

综合指数与粗糙集联用法评价豆制品质量安全

张明*, 刘君

(中山大学南方学院, 云康医学与健康管理学院, 广州 510970)

摘要: **目的** 采用综合指数与粗糙集联用法评价豆制品的质量安全。**方法** 以沈阳市2012—2015年豆制品监测数据为研究对象, 通过指数分级标准, 建立质量评价(综合指数法)与风险评价(粗糙集理论)联用的评价方法。**结果** 豆制品综合质量指数 (food quality index, FQI_t)值为0.139, 评价为优级。2012—2014年 FQI_t 值逐渐升高, 2015年略有下降。在单项指标 I_t 值中, 发酵豆制品的苯甲酸(0.552)、非发酵豆制品的菌落总数(0.399)和脱氢乙酸(0.388)相对较高, 为合格级。核心指标为苯甲酸和脱氢乙酸(提示极高风险)、山梨酸(提示存在风险)、菌落总数和大肠菌群(提示存在、较高和极高风险), 预测准确率为96.33%。沈阳市2012—2015年豆制品质量为优级, 卫生质量水平总体上升。**结论** 该联用法可以评价豆制品质量安全。苯甲酸、山梨酸、脱氢乙酸、菌落总数和大肠菌群是核心检验指标, 提示不同危险程度和发生概率的风险。

关键词: 综合指数法; 粗糙集; 豆制品; 食品安全; 评价

Evaluation of quality and safety of soybean products by comprehensive index and rough set

ZHANG Ming*, LIU Jun

(School of Yunkang Medical and Health Management, Nanfang College of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510970, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the quality and safety of soybean products by comprehensive index and rough set. **Methods** Taking the monitoring data of soybean products in Shenyang from 2012 to 2015 as the research object, a evaluation method combining the quality evaluation (comprehensive index method) and risk evaluation (the rough set theory) was established based on the grading standards. **Results** The food quality index (FOI_t) value of soybean products was 0.139, and the quality evaluation was excellent. From 2012 to 2014, the FOI_t value of soybean products increased gradually, and declined slightly in 2015. Among the single index I_t value, benzoic acid (0.552) in fermented soybean products, the aerobic plate count (0.399) and dehydroacetic acid (0.388) in the non-fermented soybean products were qualified grade. The core indicators were benzoic acid and dehydroacetic acid (indicating highest risk), sorbic acid (indicating risk), aerobic plate count and *Escherichia coli* (indicating risk, high and highest risk), with a prediction accuracy of 96.33%. From 2012 to 2015, the quality of soybean products in Shenyang totality increased. **Conclusion** This combined method can be used to evaluate soybean products quality and safety. Benzoic acid, sorbic acid, dehydroacetic acid, aerobic plate count and *Escherichia coli* are the core indicators of soybean

基金项目: 中山大学南方学院博士基金项目(2020BQ23)

Fund: Supported by the Ph.D Fund Project Nanfang College of Sun Yat-sen University (2020BQ23)

*通信作者: 张明, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: zhangming4821901@163.com

*Corresponding author: ZHANG Ming, Ph.D, Associate Professor, School of Yunkang Medical and Health Management, Nanfang College of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510970, China. E-mail: zhangming4821901@163.com

products testing, indicating different degrees of risk.

KEY WORDS: comprehensive index method; rough set; bean food; food safety; evaluation

0 引 言

目前健康生活理念已深入人心, 人们对食品质量安全的关切程度也不断增强^[1]。豆制品以其加工产品形式多样、消费量大、价格合理以及产品本身又含有丰富的蛋白质、膳食纤维、维生素和矿物质等多种营养物质, 深受广大百姓的认可和喜爱^[2]。随着豆制品生产工艺水平的不断提高, 单一的合格率判定方法不能给出更多的产品评价信息, 无法满足人们想要了解和掌握更多产品质量安全状况的现实需要^[3]。为此我们在前期研究工作的基础上, 将综合指数法^[4]与粗糙集理论法^[5]联用进行食品综合评价, 以沈阳市 2012—2015 年豆制品监测数据为研究对象, 综合分析各指标检验结果, 为评价食品质量与风险水平提供新的可借鉴方法。

1 材料与方 法

1.1 研究材料

沈阳市 2012—2015 年豆制品抽查样品 392 例, 其中发酵豆制品(fermented bean, FB)192 例和非发酵豆制品(non-fermented bean, NFB)200 例, 检验指标数据 7807 个。

