

大豆膳食纤维早餐饼干配方的模糊数学感官评价研究*

Study on Evaluation of Sensory Fuzzy Mathematics of Soybean Dietary Fiber Biscuit for Breakfast

潘志民¹, 邹文中^{2**}, 张小芳², 邹艾一³, 梁孟⁴, 张晓辉¹, 李达明¹

PAN Zhi-min¹, ZOU Wen-zhong², ZHANG Xiao-fang², ZOU Ai-yi³, LIANG Meng⁴, ZHANG Xiao-hui¹, LI Da-ming¹

(1. 鹤山市东古调味食品有限公司, 广东鹤山 529738; 2. 北海职业学院, 广西北海 536000; 3. 暨南大学化学系, 广东广州 510640; 4. 广东嘉士利食品集团有限公司, 广东开平 529300)

(1. Heshan City Donggu Flavoring Food Limited Company, Heshan, Guangdong, 529738, China; 2. Beihai Vocational College, Beihai, Guangxi, 536000, China; 3. Department of Chemistry, Jinan University, Guangzhou, Guangdong, 510640, China; 4. Jiashili Food Limited Company, Kaiping, Guangdong, 529300, China)

摘要:【目的】开发大豆膳食纤维早餐饼干。【方法】将大豆膳食纤维添加到面粉和其他辅料中,制成大豆膳食纤维早餐饼干,并研究砂糖粉添加量、大豆膳食纤维添加量、淀粉添加量和木瓜蛋白酶添加量对该饼干感官指标的影响,采用正交实验法和模糊数学综合评价法对大豆膳食纤维早餐饼干的配方进行优化。【结果】各因素的影响顺序从大到小为砂糖粉添加量>大豆膳食纤维添加量>木瓜蛋白酶添加量>淀粉添加量。大豆膳食纤维早餐饼干的最佳配方为砂糖粉 28kg,大豆膳食纤维 5kg,淀粉 1.2kg,木瓜蛋白酶 0.048kg。【结论】为功能性饼干的生产和研发提供依据。

关键词:大豆膳食纤维 早餐饼干 模糊数学 感官评价

中图分类号:TS21 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)03-0300-06

Abstract:【Objective】Soybean dietary fiber biscuit was developed for breakfast.【Methods】Soybean dietary fiber biscuit was prepared by using soybean dietary fiber, flour, and other materials. The factors (addition of sugar powder, soybean dietary fiber, starch and papain) that affected sensory of the biscuit were studied, and the optimal formula of soybean dietary fiber biscuit was obtained through orthogonal test and fuzzy mathematic sensory evaluation.【Results】The effects of different additions were ranked as follows: sugar powder>soybean dietary fiber>papain>starch. And optimal formula of soybean dietary fiber breakfast biscuit was as follows: sugar powder 28kg, soybean dietary fiber 5kg, starch 1.2kg, and papain 0.048kg.【Conclusion】The study can provide the basis for functional biscuit production and research.

Key words: soybean dietary fiber, breakfast biscuit, fuzzy evaluation, sensory evaluation

收稿日期:2014-03-15

修回日期:2014-03-25

作者简介:潘志民(1977-),男,工程师,主要从事食品科学研究。

* 2012年度广西高校优秀人才计划项目(序号108),2009年度广西教育厅科研项目(项目编号200911MS371)资助。

** 通讯作者:邹文中(1977-),男,博士,副教授,主要从事食品科学和生物降解材料研究。

【研究意义】近年来,由于人们饮食过于精细我国的很多地区出现了便秘、糖尿病、大肠癌、肥胖症等病例^[1]。而作为“第七营养素”的膳食纤维,对预防或缓解上述疾病具有重要作用^[2]。**【前人研究进展】**目前国内外在膳食纤维的提取、纯化及其功能特性等方面的研究较多,但对于膳食纤维在食品工业中的应用的研究较少,尤其是在膳食纤维改善早餐饼干^[3]工艺及

