

乳制品加工企业质量控制策略进化博弈分析

郭延景, 吴 强, 孙世民

(山东农业大学 经济管理学院, 山东 泰安 271018)

摘要:结合市场上存在的“搭便车”现象,分别构建单种群和双种群进化博弈模型,分析了乳制品加工企业之间、乳制品加工企业与政府监管部门之间的质量控制策略空间及其演化趋势。结果表明:乳制品加工企业之间的单种群博弈和乳制品加工企业与政府监管部门之间的双种群博弈均存在三个进化稳定策略,“搭便车”收益、质量控制成本和政府惩罚力度等因素影响着群体策略空间及演化趋势。提高消费者质量意识和维权意识、加大政府惩罚力度、降低质量控制成本、扩大优质与劣质乳制品的价差能够有效防止“搭便车”行为,促进我国乳制品行业的健康发展。

关键词:乳制品加工企业;质量控制;进化博弈

中图分类号:F326.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)10-0065-07

食品质量安全已成为 21 世纪全人类普遍关注的热点和焦点问题。乳制品是人类的主要食品和重要营养来源。作为世界上的乳制品生产和消费大国,中国的乳品产量虽居世界第三位,但乳制品质量安全隐患仍普遍存在,既有“三聚氰胺”中毒事件,又有消费者难以察觉的有毒有害物质残留超标等问题(例如,2011 年山东皮革奶粉事件;2011 年,甘肃平凉崆峒区亚硝酸盐中毒事件;2012 年伊利奶粉“含汞门”事件;2016 年假冒奶粉事件)。如何提升乳制品质量已成为政府、学者和企业共同关注的焦点问题,亟待解决。

根据乳制品生产工艺和质量形成过程来看^[1-2],原料奶的生产环节和乳制品加工环节是影响乳制品质量的关键环节,有关奶农与乳制品加工企业之间的质量控制博弈分析并不少见,如申强等^[3]运用单群体模仿者动态与多群体模仿者动态模型,对奶农单群体、奶农与加工企业多群体策略空间及其演化趋势进行分析,得出降低奶农技术执行成本、提高技术有效性是促进双方合作、提高质量控制水平的根本途径;李翠霞等^[4]以博弈理论为基础,分析了原料乳供需双方的利益向导,提出违约金的高低及原料乳合同价格的高低是影响原料乳供需关系稳定的重要因素;吴强等^[5]基于双种群进化博弈理论对奶农高、低质量预防水平和乳品加工企业高、低质量检验水平的质量

控制选择策略进行分析。乳制品加工企业作为乳制品供应链的核心企业,其既是原料乳质量的监督者,又是乳制品的生产者,故其质量控制行为对于保障乳制品质量安全具有重要作用。然而,由于乳制品加工企业的趋利性以及质量控制能力的局限性,往往导致“劣质品驱逐优质品”的现象发生。为促使乳制品加工企业积极实施全面质量控制,自觉生产优质乳制品,离不开政府的规范与约束。如何有效规范与约束乳制品加工企业的生产行为已引起相关学者的关注,代表性的有:何安华^[6]基于产业链视角分析了奶农、奶站、乳制品企业和政府监管部门之间的博弈行为;费威^[7]通过建立以大型乳品企业、奶农和政府为参与主体的 4 阶段动态博弈模型,分析了政府监管有效性和奶农预期利润的影响因素,并结合“三聚氰胺”事件和我国乳品行业现状,探讨了我国乳品行业食品质量问题。

综上所述,国内学者运用进化博弈模型主要分析了奶农单种群、奶农与乳制品加工企业双种群的策略空间及其演化趋势,但对乳制品加工企业与政府间博弈模型的构建主要基于博弈方完全理性的情况下,缺乏基于有限理性下的乳制品加工企业与政府双种群策略空间及演化趋势研究。因此,本文将在前期研究的基础上,结合市场中存在的“搭便车”现象,分别构建单种群与双种群进化博弈模型,进一步研究政府监

收稿日期:2017-08-01

基金项目:国家社会科学基金项目(15BGL136)。

作者简介:郭延景(1992—),女,山东汶上人,山东农业大学,硕士研究生,研究方向:物流与供应链管理;通讯作者:孙世民(1962—),男,山东莒县人,山东农业大学,教授,博士,博士生导师,研究方向:畜产品供应链管理。

