模型:

$$x_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \cdots + a_{1m}F_m + a_{1\epsilon_1}$$

$$x_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \cdots + a_{2m}F_m + a_{2\epsilon_2}$$

... ..

$$x_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \cdots + a_{pm}F_m + a_{p\epsilon_p}$$

式中, F 为 x 的各分量的公共因子。各 F 均值为 0, 方差为 1, 相互独立。 ϵ 为特定因子, 只对 x 起作用。a 为 x 的方差在 F 上的载荷, 表示 x 与 F 之间关系的紧密程度。当特征值的累加方差贡献率 $\geq 85\%$ 时, 取 $a = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ 作为主因子解的因子载荷阵^[6-7]。

1.4 数据处理

使用 DPSV3.11 专业版和 Excel 2003 等软件进行数据处理。

2 结果与分析

表 1 样品描述统计量

Table 1 Descriptive statistics of quality properties

指标	平均值	标准差	变异系数
吸水率 (%)	350.7896	161.2061	0.45955
吸油率 (ml/g)	1.34167	0.63106	0.47035
持水性 W H A	3.98389	1.48321	0.3723
乳化性 (ml)	31.75	3.41454	0.10754
硬度 (kg)	1891.608	2062.719	1.09046
韧性 (kg · s)	59392.2	70085.11	1.18004
L*	51.2025	4.03939	0.07889
A*	8.03583	2.3086	0.28729
B*	20.22	5.2058	0.25746
密度 (g/cm ³)	0.5225	0.10627	0.20339

2.1 描述统计量

12 个分析样品的吸水率、吸油率、持水性、乳化性、硬度、韧性、色泽、密度的平均值、标准差和变异系数如表 1 所示。变异系数除去了量纲的影响, 反映了样品各指标相对的变化程度。变异系数从大到小的指标分别为韧性、硬度、吸油率、吸水率、持水性、a*、b*、密度、乳化性、L*。

2.2 各指标的因子分析

2.2.1 相关阵分析

各指标间的相关关系如表 2 所示。由表 2 的相关系数可知, 吸水率、a* 和密度之间存在极显著相关关系。吸油率、硬度和韧性之间存在极显著相关关系。另外, L* 还分别与吸水率、吸油率、乳化性和密度之间存在显著相关关系。

2.2.2 主因子分析

原始数据相关系数矩阵的特征值及累计方差贡献率见表 3。由表 3 可知, 前 4 个因子的累计方差贡献率已达到 88.83% > 85%, 说明前 4 个主因子所包含的要素信息特征量可以反应出 10 个特性指标的大部分信息。保留 4 个因子得到初始因子载荷阵, 经方差最大正交旋转变换, 得到结构简单化的因子载荷阵见表 4。

从表 4 可以看出, 原始指标与新构造的综合因子之间的相关程度, 按各指标在每一因子中的载荷值最大值将该指标归属于不同因子, 同一因子内各指标间存在着

表2 样品各指标间的相关关系
Table 2 Correlations coefficients matrix of factors

	吸水率	吸油率	持水性	乳化性	硬度	韧性	L*	a*	b*	密度
吸水率	1	0.559	0.271	-0.484	0.379	0.391	0.672*	0.776**	0.533	0.945**
吸油率	0.559	1	0.501	-0.582	0.830**	0.850**	0.674*	0.299	0.247	0.434
持水性	0.271	0.501	1	-0.618	0.345	0.342	0.347	0.109	0.176	0.255
乳化性	-0.484	-0.582	-0.618	1	-0.593	-0.595	-0.754*	-0.288	-0.177	-0.517
硬度	0.379	0.830**	0.345	-0.593	1	0.969**	0.354	0.300	0.319	0.273
韧性	0.391	0.850**	0.342	-0.595	0.969**	1	0.422	0.241	0.375	0.257
L*	0.672*	0.674*	0.347	-0.754*	0.354	0.422	1	0.300	0.255	0.624*
a*	0.776**	0.299	0.109	-0.288	0.300	0.241	0.300	1	0.700*	0.831**
b*	0.533	0.247	0.176	-0.177	0.319	0.375	0.255	0.700*	1	0.447
密度	0.945**	0.434	0.255	-0.517	0.273	0.257	0.624*	0.831**	0.447	1

注：*代表 $\alpha=0.05$ ，**代表 $\alpha=0.01$ 。

表3 指标特征值与累计方差贡献率
Table 3 Eigen value and accumulative variance contribute of quality properties

