

文章编号 :1003-8701(2012)02-0045-04

大豆组织蛋白产品品质的因子分析和综合评价研究

康立宁¹,田志刚¹,刘香英¹,郝彦德²,鲁岩³,刘玉芬¹

(1.吉林省农业科学院,长春 130033;2.农安县农业技术推广中心,吉林 农安 130018;3.吉林省质量技术监督局装备中心,长春 130041)

摘要:分别以32个大豆品种制得的脱脂豆粉为原料,进行挤压组织化加工,对表征产品的色泽和质地品质特性的6项指标进行测定。通过因子分析,对不同大豆品种的组织蛋白加工适用性进行综合评价。结果表明,可将6个原始品质指标归属为4个相互独立的公因子,由各样品的综合因子得分得出,黑农48、吉育64、7607、黑农46、吉育70和绥农14等品种是加工大豆组织蛋白的优良大豆品种。

关键词:大豆品种;挤压组织化;大豆组织蛋白;因子分析;综合评价

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

Comprehensive Evaluation of Textured Soybean Protein Quality based Factor Analysis

KANG Li-ning¹, TIAN Zhi-gang¹, LIU Xiang-ying¹, HAO Yan-de², LU Yan³, LIU Yu-fen¹

(1. Academy of Agricultural Sciences of Jilin province, Changchun 130033; 2. Agricultural Technology Extension Center of Nongan County, Nongan 130018; 3. Quality and Technology Monitoring Bureau of Jinlin Province, Changchun 130041, China)

Abstract: The defatted meal of 32 soybean varieties were utilized for extrusion texturization processing to produce textured soybean protein (TSP) and the color and textural quality characteristics of TSP were determined. The TSP processing suitability of different soybean varieties was evaluated by the factor analysis. The results showed that the 6 original parameters could be attributed into 4 independent common factors. The composite factor scores of 32 indicated that the soybean varieties of 'Heinong 48', 'Jiyu 64', '7067', 'Heinong 46', 'Jiyu 70', and 'Suinong14' were excellent for TSP processing.

Keywords: Soybean varieties; Texturization; Textured soybean protein; Factor analysis; Comprehensive Evaluation

大豆组织蛋白(textured soy protein, TSP)是现代大豆蛋白工业的重要产品之一。近年来,非膨化型组织化大豆蛋白产品的开发和应用引起了人们的广泛兴趣。此类产品一般应用带冷却模头的双螺杆挤压机进行生产,产品质地均匀一致,纤维化程度高,与动物肉类的质地极为相似,而且具有营养成分保留率高、即食即用的特点^[1-2]。

评价组织化大豆蛋白产品品质的指标众多。常见的评价指标包括:质构特性指标,如硬度、弹性、咀嚼度、黏聚性、回复性等;色泽特性指标,如明度指数(L*)、彩度指数(a*、b*)、色差指数(ΔE^*);营养品质指标,如蛋白质含量、脂肪含量、氨基酸组成等^[3-5]。这些指标间经常存在着错综复杂的网络联系,单一的评价指标无论对大豆专用品种育种还是豆制品加工企业确定适宜的原料均具有较大的片面性。因此建立TSP产品品质的综合评价方法具有重要意义。

因子分析是多指标综合评价中一种常用的多元统计方法,其基本思想是通过降维过程,将多个观测指标转化为少数几个相互独立的新指标,再

收稿日期:2012-02-12

基金项目:中国博士后基金项目(20100471245);吉林省人社厅博士后基金项目(00401);吉林省杰出青年基金项目(20070105)

作者简介:康立宁(1973-),男,博士,副研究员,主要从事粮油加工、食品品质评价等方面的研究。

根据各样品的因子得分进行综合评价,使得评价结果更加客观、合理^[6-9]。

本文旨在运用因子分析法对大豆组织蛋白品质进行综合评价,探讨数据分析中的关键问题,建立适合大豆组织蛋白品质评价的方法,为大豆组织蛋白加工专用品种选育和大豆组织蛋白的产业化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究室收集的东北地区有代表性的 32 个大豆品种(或品系)。每个品种取 1 kg,粉碎成粒度为 80 目的豆粉,应用索氏抽提法脱脂 48 h,制成脱脂豆粉,4℃保存备用。

1.2 挤压组织化试验

1.2.1 挤压设备

试验设备采用德国布拉本德双螺杆挤压膨化实验室工作站(Brabender DSE-25 Extruder Lab. Station)。该工作站由动力单元、挤压单元、传感器监控系统,及喂料、切割等辅助单元组成。其主要技术参数为:螺杆直径 25 mm,长径比 20:1,螺杆转速 0~550 r/min,加热段 5 段,最大生产率 40 kg/h。本试验采用的模头为 1×40 mm(模孔)的方形模头。

