

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2018.10.002

欢迎按以下格式引用:朱立龙,孙淑慧.消费者反馈机制下食品质量安全监管三方演化博弈及仿真分析[J].重庆大学学报(社会科学版), 2019(3):94-107.

Citation Format: ZHU Lilong, SUN Shuhui. Tripartite evolution game and simulation analysis of food quality and safety supervision under consumer feedback mechanism[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2019(3):94-107.

消费者反馈机制下食品质量安全监管三方演化博弈及仿真分析

朱立龙^{1,2}, 孙淑慧¹

(1. 山东师范大学 商学院, 山东 济南 250014; 2. 山东大学 管理学院, 山东 济南 250100)

摘要:食品安全问题关系到公众健康、社会稳定和经济发展,一直都是社会各界关注的热点问题之一。近年来,食品安全问题层出不穷,社会各界都在为如何强化食品安全努力。文章从食品质量安全监管角度出发,在考虑信息不对称及有限理性条件下,构建基于消费者反馈机制的食品生产企业、第三方检测机构和政府监管部门之间的三方演化博弈模型,分析了不同行为主体间策略选择的相互影响机制和不同参数变化下各主体策略选择的演化趋势,并运用 Matlab 2016b 对博弈模型进行了仿真分析,仿真结果表明各行为主体对消费者反馈机制的敏感性(即对消费者反馈的价值感知)以及检测与监管的成本高低是影响其决策行为的重要因素。最后,提出了消费者反馈机制下食品质量安全监管的对策与建议,为提高食品质量安全水平,维护市场秩序指明了方向。

关键词:消费者反馈;价值感知;食品质量安全;三方演化博弈;仿真分析

中图分类号:F253.3; F224.32

文献标志码:A

文章编号:1008-5831(2019)03-0094-14

一、问题提出

随着经济飞速发展,人民生活水平日益提高,食品种类的选择日益丰富,同时,也面临着日益繁多的食品安全问题(如“地沟油”事件、“毒生姜”事件、“三聚氰胺牛奶”事件、“染色馒头”事件等),这些事件的发生说明食品生产企业在诚信经营方面,政府在食品安全监管以及第三方检测机构在

修回日期:2018-06-13

基金项目:教育部人文社会科学基金规划项目“多主体协同视角下区域产品质量监管机制研究”(17YJA630147);山东省社会科学规划研究项目“供给侧改革视角下多主体参与的山东省产品质量监管机制研究”(16CQXJ03);国家社会科学基金重点项目“我国区域产品质量影响因素分析及监管对策研究”(13AGL012)

通信作者:朱立龙(1983—),男,山东日照人,山东师范大学副教授,硕士研究生导师,山东大学管理学院博士后,主要从事供应链管理与质量管理研究,Email: zhulilong2008@126.com。

食品安全检测方面也存在诸多漏洞,导致各种食品安全问题层出不穷。

2015年新修订的《中华人民共和国食品安全法》,着重强调要加强全国食品安全监管与检测;国家的“十三五”规划中明确提出“要大力实施食品安全战略,形成一个严密高效的食品安全治理体系,让人民群众吃得放心”;习近平总书记对食品质量安全工作作出重要指示:“民以食为天,加强食品安全工作,关系到全国人民的身体健康和生命安全,必须抓得紧而又紧。”足以看出国家对食品质量安全问题的高度重视。同时,对食品生产企业加大质量投入、生产高质量食品,第三方检测机构按标准严格履行检测职责,政府监管部门进行有效监管提出了更高的要求。

围绕食品安全质量监管这一问题,国内外学者进行了广泛研究,为本文提供了良好的借鉴。其中也不乏采用博弈思想进行的学术研究,但已有文献大多采用双方博弈的思想,对食品供应链上的主体进行两两分析,容易忽视其他主体在整个博弈机制中的重要作用和消费者反馈对博弈主体的影响,须知消费者是食品安全监管最终相关利益者。因此,通过多主体演化博弈来研究食品安全监管问题还需进一步完善。

本文基于消费者反馈机制,构建了食品生产企业、第三方检测机构与政府监管部门之间的三方演化博弈模型,求解并分析了各主体在其他主体影响下的演化趋势,探析包括对消费者反馈的价值感知在内的各参数对博弈主体的影响机制,运用 Matlab 2016b 对各主体稳定策略的演化趋势进行了仿真分析,并提出了相应的对策和建议。

二、相关文献综述

食品安全问题对人民健康、社会稳定和经济发展至关重要,一直都是社会各界关注的热点问题之一。对于食品质量的监管和检测等,国内外学者从多个角度进行了研究,目前主要有以下三个方面。

第一个方面主要是从食品供给者的角度出发:Rossi 等^[1]研究表明食品质量水平和食品加工者的知识水平以及风险认知水平密切相关;Dora 等^[2]分析了欧洲中小型食品企业关于精益生产应用的现状、利益和障碍;Baselice 等^[3]指出食品生产企业创新食品产品是否符合消费者偏好,与其食品安全性密切相关;Aung 等^[4]和 Brashears 等^[5]研究表明良好的可追溯系统能够给企业带来很好的优势;热比亚·吐尔逊等^[6]则从整个食品供应链角度对供应链安全管理与食品安全认证和绩效的相关性进行了研究;徐玲玲等^[7]从企业标准与行业标准的兼容性角度,深入探析企业应用行业标准的制约因素,为食品可追溯体系建设提供决策依据。

第二个方面主要是从政府监管部门的监管制度以及第三方检测机构的检测技术角度出发:Stadlmüller 等^[8]介绍并分析了奥地利卫生检验评分系统在生产动物食品企业中的应用;谢康等^[9]通过仿真建模,对食品安全“监管困局”的形成机理进行研究,并提出相应的制度建议;全世文等^[10]通过构建委托代理模型指出中国现行食品安全监管体制存在的缺陷,提出了食品安全监管机制的改进建议;宋亚辉^[11]则对食品安全标准的私法效力进行了研究;周开国等^[12]研究了媒体、资本市场及政府监管部门协同治理的食品安全监督治理机制;王海燕等^[13]通过构建质量链信息组织结构模型,对食品质量链各阶段中的质量控制策略提出对策建议。

第三个方面主要是从社会评价、消费者反馈机制的角度出发,主要的学者及研究对象有:Tiozzo 等^[14]对意大利 Triveneto 地区消费者对食品风险的认知进行了探索;李玉峰等^[15]对发生食品安全事

件后,政府监管、企业保证等对消费者购买意向的影响进行了研究;靳明^[16]通过构建消费替代意愿模型及实证分析论证了消费者产生替代意愿主要是为了规避食品安全风险;王建华^[17]在食品安全满意度的视角下,运用结构方程模型对消费者对政府监管的评价进行了深入研究。