管得力与监管不力两种情况下乳制品加工企业群体质量控制策略演化过程以及乳制品加工企业与政府监管部门的策略演化过程,并据此提出改善乳制品加工企业质量控制策略选择的建议。

1 问题描述与假设

乳制品加工企业是乳制品供应链的核心企业,其将收购的原料奶加工后销售给客户,对原料奶收购过程、乳制品加工过程有“质量控制”和“质量不控制”两种策略。“质量控制”是指乳制品加工企业在原料奶收购和乳制品加工过程中,依照国家标准,严格检验奶源质量,监管乳制品加工过程;“质量不控制”是指乳制品加工企业在原料奶收购和原料奶加工过程中未能严格执行国家标准,消极把关奶源及消极监管乳制品加工过程。两种策略对应的最终乳制品分别为优质乳制品和劣质乳制品,优质乳制品能够获得更高的收益。若乳制品加工企业群体中只有部分企业采取“质量控制”策略,其他乳制品加工企业采取“质量不控制”策略时,实施质量控制的企业因积极实施质量控制保证乳制品质量安全,使得整个市场对乳制品质量安全的认可度提高,此时不实施质量控制的加工企业因市场中存在的“搭便车”现象,其乳制品销售收益也会随之增加,“柠檬市场”由此发生。政府监管部门有责任对最终乳制品的质量安全进行监管,但由于监管成本等因素可能存在监管不力现象,故政府监管部门有“监管得力”和“监管不力”两种策略。以下是相关参数假定:

- (1) R : 乳制品加工企业实施质量控制后乳制品单位销售收益;
- (2) C_1 : 乳制品加工企业加工乳制品的单位固定

- 成本;
- (3) C_2 : 单位乳制品分摊的乳制品加工企业质量控制投入成本;
- (4) R' : 乳制品加工企业不实施质量控制但存在“搭便车”行为时乳制品单位销售收益;
- (5) R'' : 乳制品加工企业不实施质量控制时乳制品单位销售收益;
- (6) R_G : 政府监管部门监管得力时,受到社会群众的认可,取得的声誉收益;
- (7) C_G : 政府监管部门监管得力时付出的监管成本;
- (8) M : 乳制品加工企业生产劣质乳制品被发现后的单位惩罚额;
- (9) C_3 : 乳制品加工企业生产劣质乳制品被发现后的单位信誉损失;
- (10) ∂ : 政府监管不力但劣质乳制品被市场发现的概率;
- (11) N : 政府监管部门因监管不力受到的上级监管部门的惩罚;

假设上述变量间存在这样的大小关系: $R > R' > R''$ 、 $R_G > C_G$ 、 $0 \leq \partial \leq 1$ 。

2 乳制品加工企业间的单种群进化博弈分析

2.1 政府监管不力下的乳制品加工企业单种群博弈分析

2.1.1 模型构建

假设乳制品加工企业群体中选择“质量控制”策略的比例为 x 选择“质量不控制”策略比例为 $1 - x$, 建立乳制品加工企业单种群对称博弈支付矩阵,如表 1 所示。

表 1 政府监管不力时乳制品加工企业单种群对称博弈支付矩阵

乳制品 加工企业 1	乳制品加工企业 2	
	质量控制	质量不控制
质量控制	$R - C_1 - C_2, R - C_1 - C_2$	$R - C_1 - C_2, R' - C_1$
质量不控制	$R' - C_1, R - C_1 - C_2$	$R'' - C_1, R'' - C_1$

2.1.2 模型分析

根据假设,乳制品加工企业群体中采取“质量控制”策略的个体期望收益为 $E_1 = R - C_1 - C_2$, 采取“质量不控制”策略个体的期望收益为 $E_2 = x(R' - C_1) + (1 - x)(R'' - C_1)$, 群体平均期望收益为 $\bar{E} = xE_1 + (1 - x)E_2$ 。则乳制品加工企业群体中选择“质量控制”策略比例的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_1 - \bar{E}) = x(1 - x)[R - C_2 -$$

$$R'' - x(R' - R'')] \tag{1}$$

根据微分方程的稳定性原理,满足 $F(x) = 0$, 且 $F'(x) < 0$ 的局部平衡点即为进化稳定策略。对公式(1)求一阶导数:

$$F'(x) = (1 - 2x)[R - C_2 - R'' - x(R' - R'')] - x(1 - x)(R' - R'') \tag{2}$$

(1)若 $R - C_2 - R'' < 0$, 令 $F(x) = 0$, 得复制动态方程在 $0 \leq x \leq 1$ 间有 2 个均衡点 $x_1 = 0$ 和 $x_2 = 1$, 将 x_1, x_2 代入 $F'(x)$: $F'(x_1) < 0, F'(x_2) > 0$, 故 x_1