1.2.2 挤压试验

挤压前一天测定豆粉水分,测定喂料器转速与喂料量的关系,测定恒流泵刻度与水流量的关系,根据物料水分含量要求计算出需补加水量,推导出喂料器转速和恒流泵转速的配比关系。

原料由螺旋式计量加料器喂入,蒸馏水通过喂水装置单独喂入。挤压机启动 1 h 预热到稳定状态后,开始缓慢喂料,并协同调整水分。待物料由模头挤出后,逐渐调整喂料速度、物料水分、螺杆转速和机筒温度到设定参数值,最后使整个挤压操作过程维持稳定,并收集样品。本研究采用的操作参数为:至区机筒温度设置分别为 80℃-110℃-150℃-135℃-70℃,螺杆转速 120 r/min;喂料速度 25g/min,物料水分 50%。

1.3 TSP 产品色泽的测定

使用色度色差仪测定,应用 L*a*b* 表色系,同时测定 L* 值、a* 值和 b* 值。每样品重复测定 5 次,取平均值。

明度指数(L* 值)反映的是白度和亮度的综合值,该值越大表明被测物越白亮。彩度指数 a* 和 b* 值共同决定产品的色调。a* 值为正值表示

偏红,负值表示偏绿,绝对值越大表示偏向越严重;b* 值为正表示被测物偏黄,负值表示被测物偏蓝。

1.4 TSP 产品质地特性品质指标的测定

参考李里特的仿肉制品组织化程度的测定方法^[10],对组织化大豆蛋白产品进行纵向和横向取样,用质构仪对试样进行剪切试验。用横向与纵向剪切力的比值定量表征产品组织化程度的大小,即组织化度(TI)。质构仪的操作参数为:探头 A/CKB,测试前速度 1.0 mm/s,测试速度 1.0 mm/s,测试后速度 2.0 mm/s,剪切程度 75%。硬度表示被测样品达到一定变形时间必须的力,指剪切该样品时的压力峰值。值越大,表示被测物体的硬度越大。韧性表示被测样品达到一定变形时所做的功,指剪切该样品时的压力与时间的积分。值越大,表示被测物体的韧性越大。

1.5 数据分析

应用 excel 进行常规运算,应用 DPS 统计分析软件进行因子分析。

2 结果与分析

2.1 大豆组织蛋白产品品质的测定和结果分析

应用不同品种生产的 TSP 产品的色泽和质地等品质指标具有明显的差异(表 1)。不同大豆品种生产的 TSP 产品的平均明度指数(L*)为 61.06,变化范围在 52.93~74.11 之间,变异系数为 6.02%。不同大豆品种生产的 TSP 产品的彩度指数(a* 和 b*)也存在显著差异,变幅分别在 3.51~8.07 和 17.95~29.30 之间。变异系数分别为 19.38%和 9.03%。

表 1 不同大豆品种(品系)生产的大豆组织蛋白产品品质测定结果

	L*	a*	b*	组织化度	硬度	韧性
平均值	61.06	5.10	25.45	1.70	679.12	1 440.38
最大值	74.11	8.07	29.30	2.75	921.39	1 715.70
最小值	52.93	3.51	17.95	1.20	490.12	1 030.89
极差	21.18	4.56	11.35	1.55	431.27	684.81
标准差	3.67	0.99	2.30	0.35	82.37	144.60
变异系数	6.02	19.38	9.03	20.33	12.13	10.04

组织化度是反映产品纤维化质构特性的最直接的指标,值越大说明产品的组织化程度越高,与动物肉类质地越为接近,口感越好。不同大豆品种生产的 TSP 产品的组织化度在 1.20~2.75 之间变动,变异系数达 20.01%。硬度和韧性是客观表征 TSP 口感质地特征的重要指标,不同大豆品种

生产的 TSP 产品的硬度和韧性的差异也较大, 变幅分别在 490.12~921.39g 和 1 030.89~1 715.70 g·s 之间, 变异系数分别为 11.94%和 9.88%。

2.2 大豆组织蛋白品质的因子分析

品质指标间的相关性分析(表 2)结果表明, 明度指数(L*)与彩度指数(a*)呈极显著负相关关系, 与组织化度和硬度呈显著正相关关系, 说明色泽越亮白的产品, 其组织化度和硬度也越高。硬度和韧性呈极显著正相关关系, 说明硬度越大的 TSP 产品, 其韧性也越大。

表 2 TSP 品质指标间的相关系数

	L*	a*	b*	组织化度	硬度
a*	-0.503 3**				
b*	0.201 1	-0.012 3			
组织化度	0.369 4*	0.137 2	-0.243 6		
硬度	0.375 6*	-0.158 1	0.015 5	0.248 5	
韧性	0.153 1	-0.299 2	0.092 4	-0.288 5	0.770 3**

