

基于供应链契约的 生鲜农产品深加工企业决策探析

章艳华(副教授)

【摘要】首先,通过建立数理模型对比分析了生鲜农产品深加工和初加工后的生鲜降价出售两种运作方式对供应链整体利润及相关盟员利润的影响,发现在当前供大于求的生鲜农产品市场条件下,扩大生鲜农产品深加工规模能够有效提升供应链整体及各盟员的收益水平。其次,通过建立生鲜农产品深加工企业决策模型,引入政府损失补贴机制,探究了政府损失回购力度与最优加工数量之间的关系,并给出了政府损失回购单价的合理区间。

【关键词】 生鲜农产品供应链; 深加工; 政府损失回购; 政府损失补贴机制

【中图分类号】 F253

【文献标识码】 A

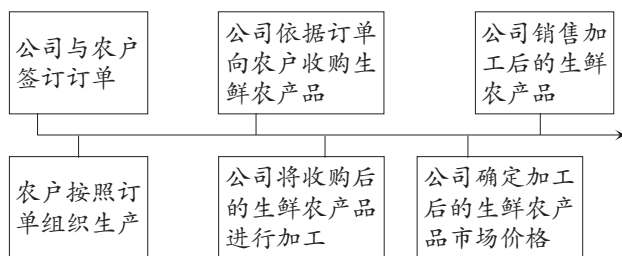
【文章编号】 1004-0994(2017)18-0063-5

单纯的生鲜农产品的初加工已经无法满足农业产业化进程的需要,因此实现生鲜农产品初、深加工规模的平衡与稳定对我国生鲜农产品供应链的协调发展意义重大。如何平衡我国的生鲜农产品初、深加工能力,刺激我国生鲜农产品深加工产业的发展,更加高效地发挥生鲜农产品深加工在生鲜农产品运作中的巨大作用,成为生鲜农产品供应链协调与优化研究的热点问题,也是提高我国农业整体效益的关键。为此,本文从生鲜农产品供应链的角度出发,在“公司+农户”的组织模式下,以订单农业为基础,探究影响我国生鲜农产品深加工产业发展的内外在因素,同时探究政府补贴对我国生鲜农产品深加工企业的作用机理,对提升我国生鲜农产品供应链运作效率,促进我国生鲜农产品产业化发展具有重要意义。

一、问题描述与基本假设

1. 问题描述。订单农业是指在“公司+农户”的生鲜农产品供应链运作模式下,在生产期期初,农户和生鲜农产品深加工企业签订契约,契约中对农户的生产数量、质量、收购价格等要素进行规定,然后农户根据订单的要求进行生鲜农产品的生产。在生产期期末,生鲜农产品深加工企业会按照订单规定

价格对农户的生鲜农产品进行收购,并将收购的生鲜农产品进行加工(初加工、深加工)处理后,以零售市场价格销售加工后的生鲜农产品,但销售会受到随机因素的影响,见下图。



“公司+农户”型订单农业决策过程图

本文基于“公司+农户”的组织模式,主要探究两种生鲜农产品价格契约模式:批发价契约和利益共享契约。在批发价契约模式下,生鲜农产品深加工企业对生鲜农产品进行收购时,依据约定价格一次性支付给农户所有收益;而在利益共享契约模式下,生鲜农产品深加工企业会按照约定以低于市场价的一种价格进行收购,然后进行加工、销售,在销售期期末,生鲜农产品深加工企业会将其收益按照一定比例再支付给农户,这样农户所得收益为首次收购收益和销售利润分成之和。

【基金项目】 江苏省哲学社会科学界联合会课题项目“江苏生鲜农产品电商模式研究”(项目编号:16SYB-041)

2. 基本假设和符号说明。本文假设不考虑生鲜农产品残值且信息对于农户和生鲜农产品深加工企业是对称的。设定农户生产单位生鲜农产品的成本为 c_0 ；生鲜农产品深加工企业期初固定资产投资为 I ；企业收购生鲜农产品的数量为 Q ；批发价契约模式下，单价为 t ；利益共享契约模式下，单价为 w ，利益共享系数为 λ ($0 < \lambda < 1$)；初加工生鲜农产品市场价格为 p_1 ，初加工成本为 c_1 ；深加工生鲜农产品市场价格为 p_2 ，深加工生鲜农产品的单位成本为 c_2 ；市场对深加工生鲜农产品的需求量为 x ， x 是连续非负的随机变量，其概率分布函数和累积分布函数分别为 $f(x)$ 和 $F(x)$ ；销售期期末，对于每单位未销售出去的深加工生鲜农产品，政府向生鲜农产品深加工企业支付的损失回购补贴为 m 。