配方等方面的应用研究鲜有报道。此外,对于饼干产品的感官评价,普遍采用的方法是评分法,然而该方法存在评分离散程度大的缺点,很难对膳食纤维早餐饼干的质量进行客观和准确的评价。【**本研究切入点**】运用模糊数学原理模拟人类判断问题的思维方式—模糊数学综合评判方法^[4~6],可以对该饼干的质量作出准确、客观和科学的评价。【**拟解决的关键问题**】为了开发大豆膳食纤维早餐饼干,本文选用来源广泛、价格低廉的大豆膳食纤维作为膳食纤维原料,将其添加到面粉和其他辅料中,制成大豆膳食纤维早餐饼干,并采用正交实验和模糊数学感官评价法,优化该饼干的加工配方。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

面粉:中山新纪元面粉有限公司;白砂糖:廉江市华南糖业有限公司;棕榈油:广东省深圳市嘉联粮油贸易有限公司;食盐:广东省江门市盐业总公司江门分公司;淀粉:秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司;碳酸氢钠:广东大地食用化工有限公司;碳酸氢铵:广州市番禺番禺化工有限公司;甜蜜素:互惠(江门)食用添加剂有限公司;焦亚硫酸钠:湖南岳阳三湘化工有限公司;胭脂红、柠檬黄:上海染料研究所有限公司;柠檬酸:山东潍坊英轩实业有限公司;木瓜蛋白酶:味之素(中国)有限公司广州分公司;奶油香精:广州市华谷生物科技有限公司。以上材料均为食品级。

1.2 仪器与设备

KDN-103F 自动定氮仪:上海纤检仪器有限公司;FA1004B 电子天平:上海越平科学仪器有限公司;YLS16A 烘干法水份测定仪:上海精密科学仪器有限公司;101A-2S 数显不锈钢电热鼓风干燥箱:上海锦屏仪器仪表有限公司通州分公司;HF1000 多功能饼干生产线:珠海洪富食品机械有限公司;650 调粉机:珠海鼎盛设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 大豆膳食纤维早餐饼干的制备工艺流程

1.3.1.1 原料处理

大豆膳食纤维的制备:选用鹤山市东古调味食品有限公司腐乳车间的新鲜豆渣,经充分漂洗软化并除去杂质过滤后,置于 1%NaOH 溶液中搅拌 1h;然后用浓盐酸溶液中和至中性,再将此中性豆渣置于 1% HCl 溶液中水浸(60℃)2h,漂洗至中性,经滤后置于 85~95℃烘箱中烘 7~8h,最后经粉碎后过 100 目筛备用。白砂糖粉:将白砂糖用磨粉机磨成粉,过 100 目筛后备用。转化糖浆:将 10kg 白砂糖溶于 10kg

清水中,加入 0.06kg 柠檬酸,加热至沸腾后保温 20min,自然冷却后备用。碳酸氢铵:调粉时用水溶解。面粉、淀粉:过 100 目筛后备用。焦亚硫酸钠:用 500mL 清水溶解后过滤备用。胭脂红、柠檬黄:用 500mL 清水溶解后过滤备用。木瓜蛋白酶:用 500mL 40℃清水溶解后备用,使用前搅拌均匀。甜蜜素:用 500mL 清水溶解后过滤备用。

1.3.1.2 面团调制

先将一定量的转化糖浆、白砂糖粉、棕榈油、食盐、碳酸氢铵、甜蜜素、胭脂红、柠檬黄和清水等分别投入调粉机,低速搅拌 100s,然后将混合好的面粉和淀粉、碳酸氢钠、大豆膳食纤维投入调粉机,低速搅拌 30s,再加入木瓜蛋白酶和焦亚硫酸钠溶液,低速搅拌 1min,继续高速搅拌 5min,搅拌完成后将面团温度控制在 38~42℃,静置 8min。