注: 相关系数临界值 $\alpha=0.05$ 时 $r=0.3440$ $\alpha=0.01$ 时 $r=0.4421$ 。

因子分析表明, 可将 6 个原始品质指标归属为 4 个相互独立的公因子, 其方差贡献率、累计方差贡献率和采用最大旋转法获得因子载荷矩阵如表 3。可以看出, 前 4 个因子的累计方差贡献率为 95.10%, 即这 4 个因子所含信息占总体信息的 95.10%。数据经旋转后各因子中的载荷值趋于两极分化, 各因子具有较明显的意义。由表 3 可知, 第 1 公因子中起主要作用的指标是硬度和韧性, 表明这 2 个指标内在联系较强, 且与其他指标相互独立, 方差贡献率为 29.77%; 第 2 公因子中起主要作用的指标是组织化度, 表明该指标受较为

独立的因素控制, 与其他指标的联系较小, 方差贡献率为 23.62%; 第 3 公因子中起主要作用的指标是明度指数 L* 和彩度指数 a*, 方差贡献率为 23.61%; 第 4 公因子中起主要作用的指标彩度指数 b*, 方差贡献率为 18.10%。

表 3 大豆组织蛋白品质性状的因子分析

	公因子 1	公因子 2	公因子 3	公因子 4
L*	0.183 6	0.554 2	-0.688 2	0.294 3
a*	-0.117 9	0.144 0	0.951 3	0.063 4
b*	0.025 7	-0.112 0	-0.022 1	0.982 3
组织化度	-0.022 5	0.955 7	0.058 9	-0.169 4
硬度	0.935 0	0.294 9	-0.079 1	0.016 6
韧性	0.929 1	-0.275 8	-0.168 8	0.036 2
方差贡献	1.786 2	1.416 3	1.417 7	1.085 9
累计贡献	0.297 7	0.533 7	0.770 8	0.951 0

2.3 大豆组织蛋白品质的综合评价

将公共因子表示为变量的线性组合, 得到评价对象在各个公共因子的得分(表 4)。以各公共因子的方差贡献率占公共因子总方差贡献率的比重作为权重进行加权汇总, 建立因子综合得分函数^[1]。F(综合因子得分)=0.2977f₁+0.2361f₂+0.2362f₃+0.1810f₄。将综合得分在[0, 100]区间内进行规格化转化, 即可得到该样本的综合评价, 并可根据该值对不同大豆品种的豆腐加工特性进行直观评价和排序。

根据综合得分排序结果(表 4), 黑农 48、吉育 64、7607、黑农 46、吉育 70 和绥农 14 等品种的大豆组织蛋白加工综合品质评价较高, 说明这些品种在组织蛋白加工方面具有潜在优势和应用价值。

表 4 不同大豆品种生产大豆组织蛋白的因子得分

编号	品种名称	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	Y(i,4)	综合因子得分	规格化后的综合因子得分	排序
T1	吉育 71	-0.918 5	-0.140 0	-0.757 3	-0.725 9	-0.616 750	16.49	28
T2	吉育 45	0.133 3	-0.126 5	-0.625 3	-0.766 7	-0.276 650	34.31	24
T3	吉育 75	1.023 2	-0.462 7	-0.423 7	0.243 9	0.139 431	56.11	14
T4	吉育 80	-0.374 6	1.042 8	3.016 4	-3.084 6	0.288 848	63.94	9
T5	吉育 69	-2.097 8	-0.532 9	-0.941 3	0.227 3	-0.931 530	0.00	32
T6	7607	-1.135 6	2.498 6	1.247 4	0.995 1	0.726 600	86.87	3
T7	吉育 64	2.371 7	1.910 1	-1.875 5	0.406 3	0.787 577	90.07	2
T8	吉育 70	-0.509 6	3.500 6	-0.966 2	-0.040 4	0.439 255	71.82	5
T9	99122-23	0.406 5	-0.447 1	0.718 1	-1.080 4	-0.010 480	48.26	19
T10	吉科豆 1	0.309 1	-0.099 0	-0.844 6	0.264 4	-0.082 990	44.46	20
T11	吉科豆 3	-0.519 1	-0.158 3	0.553 7	1.168 6	0.150 390	56.68	13
T12	吉科豆 5	-0.064 6	-0.007 1	-0.163 6	0.965 8	0.115 260	54.84	17
T13	吉育 89	0.612 1	-0.553 1	-1.093 6	-2.033 8	-0.574 790	18.69	27
T14	吉育 59	-0.271 5	-0.274 1	-1.310 0	-2.402 2	-0.889 760	2.19	31