$= 0$ 是稳定点,如图 1 中(a)所示。

(2)若 $R - C_2 - R'' = 0$,令 $F(x) = 0$,可得复制动态方程在 $0 \leq x \leq 1$ 之间有 2 个均衡点 $x_1 = 0$ 和 $x_2 = 1$,将 x_1, x_2 代入 $F'(x)$: $F'(x_1) = 0, F'(x_2) > 0$,所以 x_1, x_2 都不是稳定点。

(3)若 $R - C_2 - R'' > 0$,当 $R - C_2 < R'$ 时, $0 < x_3 < 1$,令 $F(x) = 0$,可得复制动态方程在 $0 \leq x \leq 1$ 之间有 3 个均衡点 $x_1 = 0$ 、 $x_2 = 1$ 和 $x_3 = \frac{R - C_2 - R''}{R' - R''}$,将 x_1, x_2 和 x_3 代入 $F'(x)$: $F'(x_1) > 0$,

$F'(x_2) > 0, F'(x_3) < 0$,所以 $x_3 = \frac{R - C_2 - R''}{R' - R''}$ 是稳定点,如图 1 中(b)所示;当 $R - C_2 > R'$ 时,令 $F(x) = 0$,复制动态方程在 $0 \leq x \leq 1$ 之间有 2 个均衡点 $x_1 = 0$ 和 $x_2 = 1$,将 x_1, x_2 代入 $F'(x)$ 可求得 $x_2 = 1$ 是稳定点,如图 1 中(c)所示。

以上三种情况下,乳制品加工企业策略选择的相位图如图 1 所示。

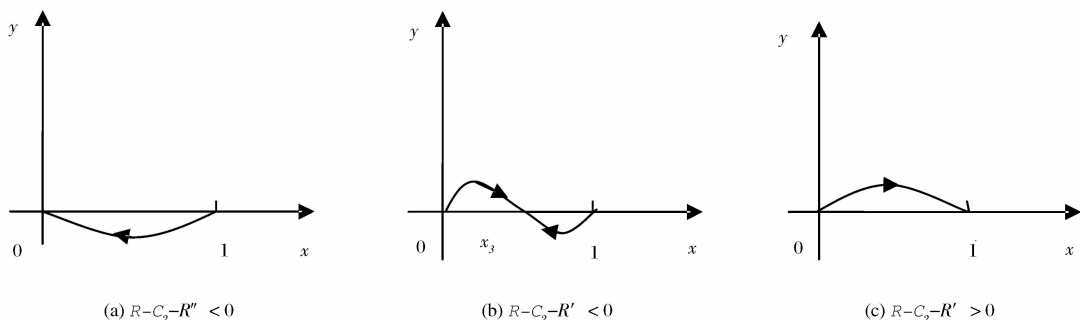


图 1 乳制品加工企业策略选择的相位图

以上分析可知,乳制品加工企业策略选择不仅受企业实施质量控制后质量改进带来的收益和质量控制成本的影响,还受市场中存在的“搭便车”行为的影响:

1)当 $R - C_2 - R'' < 0$ 时,乳制品加工企业群体中选择“质量不控制”策略的比例会不断增加,演化的最终状态是所有乳制品加工企业都不实施“质量控制”策略。

2)当 $R - C_2 - R'' = 0$ 时,乳制品加工企业群体策略选择处于波动状态,最终演化状态不确定。

3)当 $R - C_2 - R'' > 0$ 时,若 $R - C_2 < R'$,此时博弈初始状态如果为 $x < x_3$,复制动态会收敛于均衡点 x_3 ,即乳制品加工企业群体中个体选择“质量控制”策略的比例会增加,直到选择“质量控制”策略的