1.2 研究内容

建立食品质量风险指数分级标准表, 使用综合指数法评价豆制品质量总体状况及年度变化情况; 评价常规理化、微生物和添加剂指标对豆制品质量的影响及年度变化情况; 各单项指标(FB 和 NFB)对豆制品质量影响情况。使用粗糙集理论方法(Rossetta 软件辅助计算)进行约简, 评价 FB 和 NFB 检测指标中的核心指标及其风险程度; 计算不合格指标预测准确率。

1.3 研究方法

1.3.1 检测方法

按照 GB/T 5009.52—2003《发酵性豆制品卫生标准的分析方法》^[6]、GB/T 5009.51—2003《非发酵性豆制品及面筋卫生标准的分析方法》^[7]和 GB/T 4789.23—2003《食品卫生微生物学检验 冷食菜、豆制品检验》^[8]标准规定执行, 各单项检验指标(具体项目详见表 1)按当时有效标准方法检验。

1.3.2 限量标准

按照 GB 2760—2011《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[9]、GB 2712—2003《发酵性豆制品卫生标准》^[10]和 GB 2711—2003《非发酵性豆制品及面筋卫生标准》^[11]规定有关限量值, 各指标限量值详见表 1。

1.3.3 评价方法

1) 质量指数

食品质量指数(food quality index, FQI)分为同类要素指数(FQI_i)、单类要素指数(I_i)和单要素指数(I), 本研究采用已有的指数方法^[4]进行相关评价, 公式含义和数据处理方式相同(不合格单要素指标加权 2 倍), 适用公式如式(1)~(7):

① 化学和微生物单要素质量指数计算公式

$$I_{ic} = \frac{X_i}{S_i} \tag{1}$$

$$I_{ib} = \sqrt{\frac{X_i}{S_i}} \tag{2}$$

② 化学和微生物单类要素质量指数计算公式

$$I_{ic} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} I_{ic} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \frac{X_i}{S_i} \tag{3}$$

表 1 豆制品(发酵和非发酵)指标限量值

Table 1 Limit values for indicators of soybean products (FB and NFB)

指标类型	限量值						
常规理化	铅/(mg/kg)	总砷/(mg/kg)	黄曲霉毒素 B ₁ /(μg/kg)				
FB 和 NFB	≤1.0	≤0.5	FB: ≤5; NFB: —				
添加剂/(g/kg)	糖精钠	亮蓝	甜蜜素	脱氢乙酸	二氧化硫	安赛蜜	柠檬黄
FB 和 NFB	≤1	≤0.025	≤1	≤0.3	FB: —; NFB: ≤0.2	不得检出	不得检出
添加剂/(g/kg)	山梨酸	日落黄	诱惑红	苯甲酸	胭脂红	苋菜红	
FB 和 NFB	≤1	≤0.1	≤0.1	不得检出	不得检出	不得检出	
微生物	沙门氏菌	金黄色葡萄球菌	志贺氏菌	大肠菌群/(MPN/100 g)			菌落总数/(CFU/g)
FB 和 NFB	不得检出	不得检出	不得检出	FB: ≤30; NFB: ≤150(散装) ≤40(定型)			FB: —; NFB: ≤750(定型) ≤100000(散装)

注: —代表无此项指标限量要求。

$$I_{tb} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} I_{ib} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} \sqrt{\frac{X_i}{S_i}} \quad (4)$$

③化学和微生物同类要素质量指数计算公式

$$FQI_{tc} = \frac{1}{K_1} \sum_{i=1}^{k_1} I_{tc} \quad (5)$$

$$FQI_{tb} = \frac{1}{K_2} \sum_{i=1}^{k_2} I_{tb} \quad (6)$$

④整类产品的综合质量指数计算公式:

$$FQI_t = \frac{1}{m} (FQI_{tc} + FQI_{tb}) \quad (7)$$

式中 I_{tc} 和 I_{tb} 分别为化学和微生物指标单要素质量指数; X_i 为各指标实测值; S_i 为与 X_i 相应的标准值。 I_{tc} 和 I_{tb} 分别为化学和微生物指标单类要素质量指数, n_1 和 n_2 分别为两类指标单要素个数。 FQI_{tc} 和 FQI_{tb} 分别为化学和微生物指标同类要素质量指数, K_1 和 K_2 分别为两类指标单类要素个数。 FQI_t 为整个产品综合质量指数, m 为大类要素个数, 本研究划分微生物指标 1 个大类, 化学指标分为 2 个大类(常规理化指标和添加剂指标)共 3 个大类。