本文的研究与以前学者主要有以下三点不同。

第一,在考虑消费者反馈机制下,构建食品生产企业、第三方检测机构和政府监管部门间食品安全监管的三方演化博弈模型;第二,分析了三个行为主体的稳定策略演化过程,并研究了不同主体间稳定策略选择的影响机制,以及不同参数变化对稳定策略的影响;第三,运用 Matlab 2016b 对各主体在其他主体不同策略组合及参数变化下的演化趋势进行了仿真分析,并提出了相应的对策和建议。

三、模型假设与构建

(一) 模型假设

假设 1:在本文的分析中,有三个参与人:食品生产企业为参与人 1;第三方检测机构为参与人 2;政府监管部门为参与人 3。三个参与主体都是有限理性的。参与人 1 的策略选择空间为 $S_1 = (\text{生产高质量食品}, \text{生产低质量食品})$;参与人 2 的策略选择空间为 $S_2 = (\text{严格检测}, \text{不严格检测})$;参与人 3 的策略选择空间为 $S_3 = (\text{严格监管}, \text{宽松监管})$ 。

假设 2:食品生产企业选择生产高质量食品的概率为 $x (0 \leq x \leq 1)$,选择生产低质量食品的概率为 $1 - x$;第三方检测机构选择严格检测的概率为 $y (0 \leq y \leq 1)$,选择不严格检测的概率为 $1 - y$;政府监管部门选择严格监管的概率为 $z (0 \leq z \leq 1)$,选择宽松监管的概率为 $1 - z$ 。

假设 3:食品生产企业生产低质量食品时,其生产成本为 C_l ;生产高质量食品时,其生产成本为 C_h 。当食品生产企业选择生产低质量食品时,为了通过质量检测,会选择向第三方检测机构进行寻租,设寻租成本为 C_r ,可知 $C_r \leq C_h - C_l$ 。食品生产企业的销售收益为 V 。

假设 4:第三方检测机构不严格检测时,检测成本为 C_{i1} ;严格检测时,需使用先进的检测设备,聘用专业的检测人员,出具准确的质检报告,检测成本为 C_{i2} ,显然 $C_{i2} > C_{i1} > 0$ 。政府监管部门给予第三方的报酬为 W_i 。若食品生产企业生产低质量食品向第三方检测机构寻租,当第三方检测机构选择严格检测时,不会接受寻租,且会向政府监管部门上交寻租收益,此时政府监管部门对食品生产企业进行惩罚,设惩罚额为 F_e ;第三方选择不严格检测时,接受寻租,若政府监管部门严格监管,会发现寻租行为,对违规双方进行惩罚,对食品生产企业的惩罚额为 F_e ,对第三方检测机构的惩罚额为 F_i ,且 $F_e \geq F_i$ 。

假设 5:当低质量食品横行,消费者的效用降低,企业品牌形象损失,造成现有及潜在顾客流失等一系列负面反馈,设企业对这些负面消费者反馈的价值感知为 $-N_e$;消费者和政府对于第三方检测机构的信任度降低,使其检测业务流失,甚至可能会被吊销营业执照,设第三方检测机构对这些负面消费者反馈的价值感知为 $-N_i$ 。消费者反馈机制的作用机理就是消费者给予违规企业和第三方检测机构一种“惩罚”。

假设 6:设政府监管部门的严格监管成本为 C_g 。当高质量食品在市场流通,定价合理,市场秩序良好,消费者获得满足,从而经济稳定向前发展,设政府监管部门对这些正面消费者反馈的价值感知为 R_g 。

(二) 模型构建

基于以上模型假设,本文构建政府监管部门、食品生产企业和第三方检测机构三个行为主体间食品质量安全的混合策略博弈矩阵,如表 1 所示。

表 1 食品质量安全混合策略博弈矩阵

		第三方检测机构	政府监管部门	
			严格监管 z	宽松监管 $1 - z$
食品生产企业	生产高质量食品 x	严格检测 y	$V - C_h, W_t - C_{i2}, R_g - C_g - W_t$	$V - C_h, W_t - C_{i2}, R_g - W_t$
		不严格检测 $1 - y$	$V - C_h, W_t - C_{i1}, R_g - C_g - W_t$	$V - C_h, W_t - C_{i1}, R_g - W_t$
	生产低质量食品 $1 - x$	严格检测 y	$-C_l - C_r - F_e, W_t - C_{i2}, C_r + F_e - C_g - W_t$	$-C_l - C_r - F_e, W_t - C_{i2}, C_r + F_e - W_t$
		不严格检测 $1 - y$	$-C_l - C_r - F_e, W_t + C_r - C_{i1} - F_t - N_i, F_e + F_t - C_g - W_t$	$V - C_l - C_r - N_e, W_t + C_r - C_{i1} - N_i, -W_t$

四、演化模型分析

(一) 三方博弈的复制子动态及演化稳定策略

从表 1 的食品质量安全混合策略博弈矩阵,可以得出:

设食品生产企业选择“生产高质量食品”的期望收益为 E_{e1} 。

$$E_{e1} = yz(V - C_h) + y(1 - z)(V - C_h) + (1 - y)z(V - C_h) + (1 - y)(1 - z)(V - C_h) = V - C_h \quad (1)$$

设食品生产企业选择“生产低质量食品”的期望收益为 E_{e2} 。

$$E_{e2} = yz(-C_l - C_r - F_e) + y(1 - z)(-C_l - C_r - F_e) + (1 - y)z(-C_l - C_r - F_e) + (1 - y)(1 - z)(V - C_l - C_r - N_e) = V - C_l - C_r - N_e - y(V + F_e - N_e) - (1 - y)z(V + F_e - N_e) \quad (2)$$

设食品生产企业的平均期望收益为 \bar{E}_e 。

$$\bar{E}_e = x E_{e1} + (1 - x) E_{e2} \quad (3)$$

由此可得,食品生产企业选择“生产高质量食品”策略概率的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{e1} - \bar{E}_e) = x(1 - x)[(z + (1 - z)y)(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)] \quad (4)$$

同理,可得第三方检测机构选择“严格检测”与政府监管部门选择“严格监管”策略概率的复制动态方程分别如式(5)和式(6)所示:

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{i1} - \bar{E}_i) = y(1 - y)[N_i - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) - x(N_i - C_r) + (1 - x)zF_t] \quad (5)$$

