

零售商回收模式下收益共享契约和包装尺寸决策研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2020.06.008

罗子灿^{1,2} 崔杰^{1,2}
罗定提¹ 王柏森^{1,2}

1. 湖南工业大学
商学院

湖南 株洲 412007

2. 湖南工业大学

湖南省包装经济研究基地

湖南 株洲 412007

摘要:研究了在收益共享契约和零售商回收模式下,大、小两种产品的包装尺寸与产品线选择的问题。通过刻画基于消费者支付意愿的 Stackelberg 博弈模型,分析了单位尺寸生产成本对包装尺寸的影响和单位尺寸生产成本、包装回收率和收益共享系数对供应链整体和各成员最优利润的影响,并对大、小两种包装尺寸与产品线的选择进行了详细的分析。研究表明:随着单位尺寸生产成本的增加,生产商和零售商都应选择小包装尺寸的产品;随着大、小包装回收率的增加,供应链整体、生产商和零售商的最优利润都增加;随着收益共享系数的增加,供应链整体和生产商的最优利润增加,而零售商的最优利润减少。当单位尺寸生产成本超过一定的阈值,大包装尺寸产品反而对供应链各方和整体都更有利。

关键词:零售商;收益共享契约;回收渠道;包装尺寸;产品线

中图分类号: F274; F224

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2020)06-0059-11

引文格式: 罗子灿, 崔杰, 罗定提, 等. 零售商回收模式下收益共享契约和包装尺寸决策研究 [J]. 包装学报, 2020, 12(6): 59-69.

1 研究背景

包装在给人们的生活带来方便的同时,也对环境产生了巨大的负面影响。为了减少这种负面影响,各种类型的企业纷纷参与到包装废弃物的回收工作中。零售商作为最接近消费者的企业在包装废弃物回收中具有非常明显的优势,例如回收成本低和覆盖面广等。因此,许多零售商提出了包装废弃物回收方案。克罗格公司最近启动了“Simple Truth Recycling Program”计划,该计划为消费者提供一种免费的方式回收来自克罗格公司的300多种产品的包装,这项计划也使克罗格公司成为《财富》(Fortune)25强中第一家为自有品牌提供免费回收计划的零售商^[1]。

TOMRA公司通过反向自动售货机每年回收400亿个饮料瓶,并承诺到2030年全球每年生产的塑料包装中40%可以被回收再利用^[2]。可口可乐作为目前世界上最大的非酒精饮料公司,制定了于2020年回收75%的饮料包装计划^[3]。

然而,回收包装废弃物的成本大,企业回收的动力不足。因此,供应链中的制造商和零售商的契约关系也将受到相应的影响。利用收益共享契约^[4-5]或批发价合同^[6-7],寻求使成员遵从最优策略的机制、转移风险和合理分配利润的研究成果,在现有文献中十分常见。这种契约形式可以有效地增加契约双方的收益,提升供应链整体收益。例如百视达公司(Blockbuster Inc.)在1998年就与其上游供应商引

收稿日期: 2020-09-15

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(19BGL177), 教育部人文社会科学研究规划项目(18YJA630001), 湖南省社会科学成果评审委员会课题项目(XSP19YBC214), 湖南省哲学社会科学基金资助项目(17JD27)

作者简介: 罗子灿(1982-), 男, 湖南株洲人, 湖南工业大学讲师, 博士, 主要研究方向为运营管理与营销管理,

E-mail: 772358933@qq.com

入收益共享契约,其市场份额在1997年到2002年之间增长了近16%^[8],也使得百视达公司所在的视频租赁市场总利润增加了7%^[9]。

从消费者角度看,消费者在购买产品时除了考虑产品价格因素外,还会被产品的包装尺寸所影响^[10-11]。这种包装尺寸的影响会通过销售量传递到企业,从而影响其利润增减。因此,企业在制订价格的同时也要对包装尺寸的大小进行决策。

为了研究在零售商回收包装废弃物和收益共享契约下,制造商和零售商如何制定产品价格和包装尺寸的问题,本文首先从包装尺寸、产品线和收益共享契约3个方面对相关文献进行归纳与总结。

包装尺寸作为包装的一个重要属性,它的变化会对消费者的购买行为产生影响,进而影响企业的利润。为了研究包装尺寸的减小与生产商利润的增加之间的关系,M. Cakir等^[10]将不同尺寸的产品投放到100家美国的大型超市作调查。根据调查结果,他们认为由于包装尺寸的减小导致了消费者更加难以比较单价,因此可能会导致生产商利润的增加。另一方面,通过内生生产商与零售商的行为,R. J. Khan等^[11]分析了不同尺寸的包装定价策略,结果表明企业如果对较小尺寸的包装制定更高的价格,便可以赚取高额利润,因此企业常常利用包装尺寸作为其价格歧视的手段。然而,在提高盈利能力的同时,减小包装尺寸难道不会给企业带来额外的负担嘛?当将研究更多的聚焦于生产企业的成本时,G. Ellison等^[12]认为生产和分销系统成本的变化可能会受到包装尺寸的变化影响。包装尺寸的变化也会对消费者的购买决策造成影响。通过对一个地区居民的问卷调查,R. W. Shoemaker等^[13]发现由于较小尺寸的包装有益于消费者根据消费率调整购买行为,因此在日常生活中小包装通常被认为更加方便。上述观点也得到了O. Koenigsberg等^[14]的认可,他们通过研究得出的结论是:当消费者使用较小的包装时,有助于消费者减少购买后出现与计划消费的偏差或灵活地适用任何种类的偏好。综上所述,已有大量关于制造商和消费者面对包装尺寸变化的反应研究,但没有从供应链角度研究包装尺寸的变化对企业利润的影响。