1.3.1.3 静置、辊轧、辊切成型

将调制好的面团静置 15min,然后以连续辊轧方式制成薄厚均匀的面片,再选用带有针柱的饼模辊切成型。成型时每 10 块生饼胚重 72g 左右。

1.3.1.4 烘烤

饼干的焙烤是使用可连续化生产的隧道式烤炉,烘烤过程中主要分为胀发、定型、脱水和上色 4 个阶段。4 个烘烤阶段中,面火温度依次为 175℃,230℃,260℃,240℃,底火温度依次为 190℃,235℃,230℃,190℃;在隧道式烤炉中总烘烤时间为 5min。

1.3.1.5 喷面油

将 0.05kg 奶油香精溶于 20kg 棕榈油中,混合均匀后放在喷油机上雾化并喷射刚烘烤出炉的饼胚,每 100g 饼胚喷油 6g。

1.3.1.6 冷却输送、包装、成品

饼干刚出炉时的表面温度高达 180℃,中心温度约为 110℃,必须把饼干冷却到 38~40℃时才能包装。饼干冷却后应迅速包装,以防吸潮变质。

1.3.2 大豆膳食纤维早餐饼干的配方优化试验

根据预实验结果和单因素实验结果,确定的基础配方为面粉 100kg、棕榈油 10kg、转化糖浆 0.3kg、食盐 0.75kg、碳酸氢钠 0.5kg、碳酸氢铵 1.12kg、甜蜜素 0.06kg、胭脂红 0.0008kg、柠檬黄 0.004kg、焦亚硫酸钠 0.01kg、清水 26kg,并以砂糖粉添加量(A)、大豆膳食纤维添加量(B)、淀粉添加量(C)、木瓜蛋白酶添加量(D)为主要因素,采用 L₉(3⁴)正交试验设计方案,进行正交试验,以感官评定为指标。正交试验设计见表 1。

表 1 大豆膳食纤维早餐饼干配方优化试验的 $L_9(3^4)$ 因素水平表

Table 1 Factors and levels of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment

水平	A	B	C	D
Levels	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1	20	3	0.8	0.016
2	24	5	1.2	0.032
3	28	7	1.6	0.048

1.3.3 感官评价方法

由 10 位(5 男 5 女)经过专门选择和培训的评价员组成的评价小组,分别对 9 种大豆膳食纤维早餐饼干的形态,色泽,滋味与口感,组织,气味 5 个指标进行感官评价,并从优、良、中、差 4 个等级进行评价,填写鉴评结果表(见表 3)。大豆膳食纤维早餐饼干的形态、色泽、滋味与口感、组织 4 个指标的评价标准见魏永义等^[7]参考文献。而气味指标的评价标准如下:优为香味浓郁,无异味;良为香味略淡,无异味;中为香味淡,略有异味;差为香味淡,有异味。

1.3.4 模糊数学模型的建立

1.3.4.1 因素集、评语集和加权重集的建立

以大豆膳食纤维早餐饼干形态(U_1)、色泽(U_2)、滋味与口感(U_3)、组织(U_4)、气味(U_5)为因素,从而得到大豆膳食纤维早餐饼干的因素集 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$ 。

经过评定小组讨论,确定大豆膳食纤维早餐饼干的评价等级为优(v_1)、良(v_2)、中(v_3)、差(v_4),得到大豆膳食纤维早餐饼干的评语集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ 。以 5 分为标准,各指标大于 4 分为优,得分 3~4 分为良,得分 2~3 分为中,得分小于 2 分为差。

采用频数统计法确定权重,请 20 位用户将形态,色泽,滋味与口感,组织,气味各因素在所有因素中所占重要性程度的比率填在表格上,并对上述各因素进行单因素权重统计实验,得到质量因素权重集 $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ 。