其中, E_{i1} 表示第三方检测机构“严格检测”的期望收益, \bar{E}_i 表示第三方检测机构的平均期望

收益。

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(E_{g1} - \bar{E}_g) = z(1-z)[F_e + F_t - C_g - (x+y-xy)(F_e + F_t)] \quad (6)$$

其中, E_{g1} 为政府监管部门“严格监管”的期望收益, \bar{E}_g 为政府监管部门的平均期望收益。

(二) 食品生产企业的演化稳定策略

对食品生产企业选择“生产高质量食品”策略概率的复制动态方程 $F(x)$ 求偏导可得:

$$\frac{d(F(x))}{dx} = (1-2x)[(z+(1-z)y)(V+F_e-N_e) - (C_h-C_l-C_r-N_e)] \quad (7)$$

若 $z = \frac{y(V+F_e-N_e) - (C_h-C_l-C_r-N_e)}{-(1-y)(V+F_e-N_e)}$, 则所有水平均处于稳定状态; 若 $z >$

$\frac{y(V+F_e-N_e) - (C_h-C_l-C_r-N_e)}{-(1-y)(V+F_e-N_e)}$, 则 $x^* = 1$ 为演化稳定策略; 若 $z <$

$\frac{y(V+F_e-N_e) - (C_h-C_l-C_r-N_e)}{-(1-y)(V+F_e-N_e)}$, 则 $x^* = 0$ 为演化稳定策略。

因此, 食品生产企业选择“生产高质量食品”策略概率的复制子动态及演化稳定策略如图 1 所示。

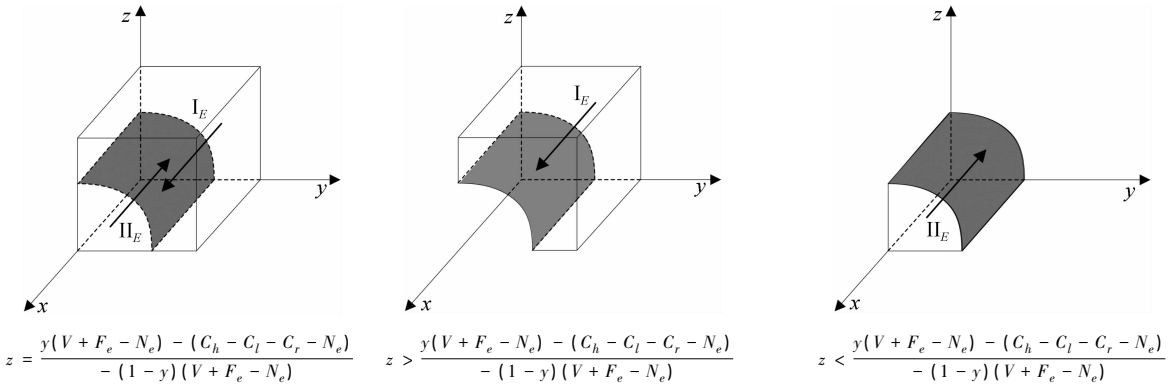


图 1 政府监管部门策略概率变化对食品生产企业演化稳定策略的影响

区域 I_E 的体积 V_{I_E} 代表食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率, 区域 II_E 的体积 V_{II_E} 代表选择“生产低质量食品”策略的概率。

$$V_{I_E} = 1 - \iint_{II_E} \frac{y(V+F_e-N_e) - (C_h-C_l-C_r-N_e)}{-(1-y)(V+F_e-N_e)} dydz = 1 - \frac{C_h-C_l-C_r-N_e}{V+F_e-N_e} - (1 - \frac{C_h-C_l-C_r-N_e}{V+F_e-N_e}) \ln(1 - \frac{C_h-C_l-C_r-N_e}{V+F_e-N_e}) \quad (8)$$

$$V_{II_E} = \frac{C_h-C_l-C_r-N_e}{V+F_e-N_e} + (1 - \frac{C_h-C_l-C_r-N_e}{V+F_e-N_e}) \ln(1 - \frac{C_h-C_l-C_r-N_e}{V+F_e-N_e}) \quad (9)$$

命题 1: 食品生产企业选择“生产高质量食品”的概率, 会随着第三方检测机构选择“严格检测”策略以及政府监管部门选择“严格监管”策略概率的增加而提高; 同时, 会随寻租成本、政府惩罚额和对负面消费者反馈的价值感知的增加而提高。

证明: 由食品生产企业选择“生产高质量食品”策略概率的复制动态方程 $F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{e1} - \bar{E}_e)$

的偏导数: $\frac{d(F(x))}{dx} = (1 - 2x)[(z + (1 - z)y)(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)]$, 可得食品生产企业生产高质量食品的概率 x 关于第三方检测机构严格检测的概率 y 的反应函数为:

$$x = \begin{cases} 0 & \text{if } y < \frac{z(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)}{-(1 - z)(V + F_e - N_e)} \\ [0, 1] & \text{if } y = \frac{z(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)}{-(1 - z)(V + F_e - N_e)} \\ 1 & \text{if } y > \frac{z(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)}{-(1 - z)(V + F_e - N_e)} \end{cases} \quad (10)$$

当 $y < \frac{z(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)}{-(1 - z)(V + F_e - N_e)}$ 时, $x = 0$ 为演化稳定策略(ESS), 表示第三方检测

机构选择“严格检测”的概率低于某一水平时, 食品生产企业会倾向于生产低质量食品, 向第三方寻租, 以节省成本, 谋求暴利, 因此, 食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的演化轨迹将趋于 0; 反之, 当第三方检测机构以高于这一水平的概率进行严格检测时, 食品生产企业意识到寻租成功的概率较低, 受到政府惩罚的风险较高, 为规避风险, 食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率将稳定在 1。

同理, 可得食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率 x 关于政府监管部门选择“严格监管”策略的概率 z 的反应函数, 格式参照式(10), 此处略。

当 $z < \frac{y(V + F_e - N_e) - (C_h - C_l - C_r - N_e)}{-(1 - y)(V + F_e - N_e)}$ 时, $x = 0$ 为演化稳定策略(ESS), 表示当政府监

管部门严格监管的概率低于一定水平时, 在利益的驱使下, 食品生产企业往往善于发现监管漏洞, 此时, 企业会铤而走险, 倾向于生产低质量食品, 因此, 食品生产企业生产高质量食品的概率将稳定于 0; 反之, 当政府监管部门严格监管的概率高于这一水平时, 食品生产企业寻租成功的概率很低, 为了规避巨大的惩罚风险, 食品生产企业生产高质量食品的概率将稳定在 1。