在“公司+农户”模式下，农户与生鲜农产品深加工企业签订订单，农户按照订单数量 Q 进行生产，其生产的总成本为 c_0Q ，而在生产期期末，农户将生鲜农产品售出后可得的收益为 tQ ，此时，在不引入任何供应链协调机制下，农户的利润函数为：

$$\pi_f = tQ - c_0Q \quad (1)$$

同样，作为生鲜农产品深加工企业，通过对生鲜农产品进行深加工并将产品销售出去，整个过程中的总成本为 $(c_2+t)Q$ 。由于深加工生鲜农产品的市场需求具有不确定性，其在销售期期末所获得的总收益也具有不确定性，市场需求量为 x ，此时可以得到深加工企业的利润函数为：

$$\pi_c = p_2 \min(x, Q) - (c_2+t)Q \quad (2)$$

从生鲜农产品供应链的角度出发，当农户与深加工企业合作时，在生鲜农产品整个运作过程中，所付出的总成本为 $(c_0+c_2)Q$ ，可以得出整个供应链的利润函数为：

$$\pi_{sc} = p_2 \min(x, Q) - (c_0+c_2)Q \quad (3)$$

二、基本模型构建

1. 生鲜农产品深加工与供应链利润模型。在生鲜农产品供应链中，农户的收益水平与生鲜农产品市场价格直接相关，生鲜农产品进入市场的方式主要有两种：一种是进行简单的初加工即投入市场；另一种是将一部分生鲜农产品进行深加工后再投入市场。当市场对初加工后的生鲜农产品的需求量小于供给量时，企业往往通过简单的降价方式来刺激市场需求。下面讨论在生鲜农产品市场供需不确定的情况下，两种方式（生鲜农产品初加工后降价出售和将部分生鲜农产品进行深加工）对生鲜农产品供应链及其盟员利润的影响。

假设生鲜农产品初加工市场需求量为 Q_d ，农户生鲜农产品的生产量为 Q_s 。考虑生鲜农产品市场需求量 Q_d 与农户产量 Q_s 的关系，将生鲜农产品供应链运作分为三种情况：

(1) $Q_d \geq Q_s$ 时，“公司+农户”模式下，销售期期末生鲜农产品的销售量为 Q_s ，生鲜农产品供应链的总成本为 $(c_0+c_1)Q_s$ ，供应链整体利润为：

$$\pi_{sc}^1 = (p_1 - c_1 - c_0)Q_s \quad (4)$$

(2) $Q_d < Q_s$ 时，对于多余的生鲜农产品 $(Q_s - Q_d)$ 采取降价销售的形式，降低后的市场价格为 p_1^* ，此时，生鲜农产品供应链整体利润为：

$$\pi_{sc}^2 = (p_1 - c_1)Q_d + (p_1^* - c_1)(Q_s - Q_d) - Q_s c_0 \quad (5)$$

(3) $Q_d < Q_s$ 时，将多余的生鲜农产品 $(Q_s - Q_d)$ 进行深加工，并以 p_2 的价格出售，此时生鲜农产品供应链整体利润为：

$$\pi_{sc}^3 = (p_1 - c_1)Q_d + (p_2 - c_2)(Q_s - Q_d) - Q_s c_0 \quad (6)$$

此处只考虑生鲜农产品市场需求量小于农户产量 ($Q_d < Q_s$) 时两种运作模式下供应链整体利润的大小关系，(6)式减(5)式可得：

$$\pi_{sc}^3 - \pi_{sc}^2 = [(p_2 - c_2) - (p_1^* - c_1)](Q_s - Q_d) \quad (7)$$

可看出，当 $p_2 - c_2 > p_1^* - c_1$ ，即深加工生鲜农产品边际利润大于降价后的生鲜农产品的边际利润时， $\pi_{sc}^3 - \pi_{sc}^2 > 0$ 。事实上深加工后生鲜农产品的边际利润要远远高于降价后的初加工生鲜农产品，因此生鲜农产品深加工可以更有效地抑制生鲜农产品市场价格的波动，促进供应链整体利润水平的提高。