2) 指标约简

粗糙集理论能在保持分类能力不变的前提下, 通过知识约简, 导出问题的决策和分离规则^[12-13]。本研究采用已有的粗糙集约简方法^[5]评价风险水平, 数据标准化采用食品质量指数计算各指标单要素指数值, 根据分级标准确定风险等级值(见表 2)组成条件属性集, 将各指标风险值离散导入 Rosetta 软件, 由检验项目(表 1)组成条件属性。参照检验报告判定标准, 只要有 1 项或以上项目不合格用“F”表示, 组成决策属性并生成决策表。使用遗传算法计算最小命中集合, 在属性集 B 的幂集 $2k$ 中选择相应的属性是否出现^[14-16], 适应函数如公式(8):

$$f(C) = (1 - \alpha) \times \frac{\cos t(B) - \cos t(C)}{\cos t(B)} + \alpha \times \min \left\{ \varepsilon, \frac{|\{Sin Q|Q \cap C \neq \phi\}|}{|Q|} \right\} \quad (8)$$

3) 分级标准

通过设定所有样本检测值的 3 种理想状态(最优值、限量值和最差值)的不同比例将指数值范围划分为 7 个区间(合格以上为 4 个; 以下为 3 个), 分别代表产品的不同质量和风险等级, 表示产品质量和风险程度, 具体情况详见表 2。

4) 特别说明

当单个检测项目结果报告为阳性或超出检测上限时, 指数值为最大 $I_{max}(20)$, 当结果报告为阴性或超出检测下限, 规定值为最小 $I_{min}(0.1)$, 当微生物指标为多级采样方式时, 检测数据按照平均值计算。

1.3.4 分析工具

统计分析使用 IBM SPSS 19.0 软件; 粗糙集约简使用 Rosetta 1.4.41 软件。

2 豆制品质量安全评价实例分析

2.1 质量总体评价及其年度变化情况

2012—2015 年豆制品、发酵豆制品和非发酵豆制品综合质量指数 FQI_t 值分别为 0.139、0.129 和 0.149。在表 2 中, 指数对应产品质量评价等级分别为优级、优级和良级, 说明豆制品和发酵豆制品质量极好, 非发酵豆制品质量良好, 发酵豆制品质量略好于非发酵豆制品, 差异不显著($P=0.779>0.05$)。由图 1 可见, 导致 2013 年豆制品质量降低的原因是非发酵豆制品质量降低程度高于发酵豆制品质量升高程度(NFB 的 FQI_t 升高值大于 FB 的降低值), 导致

表 2 食品质量指数与风险等级标准
Table 2 Food quality index and risk grade criteria

最优值、限量值和最差值占比	指数值范围	等级	质量度	风险值	风险度
100%最优值-(5%限量值和 95%最优值)	0.1~0.145	优	极好	1	极低
(5%限量值和 95%最优值)-(15%限量值和 85%最优值)	0.145~0.235	良	良好	2	很低
(15%限量值和 85%最优值)-(40%限量值和 60%最优值)	0.235~0.46	中	较好	3	较低
(40%限量值和 60%最优值)-100%限量值	0.46~≤1	合格	一般	4	一般
100%限量值-(5%最差值和 95%限量值)	1~1.95	轻污染	较差	5	存在
(5%最差值和 95%限量值)-(15%最差值和 85%限量值)	1.95~3.85	中污染	很差	6	高
(15%最差值和 85%限量值)-100%最差值	3.85~20	重污染	极差	7	极高

2014 年豆制品质量继续降低的原因是发酵豆制品质量降低程度高于非发酵豆制品质量升高程度(FB 的 FQI_t 升高值大于 FB 的降低值), 而导致豆制品质量在 2015 年略有回升的原因是发酵豆制品质量上升程度高于非发酵豆制品质量降低程度(FB 的 FQI_t 降低值大于 NFB 的升高值)。



图 1 2012—2015 年豆制品 FQI_t 值年度变化结果
Fig.1 Annual change results of the FQI_t values of soybean products from 2012 to 2015