对食品生产企业生产高质量食品的概率 x (即 V_{I_x}) 分别关于 C_r 、 F_e 、 N_e 求偏导, 可得:

$$\begin{cases} \frac{\partial (V_{I_x})}{\partial C_r} = -\frac{1}{V + F_e - N_e} \ln\left(1 - \frac{C_h - C_l - C_r - N_e}{V + F_e - N_e}\right) > 0 \\ \frac{\partial (V_{I_x})}{\partial F_e} = -\frac{C_h - C_l - C_r - N_e}{(V + F_e - N_e)^2} \ln\left(1 - \frac{C_h - C_l - C_r - N_e}{V + F_e - N_e}\right) > 0 \\ \frac{\partial (V_{I_x})}{\partial N_e} = \frac{C_h - V - C_l - C_r - F_e}{(V + F_e - N_e)^2} \ln\left(1 - \frac{C_h - C_l - C_r - N_e}{V + F_e - N_e}\right) > 0 \end{cases} \quad (11)$$

因此, 食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率 x (即 V_{I_x}) 分别关于 C_r 、 F_e 、 N_e 都是增函数, 即随着寻租成本、政府惩罚额和对负面消费者反馈的价值感知的增加, 食品生产企业倾向于生产高质量食品。表示当食品生产企业选择“生产低质量食品”策略所需付出的成本代价扩大到一定程度时, 食品生产企业选择“生产低质量食品”将得不偿失, 因此会转而倾向于选择“生产高质量食品”。

结论: 为有效激励食品生产企业生产高质量食品, 一方面可以从监管力度着手, 强化第三方检

测机构严格检测以及政府严格监管的力度,双方加强合作交流,严格管控食品安全市场,使得食品生产企业无法寻租;另一方面可以从惩罚力度着手,惩罚可分为政府惩罚和消费者惩罚,前者可直接加大惩罚额从而对食品生产企业起到震慑作用,后者指负面消费者反馈给食品生产企业带来的损失,消费者对食品安全质量的反馈对食品生产企业来说至关重要,政府监管部门可借助媒体网络等手段向消费者宣传“舌尖上的安全”的重要性,积极引导消费者加入食品安全“监管”行列。

(三) 第三方检测机构的演化稳定策略

对第三方检测机构选择“严格检测”策略概率的复制动态方程 $F(y)$ 求偏导可得:

$$\frac{d(F(y))}{dy} = (1 - 2y) [N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) - x(N_t - C_r) + (1 - x)zF_t] \quad (12)$$

若 $x = \frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + zF_t}{N_t - C_r + zF_t}$, 则所有水平均处于稳定状态; 若 $x >$

$\frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + zF_t}{N_t - C_r + zF_t}$, 则 $y^* = 0$ 为演化稳定策略; 若 $x <$

$\frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + zF_t}{N_t - C_r + zF_t}$, 则 $y^* = 1$ 为演化稳定策略。

因此,第三方检测机构选择“严格检测”策略概率的复制子动态及演化稳定策略如图2所示。

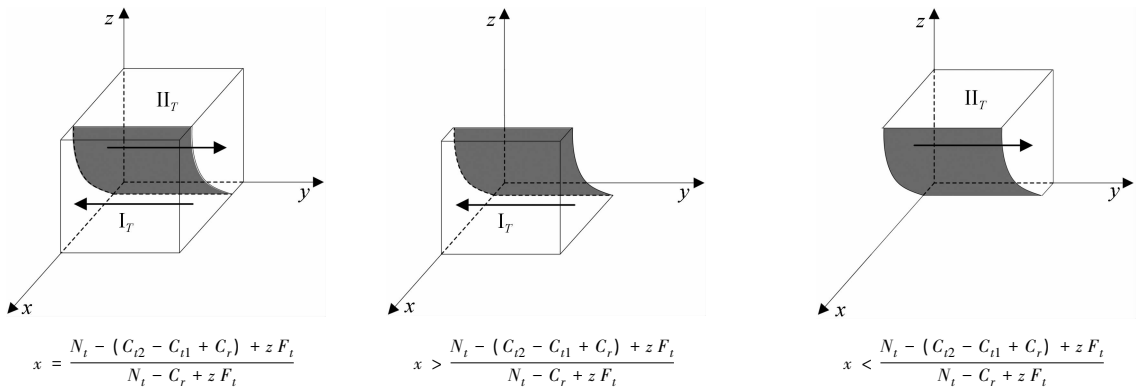


图2 食品生产企业策略概率变化对第三方检测机构演化稳定策略的影响

如图2所示,区域 I_T 的体积 V_{I_T} 代表第三方检测机构选择“不严格检测”策略的概率,区域 II_T 的体积 V_{II_T} 表示选择“严格检测”策略的概率。

$$V_{I_T} = 1 - \iint_{II_T} \frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + zF_t}{N_t - C_r + zF_t} dx dz = \frac{C_{i2} - C_{i1}}{F_t} \ln\left(1 + \frac{F_t}{N_t - C_r}\right) \quad (13)$$

$$V_{II_T} = 1 - \frac{C_{i2} - C_{i1}}{F_t} \ln\left(1 + \frac{F_t}{N_t - C_r}\right) \quad (14)$$

命题2:第三方检测机构选择“严格检测”策略的概率,会随食品生产企业选择“生产高质量食品”的概率增加而降低,随政府监管部门选择“严格监管”的概率增加而提高;同时,随自身对负面消费者反馈的价值感知增加和政府惩罚额的增加而提高,随食品生产企业给予的寻租收益的增加而降低。

证明:由第三方检测机构“严格检测”概率的复制动态方程 $F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{i1} - \bar{E}_i)$ 的偏导数:

$\frac{d(F(y))}{dy} = (1 - 2y) [N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) - x(N_t - C_r) + (1 - x)zF_t]$, 可得第三方检测机构严

格检测的概率 y 关于食品生产企业生产高质量食品的概率 x 的反应函数为:

$$y = \begin{cases} 0 & \text{if } x > \frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + z F_t}{N_t - C_r + z F_t} \\ [0, 1] & \text{if } x = \frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + z F_t}{N_t - C_r + z F_t} \\ 1 & \text{if } x < \frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + z F_t}{N_t - C_r + z F_t} \end{cases} \quad (15)$$

可知,当 $x > \frac{N_t - (C_{i2} - C_{i1} + C_r) + z F_t}{N_t - C_r + z F_t}$ 时, $y = 0$ 为演化稳定策略(ESS),表示当食品生产企业