同样，可得到在“生鲜+深加工”模式下核心企业的利润函数 π_c ，此时，可实现企业利润最大化。

$$\pi_c = \lambda [(p_1 - c_1)Q_d + (p_2 - c_2)(Q_s - Q_d)] - Q_s w \quad (8)$$

农户的利润函数 π_f 为：

$$\pi_f = (1 - \lambda) [(p_1 - c_1)Q_d + (p_2 - c_2)(Q_s - Q_d)] + Q_s (w - c_0) \quad (9)$$

这种模式下，农户在产量一定的情况下，可以实现收益最大化。

综上所述，在我国当前生鲜农产品市场普遍存在的供大于求形势下，将一定量的生鲜农产品进行深加工能够更好地稳定生鲜农产品市场价格，促进生鲜农产品增值，有效地延伸生鲜农产品产业链的长度，提升生鲜农产品供应链整体利润及供应链盟员（农户、深加工企业）的利润水平。

2. 集中决策时供应链最优加工量。接下来讨论在生鲜农产品供应链利润最大时的生鲜农产品深加工数量。首先，探讨在集中决策下，将农户和生鲜农

产品加工企业作为一个整体,仅面对不确定的市场需求,农户和加工企业是风险中性时的最优深加工数量。

当农户与深加工企业合作时,可以得出整个供应链的利润函数为:

$$\pi_{sc} = p_2 \min(x, Q) - (c_0 + c_2)Q \quad (10)$$

供应链的期望总利润为:

$$\pi_{sc}^e = \int_0^Q p_2 x f(x) dx + \int_Q^\infty p_2 Q f(x) dx - (c_0 + c_2)Q \quad (11)$$

此时的最优加工量为:

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{p_2 - c_0 - c_2}{p_2}\right) \quad (12)$$

可以看出,在集中决策下供应链利润最大时的最优加工量 Q^* 为深加工生鲜农产品的市场价格 p_2 、农户的生产成本 c_0 以及深加工成本 c_2 的函数,市场需求函数的分布函数 $F(x)$ 为单调递增函数,其反函数 $F^{-1}(x)$ 也为单调递增函数,当 p_2 远大于 $c_0 + c_2$ 时, $\frac{p_2 - c_0 - c_2}{p_2}$ 趋近于 1,所以深加工企业的最优加工数量是随着深加工生鲜农产品价格的升高而增加的。

其次,从分散决策的角度看,在批发价契约下考虑风险中性生鲜农产品深加工企业的最优深加工数量的决策。生鲜农产品深加工企业在生产期期初收购的生鲜农产品数量为 Q ,进行深加工之后,其总成本为 $(c_2 + t)Q$,此时深加工企业售出加工后的生鲜农产品所获得的总收益 π_d 为市场需求量 x 和收购数量 Q 的函数:

$$\pi_d(x, Q) = p_2 \min(x, Q) - (c_2 + t)Q \quad (13)$$

企业决策为风险中性时,其最优加工数量为 Q_1^* ,其期望利润为:

$$\pi_d^1(x, Q_1) = \int_0^{Q_1} p_2 x dF(x) + \int_{Q_1}^\infty p_2 Q_1 dF(x) - (t + c_2)Q_1 \quad (14)$$

求解此利润函数关于 Q_1 的一阶导数,得到深加工企业最优加工数量 Q_1^* :

$$Q_1^* = F^{-1}\left(\frac{p_2 - t - c_2}{p_2}\right) \quad (15)$$

由此可得风险中性时加工企业的总利润为:

$$\pi_d^1 = (p_2 - t - c_2) Q_1^* = (p_2 - t - c_2) F^{-1}\left(\frac{p_2 - t - c_2}{p_2}\right) \quad (16)$$

由式(15)可以看出,在分散决策下生鲜农产品深加工企业利润最大时的最优加工数量 Q_1^* 为深加工生鲜农产品的市场价格 p_2 、生鲜农产品收购价格 t

以及深加工成本 c_2 的函数,市场需求函数的分布函数 $F(x)$ 为单调递增函数,其反函数 $F^{-1}(x)$ 也为单调递增函数,当 p_2 远大于 $t + c_2$ 时, $\frac{p_2 - t - c_2}{p_2}$ 趋近于 1,