2.2 3 类指标质量指数年度变化情况

由图 2 可见, 2012—2014 年微生物和常规理化指标的变化趋势与综合指数 FQI_t 值变化趋势相同, 均为逐渐下降, 即使添加剂指标在 2013 年明显上升都没能改变综合指数 FQI_t 下降的趋势, 而在 2015 年综合指数 FQI_t 值略有升高的原因是常规理化指标的明显上升。该变化趋势图说明豆制品质量指数由微生物指标和常规理化指标质量指数主导, 这与张明等^[4]利用综合指数法研究糕点产品年度动态变化情况一致。微生物指标 FQI_t 值一直处于下降状态, 到 2015 年最低, 说明豆制品卫生质量状况越来越好; 常规理化指标 FQI_t 值在 2015 年升至最高, 提示对豆制品质量影响增

大, 应加强监测; 与微生物指标和常规理化指标变化趋势不同, 添加剂指标趋势说明 2013 年添加剂指标对豆制品质量影响最大, 然后逐渐降低, 到 2015 年达到最低, 对豆制品质量影响最小, 使用更加规范。

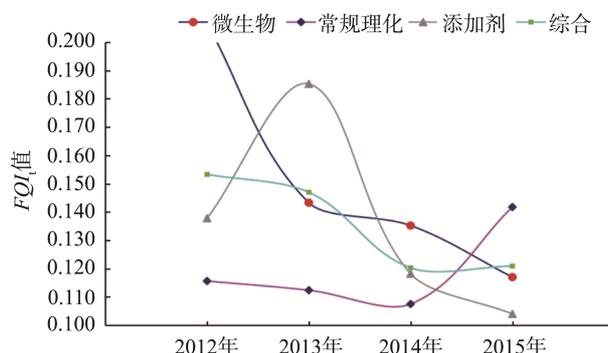


图 2 2012—2015 年 3 类检测指标 FQI_t 值年度变化结果
Fig.2 Annual change results of the FQI_t values of 3 types of detection indicators from 2012 to 2015

2.3 各单项检验指标质量指数情况

由表 3 可见, 在豆制品 21 项检测指标中: 大部分指标 (12 项) 对质量没有影响, FB 和 NFB 的 I_t 值均为 0.1, 分别是志贺氏菌、糖精钠、甜蜜素、日落黄、胭脂红、苋菜红、亮蓝、诱惑红、柠檬黄、铅。其他指标对豆制品影响程度不同: 对 FB 质量影响较大的是苯甲酸, 其次为总砷, 山梨酸和脱氢乙酸影响较小。对 NFB 影响较大的是菌落总数和脱氢乙酸, 其次为大肠菌群、山梨酸、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和苯甲酸, 安赛蜜和总砷影响较小。

表 3 单因素指标质量指数评价结果
Table 3 Results of the single factor quality indexes evaluation

类型	各指标 I_t 值				
微生物指标	菌落总数	大肠菌群	金黄色葡萄球菌	志贺氏菌	沙门氏菌
I_{tb} (FB/NFB)	—/0.399	0.1/0.191	0.1/0.159	0.1/0.1	0.1/0.159
添加剂指标	安赛蜜	苯甲酸	甜蜜素	糖精钠	山梨酸
I_{tc} (FB/NFB)	0.1/0.131	0.552/0.157	0.1/0.1	0.1/0.1	0.106/0.171
添加剂指标	日落黄	胭脂红	苋菜红	亮蓝	诱惑红
I_{tc} (FB/NFB)	0.1/0.1	0.1/0.1	0.1/0.1	0.1/0.1	0.1/0.1
添加剂指标	脱氢乙酸	柠檬黄	二氧化硫		
I_{tc} (FB/NFB)	0.101/0.388	0.1/0.1	—/0.1		
常规理化指标	总砷	铅	黄曲霉毒素 B ₁		
I_{tc} (FB/NFB)	0.189/0.118	0.1/0.1	0.1/—		

注: —代表无此项指标限量要求。

2.4 检验指标中的核心指标

NFB 和 FB 的检验指标分别为 19 项和 20 项, NFB 和 NB 数据各约简到 1 组结果。在 NFB 中菌落总数、大肠菌群、苯甲酸、山梨酸和脱氢乙酸共 5 项指标为核心指标; 在 FB 中苯甲酸为核心指标。其他指标均为一般指标。