选择“生产高质量食品”的概率高于某一水平时,由于食品质量得到一定程度的保证,第三方检测机构为降低检测成本,会降低“严格检测”的概率;反之,当食品生产企业选择“生产高质量食品”的概率低于这一水平时,食品质量得不到保证,被政府或消费者发现的概率大大提高,为避免政府监管部门给予的失职惩罚以及消费者的负面反馈,第三方检测机构会提高“严格检测”的概率,演化趋势最终稳定于 1。

同理,可得第三方检测机构选择“严格检测”策略的概率 y 关于政府监管部门选择“严格监管”策略的概率 z 的反应函数,格式参照式(15),此处略。

可知,当 $z < \frac{x(N_t - C_r) + C_{i2} - C_{i1} + C_r - N_t}{(1-x)F_t}$ 时, $y = 0$ 为演化稳定策略(ESS),表示当政府监

管部门严格监管的概率低于一定水平时,第三方检测机构懈怠或寻租行为被政府监管部门发现的概率较低,为降低成本,获取不法收益,第三方检测机构选择“严格检测”的概率将稳定于 0;反之,当政府监管部门以高于这一水平的概率进行严格监管时,第三方检测机构的一系列违规行为被发现

的概率将大大提高,因此,为规避懈怠职责或寻租带来的严厉惩罚,第三方检测机构选择“严格检测”策略的概率将稳定于 1。

对第三方检测机构严格检测的概率 y (即 V_{II}) 分别关于 N_t 、 F_t 、 C_r 求偏导,格式参考式(11),此处略。

可得,第三方检测机构严格检测的概率 V_{II} 分别关于 N_t 、 F_t 是增函数,关于 C_r 是减函数,即随着对负面消费者反馈的价值感知以及政府惩罚额的增加,会倾向于选择严格检测来规避损失;但若食品生产企业给予第三方检测机构的寻租收益达到一定水平,第三方检测机构极有可能冒险获取非法寻租收益。

结论:由证明可知,第三方检测机构策略选择和另两方的策略选择密切相关。显然不能通过降低企业生产高质量食品的概率来提高严格检测的概率,因此,为使第三方检测机构能严格履职,政府监管部门需加强监管与惩罚力度,对其懈怠职责以及寻租行为进行严惩;负面消费者反馈给第三方检测机构带来的损失也属于惩罚,当其丧失消费者和政府的信任,检测业务量会大量流失,因此要引导消费者参与第三方检测机构的业务评价;此外,若巨大的寻租收益使其甘愿冒险,政府监管部门如何让第三方放弃巨额收益的诱惑则成为难题,此时,政府监管部门可以奖惩并行,对积极履职的第三方检测机构进行物质与名誉奖励。

(四) 政府监管部门的演化稳定策略

对政府监管部门选择“严格监管”策略概率的复制动态方程 $F(z)$ 求偏导:

$$\frac{d(F(z))}{dz} = (1 - 2z) [F_e + F_t - C_g - (x + y - xy)(F_e + F_t)] \tag{16}$$

若 $y = \frac{(1-x)(F_e + F_t) - C_g}{(1-x)(F_e + F_t)}$, 则所有水平均处于稳定状态; 若 $y > \frac{(1-x)(F_e + F_t) - C_g}{(1-x)(F_e + F_t)}$, 则

$z^* = 0$ 为演化稳定策略; 若 $y < \frac{(1-x)(F_e + F_t) - C_g}{(1-x)(F_e + F_t)}$, 则 $z^* = 1$ 为演化稳定策略。

由以上分析可知, 政府监管部门选择“严格监管”策略概率的复制子动态及演化稳定策略如图3所示。

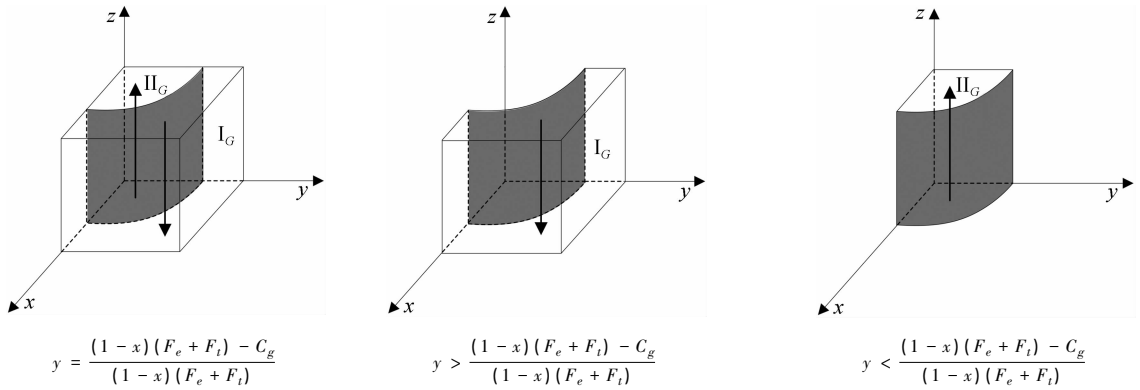


图3 第三方检测机构策略概率变化对政府监管部门演化稳定策略的影响

如图3所示, 区域 I_G 的体积 V_{I_c} 代表政府监管部门选择“宽松监管”策略的概率, 区域 II_G 的体积 V_{II_c} 表示选择“严格监管”策略的概率。

$$V_{I_c} = 1 - \iint_{II_c} \frac{(1-x)(F_e + F_t) - C_g}{(1-x)(F_e + F_t)} dx dy = \frac{C_g}{F_e + F_t} - \frac{C_g}{F_e + F_t} \ln\left(\frac{C_g}{F_e + F_t}\right) \tag{17}$$

$$V_{II_c} = 1 - \frac{C_g}{F_e + F_t} + \frac{C_g}{F_e + F_t} \ln\left(\frac{C_g}{F_e + F_t}\right) \tag{18}$$

命题3: 政府监管部门选择“严格监管”策略的概率, 随食品生产企业选择“生产高质量食品”策略以及第三方检测机构选择“严格检测”策略概率的增加而降低, 随着严格监管成本的增加而降低, 随政府监管部门对食品生产企业以及第三方检测机构的惩罚额的增加而提高。

证明: 由政府监管部门选择“严格监管”策略概率的复制动态方程 $F(z) = \frac{dz}{dt} = z(E_{g1} - \bar{E}_g)$ 的偏

导数: $\frac{d(F(z))}{dz} = (1 - 2z) [F_e + F_t - C_g - (x + y - xy)(F_e + F_t)]$, 可得政府监管部门选择“严格监