个体占群体比例的 x_3 ;如果博弈初始状态为 $x \in (x_3, 1)$,乳制品加工企业群体中选择“质量不控制”策略的比例将不断增加,直到选择“质量控制”策略的个体占群体比例的 x_3 ,质量控制整体水平下降;若 $R - C_2 > R'$,乳制品加工企业群体中选择“质量控制”策略的比例会不断增加,演化的最终状态是所有乳制品加工企业都实施“质量控制”策略。

2.2 政府监管得力下的乳制品加工企业单群体博弈分析

2.2.1 模型构建

设乳制品加工企业群体中选择“质量控制”策略比例为 x ,选择“质量不控制”策略比例为 $1 - x$,建立乳制品加工企业单种群对称博弈支付矩阵,如表 2 所示。

表 2 政府监管得力时乳制品加工企业单种群对称博弈支付矩阵

乳制品加工企业 1	乳制品加工企业 2	
	质量控制	质量不控制
质量控制	$R - C_1 - C_2, R - C_1 - C_2$	$R - C_1 - C_2, R' - C_1 - C_3 - M$
质量不控制	$R' - C_1 - C_3 - M, R - C_1 - C_2$	$R'' - C_1 - C_3 - M, R'' - C_1 - C_3 - M$

2.2.2 模型分析

在政府监管下,乳制品加工企业单群体选择“质量控制”策略比例的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)[R - C_2 - R'' + C_3 + M - x(R' - R'')] \quad (3)$$

对公式(3)求一阶导数:

$$F'(x) = (1 - 2x)[R - C_2 - R' + C_3 + M - x(R' - R'') - x(1 - x)(R' - R'')] \quad (4)$$

同理可得:

1)若 $R - C_2 - R'' + C_3 + M < 0$, $x_1 = 0$ 是复制动态方程的稳定点;

2)若 $R - C_2 - R'' + C_3 + M = 0$, 复制动态方程没有稳定点;

3)若 $R - C_2 - R'' + C_3 + M > 0$, 当 $R - C_2 < R' - C_3 - M$ 时, $x_3 = \frac{R - C_2 - R'' + C_3 + M}{R' - R''}$ 是复制动态方程稳定点;当 $R - C_2 > R' - C_3 - M$ 时, $x_2 = 1$ 是复制动态方程的稳定点,演化最终状态是所有乳制品加工企业都选择“质量控制”策略。

通过构建政府监管得力和监管不力两种情况下乳制品加工企业单群体博弈模型并分析可知:①在政府监管不力的情况下,“质量控制”是乳制品加工企业唯一进化稳定策略的条件是 $R - C_2 > R'$, 即乳制品加工企业实施质量控制后的收益与质量控制成本之差要大于企业的“搭便车”收益,故“搭便车”行为影响乳制品加工企业行为策略选择;②与政府监管不力情况相比,在政府监管得力情况下,“质量控制”是乳制品

加工企业唯一进化稳定策略的条件是 $R - C_2 > R' - C_3 - M$, 在乳制品加工企业信誉损失一定的情况下,政府监管部门通过调整对违规加工企业的惩罚额 M 可以降低企业“搭便车”取得的净收益,进而有效防止“搭便车”行为,使乳制品加工企业的策略选择趋向于“质量控制”。

3 乳制品加工企业与政府监管部门间的双种群进化博弈分析

通过上面分析可知政府监管行为影响乳制品加工企业单种群策略空间及其演化趋势,但是信息不对称及媒体、消费者监管行为的存在使得政府监管部门与乳制品加工企业间同样存在博弈,乳制品加工企业和政府监管部门将根据群体中其他成员的策略选择,考虑自身在群体中的适应性来调整自身策略。

3.1 模型构建

假设乳制品加工企业选择“质量控制”的比例为 x , 则选择“质量不控制”策略的比例为 $1 - x$; 政府监管部门选择“监管得力”策略的比例为 y , 则选择“监管不力”策略的比例为 $1 - y$ 。

根据上述假设条件,构建博弈双方的支付矩阵,结果如表 3 所示。

表 3 乳制品加工企业与政府监管部门的博弈支付矩阵

乳制品加工企业	政府监管部门	
	监管得力	监管不力
质量控制	$R - C_1 - C_2, R_G - C_G$	$R - C_1 - C_2, R_G$
质量不控制	$R' - C_1 - C_3 - M, R_G - C_G$	$R' - C_1 - \partial(C_3 + M), (1 - \partial) R_G - \partial N$