所以此时深加工企业的最优加工数量是随着深加工生鲜农产品价格的升高而增加的。

三、政府补贴模式下深加工企业决策

为了进一步量化政府对深加工企业的财政补贴,本文探讨的政府补贴主要是政府对生鲜农产品深加工企业成本投入的直接补贴,包括固定资产投资补贴和损失回购补贴。

1. 超额累进补贴率下的固定资产投资补贴。超额累进补贴率下的固定资产投资补贴是一种应用广泛的补贴形式。所谓超额累进补贴率就是把需要进行补贴的企业依据投资额的大小进行等级划分,对于不同的投资额区间都会有相应的补贴率,投资额越大,补贴率就越高。先分别计算补贴额,再将各级补贴金额之和相加即为应补贴金额。在固定资产投资方面,生鲜农产品深加工企业在投资初期以项目申报的形式向相关部门进行投资补贴的申请,有关部门再根据深加工企业投资金额来确定最终的补贴金额。

n 级超额累进补贴率及各层级所对应固定资产投资额如表 1 所示:

表 1 n 级超额累进补贴率

级数	固定资产投资额	补贴率(%)
1	x_1	r_1
2	x_2	r_2
...
n	x_n	r_n

生鲜农产品深加工企业新增固定资产投资为 I 时,企业获得的补贴金额 K 为:

$$K = x_1 r_1 + (x_2 - x_1) r_2 + \dots + (x_n - x_{n-1}) r_n \quad (17)$$

由式(17)及表 1 可以看出,生鲜农产品深加工企业在固定资产方面的投资会随着其总投资额的增加而增加,并且单位投资额所获得的补贴额也会逐渐增加。政府对生鲜农产品深加工企业固定资产投资进行补贴能够有效地改善生鲜农产品深加工企业的再投资匮乏局面,扩大我国生鲜农产品深加工产业的整体规模,进而促进我国农业的发展。

2. 损失回购契约下风险规避深加工企业决策。政府除对生鲜农产品深加工企业进行一定的固定资产投资补贴外,为了进一步促进加工企业规模的扩

大以及产品质量的提高,还会对生鲜农产品加工企业相应的变动成本补贴。政府对深加工企业的变动成本补贴主要采用回购补贴的形式。

(1)损失回购契约。传统意义上的损失回购契约是指供应商对销售商在季末结束后对没有卖出去的产品按一定的价格全部或部分进行回购,而货物仍属于零售商的契约模式。政府为了协调生鲜农产品市场,鼓励加工企业增加深加工数量,与其约定在销售期期末,每一单位未销售出去的深加工生鲜农产品,政府为其提供损失回购补贴为 m 。

(2)损失回购契约下风险规避深加工企业决策分析。深加工生鲜农产品的市场需求为 x ,农户生产的生鲜农产品数量为 Q_3 ,在销售期期末,企业可以获得的政府损失回购补贴总额为 $m \max[(Q_3 - x), 0]$,则生鲜农产品深加工企业的收益函数为:

$$\pi_d^3(x, Q_3) = p_2 \min(x, Q_3) + m \max[(Q_3 - x), 0] - (c_2 + w)Q_3 \quad (18)$$

构建基于 CVaR $_{\eta}$ 的风险规避深加工企业的期望利润模型如下:

$$CVaR_{\eta}[\pi_d^3(x, Q_3)] = \max_{v \in \mathbb{R}} \{v + \frac{1}{\eta} E[\min(\pi_d^3(x, Q_3) - v, 0)]\} \quad (19)$$

同样可得:

$$Q_3^* = \frac{p_2 - 1}{w + c_2 - m} F^{-1}(\frac{\eta}{p_2}) \quad (20)$$

此时,生鲜农产品深加工企业在销售期期末可获得的总收益为:

$$\pi_d^3(x, Q_3^*) = \{p_2 \min(x, Q_3^*) + m \max[(Q_3^* - x), 0] - (c_2 + w)Q_3^*\} \quad (21)$$