管”策略的概率 z 关于食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率 x 的反应函数为:

$$z = \begin{cases} 0 & \text{if } x > \frac{(1-y)(F_e + F_t) - C_g}{(1-y)(F_e + F_t)} \\ [0, 1] & \text{if } x = \frac{(1-y)(F_e + F_t) - C_g}{(1-y)(F_e + F_t)} \\ 1 & \text{if } x < \frac{(1-y)(F_e + F_t) - C_g}{(1-y)(F_e + F_t)} \end{cases} \tag{19}$$

当 $x > \frac{(1-y)(F_e + F_t) - C_g}{(1-y)(F_e + F_t)}$ 时, $z = 0$ 为演化稳定策略(ESS),表示当食品生产企业生产高质量

量食品的概率高于某一水平时,市场上以高概率流通着高质量食品,因此,政府监管部门会降低监管力度,选择“严格监管”策略的概率将稳定于0;反之,当第三方检测机构生产高质量食品的概率低于这一水平时,食品市场明显流通着大量低质量食品,政府监管部门就会加大监管力度,肃清市场上的不合格产品,选择“严格监管”策略的概率将稳定于1。

同理,可得政府监管部门选择“严格监管”策略的概率 z 关于第三方检测机构选择“严格检测”策略的概率 y 的反应函数,格式参照式(19),此处略。

当 $y > \frac{(1-x)(F_e + F_t) - C_g}{(1-x)(F_e + F_t)}$ 时, $z = 0$ 为演化稳定策略(ESS),表示第三方检测机构以较高概

率进行严格检测时,履行政府代理人职责,政府监管部门会适当放松监管,因此,政府监管部门选择“严格监管”策略的概率将稳定于0;反之,当第三方检测机构严格检测概率较低,或者易受到食品生产企业寻租的诱惑时,市场上流通低质量食品的概率较高,政府监管部门会加大监管力度,最终政府监管部门选择“严格监管”的概率将稳定于1。

对政府监管部门选择“严格监管”策略的概率 z (即 V_{Π_c}) 分别关于 C_g 、 F_e 、 F_t 求偏导,格式参考式(11),此处略。

可得,政府监管部门选择“严格监管”策略的概率 z (即 V_{Π_c}) 关于 C_g 是减函数,关于 F_e 、 F_t 都是增函数,即随着严格监管成本的降低,政府监管部门严格监管的概率会提高,随着给予食品生产企业与第三方检测机构的违规惩罚额的增加,政府监管部门严格监管的概率会提高。

结论:加强政府监管部门同第三方检测机构之间的合作,协调双方职责,一方面政府监管部门应严格督促第三方检测机构积极履行检测义务,另一方面使第三方检测机构成为政府监管部门的得力助手,双方配合工作,适当降低单纯某一方的压力;高昂的监管成本是政府监管部门存在监管漏洞的重要因素,通过大力发展检测技术、培养检测人员、合理分工、融入媒体监督、积极引导消费者反馈等手段来降低监管成本,同时加大对违规行为的惩罚力度。

五、仿真分析

假设A企业为一家食品生产企业,生产销售食品甲,其中, C_l 为1.5元/件, C_h 为7元/件, V 为8元/件, A企业愿意付出的 C_r 为2元/件,若A企业生产销售低质量食品甲被政府监管部门G发现,受到的惩罚 F_e 为3.5元/件,对负面消费者反馈的价值感知 N_e 为1元/件;第三方检测机构T检测食品甲的 C_{t1} 为1元/件, C_{t2} 为2元/件,若检测机构T不严格检测被政府监管部门G发现,则其受到的惩罚 F_t 为3元/件,对负面消费者反馈的价值感知 N_t 为7元/件;政府监管部门G的严格监管成本 C_g 为3元/件。

根据上述参数变量的假设以及公式(1)—(6),利用 Matlab 2016b 对消费者反馈机制下的食品生产企业、第三方检测机构和政府监管部门三方的演化稳定策略进行仿真分析,仿真结果如图4—

图7所示。

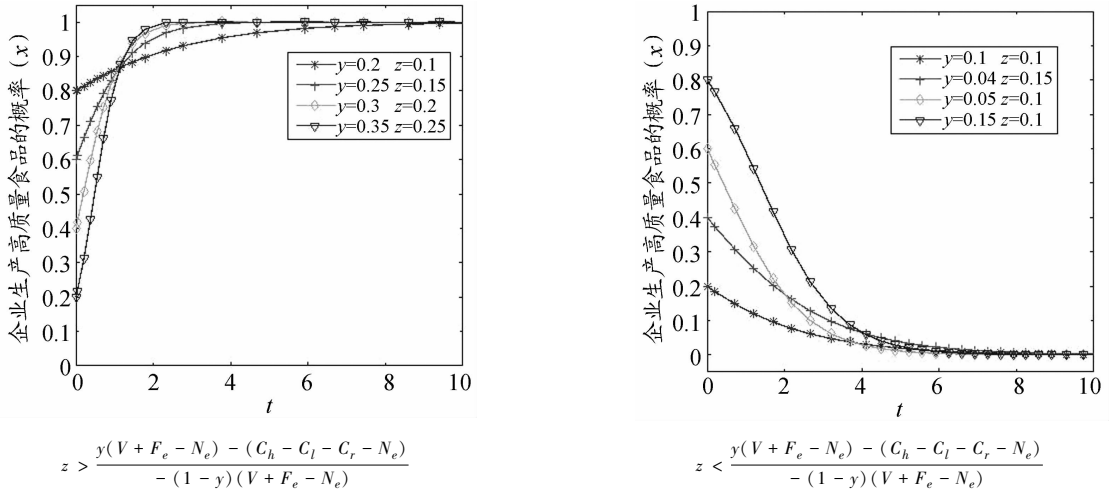


图4 食品生产企业策略选择演化仿真

图4表明:第三方检测机构和政府监管部门双方的不同策略组合会促使食品生产企业的策略向不同方向演化,当双方的策略组合构成了一种相对紧张的市场环境时,无论食品生产企业最初选择“生产高质量食品”的概率为多少,最终都将稳定于1;当双方的策略组合构成一种相对宽松的市场环境时,食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率将稳定于0。