2.5 核心指标风险情况

在表 4 中可见, FB 约简到不合格规则 1 项(序号 1), NFB 约简到不合格规则 21 项(序号 2-22)。在 FB 约简规则中: 覆盖度为 1, 说明 100%的不合格项由这项规则决定, 规则中苯甲酸为 7 级, 提示极高风险。在 NFB 约简规则中, 覆盖度和为 1, 说明 100%的不合格项均由这 21 项规则决定。其中: 菌落总数覆盖度和为 0.7(5 级 0.475、6 级 0.15、7 级 0.075), 说明 70%的不合格项由这些规则决定, 提示存在较高和极高风险(风险概率依次为 47.5%、15%和 7.5%); 大肠菌群覆盖度和 0.275(5 级 0.175、6 级 0.05、7 级 0.05), 说明 27.5%的不合格项由这些规则决定, 提出存在较高和极高风险(风险概率依次为 17.5%、5%和

5%); 山梨酸覆盖度为 0.025(5 级), 说明 2.5%的不合格项由此规则决定, 提示存在风险(风险概率 2.5%); 苯甲酸覆盖度为 0.05(7 级), 说明 5%的不合格项由此规则决定, 提示存在极高风险(风险概率为 5%); 脱氢乙酸覆盖度为 0.1(7 级), 说明 10%的不合格项由此规则决定, 提示存在极高风险(风险概率为 10%)。

2.6 不合格指标预测准确率

由表 4 可见, 决策属性“*F*”规则的平均覆盖度为 1, 占比 100%。通过与实际数据传统不合格率判定方法比较, 192 组 FB 数据中不合格产品数为 1, 苯甲酸单项不合格数为 1, 在不合格中占比 100%, 软件计算覆盖度也为 1, 因此计算预测准确率为 100%。同理计算在 200 组 NFB 中菌落总数、大肠菌群、脱氢乙酸、苯甲酸和山梨酸预测准确率分别为 98%、95%、95%、95%和 95%。因此, 豆制品不合格指标平均预测准确率为 96.33%(详见表 5)。计算结果略高于张明等^[5]对糕点不合格指标的预测率 95.61%, 出现差异的原因因为数据补齐过程中产生系统误差所致。

表 4 豆制品(发酵豆制品和非发酵豆制品)不合格指标约简规则
Table 4 Reduction rules of non-qualified indicators of soybean food(FB and NFB)

序号	约简规则	覆盖度
1	苯甲酸(7)=>决策(<i>F</i>)	1
2	菌落总数(1)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(5) =>决策(<i>F</i>)	0.025
3	菌落总数(7)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(7)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
4	菌落总数(4)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(7)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
5	菌落总数(3)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(7)AND 山梨酸(2) =>决策(<i>F</i>)	0.025
6	菌落总数(1)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(7)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
7	菌落总数(1)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(7)AND 山梨酸(3) =>决策(<i>F</i>)	0.025
8	菌落总数(5)AND 大肠菌群(4) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
9	菌落总数(6)AND 大肠菌群(5) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
10	菌落总数(3)AND 大肠菌群(6) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
11	菌落总数(5)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(3) =>决策(<i>F</i>)	0.025
12	菌落总数(6)AND 大肠菌群(7) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
13	菌落总数(5)AND 大肠菌群(6) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
14	菌落总数(4)AND 大肠菌群(7) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
15	菌落总数(4)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(7)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
16	菌落总数(3)AND 大肠菌群(5) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.025
17	菌落总数(6)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(4) =>决策(<i>F</i>)	0.050
18	菌落总数(7)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.050
19	菌落总数(5)AND 大肠菌群(5) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.050
20	菌落总数(6)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.050
21	菌落总数(4)AND 大肠菌群(5) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.075
22	菌落总数(5)AND 大肠菌群(1) AND 苯甲酸(1)AND 脱氢乙酸(1)AND 山梨酸(1) =>决策(<i>F</i>)	0.350

表5 不合格指标预测准确率结果
Table 5 Prediction accuracy rate results of non-qualified indicators

类型	样品数	不合格数	单项不合格数	不合格中占比/%	覆盖度	预测准确率
苯甲酸(FB)	192	1	1	100	1	100%
菌落总数(NFB)			26	68.42	0.7	98%
大肠菌群(NFB)			11	28.94	0.275	95%
脱氢乙酸(NFB)	200	38	4	10.53	0.1	95%
苯甲酸(NFB)			2	5.26	0.05	95%
山梨酸(NFB)			1	2.63	0.025	95%
总数或均值	392	39	—	—	—	96.33%