定理 1: 在政府损失回购契约下,具有风险规避特性的生鲜农产品深加工企业的最优加工数量与政府损失回购单价正相关。

证明: $Q_3^* = \frac{p_2 - 1}{w + c_2 - m} F^{-1}(\frac{\eta}{p_2})$, 其他参数不变,令 $m_1 < m_2$, $\frac{Q_{3m_1}}{Q_{3m_2}} = \frac{w + c_2 - m_2}{w + c_2 - m_1} < 1$, 可得生鲜农产品深加工企业的最优加工数量 Q_3^* 与政府损失回购单价 m 正相关。这说明政府对深加工采取基于变动成本的损失回购补贴能够在一定程度上促进深加工企业增加其加工数量,进而提升整个供应链及盟员的利润水平。政府通过对损失回购单价的调控可以有针对性地调节农产品深加工行业的发展结构。

定理 2: 在保证企业深加工数量 Q_3^* 不变的情况下,政府损失回购单价随着企业风险规避程度的增

大而上升。

证明: $Q_3^* = \frac{p_2 - 1}{w + c_2 - m} F^{-1}(\frac{\eta}{p_2})$, 即 $m = \frac{(w + c_2) - (p_2 - 1) F^{-1}(\frac{\eta}{p_2})}{Q_3^*}$, 同理可令 $\eta_1 < \eta_2$,

其他参数不变,则 $m_1 - m_2 = \frac{p_2 - 1}{Q_3^*} [F^{-1}(\frac{\eta_2}{p_2}) - F^{-1}(\frac{\eta_1}{p_2})]$, 又有 $F^{-1}(x)$ 为增函数,可得 $m_1 - m_2 > 0$, 即政府损失回购单价 m 随着企业风险规避程度的增大而上升。

为了促使深加工企业扩大规模,在面对具有不同风险规避程度的深加工企业时,政府应该采取不同的损失回购策略。

为了防止生鲜农产品深加工企业因套取政府补贴而盲目生产,政府需要对损失回购单价设定一个区间,将 Q_3^* 与 Q_1^* 相比较,即可得到政府损失回购单价区间。

定理 3: 当 $\eta \in \min \{p_2 F[\frac{w + c_2 - m}{p_2 - 1} F^{-1}(\frac{p_2 - w - c_2}{p_2})], 1\}$ 时,政府损失回购单价的区间为 $[0, (w + c_2) - \frac{(p_2 - 1) F^{-1}(\frac{\eta}{p_2})}{F^{-1}(\frac{p_2 - w - c_2}{p_2})}]$ 。

证明: $Q_1^* = F^{-1}(\frac{p_2 - w - c_2}{p_2})$, $Q_3^* = \frac{p_2 - 1}{w + c_2 - m} F^{-1}(\frac{\eta}{p_2})$ 。令 $Q_3^* < Q_1^*$, 可得 $\eta < p_2 F[\frac{w + c_2 - m}{p_2 - 1} F^{-1}(\frac{p_2 - w - c_2}{p_2})]$ 。又有 $\eta \in (0, 1]$, 综合可得,当 $\eta \in \min \{p_2 F[\frac{w + c_2 - m}{p_2 - 1} F^{-1}(\frac{p_2 - w - c_2}{p_2})], 1\}$ 时, $Q_3^* < Q_1^*$, 可得政府损失回购单价 m 的区间为 $[0, (w + c_2) - \frac{(p_2 - 1) F^{-1}(\frac{\eta}{p_2})}{F^{-1}(\frac{p_2 - w - c_2}{p_2})}]$ 。

由于企业在决策过程中具有风险规避特性,导致企业的深加工数量减少,不利于生鲜农产品深加工产业的发展,因此政府根据深加工企业的风险规避程度进行适当的损失回购补贴,能够有效地缓解

这一不利现象,刺激深加工产业发展水平的提升。

前文利用条件风险估值理论建立了生鲜农产品深加工企业最优深加工数量决策模型,并探究了最优深加工数量与政府损失回购单价之间的相互影响关系。本文根据从湖北省农业厅调研所得数据,拟用莴苣作为验证模型的生鲜农产品。莴苣作为典型的生鲜农产品,其特点与研究对象非常符合。

为简化计算,假设武汉市对深加工莴苣的需求函数 $f(x)$ 为均匀分布函数(不影响对结论的验证),

$$f(x) = \frac{x-a}{b-a}, Q_3^* = \frac{p_2 - 1}{w + c_2} F^{-1}\left(\frac{\eta}{p_2}\right),$$

