

豆腐乳感官和理化品质的主成分分析

杨 坚¹, 童华荣¹, 贾利蓉²

(11 西南农业大学; 21 四川大学)

摘 要: 对市售的 16 种豆腐乳利用感官评定和理化分析结果进行主成分分析和综合评价, 结果表明, 感官评判的前 4 个主成分可以解释豆腐乳感官品质的 85125%, 前 4 个主成分的贡献率分别为 49160%, 16176%, 12105%, 6187%; 理化成分的前 4 个主成分可以解释豆腐乳理化特性的 79102%, 前 4 个主成分的贡献率分别为 32168%, 21133%, 17182%, 7120%。利用感官评分和理化特性的主成分分析结果, 分别对所取样品进行了综合评分。

关键词: 感官和理化品质; 主成分分析; 豆腐乳

中图分类号: TS21412

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0220131205

我国豆腐乳的产地遍及全国, 其品种繁多, 分类也相当复杂。根据后发酵添加配料不同, 大致可以分为红腐乳与白腐乳^[1,2]。红腐乳在后发酵时添加红曲与面曲, 红曲中的红色素(红曲霉红素, 红曲霉黄素), 将腐乳胚表面染成红色, 同时红曲与面曲中含有丰富的淀粉酶与麦芽糖酶, 使红腐乳中淀粉的分解较白腐乳更为彻底。

20 世纪 70 年代以来, 国内外对豆腐生产菌种的选育、酿造过程中的生物化学以及改进工艺等方面做了大量的研究工作^[1,2,3]。但对于品质方面的感官描述及综合分析评价则涉及甚少。豆腐乳的品质构成因素是多方面的, 包括理化特性和各种感官特性。要用众多的理化特性和感官指标去描述和分析各种豆腐乳品质的差异, 实在是一件复杂的事情。本试验以各地生产的有代表性的白豆腐乳为试验材料, 对品质进行了感官评定及理化分析。利用主成分分析方法分析了影响豆腐乳品质的主要因子; 并利用主成分因子得分的综合评价方法, 对各地生产的有代表性的豆腐乳进行了综合评价。

1 材料与方法

111 试验材料与试剂

16 种豆腐乳(皆为市售品), 其编号、品名、采样见表 1。分析所用化学试剂均为化学纯或分析纯。

112 主要试验仪器与设备

多功能捣碎机; 1%光电分析天平; 马孚炉; 精密恒温水浴锅; 笔式酸度计; 索氏抽提器 6400 型火焰分光光度计; 1030 型凯氏自动定氮仪; Hitachi 8352 50 型氨基酸自动分析仪。

表 1 16 种市售豆腐乳的编号及产地

Table 1 The code and producing area of samples

编号	产地	编号	产地	编号	产地
1	广东广州	7	浙江绍兴	13	四川彭州
2	广东东莞	8	江苏无锡	14	贵州安顺
3	深圳	9	四川五通桥	15	四川成都
4	广东番禺	10	重庆忠县	16	四川夹江
5	广西桂林	11	四川邛崃		
6	浙江绍兴	12	重庆丰都		

113 测定方法

水分含量测定按 GB 500913—85; 灰分含量测定按 GB 500914—85; 脂肪含量测定按 GB 500913—85; 总酸的测定按 GB 5009151—85; 氨基酸态氮含量测定按 GB 5009139—85; 蛋白质含量测定凯氏自动定氮法^[4]; 食盐含量测定火焰分光光度法^[4]; 还原糖测定快速法^[5]; 游离氨基酸组成测定氨基酸自动分析法^[4]。

114 测定及评价项目

利用内省法、定量描述评定等方法, 建立了感官描述语系统。采用专家和评员评定结果相结合的方法, 对豆腐乳的感官品质进行评分, 得出豆腐乳的感官审评数据^[5,6,8], 通过前述分析测定得出豆腐乳理化测定的分析检验数据。具体测定项目有:

豆腐乳感官评定: 总体香气、芝麻油香、酯香、酒香、豆腥味、咸味、苦味、甜味、涩味、酸味、鲜味、体态、外膜、硬度、粗糙度、粘牙性、结著力(见表 2)。

豆腐乳的理化分析: 水分、总酸、还原糖、脂肪、灰分、盐分、粗蛋白、水溶性蛋白、氨基酸态氮、豆腐乳的氨基酸组成(15 个组分)(见表 3)。

收稿日期: 2001210211 修订日期: 2001212227

作者简介: 杨 坚, 男, 副教授, 西南农业大学食品科学学院, 重庆, 400716

表 2 豆腐乳感官评定结果

Table 2 The sensory evaluation of fermented bean curd samples																
样品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
总香	2168	7102	6128	5185	6180	6149	7193	6119	8121	8120	6150	7165	5157	6100	9125	7170
麻油香	3142	4107	2114	3180	5176	3178	3117	3115	5183	4191	3179	4199	3192	3136	6132	4185
酯香	3156	5195	5135	3135	5182	6111	6148	5126	7120	6130	4118	6180	6115	5171	5169	6112
酒香	3158	6139	5142	3159	4184	4168	7107	5155	4179	3143	2184	4156	4155	5132	4103	4160
豆腥味	2197	4131	3186	3106	2176	3162	3137	4174	3123	4112	3175	3175	4127	4135	5191	3115
咸味	1160	8133	9165	9146	7154	9132	8137	8149	10126	10102	9133	8129	11103	9147	8149	9128
苦味	2195	6163	5170	5159	5184	6100	4112	6111	5187	4132	4141	4137	7131	5137	2162	4135
甜味	2191	4111	4124	3178	4152	4101	4151	3135	3167	3190	2144	3181	2153	4114	4176	2183
涩味	3139	3144	5114	3160	3177	3109	2197	4131	2183	2174	3134	2180	3126	3106	4142	6101
酸味	3103	3190	3194	4168	3196	3166	3188	3139	3152	3104	6112	4108	3186	4129	4135	3116
鲜味	3175	5162	6136	5196	7156	5172	7179	6129	8110	7172	5141	7137	6120	6180	7105	6145
体态	1134	9110	7168	9184	6108	8154	7155	8185	7157	5107	8119	6110	7101	7190	3156	8115
外膜	2191	8144	5175	7118	8157	9112	7142	7118	7162	6120	6161	6116	4150	7137	4133	6124
硬度	2101	4132	5152	4147	3115	4153	4107	4139	8133	7145	6113	6186	8168	5179	8123	5136
粗糙度	2193	4145	4125	4138	4190	5108	4106	3177	4135	6155	4165	4127	7162	5180	6134	4160
粘牙性	3103	6150	7135	6115	5175	5199	5150	5134	6120	6148	5169	7190	6134	6186	6135	7117
结著力	3156	6150	7112	6145	5161	5160	5177	5155	6168	7173	6144	7140	7132	6122	6146	7125

表 3 豆腐乳化学组分测定结果

Table 3 The contents of chemical components of fermented bean curd samples																mg g ⁻¹
样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
水分	67123	69168	69140	71165	69173	71196	69107	68137	60165	67108	68115	66132	58160	66183	50109	68111
总酸	0164	0176	0146	0146	0161	0172	0179	0172	0188	0160	0142	0180	0136	0144	0175	0123
还原糖	0168	1103	0132	0182	0170	1121	0178	0198	1109	0184	0172	0199	1136	0172	0151	1103
脂肪	7184	8137	9139	7166	7153	6114	5173	6172	6163	6184	7101	6169	10151	6189	11198	6166
灰分	7191	6146	6193	8111	6164	9129	10130	10116	13122	12193	11171	10131	12116	9187	11122	7131
盐分	8132	6135	7117	8132	7133	9147	9164	9114	13161	12127	10178	10145	17117	9179	12127	10178
粗蛋白	13138	12147	12189	10132	12108	11110	12185	12167	12120	11132	10145	12165	10129	11101	15124	9143
水溶性蛋白	9108	6172	6193	6140	8105	7100	7108	7130	6182	5183	5153	7152	4158	6169	8142	6141
氨基酸态氮	0174	0188	0132	0181	1103	0170	0183	0180	0176	0159	0159	0179	0144	0199	0165	0137
天冬氨酸	0168	0149	0116	0133	0110	0144	0174	0184	0104	0101	0145	0125	0123	0133	0192	0176
苏氨酸	0107	0116	0103	0106	0102	0107	0105	0103	0114	-	0142	-	0107	0104	0196	0102
丝氨酸	0108	0121	0102	0106	0102	0105	0105	0112	0110	-	0105	-	0105	0104	0125	0115
谷氨酸	3111	4133	0161	0120	1105	2153	2155	2183	0172	0102	3111	2164	3121	0102	3111	1103
甘氨酸	0164	0144	0140	0138	0114	0177	0150	0163	0111	0162	0179	0150	0165	0165	0159	0155
丙氨酸	1141	0173	1104	1103	0139	1114	0175	0180	0132	0102	1141	1115	1160	1148	0194	1121
缬氨酸	0173	0171	0192	0175	0135	1153	1116	1135	0125	0171	1143	0199	1115	1123	1137	0156
蛋氨酸	3112	0119	0129	0128	0112	0151	0138	0137	0108	0110	0142	0131	0137	0138	0136	0125
异亮氨酸	4126	1122	1169	1156	0165	3109	2121	2131	0142	1127	2166	1188	2124	2135	2136	1147
亮氨酸	3166	1107	1145	1136	0162	2155	1199	1196	0143	1104	2122	1159	1192	1193	2109	0189
酪氨酸	0112	-	-	1154	0104	-	0119	0124	0120	-	0165	0104	0109	0112	0150	-
苯丙氨酸	2104	0163	0188	3123	0144	1143	1135	1125	0133	0160	1137	0198	1122	1111	1142	1141
赖氨酸	3158	1116	1146	1135	0158	2166	1178	1193	0136	0114	2163	1148	2104	2128	2116	0186
组氨酸	0174	0127	-	0115	0110	0126	0137	0135	0108	-	-	-	0114	-	0116	0102
精氨酸	0107	0122	-	-	-	0113	0116	0115	-	-	0110	0116	0111	0110	0110	-

