

沈正舜,唐步龙. 基于实体损耗和价值损耗的生鲜农产品供应链协调机制[J]. 江苏农业科学,2014,42(2):388-390.

基于实体损耗和价值损耗的生鲜农产品供应链协调机制

沈正舜, 唐步龙

(淮阴师范学院经济与管理学院, 江苏淮安 223001)

摘要:在生产商占据主导地位且零售商承担物流服务成本的两级供应链中,同时考虑生鲜农产品的实体损耗和价值损耗,建立物流服务水平影响产品供给率与产品新鲜度的模型。结果表明,加入利益共享与成本共担契约的分散决策下期期望利润之和等于集中决策下系统最优期望利润,实现供应链协调。该契约实质是在生产商和零售商之间将系统最优期望利润进行分配,通过算例验证该契约的可行性。

关键词:生鲜农产品;实体损耗;价值损耗;利益共享与成本共担契约

中图分类号: F724.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)02-0388-03

生鲜农产品是我国消费者最主要的食物营养来源之一,其生产和消费均具有分散性,零售商和生产商可通过跨区域合作满足消费者的需求。生鲜农产品属于变质品范畴,具有易变质、不耐贮藏的特性,物流服务水平会对产品的质量和数量造成一定的影响。目前,针对产品的实体损耗和价值损耗,国内外已有不少研究,但大多只考虑一种损耗,例如,但斌等分别考虑了产品的价值损耗和实体损耗,引入一个指数形式的新鲜度衰减函数表示产品的价值损耗,结果表明,考虑价值损耗时,集中决策模式不能协调供应链;考虑实体损耗时,集中决策下系统订货周期等于分散决策下零售商的最优订货周期,系统损耗最小^[1-2]。曹武军等仅考虑了产品的价值损耗,结果表明,基于收益共享与损耗共担的策略,引入期权契约可协调供应链^[3]。与这些文献不同之处在于,本研究同时考虑了产品的实体损耗和价值损耗,建立物流服务水平影响产品供给率与产品新鲜度的数学模型,尝试在生产商主导的供应链中加入合理的契约协调该供应链。由 1 个生产商和 1 个零售商组成的两级供应链中,利益共享契约是一种重要的协调手段,Cachon 等研究了利益共享契约在供应链协调中的重要性^[4]。目前,利益共享契约已广泛应用于供应链协调机制,胡本勇等考虑了利益共享与努力成本共担的策略,结果表明,加入期权销量担保契约可协调两级供应链^[5]。何勇等认为,单纯的利益共享契约无法协调供应链,在此基础上引入回馈与惩罚策略,可协调两级供应链^[6]。本研究则考虑在市场需求为随机变量且物流服务水平影响产品供应与产品需求的情况下,引入利益共享契约协调供应链^[7],即零售商愿意将部分利益共享给生产商,以此激励生产商参与协调供应链^[4],将利益共享的对象定为销售收入和处理剩余产品的收入。本研究以市场需求为随机变量,零售商承担物流服务成本,在模

型中同时引入生鲜农产品的实体损耗和价值损耗,试图加入利益共享契约,协调生产商占据主导地位的两级供应链机制。

1 描述模型

研究问题需满足以下前提假设:(1)生产商和零售商的信息具有对称性。(2)生产商和零售商均为理性者,且为风险中性者,各自追求最大化的利润。(3)考虑市场需求 ξ 为随机变量。其概率密度函数为 $f_{\xi}(\cdot)$;其概率分布函数为 $F_{\xi}(\cdot)$,在 $[0, +\infty)$ 区间上是连续可导的, $F_{\xi}(0) = 0$, $\overline{F}_{\xi}(\cdot) = 1 - F_{\xi}(\cdot)$;反函数为 $F_{\xi}^{-1}(\cdot)$ 。(4)零售商的物流服务水平 e 影响生鲜农产品的实际供应量与市场实际需求, $e \in [0, 1]$ 。本研究引入 $q\delta(e)$ 表示实体损耗,其中 $\delta(e)$ 为有效供给率,取值范围为 $[0, 1]$,表示为 δe 乘积项,表明跨区域合作中零售商物流服务水平的高低影响产品的供给,理论上为物流服务水平越高,产品的供给率越高,实体损耗便越少;引入 $\xi\theta(e)$ 表示价值损耗,其中 $\theta(e)$ 为新鲜度,取值范围为 $[0, 1]$,表示为 θe 乘积项,表明产品的新鲜度直接影响产品的实际需求,理论上为物流服务水平越高,生鲜农产品越新鲜,市场需求量越多。