在调研的基础上,假设 $b=185000, a=105000, \lambda=0.8$ 。下面将数值代入模型验证相关结论,可得表2。

表2 政府损失回购补贴对供应链盟员利润的影响

	m=8	m=11	m=14	m=17
Q_3^*	154569.23	159214.29	165344.83	171719.14
π_c	2102141.53	2165314.29	2248689.66	2335380.32
π_f	2071227.68	2057832.97	2215620.71	2301036.48

注: $p_2=60, c_2=28, \eta=0.7, c_0=5, w=15$ 。

由表2可以看出,随着政府损失回购单价 m 的增加,生鲜农产品深加工企业最优深加工数量 Q_3^* 逐渐增加,深加工企业利润 π_c 和农户利润 π_f 也随之增加,这与前述结论十分吻合。

四、结论与建议

政府对生鲜农产品深加工企业固定资产投资进行补贴,能够有效地改善生鲜农产品深加工企业再投资匮乏的局面,扩大我国生鲜农产品深加工产业的整体规模,进而促进我国农业的发展。在政府损失回购契约下,具有风险规避特性的生鲜农产品深加工企业的最优加工数量与政府损失回购单价正相关;在保证企业深加工数量不变的情况下,政府损失回购单价随着企业风险规避程度的增大而上升。企业在决策过程中具有风险规避特性,导致企业的深加工数量较低,不利于生鲜农产品深加工产业的发展,政府根据深加工企业的风险规避程度进行适当的损失回购补贴,能够有效地缓解这一不利现象,刺激深加工产业发展水平的提升。

我国生鲜农产品深加工产业的快速发展离不开政府的支持。虽然近几年我国针对生鲜农产品加工产业的支持性政策有一定增加,但各项政策之间缺乏必要的联系,对生鲜农产品深加工企业的支持也缺乏针对性,就支持方式的种类而言并没有太大变

化,主要还是通过农业综合开发项目补贴、农业发展品牌支持等形式,我国现阶段仍然缺乏专门针对生鲜农产品深加工产业的专项扶持政策和资金。多年来,政府对农业企业的补贴力度远远小于工业企业,但就其在社会经济中的作用而言,特别是在经济转型的特殊时期,农业企业应该获得更多的政府资金支持。与工业企业相比,生鲜农产品深加工企业往往规模比较小,流动资金和融资规模都非常有限,但生鲜农产品的特点又决定了其生产周期长、不确定因素多,这就造成了我国的生鲜农产品加工企业长期面临资金匮乏的局面。

针对这一现状,政府应该出台专门的支持性政策,加大政府财政补贴和税收优惠力度。首先,应建立并完善农业综合开发平台、小微加工企业融资平台、生鲜农产品加工科研成果转化平台,对生鲜农产品深加工企业给予更高的固定资产投资补贴和基于变动成本的损失回购补贴,更大程度上降低小微加工企业的融资成本和生产运作的营运成本。其次,在税收优惠方面,完善现行关于生鲜农产品加工企业的免税、退税政策,政府应通过税收的调节推动新技术、新设备的研发使用,淘汰一批高耗能、低产出的设备,促使加工企业向更高水平发展,进而推动整个深加工产业的进步,早日实现农业产业的现代化。

主要参考文献:

- 郝书池,姜燕宁. 供应链和谐机理研究[J]. 商业经济研究,2016(7).
- 陈章跃,王勇,刘华明. 考虑顾客策略行为和产品质量的闭环供应链决策模型[J]. 中国管理科学,2016(3).
- 李友东,谢鑫鹏,营刚. 两种分成契约下供应链企业合作减排决策机制研究[J]. 中国管理科学,2016(3).
- 刘助忠,龚荷英. “互联网+”时代农产品供应链演化新趋势——基于“云”的农产品供应链运作新模式[J]. 中国流通经济,2015(9).
- 田巍,蒋侃. 基于供应链契约的供应链协调研究[J]. 商场现代化,2007(1S).
- 黄惠琴,熊峰. 基于损失回购契约的农产品供应链协调研究[J]. 深圳大学学报(理工版),2016(3).
- 作者单位:淮安信息职业技术学院商学院,江苏淮安 223003