备注: “-”表示未检出

115 主成分分析

采用唐启义、冯明光设计研制的 DPS 数据处理系统, 进行主成分分析^[7], 以决定不同的感官评价因子和理化分析结果在决定豆腐乳的感官和理化品质时的相对重要性。

116 豆腐乳品质的综合评分

根据豆腐乳感官和理化品质的主成分分析中有贡献主成分所占权数, 结合在感官评判和理化分析中的结果, 对每一个豆腐乳进行综合评分, 评判方法为: 设每一个豆腐乳的综合评分为 Y , 豆腐乳感官和理化分析的结果为 X ($Y, X = 1, 2, \dots 16$ 或 18), 选取每一项主成分分析中的相对权重因子 R ($R = 1, 2, \dots k$), 综合评判式为: $Y = R \cdot K$

2 结果与分析

211 豆腐乳感官评定的主成分分析

用豆腐乳的 17 项感官特性去描述不同样品间的差异, 实为复杂, 将感官评定结果输入计算机进行主成分分析, 结果如表 4、表 5。

表 4 豆腐乳感官品质特征值及其累积变异百分比

Table 4 First 4 principal components in eigenvalues and cumulative percentage for sensory attributes of fermented bean curd

No	特征值	百分率%	累积%
1	81431 3	491595 7	491595 7
2	21848 7	161757 2	661353 0
3	21049 3	121054 9	781407 8
4	11167 3	61866 4	851274 4

由表 4 可知, 就各主成分能解释豆腐乳感官品质的变异而言, 第 1 主成分能解释所有豆腐乳样品感官品质变异的 49160%, 第 2 主成分可解释 16176%, 第 3 主成分能解释 12105%, 第 4 主成分能解释 6187%。因此, 以第 1、第 2、第 3、第 4 主成分即可解释各豆腐乳样品的感官品质变异的 85127%。

由表 5 可知, 第 1 主成分主要是以结著力 X_{17} , 粘牙性 X_{16} , 粗糙度 X_{15} 与酸味 X_{10} 的影响为主, 因而可以把第 1 主成分定义为口感。由于第 1 主成分可以解释最多的变异, 由此可知, 豆腐乳感官特性的差异主要是以口感的变化较显著。

第 2 主成分主要是以咸味 X_6 及总香 X_1 , 酯香 X_3 的影响为主。第 3 主成分主要是以苦味 X_7 的影响为主, 其次是体态 X_{12} , 酒香 X_4 。第 4 主成分主要是以酒香 X_4 的影响为主, 其次是咸味 X_6 , 甜味 X_8 。

表 5 豆腐乳感官特性的主成分特征向量表

Table 5 Eigenvector for principal components for sensory attributes of fermented bean curd