1.3.4.2 模糊矩阵的确立和模糊转换

根据高瑞鹤等^[8]的方法,先通过 10 位评价员的感官评价对各指标的分数进行统计,然后将各级的票数除以 10 得到模糊关系矩阵 R ,再通过处理大豆膳食纤维早餐饼干的感官评价结果,将质量因素权重集 X 与模糊关系矩阵 R 合成,得到模糊关系评价集 $Y = X \times R$,从而得到第 i 个大豆膳食纤维早餐饼干样品的评价结果为 $Y_i = X \times R_i$ (i 为 1~9)。最后引进综合评分矩阵 T 处理模糊关系评价集 Y ,根据感官评价的特殊性,设评价等级集 $K = \{k_1, k_2, k_3, k_4\}$,得到

大豆膳食纤维早餐饼干样品的模糊综合评价总分 $T = Y \times K$ 。

2 结果与分析

2.1 质量因素权重集的建立

20 位用户对大豆膳食纤维早餐饼干 5 项质量因素重要性程度的分析结果如表 2 所示。由表 2 可见,通过对各因素的重要性程度进行评价得出形态的权重为 0.152,色泽的权重为 0.195,滋味与口感的权重为 0.312,组织的权重为 0.149,气味的权重为 0.192,从而得到质量因素权重集 $X = \{0.152, 0.195, 0.312, 0.149, 0.192\}$ 。

表 2 大豆膳食纤维早餐饼干各因素重要性程度分析表

Table 2 Weight distribution and statistics of factors

用户 User	形态 Shape	色泽 Color	滋味与口感 Flavor and taste	组织 Texture	气味 Smell
1	0.155	0.185	0.290	0.136	0.234
2	0.150	0.211	0.297	0.152	0.190
3	0.134	0.200	0.307	0.164	0.195
4	0.158	0.203	0.333	0.131	0.175
5	0.155	0.225	0.304	0.160	0.156
6	0.133	0.209	0.290	0.159	0.209
7	0.152	0.183	0.289	0.150	0.226
8	0.148	0.176	0.327	0.135	0.214
9	0.134	0.175	0.327	0.148	0.216
10	0.159	0.178	0.313	0.145	0.205
11	0.144	0.179	0.295	0.150	0.232
12	0.160	0.181	0.305	0.150	0.204
13	0.146	0.187	0.336	0.145	0.186
14	0.170	0.205	0.322	0.162	0.141
15	0.159	0.217	0.326	0.137	0.161
16	0.167	0.201	0.310	0.156	0.166
17	0.156	0.217	0.325	0.158	0.144
18	0.142	0.184	0.315	0.135	0.224
19	0.154	0.188	0.332	0.160	0.166
20	0.169	0.200	0.289	0.145	0.197
平均 Average	0.152	0.195	0.312	0.149	0.192

2.2 模糊感官评价结果

通过 10 名感官评价员在专门实验条件下对 9 个大豆膳食纤维早餐饼干样品进行的 5 项指标的评价,将评价结果收集汇总并进行统计分析,得出大豆膳食纤维早餐饼干的感官评价结果(表 3)。

表 3 不同配料下大豆膳食纤维早餐饼干感官评价结果

Table 3 Vote distribution of sensory evaluation in different formula

编号 No.	形态 Shape				色泽 Color				滋味与口感 Flavor and taste				组织 Texture				气味 Smell			
	v1	v2	v3	v4	v1	v2	v3	v4	v1	v2	v3	v4	v1	v2	v3	v4	v1	v2	v3	v4
1	2	6	1	1	3	3	2	2	2	4	2	2	2	6	1	1	1	6	3	0
2	3	4	2	1	5	4	1	0	4	6	0	0	4	5	1	0	4	4	2	0
3	3	3	3	1	4	4	2	0	3	5	2	0	2	5	2	1	3	5	1	1
4	5	3	2	0	5	4	1	0	6	3	1	0	5	3	1	1	4	5	1	0
5	6	3	1	0	4	4	2	0	5	4	1	0	5	4	0	1	6	3	1	0
6	5	2	2	1	4	5	1	0	4	4	1	1	4	4	1	1	5	3	1	1
7	9	1	0	0	7	2	1	0	8	1	1	0	7	2	1	0	8	1	1	0
8	9	1	0	0	9	1	0	0	9	0	1	0	9	1	0	0	9	1	0	0
9	8	1	1	0	7	1	2	0	6	2	1	1	7	2	1	0	6	2	2	0