对不同包装尺寸产品的选择同时也是一个产品线选择的问题。P. S. Desai^[15]认为消费者在日常生活中的需求呈现多样化,因此现代企业需要采取多产品线(product line)生产销售战略。为了占领更多的市

场、获取更多利润,企业为消费者提供差异化的产品从而满足差异化的需求这一做法不容置疑。相同企业的产品线生产出的产品大都很相似,Xiong H.等^[16]认为这种产品之间的相似性会造成不同尺寸产品互相蚕食。为了保障消费者在每一阶段均可购买产品,企业应出售多阶段的产品,以满足差异化需求且能有效避免蚕食效应发生。考虑到产品线最优长度会不会受到集中和分散两种不同渠道的影响,Liu Y. C.等^[17]对该问题展开了研究,他们发现集中渠道下的产品线长度短于分散渠道下的产品线长度。从已有产品线研究来看,多数研究集中在如何利用产品线最大限度地满足消费者的不同需求,和如何调整不同的销售渠道下产品线的产品归类和订购数量等问题,而缺少对于如何根据包装尺寸来选择产品线问题的研究。

学术界关于收益共享契约的研究已有丰富的成果。G. P. Cachon等^[4]探讨了收益共享对供应链绩效的影响,研究结果表明,收益共享契约与回购合同、价格折扣合同和销售回扣合同等传统协调契约相比,可以取得更好的效果。通过构建不同数量竞争的供应链模型,刘晓婧等^[18]的研究表明,当网络外部性强度较强时,供应链联盟的收益共享契约不会影响生产商和零售商最优利润增加,而当网络外部性强度较弱时,二者最优利润则得到了一定的提升。为了优化系统效率以及渠道成员实现“共赢”,余牛等^[19]提出了改进的收益共享合同,利用该合同能协调一般的网络直销模式与第三方平台参与的返利模式,而当前收益共享契约的相关研究成果,大都与正向供应链的效率、利润以及成员之间的稳定性等息息相关,却并未涉及从收益共享契约和包装尺寸两个方面分析供应链中成员应该如何决策的问题。

在零售商回收包装废弃物并实施收益共享契约的情形下,供应链上的制造商和零售商如何确定收益共享比例、产品价格和包装尺寸,实现供应链各方和整体利润的最大化将是一个重要的现实问题。本文将包装尺寸、产品线与收益共享契约这3个因素结合在一起展开研究,以期能给从事包装回收、再制造以及产品销售企业的决策提供一些启示和参考,以达到经济效益和环境保护双赢的目的。

2 模型假设与记号

本文考虑企业提供两种包装尺寸产品:大包装产

品和小包装产品。假设大包装产品包装尺寸为 $2s$, 小包装产品包装尺寸为 s 。假设大包装产品有两个单位的小包装产品, 小包装只有一个单位的产品。消费者在消费产品时, 大包装产品未被完全消费, 大包装产品中一单位的小包装产品被完全消费, 最后一单位的小包装产品未被完全消费, 即消费量为 $f+s$, 其中 f ($0 < f < s$) 表示大包装中最后一单位的小包装产品的消费量, 小包装则被完全消费。假设大包装的批发价是 $2w$, 大包装的零售价是 p_1 , 小包装的批发价是 w , 小包装的零售价是 p_s , 且 $(1-\lambda)p_1 > 2w$, $(1-\lambda)p_s > w$ 。其中 λ ($0 < \lambda \leq 1$) 表示生产商从销售收入中的分享比例, $1-\lambda$ 为零售商分享比例。

假设消费者消费一单位大包装产品所获得的效用为 $\theta(s+f)$, 其中 θ 表示消费者支付意愿, $\theta \in [0, 1]$, 那么消费者获得的净效用为 $U_1 = \theta(s+f) - p_1$ 。假设消费者消费一单位小包装产品所获得的效用为 θs , 那么消费者获得的净效用为 $U_s = \theta s - p_s$ 。

$D(p, s)$ 表示市场总需求量, $D(p_1, s)$ 、 $D(p_s, s)$ 分别表示大、小包装的市场需求量。

假设单位生产成本与包装尺寸为线性关系, 即 $C(s) = \alpha s$, $C(s)$ 和 α 表示单位生产成本和单位尺寸生产成本^[4]。

对废旧产品包装进行回收, 不仅可以减少环境污染, 还有助于解决企业面临的原材料短缺问题。本文考虑的零售商回收模式是由零售商从消费者处回收废旧产品包装, τ ($0 < \tau < 1$) 表示废旧产品包装回收率。