主成分	1	2	3	4
X_1 总香	01204	01411	- 01185	01043
X_2 麻油香	01156	01231	- 01313	- 01004
X_3 酯香	01154	01474	- 01062	01192
X_4 酒香	01030	01271	01374	01581
X_5 豆腥味	- 01149	01100	- 01309	01060
X_6 咸味	01025	01486	01047	- 01447
X_7 苦味	- 01168	01199	01419	- 01254
X_8 甜味	- 01290	01027	- 01071	01416
X_9 涩味	- 01210	- 01147	- 01026	01127
X_{10} 酸味	- 01315	- 01107	- 01046	- 01095
X_{11} 鲜味	- 01261	01256	- 01160	01215
X_{12} 体态	- 01221	01200	01391	- 01233
X_{13} 外膜	- 01262	01155	01244	01111
X_{14} 硬度	- 01272	01153	- 01302	- 01195
X_{15} 粗糙度	- 01319	01013	- 01166	- 01066
X_{16} 粘牙性	- 01330	01072	- 01065	01015
X_{17} 结著力	- 01331	01046	- 01100	- 01051

综上所述, 在豆腐乳的 17 项感官特性中, 结著力、粘牙度、粗糙度、酸味、咸味、苦味、甜味、总香、酯香、酒香、体态为主要指标, 它们对豆腐乳感官品质的解释能力可达 85127%, 反映了豆腐乳感官品质的绝大部分信息。

212 豆腐乳理化特性的主成分分析

将豆腐乳的理化分析值输入计算机, 进行主成分分析, 其结果见表 6、表 7。

表 6 豆腐乳理化特性的主成分特征值及其累积变异百分比

Table 6 First 4 principal in eigenvalues and cumulative percentage components for physicochemical properties of fermented bean curd

No	特征值	百分率%	累积百分率%
1	61209 2	321680 0	321680 0
2	41052 3	211328 0	541008 0
3	31385 1	171816 1	711824 0
4	11367 3	71195 4	791020 4

由表 6 可见, 第 1 主成分可以解释理化特性总变异的 32168%, 第 2 主成分可以解释总变异的 21133%, 第 3 主成分可以解释 17182%, 第 4 主成分可解释 7120%, 4 个主成分累积百分率达 79102%, 即可解释理化特性总变异的 79102%。

表 7 豆腐乳理化特性的主成分特征向量表

主成分	1	2	3	4
X_1 水分	- 01023	01383	- 01272	- 01248
X_2 总酸	- 01064	- 01438	- 01134	- 01145
X_3 还原糖	01088	- 01366	01223	- 01035
X_4 脂肪	01065	- 01282	01184	01442
X_5 灰分	01036	- 01164	01342	- 01325
X_6 盐分	01017	- 01086	01467	01053
X_7 粗蛋白	01007	- 01428	- 01211	01035
X_8 水溶性蛋白	01056	- 01248	- 01413	01122
X_9 氨基酸态氮	- 01107	- 01068	- 01323	- 01392
X_{10} 天冬氨酸	01179	- 01260	- 01022	- 01244
X_{11} 谷氨酸	01179	- 01260	- 01022	- 01244
X_{12} 甘氨酸	01323	01105	01163	- 01237
X_{13} 丙氨酸	01314	01106	01059	01112
X_{14} 缬氨酸	01297	01048	01180	- 01325
X_{15} 蛋氨酸	01253	- 01014	- 01245	01321
X_{16} 异亮氨酸	01384	01065	- 01052	01050
X_{17} 亮氨酸	01386	01041	- 01064	01062
X_{18} 苯丙氨酸	01237	01086	- 01095	01156
X_{19} 赖氨酸	01389	01050	- 01057	01043

由表 7 可知,第 1 主成分主要是以赖氨酸 X_{19} 、亮氨酸 X_{17} 、异亮氨酸 X_{16} 的影响为主,其次是甘氨酸 X_{12} 及丙氨酸 X_{13} ,因此,第 1 主成分代表游离氨基酸对豆腐乳品质的影响。第 2 主成分主要是以总酸 X_2 、粗蛋白 X_7 的影响为主,其次是水分 X_1 、还原糖 X_3 。第 3 主成分主要以盐分 X_6 、水溶性蛋白质 X_8 的影响为主。第 4 主成分中主要以脂肪 X_4 的影响为主,其次是氨基酸态氮 X_9 。