2.3 模糊矩阵的建立

由表 3 可知,以 1 号大豆膳食纤维早餐饼干样品的形态为例,2 人评 4~5 分,6 人评 3~4 分,1 人评 2~3 分,1 人评 2 分以下,则得到 $U_1 = \{0.1, 0.6, 0.1, 0.1\}$,同理可得到 $U_2 = \{0.3, 0.3, 0.2, 0.2\}$, $U_3 = \{0.2, 0.4, 0.2, 0.2\}$, $U_4 = \{0.2, 0.6, 0.1, 0.1\}$, $U_5 = \{0.1, 0.6, 0.3, 0.0\}$ 。将计算得出的 U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 5 个单因素模糊矩阵的评价结果写成一个矩阵,即为

$$R_1 = \begin{vmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0.0 \end{vmatrix}。$$

同理可得,

$$R_2 = \begin{vmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.4 & 0.6 & 0.0 & 0.0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0.0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.0 \end{vmatrix}，$$

$$R_3 = \begin{vmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0.0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0.1 \end{vmatrix}，$$

$$R_4 = \begin{vmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0.0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0.0 \end{vmatrix}，$$

$$R_5 = \begin{vmatrix} 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0.0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.0 & 0.1 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0.0 \end{vmatrix}，$$

$$R_6 = \begin{vmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0.0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{vmatrix}，$$

$$R_7 = \begin{vmatrix} 0.9 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0.0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0.0 \end{vmatrix}，$$

$$R_8 = \begin{vmatrix} 0.9 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \\ 0.9 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \\ 0.9 & 0.0 & 0.1 & 0.0 \\ 0.9 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \\ 0.9 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \end{vmatrix}，$$

$$R_9 = \begin{vmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0.0 \\ 0.7 & 0.1 & 0.2 & 0.0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.0 \end{vmatrix}。$$

根据公式 $Y = X \times R$,得到第 1 个大豆膳食纤维早餐饼干样品的评价结果为

$$Y_1 = X \times R_1 = |0.152 \quad 0.195 \quad 0.312 \quad 0.149$$

$$0.192| \times \begin{vmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0.0 \end{vmatrix}，$$

即 $Y_1 = \{0.200 \ 0.479 \ 0.189 \ 0.132\}$ 。同理可得 $Y_2 = \{0.404 \ 0.477 \ 0.103 \ 0.015\}$, $Y_3 = \{0.305 \ 0.450 \ 0.196 \ 0.049\}$, $Y_4 = \{0.512 \ 0.358 \ 0.115 \ 0.015\}$, $Y_5 = \{0.515 \ 0.366 \ 0.105 \ 0.015\}$, $Y_6 = \{0.434 \ 0.370 \ 0.115 \ 0.081\}$, $Y_7 = \{0.781 \ 0.134 \ 0.085 \ 0.000\}$, $Y_8 = \{0.900 \ 0.069 \ 0.031 \ 0.000\}$, $Y_9 = \{0.665 \ 0.165 \ 0.139 \ 0.031\}$ 。

2.4 综合得分和大豆膳食纤维早餐饼干的最佳配方
模糊综合评价总分 $T=Y \times K$, 由第 1 个样品的 $Y_1 = \{0.200 \ 0.479 \ 0.189 \ 0.132\}$, 和评价等级集 $K = \{4.5, 3.5, 2.5, 1.5\}$, 算得:

第 1 个大豆膳食纤维早餐饼干样品的模糊综合评分

$$T_1 = | \begin{matrix} 0.200 & 0.479 & 0.189 & 0.132 \\ \hline 4.5 \\ 3.5 \\ 2.5 \\ 1.5 \end{matrix} | \times = 3.248.$$

同理可得, $T_2 = 3.771$, $T_3 = 3.510$, $T_4 = 3.867$, $T_5 = 3.881$, $T_6 = 3.658$, $T_7 = 4.196$, $T_8 = 4.369$, $T_9 = 3.964$ 。

大豆膳食纤维早餐饼干综合得分和方差分析结果见表 4。由表 4 中 S 值大小可知, 各因素的影响顺序从大到小为 $A(\text{砂糖粉}) > B(\text{大豆膳食纤维}) > D(\text{木瓜蛋白酶}) > C(\text{淀粉})$ 。

表 4 正交实验结果

Table 4 Results of orthogonal experiments

试验号 Test number	A	B	C	D	模糊评价总分 Fuzzy evaluation scores y
1	1	1	1	1	3.248
2	1	2	2	2	3.771
3	1	3	3	3	3.510
4	2	1	2	3	3.867
5	2	2	3	1	3.881
6	2	3	1	2	3.658
7	3	1	3	2	4.196
8	3	2	1	3	4.369
9	3	3	2	1	3.964
T_1	10.529	11.311	11.275	11.093	$T = 34.464$
T_2	11.406	12.021	11.602	11.625	$\sum y^2 = 132.895$
T_3	12.529	11.132	11.587	11.746	
S	0.670	0.147	0.023	0.080	$ST = 0.921$
较优水平 Super level	A ₃	B ₂	C ₂	D ₃	
因素主次 Primary and secondary factor	A>B>D>C				

由表 4 可见, 试验号 7、8 的综合评分大于 4, 为优, 其中试验 8 号分数最高; 试验 1、2、3、4、5、6、9 号综合评分在 3~4 之间, 为良。试验 8 号的配方最佳, 其水平组合为 $A_3B_2D_3C_1$, 而根据正交实验理论推导, 最佳配方对应的水平组合为 $A_3B_2D_3C_2$, 这一组合在正交实验中没有出现, 需做验证实验。通过对最佳配方条件所对应水平的试验号 8 和 10 进行验证实验, 得到的模糊综合评分结果如表 5。由验证实验结果可知最佳组合为 $A_3B_2D_3C_2$, 其得分为 4.384, 即砂糖粉 28kg、大豆膳食纤维 5kg、淀粉 1.2kg、木瓜蛋白酶 0.048kg, 可作为大豆膳食纤维早餐饼干的最优配方。

表 5 最佳加工工艺配方较优水平组合的验证试验与结果

Table 5 Validation tests and results of optimum processing formula

试验号 Test number	水平组合 Level combination	模糊评价总分 Fuzzy evaluation scores y
8	$A_3B_2D_3C_1$	4.369
10	$A_3B_2D_3C_2$	4.384

综上所述, 大豆膳食纤维早餐饼干的最优配方为砂糖粉 28kg、大豆膳食纤维 5kg、淀粉 1.2kg、木瓜蛋白酶 0.048kg。

3 结论

本文采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计方案对大豆膳食纤维早餐饼干的配方进行优化, 并应用模糊数学感官评价法得出大豆膳食纤维早餐饼干的最佳配方为砂糖粉 28kg、大豆膳食纤维 5kg、淀粉 1.2kg, 木瓜蛋白酶 0.048kg, 各因素的影响顺序从大到小为 $A > B > D > C$ 。利用模糊数学感官评价法能够获得客观、较准确的评判和优化大豆膳食纤维早餐饼干的配方, 可为大豆膳食纤维早餐饼干的生产 and 研发提供依据。

参考文献:

[1] 周小理, 钱韻芳, 周一鸣. 植物性膳食纤维抗氧化活性的研究与应用[J]. 食品与机械, 2012, 3(5): 158-160.
Zhou X L, Qian Y F, Zhou Y M. Progress on research and applications of the antioxidant activity of vegetable dietary fiber[J]. Food and Machinery, 2012, 3(5): 158-160.