根据单周期决策模型, 一个周期内完成包装产品的生产、销售与回收, 生产商与零售商以自身利益最大化为目标进行决策。 M 、 R 、 T 分别表示生产商、零售商与供应链系统的利润。

模型由单一生产商、单一零售商与消费者组成, 其中生产商在供应链中为主导地位, 是 Stackelberg 博弈模型的领导者, 零售商为跟随者。生产商和零售商预先签订收益共享契约, 零售商从生产商处采购产品出售给消费者, 并负责包装废弃物的回收。生产商从零售商处获取包装废弃物, 需要给予零售商每单位 b 的回收补贴, 零售商则需以每单位 A 的回收价格从消费者处回收包装废弃物, 回收价格 A 由零售商决定。零售商回收模式架构如图 1 所示。

生产商作为 Stackelberg 博弈的领导者, 为谋求自身利润的最大化, 首先对产品的包装尺寸 s 与批

发价格 w 进行决策。当观察到生产商的行动后, 零售商为谋求自身利润的最大化对产品的零售价格 p 进行决策。根据递推归纳法, 在满足零售商利润最大化的条件下求解最优零售价格, 即将零售商利润函数对零售价格求一阶偏导数, 并令偏导数等于零, 得到关于零售价格的数学表达式; 然后将零售价格的数学表达式代入到生产商的利润函数中, 分别求对包装尺寸与批发价格的一阶偏导数并令其等于零, 联立两式求出最优值 (s^*, w^*) ; 再将最优包装尺寸与批发价格带入零售价格 p 的一阶偏导数的表达式中, 得出最优零售价格 p^* ; 最后将上述最优值带入生产商与零售商的利润函数中, 从而求出生产商最优利润 $\max M$ 、零售商最优利润 $\max R$ 以及供应链整体最优利润 $\max T$ 。

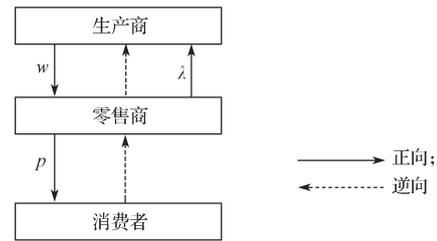


图 1 零售商回收模式整体框架图

Fig. 1 Overall framework diagram under retailer recycling mode

本文所涉及的主要记号及具体含义如表 1 所示。

表 1 模型的记号说明

Table 1 Mark description of the model

变量	意义
s	小包装产品的包装尺寸
w	产品的批发价格
τ	包装回收率
p_1	大包装产品的零售价格
p_s	小包装产品的零售价格
θ	每消费一单位产品获得的效用
f	大包装中最后一单位产品消费的量
U_1	消费大包装获得的净效用
U_s	消费小包装获得的净效用
D_1	大包装产品需求
D_s	小包装产品需求
$C(s)$	单位生产成本
A	单位尺寸包装废弃物回收价格
λ	收益共享系数
α	单位尺寸生产成本
*	最优解
b	单位尺寸回收补贴价格
M	生产商利润
R	零售商利润
T	供应链总利润

3 模型构建

将潜在市场容量标准化为1, 支付意愿 θ 在 $[0, 1]$ 上满足均匀分布, 其密度函数为 $f(\theta)=1$, 当且仅当净效用大于零时, 消费者才会选择购买产品。

本文讨论以下两种情形: 1) 当生产商仅提供大包装产品时, 包装尺寸如何影响生产商与零售商的最优利润与决策; 2) 当生产商仅提供小包装产品时, 包装尺寸如何影响生产商和零售商的最优利润与决策。其中大、小包装的尺寸和利润函数的构建主要参考 O. Koenigsberg 等^[14]的研究成果, 支付意愿与需求函数的建立主要参考 V. V. Agrawal 和 A. Atasu 等^[20-21]的研究成果。

3.1 需求函数的构建

当生产商仅提供大包装产品时, 购买大包装产品给消费者带来的净效用为

$$U_1 = \theta(s+f) - p_1. \quad (1)$$

$U_1 > 0$ 表示消费者愿意购买大包装产品, 从而得 $\theta > \frac{p_1}{f+s}$ 。因此大包装产品的需求函数为

$$\begin{cases} D(p_1, s) = \int_{\frac{p_1}{f+s}}^1 f(\theta) d\theta = 1 - \frac{p_1}{f+s}, & (0 < f < s); \\ \text{s.t. } p_1 < f+s. \end{cases} \quad (2)$$

当生产商仅提供小包装产品时, 购买小包装产品给消费者带来的净效用为

$$U_s = \theta s - p_s. \quad (3)$$

$U_s > 0$ 表示消费者愿意购买小包装产品, 从而得 $\theta > \frac{p_s}{s}$ 。因此小包装产品的需求函数为

$$\begin{cases} D(p_s, s) = \int_{\frac{p_s}{s}}^1 f(\theta) d\theta = 1 - \frac{p_s}{s}; \\ \text{s.t. } p_s < s. \end{cases} \quad (4)$$