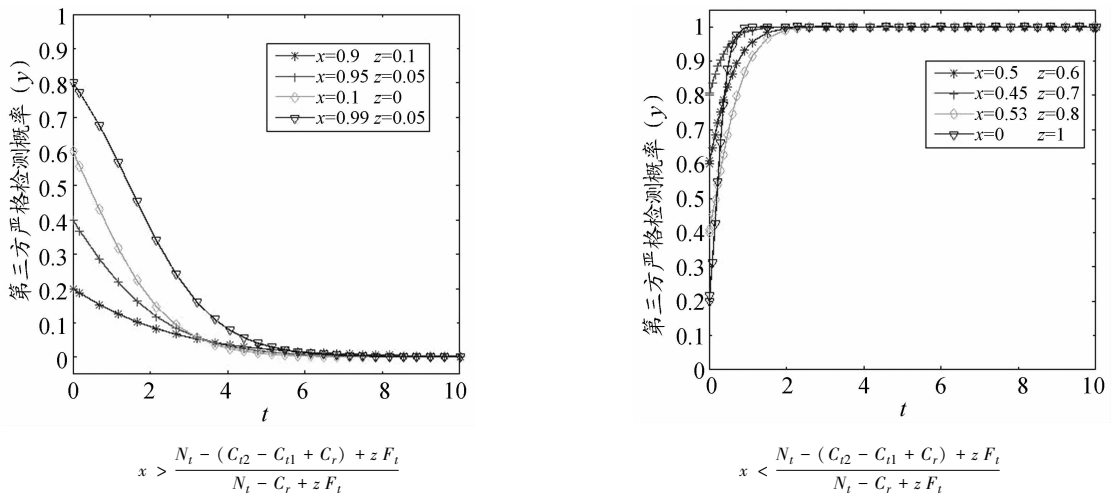


图5 第三方检测机构策略选择演化仿真

图5表明:当食品生产企业总体上倾向于诚信经营,政府监管部门的严格监管力度也比较宽松时,市场秩序良好,那么此时,无论第三方检测机构最初选择“严格检测”策略概率为多少,最终都将稳定于0;反之,当食品生产企业缺乏诚信,选择“生产高质量食品”策略概率相对较低,政府监管部门严格监管力度也相对较大时,第三方检测机构选择“严格检测”策略的概率将稳定于1。

图6表明:当食品生产企业能够自觉生产高质量食品,诚信经营,或者第三方检测机构能够按标准履行严格检测的职责,那么,无论政府监管部门最初选择“严格监管”策略的概率有多少,最终都会稳定于0;当食品生产企业做不到诚信经营,同时第三方检测机构履行严格检测职责的概率很低时,政府监管部门选择“严格监管”策略的概率将稳定于1。

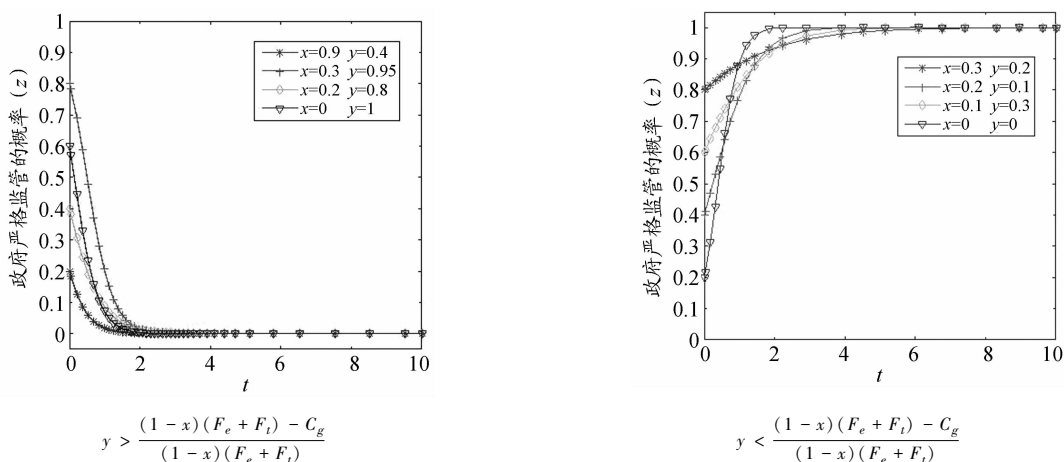


图6 政府监管部门策略选择演化仿真

将初始参数值代入式(4)、(5)、(6),并假设博弈三方初始策略组合为(0.5,0.5,0.5),可得到博弈三方的动态演化轨迹,如图7(a)所示。研究部分参数变量不同取值对博弈主体演化轨迹的影响,将食品生产企业的违规惩罚额 F_e 由3.5增加到6,企业对负面效应的价值感知由1增至3,第三方严格检测的成本由2降至1.2,第三方违规惩罚由3增至5.5,第三方对负面效应的价值感知由7增至10,政府严格监管成本由3降至0.5,其他变量保持不变,得到改进的博弈三方的动态演化轨迹,如图7(b)所示。

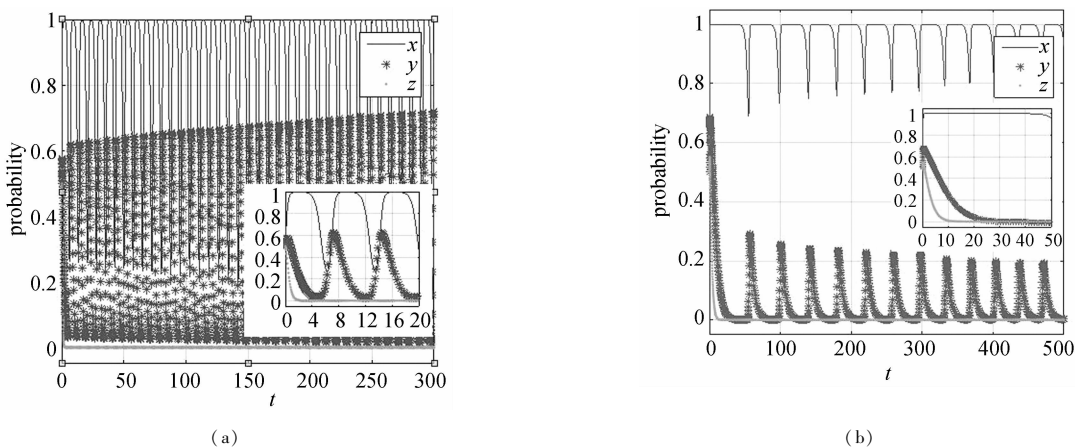


图7 不同参数变化下博弈三方动态演化轨迹对比图

对比图7中的(a)、(b),食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率明显提高,第三方检测机构选择“严格检测”的概率整体呈现下降态势;食品生产企业与第三方检测机构的演化方向呈负相关,当食品生产企业生产高质量食品的概率增加时,第三方检测机构严格检测的概率降低,当食品生产企业生产高质量食品的概率达到1时,第三方检测机构严格检测的概率演化至0。