本研究考虑物流服务水平对生鲜农产品的影响,研究由单个生产商和单个零售商组成的跨区域合作,其中生产商占供应链的主导地位,零售商承担物流服务成本,即跨区域直采模式(图 1)。供应链的运作过程为:集中决策模式中,零售商初步预测市场需求,决定生鲜农产品的订购量为 q ;生产商根据零售商的订单,以成本价格 c 生产产品,以批发价格 w 卖给零售商;零售商收到产品后,以销售价格 p 卖给消费者,以处理价格 v 卖出剩余产品,在理性假设下,为保证各自的利润空间, $p > w > c > v$,且零售商承担物流服务成本 $k(e)$, $k(e)$ 满足:当 $e = 0$ 时, $k(0) = 0$; $k''(e) > 0$ 。加入利益与成本共担契约的分散决策模式中,生产商作为主导者,只需要设定合适契约参数,追求期望利润最大化;零售商依据参数决定产品的订购量和物流服务水平,使期望利润最大。其中, $\Pi_r(q_i, e_i)$ 表示第 i ($i = 0, 1, 2$) 种决策模式下,系统最优的期望利润; $\Pi_r(q_i, e_i)$ 表示第 i ($i = 0, 1, 2$) 种决策模式下,零售商的最优

收稿日期:2013-07-11

基金项目:教育部人文社会科学项目(编号:10YJC790234);江苏省淮安市科技支撑计划(编号:HAS2011056)。

作者简介:沈正舜(1983—),男,江苏淮安人,讲师,研究方向为营销战略与产业经济。E-mail:zhshshen@163.com。

期望利润;表示第 $i(i=0,1,2)$ 种决策模式下,生产商的最优期望利润($i=0$,表示集中决策模式; $i=1$,表示分散决策无契约的决策模式; $i=2$,表示加入利益共享与成本共担契约的分散决策模式)。

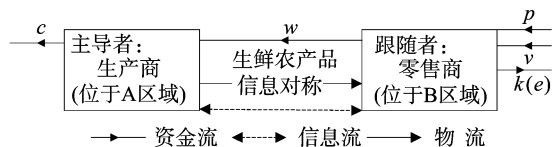


图1 生鲜农产品的跨区域直采模式

2 数学模型

2.1 集中决策模式

在集中决策模式下,将模型记为 M_0 。生产商作为供应链协调的主导者,有权利使零售商和生产商成为一个整体,以追求系统的最大期望利润为原则。模型 M_0 的系统期望利润为:

$$\Pi_T(q, e) = pS(q, e) + vI(q, e) - cq - k(e) \quad (1)$$

其中

$$S(q, e) = E\{\min[q\delta(e), \xi\theta(e)]\} = eE[\min(\delta q, \theta\xi)] = e[\delta q - \theta\beta \int_0^{\frac{\delta q}{\theta}} F(\xi) d\xi] \quad (2)$$

$$I(q, e) = q\delta(e) - S(q, e) = \delta eq - S(q, e) \quad (3)$$

式中: $pS(q, e)$ 为实际卖出产品的收入; $vI(q, e)$ 为处理剩余产品获得的收入; cq 为生产产品的成本; $k(e)$ 为物流服务成本。式(2)为生鲜农产品的实际销售数量,为实际的市场需求量与实际的产品供应量,取其小的期望。式(3)为未销售出的产品数量,为实际的产品供应量与实际销售数量之差。

在生产商的督促下,零售商依据系统期望利润最大化的原则,以此决策产品订购量与物流服务水平。对式(1)分别求 q 和 e 的一阶偏导数,可得:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial e} = (p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial e} + \delta vq - k'(e) \\ \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial q} = (p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial q} - (c - \delta ev) \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial e} = (p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial e} + \delta vq - k'(e) \\ \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial q} = (p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial q} - (c - \delta ev) \end{cases} \quad (5)$$

进而对式(1)求 q 和 e 的二阶偏导数,得到:

$$\begin{bmatrix} -k''(e) & \delta[p - (p - v)F_\xi(\frac{\delta q}{\theta})] \\ \delta[p - (p - v)F_\xi(\frac{\delta q}{\theta})] & -e\frac{\delta^2}{\theta}(p - v)f_\xi(\frac{\delta q}{\theta}) \end{bmatrix}, \text{由于第一}$$