3.2 利润函数的构建

为了使模型简化且贴近实际生活, 本文中产品的包装尺寸不连续, 并且大包装产品的包装尺寸是小包装产品的两倍, 这样可使研究结果清晰明了, 并对关键参数不造成影响。

3.2.1 生产商仅提供小包装产品

当生产商仅提供小包装产品且零售商负责回收时, 零售商的利润函数为

$$\max_p R = D_s p_s (1-\lambda) - w D_s - A \tau D_s + b \tau D_s. \quad (5)$$

将式(4)代入式(5), 对 p_s 求一阶导数, 并令其等于零, 即得到小包装的最优零售价格为

$$p_s^* = \frac{s+w-s\lambda-b\tau+A\tau}{2-2\lambda}. \quad (6)$$

当生产商仅提供小包装产品且零售商负责回收时, 生产商的利润函数为

$$\max_{w,s} M = D_s [w - C(s)] + D_s p_s \lambda - b \tau D_s. \quad (7)$$

由于零售商是 Stackelberg 博弈的跟随者, 因此生产商先决策, 零售商看到生产商的行为后再决策, 根据递推归纳法可以得出定理1。

定理1 生产商仅提供小包装且零售商回收时, 小包装的最优批发价格、包装尺寸、零售价格分别为

$$w_s^* = \frac{[b(\alpha-1)(\lambda-2) + A(-2 + (2+\alpha)\lambda - \lambda^2)]\tau}{(\alpha-1)(\lambda-2)},$$

$$s_s^* = \frac{A\tau}{\alpha-1},$$

$$p_s^* = \frac{A\tau(\lambda-\alpha-1)}{(\alpha-1)(\lambda-2)};$$

零售商、生产商的最优利润分别为

$$R^* = \frac{(1-\alpha)A(\lambda-1)\tau}{(\lambda-2)^2},$$

$$M^* = \frac{(\alpha-1)A\tau}{2-\lambda}.$$

证明 将式(4)和式(6)代入式(7)中可得

$$\max_{w,s} M = \frac{w+s(\lambda-1)+(A-b)\tau}{4s} \cdot \frac{w(\lambda-2)-s(2\alpha-\lambda)(\lambda-1)-(b(\lambda-2)+A\lambda)\tau}{(\lambda-1)^2}.$$

对 w 、 s 分别求一阶偏导数, 可得一阶条件

$$\frac{\partial M}{\partial w} = \frac{-w(\lambda-2)+s(1+\alpha-\lambda)(\lambda-1)+(A+b(\lambda-2))\tau}{-2s(\lambda-1)^2} = 0,$$

$$\frac{\partial M}{\partial s} = \frac{w^2(\lambda-2)+s^2(2\alpha-\lambda)(\lambda-1)^2}{-4s^2(\lambda-1)^2} - \frac{2w(A+b(\lambda-2))\tau - A(b(\lambda-2)+A\lambda)\tau^2}{-4s^2(\lambda-1)^2} = 0.$$

联立以上两式, 可以求得小包装的最优包装尺寸、批发价格分别为

$$\begin{cases} s_1 = \frac{-A\tau}{(\alpha-1)}, \\ w_1 = \frac{(b(\alpha-1)+A(\lambda-\alpha))\tau}{\alpha-1}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} s_2 = \frac{A\tau}{(\alpha-1)}, \\ w_2 = \frac{(b(\alpha-1)(\lambda-2) + A(-2 + (2+\alpha)\lambda - \lambda^2))\tau}{(\alpha-1)(\lambda-2)}. \end{cases}$$

将第一组解代入式(5), 得零售商的最优利润为零, 因此第一组解不符合条件舍去, 第二组解为小包装的最优解。

将最优批发价和最优包装尺寸代入式(6)可得

$$p_s^* = \frac{A\tau(\lambda - \alpha - 1)}{(\alpha - 1)(\lambda - 2)}.$$

再分别将最优尺寸、零售价格、批发价代入式(5)和式(7), 可得小包装的生产商与零售商的最优利润。定理1证毕。

3.2.2 生产商仅提供大包装产品

当生产商仅提供大包装产品且零售商负责回收时, 零售商的利润函数为

$$\max_p R = D_1 p_1 (1 - \lambda) - 2wD_1 - A\tau D_1 + b\tau D_1. \quad (8)$$

将式(2)代入式(8), 对 p_1 求一阶导数并令其等于零, 得大包装的最优零售价格为

$$p_1^* = \frac{f + s + 2w - f\lambda - s\lambda - b\tau + A\tau}{2 - 2\lambda}. \quad (9)$$

当生产商仅提供大包装产品且零售商负责回收时, 生产商的利润函数为

$$\max_{w,s} M = D_1 [2w - 2C(s)] + D_1 p_1 \lambda - b\tau D_1. \quad (10)$$

推理过程与小包装的类似, 由于零售商是Stackelberg博弈的跟随者, 因此生产商决策后, 零售商根据生产商的行为再决策, 由此可以得出定理2。

定理2 生产商仅提供大包装且零售商回收时, 大包装的最优批发价、包装尺寸、零售价格分别为

$$w_1^* = \frac{-2f\alpha(4\alpha - \lambda)(\lambda - 1) + (b(2\alpha - 1)(\lambda - 2) - A(2 - 2(1 + \alpha)\lambda + \lambda^2))\tau}{2(2\alpha - 1)(\lambda - 2)},$$

$$s_1^* = \frac{f - 4f\alpha + A\tau}{2\alpha - 1},$$

$$p_1^* = \frac{(1 + 2\alpha - \lambda)(2f\alpha - A\tau)}{(2\alpha - 1)(\lambda - 2)};$$