3.2 构建复制动态方程

根据假设,乳制品加工企业选择质量控制策略的期望收益为:

$$U'_{e1} = R - C_1 - C_2 \quad (5)$$

乳制品加工企业选择质量不控制策略的期望收益为:

$$U''_{e1} = y(R' - C_1 - C_3 - M) + (1 - y)[R' - C_1 - \partial(C_3 + M)] \quad (6)$$

乳制品加工企业的平均期望收益为:

$$\bar{U}_{e1} = xU'_{e1} + (1 - x)U''_{e1} \quad (7)$$

根据(5)、(6)、(7)式可得乳制品加工企业选择质量控制策略的复制动态方程为:

$$F(x, y) = \frac{dx}{dt} = x(1 - x)[(R - R') - C_2 + \partial(C_3 + M) + y(C_3 + M)(1 - \partial)] \quad (8)$$

同理,政府监管部门选择监管得力策略的复制动

态方程为:

$$H(x, y) = \frac{dy}{dt} = y(1 - y)[-C_G + \partial(R_G + N) - x\partial(R_G + N)] \quad (9)$$

依据微分方程的稳定性定理,要使某一策略处于稳定状态,选择该策略的概率 x 或 y 必须分别满足

$F(x, y) = 0, \frac{\partial F}{\partial x} < 0$ 或 $H(x, y) = 0, \frac{\partial H}{\partial y} < 0$ 。根据

上述公式可得演化动态系统的五种均衡情况,依次是 $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(1, 1)$ 、 (x^*, y^*) , 其中 $x^* = \frac{\partial(R_G + N) - C_G}{\partial(R_G + N)}$, $y^* = \frac{R' + C_2 - R - \partial(C_3 + M)}{(C_3 + M)(1 - \partial)}$ 。

根据 Friedman^[8]提出的方法通过分析该系统的雅克比矩阵的 $\det(J)$ 及其迹 $\text{tr}(J)$ 可以判定其均衡点是否稳定。由公式(8)和(9)可求得系统的雅克比矩阵为:

$$J = \begin{pmatrix} (1-2x)[(R-R')-C_2+\partial(C_3+M)+y(C_3+M)(1-\partial)] & x(x-1)(C_3+M)(1-\partial) \\ y(y-1)\partial(R_G+N) & (1-2y)[-C_G+\partial(R_G+N)-x\partial(R_G+N)] \end{pmatrix}$$

乳制品加工企业与政府监管部门间博弈的五个均衡点处的行列式的值 $\det(J)$ 及其迹 $\text{tr}(J)$ ，如表 4 所示。当同时满足 $\det(J)>0, \text{tr}(J)<0$ 时，系统局部均衡点将成为演化稳定策略(ESS)。

表 4 稳定状态点的行列式的值及迹

均衡点	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$
(0,0)	$[R-R'-C_2+\partial(C_3+M)][-C_G+\partial(R_G+N)]$	$R-R'-C_2+\partial(C_3+M)-C_G+\partial(R_G+N)$
(0,1)	$(R-R'-C_2+C_3+M)(-1)[-C_G+\partial(R_G+N)]$	$(R-R'-C_2+C_3+M)+C_G-\partial(R_G+N)$
(1,0)	$(-1)[R-R'-C_2+\partial(C_3+M)](-C_G)$	$-R+R'+C_2-\partial(C_3+M)-C_G$
(1,1)	$(-1)[R-R'-C_2+C_3+M]C_G$	$-R+R'+C_2-C_3-M+C_G$
(x^*,y^*)	0	0

表达式中，令 $\pi_A = R - C_2$ ， π_A 为乳制品加工企业实施质量控制后的收益与成本之差，简称乳制品加工企业实施质量控制后的净收益。

令 $\pi_B = R' - (C_3 + M)$ ， π_B 为乳制品加工企业生产劣质乳的“搭便车”收益与被政府监管部门发现后的惩罚之差，简称政府监管得力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益。