续表 4

编号	品种名称	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	Y(i,4)	综合因子得分	规格化后的综合因子得分	排序
T15	小粒豆 8 号	-0.113 1	-1.248 6	0.678 1	0.289 6	-0.115 880	42.73	21
T16	Y8	-0.186 5	-0.712 9	-0.810 5	-0.448 8	-0.496 510	22.79	25
T17	06Y2	-0.181 9	-1.200 3	-0.917 5	-0.460 8	-0.637 660	15.40	29
T18	东农 48	-1.025 9	-0.920 2	-0.164 2	0.348 8	-0.498 320	22.70	26
T19	黑河 43	-0.155 8	-0.199 8	-0.393 4	0.315 5	-0.129 370	42.03	23
T20	黑河 38	0.005 1	-0.646 2	0.436 5	0.433 0	0.030 425	50.40	18
T21	黑农 38	0.583 3	0.221 9	0.507 3	-0.044 0	0.337 899	66.51	7
T22	黑农 54	-2.903 4	0.528 3	-0.551 3	0.220 9	-0.829 840	5.33	30
T23	黑农 48	1.876 0	0.509 0	0.797 2	0.608 8	0.977 152	100.00	1
T24	黑农 44	0.126 3	-0.155 7	0.537 7	0.482 9	0.215 248	60.08	11
T25	黑农 51	1.063 3	-0.719 1	0.026 3	-0.114 0	0.132 343	55.74	15
T26	黑农 52	-0.327 2	-0.161 2	-0.488 3	0.537 1	-0.153 590	40.76	22
T27	黑农 49	-0.449 3	-0.383 5	0.432 0	1.335 1	0.119 391	55.06	16
T28	黑农 43	0.681 1	-0.342 3	0.062 0	0.294 6	0.189 913	58.76	12
T29	黑农 46	0.505 6	-0.708 0	2.275 1	0.307 2	0.576 340	79.00	4
T30	黑农 50	-0.148 7	0.245 3	0.948 0	0.212 5	0.276 027	63.27	10
T31	绥农 14	1.248 0	0.500 0	-0.135 2	-0.121 7	0.435 618	71.63	6
T32	哈北 46	0.438 5	-0.758 1	0.225 4	1.665 7	0.306 285	64.85	8

3 讨 论

表征大豆组织蛋白加工品质的评价指标众多,且指标间存在错综复杂的网络联系,直接用原始指标进行综合评价,易发生信息重叠,而对大豆品质评价和品种筛选造成困扰。因子分析法以提取少数相对独立的综合因子来代替多个因子(原始指标),计算因子得分对 TSP 品质进行综合评价,可以作为 TSP 加工品质评价的一种新方法。本文通过对表征 TSP 产品品质的 6 项指标进行因子分析表明,评价 TSP 产品品质的指标重要程度依次为(韧性、硬度)>组织度>(亮度、a*)>b*。通过因子得分对产品品质进行综合评价,结果显示,黑农 48、吉育 64、7607、黑农 46、吉育 70 和绥农 14 等品种是加工 STP 的优良大豆品种。此研究为大豆品种加工适宜性评价方法的选择和大豆组织蛋白加工专用品种选育提供了理论依据。

参考文献:

[1] Cheftel J C, Kitagawa M, Queguiner C. New protein texturization processes by extrusion cooking at high moisture levels [J]. *Food Reviews International*, 1992, 8(2):235-241.

[2] Endres J G. Soy Protein Products: Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization[M]. AOCS Press, 2001.

[3] Lin S H, A, Correspondence R F. Texture and chemical characteristics of soy protein meat analog extruded at high moisture[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(2):264-269.

[4] Lin S, Huff H E, Hsieh F. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog [J]. *J. Food Sci*, 2002, 67(3):1066-1072.

[5] Hayashi N, Abe H, Hayakawa I, et al. Texturization of dehulled whole soybean with a twin screw extruder and texture evaluation [A]. *Food Processing by Ultra High Pressure Twin-screw Extrusion* [C]. Pennsylvania: Technomic Publishing Company, 1992:133-146.

[6] 马庆华,李永红,梁丽松,等. 冬枣优良单株果实品质的因子分析与综合评价[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(12):2491-2499.

[7] 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(8):5-8.

[8] 田志刚,康立宁,刘香英,等. 基于因子分析的大豆品种豆腐加工品质综合评价[J]. *粮油加工*, 2010(10):120-124.

[9] 于源,张敏. 大豆组织蛋白产品特性指标的因子分析[J]. *食品科学*, 2008(4):135-137.

[10] 李里特. 食物物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

[11] 游家兴. 如何正确运用因子分析方法进行综合评价 [J]. *统计教育*, 2003(5):10-11.