零售商和生产商的最优利润分别为

$$R^* = \frac{(2\alpha - 1)(\lambda - 1)(2f\alpha - A\tau)}{(\lambda - 2)^2},$$

$$M^* = \frac{(2\alpha - 1)(2f\alpha - A\tau)}{\lambda - 2}.$$

证明 将式(2)和式(9)代入式(10)中得

$$\max_{w,s} M = \frac{2w + f(\lambda - 1) + s(\lambda - 1) - b\tau + A\tau}{4(f + s)} \cdot \frac{2w(\lambda - 2) - s(4\alpha - \lambda)(\lambda - 1) - f\lambda + f\lambda^2 + 2b\tau - b\lambda\tau - A\lambda\tau}{(\lambda - 1)^2}.$$

对 w 、 s 分别求一阶偏导数, 可得一阶条件

$$\frac{\partial M}{\partial w} = -\frac{4w + s(1 + 2\alpha - \lambda)(\lambda - 1)}{(f + s)(\lambda - 1)^2} + \frac{f(\lambda - 1)^2 + 2w\lambda + 2b\tau - A\tau - b\lambda\tau}{(f + s)(\lambda - 1)^2} = 0,$$

$$\frac{\partial M}{\partial s} = \frac{-4s^2\alpha - 4w^2(\lambda - 2) - f^2(4\alpha - \lambda)(\lambda - 1)^2}{4(f + s)^2(\lambda - 1)^2} + \frac{s^2\lambda + 8s^2\alpha\lambda - 2s^2\lambda^2 - 4s^2\alpha\lambda^2 + 2b^2\tau^2}{4(f + s)^2(\lambda - 1)^2} + \frac{-2bA\tau^2 + A^2\lambda\tau^2 - b^2\lambda\tau^2 + s^2\lambda^3}{4(f + s)^2(\lambda - 1)^2} + \frac{2f(\lambda - 1)(-s(4\alpha - \lambda)(\lambda - 1) + 2\alpha(b - A)\tau)}{4(f + s)^2(\lambda - 1)^2} + \frac{4w(-2f\alpha(\lambda - 1) + (A + b(\lambda - 2))\tau)}{4(f + s)^2(\lambda - 1)^2} = 0.$$

联立以上两式, 可以求得大包装的最优包装尺寸、批发价格分别为

$$\begin{cases} s_1 = \frac{f - A\tau}{2\alpha - 1}, \\ w_1 = \frac{-2f\alpha(\lambda - 1) + (b(2\alpha - 1) + A(\lambda - 2\alpha))\tau}{4\alpha - 2}; \\ s_2 = \frac{f - 4f\alpha + A\tau}{2\alpha - 1}, \\ w_2 = \frac{-2f\alpha(4\alpha - \lambda)(\lambda - 1) + (b(2\alpha - 1)(\lambda - 2) - A(2 - 2(1 + \alpha)\lambda + \lambda^2))\tau}{2(2\alpha - 1)(\lambda - 2)}. \end{cases}$$

将第一组解代入式(8)得零售商的最优利润为零, 因此第一组解不符合条件舍去, 大包装的最优解为第二组解。

将最优批发价与最优包装尺寸代入式(9)可得

$$到 p_1^* = \frac{(1 + 2\alpha - \lambda)(2f\alpha - A\tau)}{(2\alpha - 1)(\lambda - 2)}.$$

尺寸、零售价格、批发价格代入式(8)和式(10), 证毕。

可得到大包装的生产商与零售商的最优利润。定理2

零售商回收模式下, 模型的最优解如表2所示。

表2 零售商回收模式下模型的最优解

Table 2 The optimal solution of retailer recycling model

决策变量	仅提供大包装产品	仅提供小包装产品
p^*	$\frac{(1+2\alpha-\lambda)(2f\alpha-A\tau)}{(2\alpha-1)(\lambda-2)}$	$\frac{A\tau(\lambda-\alpha-1)}{(\alpha-1)(\lambda-2)}$
w^*	$\frac{b(2\alpha-1)(\lambda-2)\tau-2f\alpha(4\alpha-\lambda)(\lambda-1)}{2(2\alpha-1)(\lambda-2)}$	$\frac{A(-2+(2+\alpha)\lambda-\lambda^2)\tau}{(\alpha-1)(\lambda-2)}+b\tau$
s^*	$\frac{f-4f\alpha+A\tau}{2\alpha-1}$	$\frac{A\tau}{\alpha-1}$
M^*	$\frac{(2\alpha-1)(2f\alpha-A\tau)}{\lambda-2}$	$\frac{(\alpha-1)A\tau}{2-\lambda}$
R^*	$\frac{(2\alpha-1)(\lambda-1)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}$	$\frac{A\tau(1-\alpha)(\lambda-1)}{(\lambda-2)^2}$
T^*	$\frac{(2\alpha-1)(2\lambda-3)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}$	$\frac{A\tau(1-\alpha)(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2}$