令 $\pi_C = R' - \partial(C_3 + M)$ ， π_C 为政府监管不力情况下，乳品加工企业生产劣质乳的“搭便车”收益与被市场发现时的潜在损失之差，简称政府监管不力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益。

令 $C'_G = \partial(R_G + N)$ ， C'_G 表示政府监管不力时可能发生的损失。

在相关参数大小假定的前提下，分析表 4 可发现乳制品加工企业采取“质量控制”和“质量不控制”策

略时的收益参数存在以下几种关系：

- 关系 1： $0 < \pi_A < \pi_B$ 且 $0 < C_G < C'_G$
- 关系 2： $\pi_B < \pi_A < \pi_C$ 且 $0 < C_G < C'_G$
- 关系 3： $\pi_A > \pi_C$ 且 $0 < C_G < C'_G$
- 关系 4： $0 < \pi_A < \pi_B$ 且 $C_G > C'_G$
- 关系 5： $\pi_B < \pi_A < \pi_C$ 且 $C_G > C'_G$
- 关系 6： $\pi_A > \pi_C$ 且 $C_G > C'_G$

根据以上六种关系对乳制品加工企业与政府监管部门间博弈的五个均衡点的稳定性进行分析。

3.3 结果讨论

1)在关系 1 和关系 2 下，对 $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 的正负性进行判断。乳制品加工企业与政府监管部门之间有限理性博弈五个均衡点的稳定性分析结果(表 5)。

表 5 关系 1 和关系 2 下的稳定性分析结果

关系 1				关系 2			
平衡点	$\text{tr}(J)$	$\det(J)$	局部稳定性	平衡点	$\text{tr}(J)$	$\det(J)$	局部稳定性
(0,0)	不定	—	不稳定点	(0,0)	不定	—	不稳定点
(0,1)	—	+	ESS	(0,1)	不定	—	不稳定点
(1,0)	不定	—	不稳定点	(1,0)	不定	—	不稳定点
(1,1)	+	+	不稳定点	(1,1)	不定	—	不稳定点
(x^*,y^*)	0	0	鞍点	(x^*,y^*)	0	0	鞍点

在关系 1 下，(0,1)满足 $\det(J)>0, \text{tr}(J)<0$ 的条件，因此该点是双方博弈的演化稳定点(ESS)。当乳制品加工企业实施质量控制后净收益 π_A 小于政府监管得力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_B ，政府监管部门监管得力成本 C_G 小于监管不力可能发生的损失 C'_G 时，乳制品加工企业群体的策略选择将全部趋向于“质量不控制”，政府监管部门群体的策略选择将全部趋向于“监管得力”。

在关系 2 下，5 个局部均衡点中没有满足 $\det(J)$

$>0, \text{tr}(J)<0$ 条件的点，因此不存在双方博弈的演化稳定点(ESS)。当乳制品加工企业实施质量控制后净收益 π_A 大于政府监管得力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_B ，但小于政府监管不力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_C ，政府监管部门监管得力成本 C_G 小于监管不力可能发生的损失 C'_G 时，乳制品加工企业群体和政府监管部门群体都无法趋向于一个稳定点，乳制品加工企业群体中选择“质量控制”与“质量不控制”并存，政府监管部

门的策略选择与乳制品加工企业有关,当企业选择“质量不控制”时,政府监管部门选择“监管得力”,当企业选择“质量控制”策略时,政府监管部门选择“监管不力”。

2)在关系 3 和关系 4 下,对 $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 的正负性进行判断。乳制品加工企业与政府监管部门之间有限理性博弈五个均衡点的稳定性分析结果(表 6)。

表 6 关系 3 和关系 4 下的稳定性分析结果

关系 3				关系 4			
平衡点	$\text{tr}(J)$	$\det(J)$	局部稳定性	平衡点	$\text{tr}(J)$	$\det(J)$	局部稳定性
(0,0)	不定	—	不稳定点	(0,0)	—	+	ESS
(0,1)	不定	—	不稳定点	(0,1)	不定	—	不稳定点
(1,0)	—	+	ESS	(1,0)	不定	—	不稳定点
(1,1)	不定	—	不稳定点	(1,1)	+	+	不稳定点
(x^*, y^*)	0	0	鞍点	(x^*, y^*)	0	0	鞍点