[2] 吴洪斌, 王永刚, 郑刚, 等. 膳食纤维生理功能研究进展[J]. 中国酿造, 2012, 23(3): 13-16.
Wu H B, Wang Y G, Zheng G, et al. The physiological functions research progress on dietary fiber[J]. China Brewing, 2012, 23(3): 13-16.

[3] 王岩. 复合型膳食纤维鸡肉发酵香肠的研制[J]. 食品工

业,2012,33(12):52-54.

Wang Y. Development of the compound-type fermented dietary fiber duck meat[J]. Journal of Food Industry, 2012,33(12):52-54.

[4] 韦泽平,文明,彭承沂. 生活要素对黄曲条跳甲作用地位的模糊推断[J]. 广西科学,1997,4(1):27-31.

Wei Z P, Wen M, Peng C Q. Fuzzy inference of the role of essential life factors on phyllotreta striolata[J]. Guangxi Sciences, 1997,4(1):27-31.

[5] 顾伟钢,彭燕,张进杰,等. 模糊数学综合评判法在炖煮猪肉工艺优化中的应用[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2011,37(5):573-577.

Gu W G, Peng Y, Zhang J J, et al. Application of fuzzy mathematic evaluation in the optimization of stewed pork processing[J]. Journal of Zhejiang University: Agric and Life Sci, 2011,37(5):573-577.

[6] 张民,张丽丽,董家美,等. 模糊数学综合评判法在黑蒜酱研制中的应用[J]. 食品工业,2013,34(3):40-42.

Zhang M, Zhang L L, Dong J M, et al. Application of fuzzy math comprehensive evaluation in preparation of black garlic jam[J]. Journal of Food Industry, 2013, 34(3):40-42.

[7] 魏永义,豆康宁,邓玉杰. 饼干感官评价研究[J]. 粮油加工与农业机械,2011,10:116-117.

Wei Y Y, Dou K N, Deng Y J. Study on evaluation of biscuit sensory[J]. Journal of Grain and Oil Processing and Agricultural Machinery, 2011,10:116-117.

[8] 高瑞鹤,何俊萍. 应用模糊数学法评判韭菜酱的发酵成熟时间[J]. 中国酿造,2013,32(1):127-130.

Gao R H, He J P. Application of fuzzy mathematical method to determine the leek sauce fermentation maturity time[J]. China Brewing, 2013,32(1):127-130.

(责任编辑:尹 闯)

(上接第 299 页 Continue from page 299)

或者写成

$$\sum_{i=m}^{m+k_0} \sum_{j=n}^{n+l_0} \sum_{t=1}^u P_t(i, j) \frac{f_t(A_{m,n})}{A_{m,n}} \leq d.$$

对上式取极限可得 $\limsup_{m,n \rightarrow \infty} \sum_{t=1}^u S_t \sum_{i=m}^{m+k_0} \sum_{j=n}^{n+l_0} P_t(i, j) \leq d$, 与条件(iii)矛盾,所以 $\{A_{m,n}\}$ 不是方程(1)的最终正解. 同理可证明 $\{A_{m,n}\}$ 也不是方程(1)的最终负解.

因此,方程(1)的所有解是振动的.

参考文献:

[1] Kelley W G, Peterson A C. Difference equation[M].

New York:Academic Press,1991.

[2] Zhang B G, Liu S T. On the oscillation of two partial difference equations[J]. Math Anal Appl, 1997, 206(2):489-492.

[3] Zhang B G, Tian C J. Oscillation criteria of a class of partial difference equations with delay[J]. Computers Math Applic, 2004,48(2):291-303.

(责任编辑:尹 闯)