顺序式为负,第二顺序式 $\frac{e}{\theta}(p - v)k''(e)f_\xi(\frac{\delta q}{\theta}) - [p - (p - v)F_\xi(\frac{\delta q}{\theta})]^2$ 无法判定正负,进而无法判定模型

M_0 中海塞矩阵的正负定,所以当 q 和 e 的一阶偏导数为 0 时,系统可能存在多个解,使得系统的期望利润最大。令式(4)、(5)等于 0,可求得模型 M_0 的最优物流服务水平 e_0 和最优产品订购量 q_0 ,满足以下联立方程组:

$$\begin{cases} \int_0^{\frac{\delta}{\theta}q_0} F_\xi(\xi) d\xi = \frac{p\delta q_0 - k'(e_0)}{\theta(p - v)} \\ \bar{F}(\frac{\delta}{\theta}q_0) = \frac{c - e_0\delta v}{e_0\delta(p - v)} \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \int_0^{\frac{\delta}{\theta}q_0} F_\xi(\xi) d\xi = \frac{p\delta q_0 - k'(e_0)}{\theta(p - v)} \\ \bar{F}(\frac{\delta}{\theta}q_0) = \frac{c - e_0\delta v}{e_0\delta(p - v)} \end{cases} \quad (7)$$

2.2 无契约的分散决策模式

将无契约的分散决策模式记为模型 M_1 。在该模式中,生产商没有权利要求零售商,零售商与生产商同样作为一名理性者,均追求各自的期望利润最大化。协调过程为:零售商根据市场预测产品的需求量,决定产品的订购量和物流服务水平;生产商根据订单定量生产,获得固定的利润。模型 M_1 中零售商和生产商的期望利润分别为:

$$\begin{cases} \Pi_r(q, e) = (w - c)q \\ \Pi_p(q, e) = pS(q, e) + vI(q, e) - wq - k(e) \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \Pi_r(q, e) = (w - c)q \\ \Pi_p(q, e) = pS(q, e) + vI(q, e) - wq - k(e) \end{cases} \quad (9)$$

模型 M_1 中,零售商依据期望利润最大化的原则,决策产品订购量和物流服务水平。比较式(9)、式(1),由于 $w > v$,可得到模型 M_1 的最优物流服务水平 e_1 和最优产品订购量 q_1 ,满足以下联立方程组:

$$\begin{cases} \int_0^{\frac{\delta}{\theta}q_1} F_\xi(\xi) d\xi = \frac{p\delta q_1 - k'(e_1)}{\theta(p - v)} \\ \bar{F}(\frac{\delta}{\theta}q_1) = \frac{w - e_1\delta v}{e_1\delta(p - v)} \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \int_0^{\frac{\delta}{\theta}q_1} F_\xi(\xi) d\xi = \frac{p\delta q_1 - k'(e_1)}{\theta(p - v)} \\ \bar{F}(\frac{\delta}{\theta}q_1) = \frac{w - e_1\delta v}{e_1\delta(p - v)} \end{cases} \quad (11)$$

将分散决策模式与集中决策模式进行比较,得到 $e_1 < e_0$, $q_1 < q_0$,所以零售商和生产商的期望利润之和小于系统的最优期望利润。由模型 M_1 可知,生产商只能通过零售商决策的产品订购量获得定额的期望利润,无法追求最大化的期望利润,作为一名理性者,生产商将不会参与供应链的协调。所以需考虑加入契约,由式(8)可知,生产商为了追求最大化的期望利润,只能通过调整批发价格,激励生产商参与供应链的协调。

2.3 加入利益共享与成本共担契约的分散决策模式

单纯地提高批发价格不能激励生产商,反而会导致生产商和零售商的期望利润之和远远低于系统最优期望利润^[8]。本研究考虑加入利益共享与成本共担契约,也就是零售商将销售收入与处理剩余产品的收入之和的部分分享给生产商,且零售商仅承担部分物流服务成本,将加入契约的分散决策模式记为模型 M_2 。零售商和生产商的期望利润分别为:

$$\begin{cases} \Pi_r(q, e) = \alpha[pS(q, e) + vI(q, e)] - (1 - \beta)k(e) + (w - c)q \\ \Pi_p(q, e) = (1 - \alpha)[pS(q, e) + vI(q, e)] - \beta k(e) \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} \Pi_r(q, e) = \alpha[pS(q, e) + vI(q, e)] - (1 - \beta)k(e) + (w - c)q \\ \Pi_p(q, e) = (1 - \alpha)[pS(q, e) + vI(q, e)] - \beta k(e) \end{cases} \quad (13)$$