主因子	特征值	方差贡献率(%)	累计方差贡献率
1	5.0595	50.5950	50.5950
2	1.9588	19.5881	70.1831
3	1.1142	11.1423	81.3255
4	0.7502	7.5020	88.8275
5	0.5344	5.3448	94.1724
6	0.3795	3.7949	97.9673
7	0.1115	1.1153	99.0827
8	0.0704	0.7048	99.7875
9	0.0199	0.1990	99.9865
10	0.0013	0.0134	100.0000

表4 旋转变换后的因子载荷阵
Table 4 Factor loading matrix after revolving countrechange

指标	因子1	因子2	因子3	因子4
吸水率	0.17955	0.54726	0.77997	0.07027
吸油率	0.71397	0.01402	0.50918	0.38533
持水性	0.15963	0.08194	0.16677	0.91761
乳化性	-0.80158	-0.16318	-0.06350	0.16363
硬度	0.91703	0.14071	0.14583	0.21294
韧性	0.92905	0.12437	0.16363	0.22544
L*	0.24219	0.00122	0.85033	0.23286
a*	0.12080	0.86094	0.40192	-0.07923
b*	0.20210	0.87674	0.03002	0.16695
密度	0.07255	0.56146	0.78488	0.01086
方差贡献	3.03344	2.19343	2.44904	1.20686
累计贡献	0.30334	0.52269	0.76795	0.88828

比较紧密的联系。如因子1中乳化性、吸油性、韧性、硬度的载荷值较大，表明因子1对这四个因素起支配作用，主要反映质构特性，因此可将因子1称为质构因子。质构因子中乳化性的载荷值与其他指标的符号相反，表明组织蛋白产品的乳化特性与其产品的吸油性、硬度和韧性指标呈负相关关系。因子2中只有a*、b*载荷值较大，表明因子2对这两个因素其支配作用，主要反应产品的彩度，可将因子2称为色泽因子，且两因素载荷符号相同，表明两者为正相关。因子3中吸水率、L*、密度载荷值较大，主要反应产品物性，故

称为物性因子，三指标符号相同，表明组织蛋白产品的吸水率、明度和密度指标间呈正相关关系。因子4中持水性载荷值较大，表明持水性与其他指标联系较少。

3 讨论与结论

从不同厂家产品的指标变异系数分析，韧性、硬度和吸水率、吸油率的变化幅度最大，在0.45以上，表明这些指标比较灵敏，在评测产品质量时应给予重视。但韧性和硬度在质构因子外的其他三个因子载荷中相对比较平均，说明这2个指标为综合指标，可以大致反应产品品质。从指标相关关系分析认为，吸油率与韧性和硬度达到极显著相关，说明吸油率也是一个较综合的指标。因子分析中，硬度、韧性、a*、b*、L*、持水性的因子载荷值较大，表明这6个指标在反映产品质量时比较重要。此外，由因子分析中可以看出，组织蛋白产品的乳化特性与产品的吸油性、硬度和韧性指标呈负相关关系。持水性则与其他指标联系较少。

综合考虑各指标因子载荷值的大小、该指标和其他指标的相关性以及该指标的灵敏度，产品质量评价指标和权重可暂定为：产品韧性(15%)、硬度(15%)、持水性(25%)色泽(45%)。吸油率、韧性和硬度为综合指标，在快速检测时，可以选用。

参考文献：

- [1] 魏益民, 康立宁, 张波, 等. 高水分大豆蛋白组织化生产工艺和机理分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 193-197.
- [2] 王洪武, 林炳鉴. 复合蛋白挤压加工工艺的初步研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 216-219.
- [3] CHOUDHURY G S, GOUTAM A. Screw configuration effects on macroscopic characteristics of extrudates produced by twin-screw extrusion of rice flour[J]. Journal Food Science, 1999, 64(3): 479-487.
- [4] LIN S, HUFF H E, HSIEH F, et al. Textured and chemical characteristics of soy protein meat analog extruded at high moisture[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(2): 264-269.
- [5] 帅益武, 张波, 魏益民. 大豆组织化蛋白产品质量因子分析[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(8): 5-8.
- [6] 唐启义, 丰明光. DPS数据处理系统—实验设计、统计分析及模型优化[J]. 北京: 科学出版社, 2006: 14-29.
- [7] 张润楚. 多元统计分析[J]. 北京: 科学出版社, 2006: 190-210.