3 结论

综合指数与粗糙集联用法可以对食品质量安全进行全面评价。2012—2015年沈阳市豆制品监测结果评价结果表明,豆制品(发酵豆制品和非发酵豆制品)产品质量均为良好及以上水平,发酵豆制品质量略好于非发酵豆制品。食品卫生指标质量水平逐年上升,2015年微生物和添加剂指标对豆制品质量影响最小,而常规理化指标影响增大,导致产品总体质量略有下降。苯甲酸、山梨酸、脱氢乙酸、菌落总数和大肠菌群是豆制品检验的核心指标(风险指标),提示不同程度和概率的风险,应加强监测频次,其他指标为一般指标,可适当减少监测频次。

参考文献

- [1] 范宇晖,孟彩霞,王艳菊,等. 2010年-2012年深圳市食品卫生安全检测结果分析[J]. 临床医药实践, 2014, (6): 409-413.
FAN YH, MENG CX, WANG YJ, *et al.* Analysis of results in detection of food safety in Shenzhen from 2010 to 2012 [J]. Proc Clin Med, 2014, (6): 409-413.
- [2] 冯翔. 豆制品营养各有特长[J]. 农产品市场周刊, 2016, (20): 57.
FENG X. Bean products' nutrition is specialties [J]. Agric Prod Market, 2016, (20): 57.
- [3] 吴广枫,陈思,郭丽霞,等. 我国食品安全综合评价及食品安全指数研究[J]. 中国食品学报, 2014,14(9): 1-6.
WU GF, CHEN S, GUO LX, *et al.* Research on food safety comprehensive evaluation and food safety index in China [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2014, 14(9): 1-6.
- [4] 张明,张力,刘宏生. 综合指数法在糕点食品安全标准指标评价中的应用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(11): 4480-4485.
ZHANG M, ZHANG L, LIU HS. Application research of comprehensive index method in the evaluation of pastry standard's index [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(11): 4480-4485.
- [5] 张明,刘宏生. 基于Rosetta的粗糙集理论在糕点食品安全风险监测中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(11): 4486-4490.
ZHANG M, LIU HS. Application of rough set theory on pastry food safety risk monitoring based on rosetta [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(11): 4486-4490.
- [6] GB/T 5009.52—2003 发酵性豆制品卫生标准的分析方法[S].
GB/T 5009.52—2003 Method for analysis of hygienic standard of fermented bean products [S].
- [7] GB/T 5009.51—2003 非发酵性豆制品及面筋卫生标准的分析方法[S].
GB/T 5009.51—2003 Method for analysis of hygienic standard of nonfermented bean products and gluten [S].
- [8] GB/T 4789.23—2003 食品卫生微生物学检验 冷食菜、豆制品检验[S].
GB/T 4789.23—2003 Microbiological examination of food hygiene -Examination of cold dish and bean products [S].
- [9] GB 2760—2011 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2011 National food safety standard-Standard for uses of food additives [S].
- [10] GB 2712—2003 发酵性豆制品卫生标准[S].
GB 2712—2003 Hygienic standard for fermented bean product [S].
- [11] GB 2711—2003 非发酵性豆制品及面筋卫生标准[S].
GB 2711—2003 Hygienic standard for non-fermented bean products and gluten [S].
- [12] ZDZISLAW P. Rough sets [J]. Inter J Comp Inform Sci, 1982, 11(8): 41-356.
- [13] 李靖,薛凌峰,武金坤,等. 粗糙集理论在大坝安全监测数据处理中的应用[J]. 三峡大学学报, 2008, 30(6): 29-32.
LI J, XUE LF, WU JK, *et al.* Application of rough set theory to processing of dam safety monitoring data [J]. J Three Gorges Univ, 2008, 30(6): 29-32.
- [14] STAAL V, ALEKSANDER Ø. Minimal approximate hitting sets and rule templates [J]. Inter J Approx Reas, 2000, (25): 123-143.
- [15] 臧红岩. 基于Rosetta的粗糙集神经网络在风机故障诊断中的应用[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2011, (5): 79-80.
ZANG HY. Rough set reduction of fan fault diagnosis based on Rosetta [J]. Smart Fact, 2011, (5): 79-80.
- [16] 田静宜,潘宏侠,杨业,等. 基于粗糙集和神经网络的柴油机故障诊断[J]. 柴油机设计与制造, 2010, 16(3): 29-35.
TIAN JY, PAN HX, YANG Y, *et al.* Diesel engine fault diagnosis based on rough sets and neural network [J]. Des Manu Diesel Eng, 2010, 16(3): 29-35.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



张明,博士,副教授,主要研究方向为食品质量与安全。
E-mail: zhangming4821901@163.com