零售商依据生产商对契约参数的设定,决策生鲜农产品的订购量和物流服务水平,协调过程见“2.2”。分别对式(13)求和的一阶偏导数,可得:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial q} = (1 - \alpha)(p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial q} - [w - (1 - \alpha)\delta ev] \\ \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial e} = (1 - \alpha)(p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial e} + (1 - \alpha)\delta vq - \beta k'(e) \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial q} = (1 - \alpha)(p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial q} - [w - (1 - \alpha)\delta ev] \\ \frac{\partial \Pi_T(q, e)}{\partial e} = (1 - \alpha)(p - v) \frac{\partial S(q, e)}{\partial e} + (1 - \alpha)\delta vq - \beta k'(e) \end{cases} \quad (15)$$

进而对(13)求 q 和 e 的二阶偏导数,得到:

$$\begin{bmatrix} -\beta k''(e) & (1 - \alpha)\delta[p - (p - v)F_\xi(\frac{\delta q}{\theta})] \\ (1 - \alpha)\delta[p - (p - v)F_\xi(\frac{\delta q}{\theta})] & -e\frac{\delta^2}{\theta}(1 - \alpha)(p - v)f_\xi(\frac{\delta q}{\theta}) \end{bmatrix},$$

由于第一顺序式为负,第二顺序式 $\beta \frac{e}{\theta}(p - v)k''(e)f_\xi(\frac{\delta q}{\theta}) - (1 - \alpha)[p - (p - v)F_\xi(\frac{\delta q}{\theta})]^2$ 无法判定正负,进而无法判定模型 M_2 中海塞矩阵的正负定,所以当 q 和 e 的一阶偏导数为

0 时,模型 M_2 可能存在多个解,使得零售商的期望利润最大。令式(14)、式(15)等于 0,可求得模型 M_2 的最优物流服务水平 e_2 和最优产品订购量 q_2 满足以下联立方程组:

$$\begin{cases} \int_0^{\frac{\delta}{\theta} q_2} F_{\xi}(\xi) d\xi = \frac{(1-\alpha)p\delta q_2 - \beta k'(e_2)}{\theta(1-\alpha)(p-v)} & (16) \\ \bar{F}\left(\frac{\delta}{\theta} q_2\right) = \frac{w - (1-\alpha)e_2\delta v}{e_2\delta(1-\alpha)(p-v)} & (17) \end{cases}$$

为了协调供应链,令加入利益共享与成本共担契约的分散决策模式下的最优产品订购量与最优物流服务水平等于集中决策模式下的最优产品订购量与最优物流服务水平,即 $q_2 = a_0, e_2 = e_0$ 。分别代入式(6)、式(7)、式(16)和式(17),可得:

$$\begin{cases} w = (1-\alpha)c & (18) \\ \alpha + \beta = 1 & (19) \end{cases}$$

由式(18)可知,批发价格小于成本价格,当零售商将部分利润分享给生产商时,生产商愿意以低于成本价格的批发价格将生鲜农产品卖给零售商,但批发价格需满足 $w \geq v$,即 $\alpha \leq 1 - v/c$ 保证生产商愿意选择以 w 将产品卖给零售商,而不会选择以 v 处理产品。由式(19)可知,生产商的利润分享比例与零售商的成本分担比例之和等于 1,将其代入式(12)和式(13),可清晰地看出零售商的利润分享比例与物流服务成本比例相等,生产商和零售商的期望利润转化为:

$$\begin{cases} \Pi_s(q_0, e_0) = \alpha[pS(q_0, e_0) + vI(q_0, e_0) - cq_0 - k(e_0)] & (20) \\ \Pi_r(q_0, e_0) = (1-\alpha)[pS(q_0, e_0) + vI(q_0, e_0) - cq_0 - k(e_0)] & (21) \end{cases}$$

根据式(20)和式(21)可知,利益共享与成本共担契约的实质是将系统最优期望利润在生产商和零售商之间进行合理分配,生产商获得 α 比例,则零售商获得 $(1-\alpha)$ 比例。鉴于生产商在该供应链中占据主导地位,作为理性者,以追求最大化的期望利润为原则,生产商可通过改变 α 在 $(0, 1 - v/c]$ 区间内的取值,在零售商和生产商之间实现合理的期望利润分配。

3 数值模拟

假设市场需求 ξ 服从均匀分布 $(100, 500)$; 物流服务成本为物流服务水平的二次函数,形式为 $k(e) = 65\,000 \times e^2/2$,表示较高的物流服务成本可减少产品的损耗;生鲜农产品的两级供应链中,常量的具体取值为: $\delta = 0.7, \theta = 0.8, p = 500$ 元/kg, $c = 100$ 元/kg, $v = 20$ 元/kg。