在关系 3 下,5 个局部均衡点中(1,0)满足 $\det(J)>0, \text{tr}(J)<0$ 条件的点,故该点是双方博弈的演化稳定点(ESS)。当乳制品加工企业实施质量控制后净收益 π_A 大于政府监管不力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_C ,政府监管部门监管得力成本 C_G 小于监管不力可能发生的损失 C'_G 时,乳制品加工企业群体的策略选择将趋向于“质量控制”,政府监管部门群体策略选择为“监管不力”。

在关系 4 下,5 个局部均衡点中(0,0)是满足 $\det(J)>0, \text{tr}(J)<0$ 条件的点,因此该点是双方博弈的

演化稳定点(ESS)。当乳制品加工企业实施质量控制后净收益 π_A 小于政府监管得力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_B ,政府监管部门监管得力成本 C_G 大于监管不力可能发生的损失 C'_G 时,乳制品加工企业群体会趋向于选择“质量不控制”策略,政府监管部门群体倾向于选择“监管不力”策略。

3)在关系 5 和关系 6 下,对 $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 的正负性进行判断。乳制品加工企业与政府监管部门之间有限理性博弈五个均衡点的稳定性分析结果(表 7)。

表 7 关系 5 和关系 6 下的稳定性分析结果

关系 5				关系 6			
平衡点	$\text{tr}(J)$	$\det(J)$	局部稳定性	平衡点	$\text{tr}(J)$	$\det(J)$	局部稳定性
(0,0)	—	+	ESS	(0,0)	不定	—	不稳定性
(0,1)	+	+	不稳定点	(0,1)	+	+	不稳定点
(1,0)	不定	—	不稳定点	(1,0)	—	+	ESS
(1,1)	不定	—	不稳定点	(1,1)	不定	—	不稳定点
(x^*, y^*)	0	0	鞍点	(x^*, y^*)	0	0	鞍点

在关系 5 下,5 个局部均衡点中(0,0)是满足 $\det(J)>0, \text{tr}(J)<0$ 条件的点,因此该点是双方博弈的演化稳定点(ESS)。当乳制品加工企业实施质量控制后净收益 π_A 大于政府监管得力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_B ,但小于政府监管不力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_C ,政府监管部门监管得力成本 C_G 大于监管不力可能发生的损失 C'_G 时,政府监管部门群体会选择“监管不力”策略,乳制品加工企业群体会因政府不有效监管而趋向于选择“质量不控制”策略。

在关系 6 下,5 个局部均衡点中(1,0)是满足 $\det(J)>0, \text{tr}(J)<0$ 条件的点,因此该点是双方博弈的演化稳定点(ESS)。当乳制品加工企业实施质量控

制后净收益 π_A 大于政府监管不力情况下乳制品加工企业“搭便车”取得的净收益 π_C ,政府监管部门监管得力成本 C_G 大于监管不力可能发生的损失 C'_G 时,政府监管部门群体因监管成本过高选择“监管不力”策略,乳制品加工企业群体则因实施质量控制受益而自发趋向于选择“质量控制”策略。

综合以上分析,乳制品加工企业和政府监管部门间在关系 1、关系 3、关系 4、关系 5 和关系 6 下存在进化稳定策略。在关系 1 下,博弈双方的进化稳定策略为(质量不控制,监管得力);在关系 3 和关系 6 下,博弈双方的进化稳定策略为(质量控制,监管不力);在关系 4 和关系 5 下,博弈双方的进化稳定策略为(质量不控制,监管不力),其中使乳制品加工企业群体趋

向于“质量控制”的策略为进化博弈的最优策略。

4 结论

通过构建并分析乳制品加工企业单种群、乳制品加工企业与政府监管部门双种群博弈模型,可得出以下结论:

1)在乳制品加工企业单种群博弈过程中,①政府监管不力时,考虑三种情况:当 $R - C_2 - R'' < 0$ 时,乳制品加工企业群体唯一的进化稳定策略是“质量不控制”;当 $R - C_2 - R'' = 0$ 时,乳制品加工企业群体没有进化稳定策略;当 $R - C_2 - R'' > 0$ 时,若 $0 < x_3 < 1$, $x_3 = \frac{R - C_2 - R''}{R' - R''}$ 是乳制品加工企业群体唯一的进化稳定策略。只有当 $R - C_2 > R'$ 时,“质量控制”是乳制品加工企业的进化稳定策略。②政府监管得力时,同样考虑三种情况,当 $R - C_2 - R'' + C_3 + M < 0$,乳制品加工企业群体唯一的进化稳定策略是“质量不控制”;当 $R - C_2 - R'' + C_3 + M = 0$,乳制品加工企业群体没有进化稳定策略;当 $R - C_2 - R'' + C_3 + M > 0$,若 $0 < x_3 < 1$, $x_3 = \frac{R - C_2 - R'' + C_3 + M}{R' - R''}$ 是乳制品加工企业群体唯一的进化稳定策略,只有当 $R - C_2 > R' - C_3 - M$ 时,乳制品加工企业群体的进化稳定策略将为“质量控制”。由此可见,“搭便车”收益影响着乳制品加工企业群体策略选择,政府通过监管,加大惩罚力度能够有效防止“搭便车”行为。

2)乳制品加工企业与政府监管部门双种群进化博弈中存在的进化稳定策略为(质量控制,监管不力)、(质量不控制,监管得力)、(质量不控制、监管不力),但由于后两种情况的发生不仅不利于资源的有效配置,还会使乳制品质量存在安全隐患,影响乳制品行业的健康发展,应避免后两种情况的发生。要使

乳制品加工企业群体趋向于选择“质量控制”策略,通过以上博弈分析可知, $R - C_2 > R' - \partial(C_3 + M)$ 的条件应成立,即乳制品加工企业实施质量控制后的收益与质量控制成本之差要大于企业生产劣质乳制品后“搭便车”取得的收益与被市场发现的潜在损失之差。为促使乳制品加工企业积极实施质量控制行为,根据本文研究提出以下具体措施:①通过电视、广播等途径积极宣传乳制品质量安全知识,提高消费者质量意识和维权意识;②政府应加大惩罚力度,使企业不敢销售劣质乳制品,防止“搭便车”行为发生;③乳制品加工企业应积极研发新技术逐步降低乳制品质量控制投入成本;④乳制品在销售时应采取“优质优价”原则,扩大优质乳与劣质乳的价差。

参考文献

- [1] 徐晓曦. 乳品安全与质量控制[M]. 北京:科学出版社,2012:17-33.
- [2] 王福兆,孙少华. 乳牛学[M]. 北京:科学技术文献出版社,2010:250-280.
- [3] 申强,侯云先. 奶农与企业原料奶质量控制行为进化博弈分析[J]. 农业技术经济,2011(8):26-33.
- [4] 李翠霞,郑明琪,葛娅男. 基于原料乳质量安全的供需双方合作博弈研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2014(24):1-3.
- [5] 吴强,张园园,孙世民. 奶农与乳品加工企业质量控制策略演化分析——基于双种群进化博弈理论视角[J]. 湖南农业大学学报:社会科学版,2016,17(3):20-26.
- [6] 何安华. 基于产业链的乳品质量安全控制的博弈分析[J]. 农业经济与管理,2012(1):71-78.
- [7] 费威. 乳品质量安全的多阶段动态博弈研究[J]. 商业研究,2012(7):88-92.
- [8] FRIEDMAN D. Evolutionary game in economics[J]. Econometrics,1991(5):637-666.

Evolutionary Game Analysis of Quality Control Strategy in Dairy Processing Enterprises

GUO Yan-jing, WU Qiang, SUN Shi-min

(College of Economics and Management, Shandong Agriculture University, Taian Shandong 271018, China)

Abstract: Considering the phenomenon of "free ride" in the market, the single-species and double-species evolutionary game model were constructed respectively to analyze the quality control strategy space between dairy processing enterprises, dairy processing enterprises and government regulators and its evolution trend. The results show that there are three evolutionary stabilization strategies in the single population game between dairy processing enterprises and in the double population game between dairy processing enterprises and government regulators, which are affected by the "free ride" income, the cost of enterprise quality control and government punishment. Improving the awareness of quality and rights of consumer, increasing the government's punishment, reducing the quality control costs of dairy products, expanding the price difference of dairy products between the finer and the inferior can effectively prevent the "free rider" behavior, and promote the healthy development of China's dairy industry.

Key words: dairy processing enterprise; quality control; evolutionary game