综上所述,在豆腐乳的 19 项理化特性中,一部分呈味游离氨基酸如赖氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、甘氨酸、丙氨酸、与总酸、粗蛋白、水分、盐分、水溶性蛋白质、脂肪、还原糖、氨基酸态氮为主要指标,它们对豆腐乳理化特性的解释能力可达 79102%,反映了豆腐乳理化特性变异的绝大部分信息。

213 豆腐乳品质的综合评判

由表 5 得出豆腐乳感官特性各主成分的综合评判式为

$$Y = 01496\ 0Y_1 + 01167\ 6Y_2 + 01120\ 5Y_3 + 01068\ 7Y_4 + 60$$

由表 7 得出豆腐乳理化特性各主成分的综合评判式为

$$Y = 01326\ 8Y_5 + 01213\ 3Y_6 + 01178\ 2Y_7 + 01071\ 95Y_8 + 60$$

得到 16 个豆腐乳的品质综合得分,见表 8。

表 8 16 个白腐乳品质的综合得分

样品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
得分	591260	591114	581586	581738	581502	591075	591010	591094	581760	581414	581751	581469	581819	581754	581097	581928

3 结 论

通过对豆腐乳的主成分分析,前 4 个主成分可以用来解释豆腐乳的感官和理化品质。感官评判的前 4 个主成分可以解释豆腐乳感官品质的 85127%,第 1 主成分代表豆腐乳的口感与风味(酸、甜),第 2 主成分代表咸味、总香和酯香,第 3 主成分代表苦味、体态和酒香,第 4 主成分代表咸、甜、酒香等风味成分,前 4 个主成分的贡献率分别为 49160%、16176%、12105%、6187%;理化成分的前 4 个主成分可以解释豆腐乳理化特性的 79102%,第 1 主成分代表游离氨基酸,第 2 主成分代表水分、总酸、还原糖、粗蛋白等常规成分,第 3 主成分代表盐分、脂肪和水溶性蛋白,第 4 主成分代表脂肪、灰分和氨基酸态氮等,前 4 个主成分的贡献率分别为 32168%、21133%、17182%、7120%。

利用感官评分和理化特性的主成分分析结果,分别对所取样品的感官和理化特性进行了综合评分。

[参 考 文 献]

[1] 郑大青. 东方干酪- 豆腐乳[M]. 食品工业(台湾省), 1997, 7: 33~ 38

[2] 王瑞芝, 杜小湘. 中国腐乳制造[M]. 北京: 轻工业出版社, 1998

[3] 黄伟坤等. 食品检验与分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1991

[4] 张与休等. 调味副食品工业分析[M]. 天津: 天津轻工学院, 1984

[5] 李 衡, 王季襄等. 食品感官鉴定方法及实践[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1990

[6] 陈淑莉, 欧少梅. 柳橙品质之官能与理化分析[J]. 农林学报(台湾省), 1993, 42(4): 10~ 14

[7] 唐启义, 冯明光等. 实用统计分析及其计算机处理平台

[M] 北京: 中国农业出版社, 1997.

[8] Katrura M. Changes in volatile caobonyl compounds of “Tofuyo ” during the maturing process[J] Food Science, 1984 37(3): 282~ 285

[9] 唐守正 多元统计分析方法[M] 北京: 中国林业出版

社, 1984

[10] Fennema O R. Taste quality of italian raw ham in a free2choice profile study [J] Food Quality and Preference, 1994, 5(2): 129~ 133

Principal Composition Analysis of Sensory and Physiochem ical
Quality of Fermented Bean Curd

Yang J ian¹, Tong Hua rong¹, J ia Lirong²

(11College of Food Science, Southw estA gricultural University, Chongqing 400716, China;
21S ichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract Through principal composition analysis and comprehensive evaluation by using the results of sensory evaluations and physiochem ical analysis of sixteen kinds of fermented bean curd bought from markets, the results showed that the former 4 principal components of sensory evaluation contribute 85125% to the sensory quality of fermented bean curd, the contribution rate of the former 4 components are 49160% , 16176% , 12105% , and 6187% respectively. Also the former 4 principal components of physiochem ical analysis contribute 79102% to the physiochem ical quality of fermented bean curd, the contribution rate of the former 4 components are 32168% , 21133% , 17182% and 7120% respectively. Through the analyzed results and the sensory scores of principal composition analysis of these samples, the comprehensive judgments of different samples were offered

Key words sensory and physiochem ical quality; principal composition analysis; fermented bean curd