当 $e \in (0, 1)$ 时,将以上数值代入式(6)、式(7),得到零售商的最优物流服务水平(e 取值 0.271 与 0.924)与最优产品订购量(对应的 q 分别为 176.86, 886.462 kg);进而将零售商的最优物流服务水平和最优订购量代入(1)式,可得系统最优期望利润 $\Pi_r(q, e)$ 分别是 -1997.4, 5 607.2 元。由上述分析可知,物流服务水平 e 在 $(0, 1)$ 上取值,零售商的物流服务水平较低时,产品订购量较少;零售商的物流服务水平较高时,服务成本极高,零售商应选择一次性订购较多生鲜农产品。零售商和生产商均为理性者,追求最大化的系统期望利润,在 $(0, 1)$ 区间内选择物流服务水平为 0.924 的情况。

当 $e = 1$ 时,零售商的物流服务水平达到最高水平,将数值代入式(1),通过对订购量的一阶偏导数可得产品订购量为 908.844 kg,进而得到系统期望利润为 5 444.2 元。比较

$e \in (0, 1)$ 和 $e = 1$ 等 2 种情况下的系统期望利润值,依据理性者原则,可得系统最大的期望利润为 5 607.2 元,对应零售商的物流服务水平为 0.924,零售商的订购量为 886.462 kg。

由式(18)可知, $0 < \alpha \leq 4/5$ 。根据加入利益共享与成本共担契约的分散决策模式,可得生产商获得的最优期望利润为系统最优期望利润的 α 比例。系统最优期望利润不变,生产商的期望利润随着 α 的增加而增加,因生产商在该供应链中占主导地位,作为理性者,追求最大化的期望利润,所以当 $\alpha = 4/5$ 即批发价格等于剩余产品处理价格时,生产商获得的最大期望利润为 $\Pi_s(q, e) = 4\,485.8$ 元,零售商获得的最大期望利润 $\Pi_r(q, e) = 1\,121.4$ 元。

根据上述数值模拟结果可知,利益共享与成本共担契约在该供应链中具有可行性。通过引入利益共享与成本共担契约,生产商以低于成本价格的批发价格卖给零售商,获得零售商部分的收益,该契约能够激励生产商参与到供应链的决策,可协调生鲜农产品的两级供应链机制。

4 结论

本试验研究生鲜农产品的两级供应链协调机制,其中供应链由零售商和占主导地位的生产商组成。在市场需求为随机变量的情况下,考虑物流服务水平对生鲜农产品的影响,具体表示为生鲜农产品的实体损耗和价值损耗,通过分析可知,分散决策无契约的模式下的最优订购量和物流服务水平低于集中决策模式下的最优订购量和物流服务水平;生产商只能依据零售商的产品订购量获得期望利润,没有主动权追求最大化的期望利润,所以引入利益共享与成本共担契约,发现该契约可协调供应链;协调结果表明零售商的利益分享比例与成本分担比例相同,即生产商获得 α 比例的系统最优利润,零售商获得 $(1-\alpha)$ 比例,实现系统最优期望利润在生产商与零售商之间的分配。针对生鲜农产品的各种损耗,未来将考虑专业的物流服务商(TPL)介入的三级供应链,以减少损耗为目标,研究相应的协调机制。

参考文献:

- [1] 但斌,陈军. 基于价值损耗的生鲜农产品供应链协调[J]. 中国管理科学, 2008, 16(5): 42-49.
- [2] 陈军,但斌. 基于实体损耗控制的生鲜农产品供应链协调[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(3): 54-62.
- [3] 曹武军,樊苗. 农超对接下生鲜农产品的期权契约定价策略[J]. 物流技术, 2012, 31(9): 102-105.
- [4] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations[J]. Management Science, 2005, 51(1): 30-44.
- [5] 胡本勇,雷东,陈旭. 基于收益共享与努力成本共担的供应链期权销量担保契约[J]. 管理工程学报, 2010, 24(3): 33-38.
- [6] 何勇,杨德礼,吴清烈. 基于努力因素的供应链利益共享契约模型研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(11): 1865-1868.
- [7] Yao Z, Leung S C H, Lai K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 186(2): 637-651.
- [8] Krishnan H, Winter R A. On the role of revenue-sharing contracts in supply chains[J]. Operations Research Letters, 2011, 39(1): 28-31.