在本文中未考虑同时提供大、小包装的情况, 这是以后可深入研究的一个方向。

4 单调性分析

本章探讨了单位尺寸生产成本、收益共享系数、包装回收率3个参数对最优包装尺寸、生产商最优利润、零售商最优利润和整体供应链最优利润的影响, 并得出管理学意义。

结论1 大、小包装的最优包装尺寸 s^* 都是关于单位尺寸生产成本 α 的减函数。

证明 将表2中大、小包装的最优包装尺寸 s^* 分别对单位尺寸生产成本 α 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial s_1^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{f-4f\alpha+A\tau}{2\alpha-1}}{\partial \alpha} = \frac{2(f-A\tau)}{(1-2\alpha)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial s_s^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{A\tau}{\alpha-1}}{\partial \alpha} = -\frac{A\tau}{(\alpha-1)^2} < 0。$$

至此, 结论1证毕。

结论1说明: 随着单位尺寸生产成本的增加, 大、小包装的最优包装尺寸减小。上述结论与现实相符, 随着单位尺寸生产成本的增加, 单位尺寸的总成本也会增加, 但是单位回收价格并没有发生改变, 导致生产商的最优利润随着产品生产尺寸的增加而减少。

因此, 参数 α 对最优包装尺寸 s^* 决策的影响如表3所示。

表3 参数 α 对包装尺寸的影响

Table 3 The influence of parameter α on the package size

参数	大包装最优尺寸	小包装最优尺寸
α	↓	↓

注: ↑、↓分别代表正相关、负相关。

结论2 生产商仅提供大包装的最优利润 M^* 是关于单位尺寸生产成本 α 的减函数, 生产商仅提供小包装的最优利润 M^* 却是关于单位尺寸生产成本 α 的增函数; 生产商仅提供大、小包装的最优利润 M^* 都是关于收益共享系数 λ 、包装回收率 τ 的增函数。

证明 将表2中生产商仅提供大、小包装的最优利润 M^* 分别对单位尺寸生产成本 α 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial M_1^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(2f\alpha-A\tau)}{\lambda-2}}{\partial \alpha} = \frac{2(f-4f\alpha+A\tau)}{2-\lambda} < 0,$$

$$\frac{\partial M_s^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)}{\lambda-2}}{\partial \alpha} = \frac{-A\tau}{\lambda-2} > 0。$$

将表2中生产商仅提供大、小包装的最优利润分别对收益共享系数 λ 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial M_1^*}{\partial \lambda} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(2f\alpha-A\tau)}{\lambda-2}}{\partial \lambda} = \frac{(1-2\alpha)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial M_s^*}{\partial \lambda} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)}{\lambda-2}}{\partial \lambda} = \frac{A\tau(\alpha-1)}{(\lambda-2)^2} > 0。$$

将表2中生产商仅提供大、小包装的最优利润分

别对包装回收率 τ 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial M_1^*}{\partial \tau} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(2f\alpha-A\tau)}{\lambda-2}}{\partial \tau} = \frac{A(1-2\alpha)}{\lambda-2} > 0,$$

$$\frac{\partial M_s^*}{\partial \tau} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)}{\lambda-2}}{\partial \tau} = \frac{(1-\alpha)A}{\lambda-2} > 0.$$

至此, 结论 2 证毕。

结论 2 说明: 当单位尺寸生产成本增加时, 生产商的最优利润随着生产商仅提供大包装时的成本增加而相应地减少, 生产商的最优利润随着生产商仅提供小包装时的成本增加而增加, 这说明生产成本对大包装影响更大, 小包装的价格上升不明显, 购买的风险更小, 因此消费者更加愿意选择小包装。当收益共享系数适度增加时, 收益共享契约的存在使得生产商会提供给零售商一个较低的批发价格, 因此零售商会增加订货量, 生产商、供应链整体的最优利润都随之增加, 这个结论在表 6 中可得到验证。包装回收率的增加可以减少生产商购买原材料的成本, 因此生产商仅提供大、小包装的最优利润都随着包装回收率的增加而增加。

因此, 各参数对生产商最优利润 M^* 决策的影响如表 4 所示。

表 4 各参数对生产商最优利润的决策影响

Table 4 The influence of each parameter on the optimal profit decision of the manufacturer

参数	大包装生产商的最优利润	小包装生产商的最优利润
α	↓	↑
λ	↑	↑
τ	↑	↑

结论 3 零售商仅销售大包装的最优利润 R^* 是关于单位尺寸生产成本 α 的减函数, 零售商仅销售小包装的最优利润 R^* 却是关于单位尺寸生产成本 α 的增函数; 零售商仅销售大、小包装的最优利润 R^* 是关于收益共享系数 λ 的减函数; 零售商仅销售大、小包装的最优利润 R^* 是关于包装回收率 τ 的增函数。

证明 将表 2 中零售商仅销售大、小包装的最优利润 R^* 分别对单位尺寸生产成本 α 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial R_1^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(\lambda-1)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \alpha} = \frac{2(\lambda-1)(f(4\alpha-1)-A\tau)}{(\lambda-2)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial R_s^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)(\lambda-1)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \alpha} = \frac{-A\tau(\lambda-1)}{(\lambda-2)^2} > 0.$$