图7表明:随着严格监管成本的降低以及惩罚额(尤其是对负面消费者反馈的价值感知)的增加,食品生产企业意识到政府监管部门会加强监管力度,寻租成功的概率大大降低,于是食品生产企业选择“生产高质量食品”策略的概率将大大提高;由此,第三方检测机构适度降低“严格检测”的概率;食品生产企业自觉诚信经营,因而政府监管部门可适当降低监管力度,从而节约监管成本。

六、结论与展望

本文针对目前中国严峻的食品质量安全问题,引入了各主体对消费者反馈的价值感知作为参数变量,构建了食品生产企业、第三方检测机构以及政府监管部门间的三方演化博弈模型,对三个行为主体相互间的影响机制进行探索,并进行了仿真分析,结合以上对演化博弈模型分析研究,得出以下结论与建议。

第一,政府监管部门作为食品进入流通环节的最后一道关卡,必须尽到维护社会公众利益的责任。政府监管部门应该建立完善的奖惩机制,加大奖惩力度,对食品质量安全问题采取“零容忍”的态度,严惩食品安全问题中的违规行为,约束第三方检测机构切实履行检测义务,督促食品生产企业诚信经营。

第二,大力发展国内食品质量安全检测技术,提高国产检测设备的准确性和先进性,代替昂贵的进口检测设备,用以降低严格检测的成本。同时,政府监管部门可通过使用网络化、可视化等现代监管手段,用以降低政府的监管成本。通过减少检测和监管成本,来激励第三方检测机构和政府监管部门积极履职。

第三,积极引导消费者参与食品质量安全的评价,运用法律手段维护自身利益;树立正确的消费观念,切勿怀着将就、凑合的心态。消费者反馈是企业决策的一个关键因素,消费者若对自身效应的变化不敏感,企业会继续生产低质量食品。因此,消费者要学会积极维权,除了法律手段,还可以借助网络平台对食品安全问题进行曝光,这样,食品生产企业顾忌商誉、品牌价值,以及顾客群体流失等因素带来的负面消费者反馈,会倾向于生产高质量食品。

食品质量安全监管是一个系统工程,涉及食品供应链中的多方利益主体。本文的研究中并没有对消费者的收入水平和受教育水平等进行划分,因此,构建异质性消费者参与反馈的三方动态演化博弈模型将是下一步的研究方向。

参考文献:

- [1] ROSSI M D C, STEDEFELDT E, CUNHA D T D, et al. Food safety knowledge, optimistic bias and risk perception among food handlers in institutional food services[J]. Food Control, 2017, 73: 681-688.
- [2] DORA M, van GOUBERGEN D, KUMAR M, et al. Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises [J]. British Food Journal, 2014, 116(1): 125-141.
- [3] BASELICE A, COLANTUONI F, LASS D A, et al. Trends in EU consumers' attitude towards fresh-cut fruit and vegetables[J]. Food Quality and Preference, 2017, 59: 87-96.
- [4] AUNG M M, CHANG Y S. Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives[J]. Food Control, 2014, 39: 172-184.
- [5] BRASHEARS M M, CHAVES B D. The diversity of beef safety: A global reason to strengthen our current systems[J]. Meat Science, 2017, 132: 59-71.
- [6] 热比亚·吐尔逊, 宋华, 于元元. 供应链安全管理、食品认证和绩效的关系[J]. 管理科学, 2016(4): 59-69.
- [7] 徐玲玲, 赵京, 李清光, 等. 食品可追溯体系建设的标准问题研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2017, 23(4): 56-63.
- [8] STADLMULLER L, MATT M, STÜGER H P, et al. An operational hygiene inspection scoring system for Austrian high-risk companies producing food of animal origin[J]. Food Control, 2017, 77: 121-130.
- [9] 谢康, 肖静华, 赖金天, 等. 食品安全“监管困局”、信号扭曲与制度安排[J]. 管理科学学报, 2017(2): 1-17.
- [10] 全世文, 曾寅初. 我国食品安全监管者的信息瞒报与合谋现象分析——基于委托代理模型的解释与实践验证[J]. 管理评论, 2016(2): 210-218.

- [11] 宋亚辉. 食品安全标准的私法效力及其矫正[J]. 清华法学, 2017(2): 155-175.
- [12] 周开国, 杨海生, 伍颖华. 食品安全监督机制研究——媒体、资本市场与政府协同治理[J]. 经济研究, 2016(9): 58-72.
- [13] 王海燕, 陈欣, 于荣. 质量链协同视角下的食品安全控制与治理研究[J]. 管理评论, 2016(11): 228-234.
- [14] TIOZZO B, MARI S, RUZZA M, et al. Consumers' perceptions of food risks: A snapshot of the Italian Triveneto area[J]. *Appetite*, 2017, 111: 105-115.
- [15] 李玉峰, 刘敏, 平瑛. 食品安全事件后消费者购买意向波动研究: 基于恐惧管理双重防御的视角[J]. 管理评论, 2015(6): 186-196.
- [16] 靳明, 赵敏, 杨波, 等. 食品安全事件影响下的消费替代意愿分析——以肯德基食品安全事件为例[J]. 中国农村经济, 2015(12): 75-92.
- [17] 王建华, 葛佳焯, 刘茁. 民众感知、政府行为及监管评价研究——基于食品安全满意度的视角[J]. 软科学, 2016(1): 36-40, 65.

Tripartite evolution game and simulation analysis of food quality and safety supervision under consumer feedback mechanism

ZHU Lilong^{1,2}, SUN Shuhui¹

(1. School of Business, Shandong Normal University, Jinan 250014, P. R. China;

2. School of Management, Shandong University, Jinan 250100, P. R. China)

Abstract: Food safety issues related to public health, social stability and economic development, has always been one of the hot issues of concern to all sectors of society. In recent years, food safety problems emerge in an endless stream, all sectors are trying their best to enhance food safety. Thus, from the food quality and safety supervision point of view, and based on the theory of information asymmetry, bounded rationality and consumer feedback mechanism, this paper constructs tripartite evolution game model among food production enterprises, third party testing institutions and government regulators, and analyzes the interaction mechanism between the strategies of different subjects and the evolution trend of each subject strategy selection under different parameter changes. The game model is simulated by Matlab 2016b, the results show that the sensitivity of each subject to consumer feedback (ie, The perception of the value of consumer feedback), as well as the cost of detection and supervision is important factors affecting their decision-making behaviors. Finally, the countermeasures and suggestions on food quality and safety supervision under the feedback mechanism of consumers are put forward. In order to improve the safety level of food quality and to maintain the market order, the direction is pointed out.

Key words: consumer feedback; value perception; food quality and safety; tripartite evolution game; simulation analysis

(责任编辑 傅旭东)