将表 2 中零售商仅销售大、小包装的最优利润 R^* 分别对收益共享系数 λ 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial R_1^*}{\partial \lambda} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(\lambda-1)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \lambda} = \frac{-\lambda(2\alpha-1)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^3} < 0,$$

$$\frac{\partial R_s^*}{\partial \lambda} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)(\lambda-1)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \lambda} = \frac{A\tau\lambda(\alpha-1)}{(\lambda-2)^3} < 0.$$

将表 2 中零售商仅销售大、小包装的最优利润 R^* 分别对包装回收率 τ 求偏导数, 可得

$$\frac{\partial R_1^*}{\partial \tau} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(\lambda-1)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \tau} = \frac{(2\alpha-1)A(1-\lambda)}{(\lambda-2)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial R_s^*}{\partial \tau} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)(\lambda-1)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \tau} = \frac{(1-\alpha)A(\lambda-1)}{(\lambda-2)^2} > 0.$$

至此, 结论 3 证毕。

结论 3 说明: 增加单位尺寸生产成本会使零售商仅销售大包装的最优利润减少, 但仅销售小包装的最优利润增大。由结论 2 可知, 生产商仅提供大包装的最优利润随着单位尺寸生产成本的增加而减少, 而生产商仅提供小包装的最优利润却随着单位尺寸生产成本的增加而增加, 因此生产商更加愿意提供小包装给零售商, 此时零售价也会提高, 由于小包装的价格变化敏感性和风险性都优于大包装, 购买小包装成为消费者的首选。这时市场上的小包装产品更多, 零售商回收难度系数加大的小包装, 生产商也会提供更多的回收补贴, 因此零售商销售、回收小包装的最优利润会增加。收益共享系数增大, 零售商仅销售大、小包装时的最优利润都减少。使得这种现象发生的原因有以下两点: 零售商要将其销售收入的一部分与生产商共享; 零售商从事回收会产生一定的回收成本。因此零售商的最优利润随着收益共享系数的增加而减少。包装回收率的增加, 意味着零售商可以从生产商处获得更多的补贴, 因此随着包装回收率的增加, 零售商仅销售大、小包装的最优利润都增加。

各参数对零售商最优利润 R^* 决策的影响见表 5。

表 5 各参数对零售商最优利润的决策影响

Table 5 The influence of each parameter on the retailer's optimal profit decision

参数	大包装零售商的最优利润	小包装零售商的最优利润
α	↓	↑
λ	↓	↓
τ	↑	↑

结论 4 供应链整体仅提供大包装的最优利润 T^* 是关于单位尺寸生产成本 α 的减函数，供应链整体仅提供小包装的最优利润 T^* 却是关于单位尺寸生产成本 α 的增函数；供应链整体仅提供大、小包装的最优利润 T^* 都是关于收益共享系数 λ 、包装回收率 τ 的增函数。

证明 将表 2 中供应链整体仅提供大、小包装的最优利润 T^* 分别对单位尺寸生产成本 α 求偏导数，可得

$$\frac{\partial T_1^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(2\lambda-3)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \alpha} = \frac{2(2\lambda-3)(f(4\alpha-1)-A\tau)}{(\lambda-2)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial T_s^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \alpha} = \frac{-A\tau(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2} > 0。$$

将表 2 中供应链整体仅提供大、小包装的最优利润分别对收益共享系数 λ 求偏导数，可得

$$\frac{\partial T_1^*}{\partial \lambda} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(2\lambda-3)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \lambda} = \frac{-2(2\alpha-1)(\lambda-1)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^3} > 0,$$

$$\frac{\partial T_s^*}{\partial \lambda} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \lambda} = \frac{2A\tau(\lambda-1)(\alpha-1)}{(\lambda-2)^3} > 0。$$

利用表 2 中供应链整体仅提供大、小包装的最优利润分别对包装回收率 τ 求偏导数，可得

$$\frac{\partial T_1^*}{\partial \tau} = \frac{\partial \frac{(2\alpha-1)(2\lambda-3)(2f\alpha-A\tau)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \tau} = \frac{(1-2\alpha)A(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial T_s^*}{\partial \tau} = \frac{\partial \frac{A\tau(1-\alpha)(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2}}{\partial \tau} = \frac{(1-\alpha)A(2\lambda-3)}{(\lambda-2)^2} > 0。$$

至此，结论 4 证毕。

结论 4 说明：当单位尺寸生产成本增加时，供应链整体仅提供大包装的最优利润随之减少，供应链整体仅提供小包装的最优利润随之增加。结合表 4 与表 5 可以得知，增加单位尺寸的生产成本，会导致仅提供大包装时零售商与生产商的最优利润减少，仅提供小包装时的最优利润增大，因此零售商与生产商都有意愿选择小包装；而且这时大包装产品的零售价格会提高，消费者更加偏爱价格敏感系数更小的小包装产品。综上可以得知，单位尺寸生产成本与供应链整体仅提供大包装时的最优利润成负相关，与供应链整体仅提供小包装时的最优利润成正相关。对于收益共享系数而言，随着收益共享系数的增大，大、小包装供应链整体的最优利润都增加。这是由于生产商仅提供大、小包装时的最优利润随着收益共享系数的增加而增加，而零售商仅销售大、小包装的最优利润却随之而减少。这说明零售商应避免在收益共享机制下回收产品包装，在这种模式下零售商不仅需要负责回收包装废弃物，还需要与生产商共享自身收益的一部分，使得生产商增加的最优利润大于零售商减少的最优利润，最后导致供应链的总最优利润增加。对于包装回收率而言，由结论 2 和结论 3 可知，仅提供大、小包装时，随着包装回收率的增加，生产商和零售商的最优利润都增加，因此，包装回收率与供应链整体仅提供大、小包装时的最优利润都成正相关。

因此，各参数对供应链整体最优利润 T^* 决策的影响如表 6 所示。

表 6 各参数对供应链整体最优利润的决策影响

Table 6 The influence of various parameters on the decision-making of the overall optimal profit of the supply chain

参数	大包装供应链最优利润	小包装供应链最优利润
α	↓	↑
λ	↑	↑
τ	↑	↑

5 均衡解分析

结论 5 当单位尺寸生产成本满足 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$ ，且生产商仅提供大、小包装时，生产商、零售商和供

应链整体的最优利润关系为: $M_1^* > M_s^*$, 即生产商仅提供大包装时的最优利润更大, 生产商更愿意选择大包装的产品线; $R_1^* > R_s^*$, 即零售商仅销售大包装时的最优利润更大, 零售商更愿意选择大包装的产品线; $T_1^* > T_s^*$, 即大包装的供应链整体的最优利润大于小包装的供应链整体的最优利润。

证明 生产商选择仅提供大包装的前提条件是, 仅提供大包装时的最优利润大于仅提供小包装时的最优利润。利用表 2 的最优解, 由 $M_1^* - M_s^* = \frac{\alpha(f(4\alpha-2) - A\tau)}{\lambda-2} > 0$, 解得 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$, 即当 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$ 时, $M_1^* > M_s^*$ 。

同理, 由 $R_1^* - R_s^* = \frac{\alpha(\lambda-1)(f(4\alpha-2) - A\tau)}{(\lambda-2)^2} > 0$, 解得 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$, 即当 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$ 时, $R_1^* > R_s^*$ 。

同理, 由 $T_1^* - T_s^* = \frac{\alpha(2\lambda-3)(f(4\alpha-2) - A\tau)}{(\lambda-2)^2} > 0$, 解得 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$, 即当 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$ 时, $T_1^* > T_s^*$ 。

结论 5 证毕。

结论 5 主要是对大、小包装的产品线进行了比较。

从结论 5 可以看出: 当 $\alpha > \frac{A\tau+2f}{4f}$ 时, 仅提供大包装对生产商、零售商和供应链整体的最优利润均有利, 仅提供小包装均不利, 从而此时生产商与零售商都应该选择大包装的产品线。

结论 6 当单位尺寸生产成本满足 $\alpha > 1$, 且生产商仅提供小包装时, 生产商与零售商的最优利润比较结果是 $M_s^* > R_s^*$, 即生产商的最优利润大于零售商的最优利润; 当单位尺寸生产成本 $\alpha > \frac{A\tau}{2f}$, 且生产商仅提供大包装时, 生产商与零售商的最优利润比较结果是 $M_1^* > R_1^*$, 即生产商的最优利润大于零售商的最优利润。

证明 利用表 2 中的最优解, 由 $M_s^* - R_s^* = \frac{A\tau(\alpha-1)}{(\lambda-2)^2} > 0$, 解得 $\alpha > 1$; 由 $M_1^* - R_1^* = \frac{(1-2\alpha)(2f\alpha - A\tau)}{(\lambda-2)^2} > 0$, 解得 $\alpha > \frac{A\tau}{2f}$ 。结论 6 证毕。

结论 6 主要是对大、小包装的产品线内部成员的最优利润进行了比较, 与 Stackelberg 博弈领导者利润大于跟随者利润的结论一致, 即当单位尺寸生产成本在一定范围内变化时, 生产商的最优利润始终高于零售商。

6 结论与建议

本文研究了基于收益共享机制下零售商回收模式中, 包装尺寸的决策问题。在建立的包装尺寸模型中引入了收益共享机制, 探讨了大、小包装尺寸对于产品线决策模型的影响, 并对大、小两种包装尺寸与销售产品选择进行了详细的分析。同时分析了单位尺寸生产成本对最优包装尺寸的影响, 以及单位尺寸生产成本、收益共享系数和包装回收率 3 个参数对生产商最优利润、零售商最优利润和供应链整体最优利润的影响。由此可得如下结论:

1) 单位尺寸生产成本增加, 大、小包装的最优包装尺寸随之减小。仅提供小包装尺寸产品时, 供应链各方和整体的最优利润都增加; 仅提供大包装尺寸产品时, 供应链各方和整体的最优利润都减少。

2) 大、小最优包装尺寸均不受收益共享系数的影响。不管是仅提供大包装尺寸产品还是小包装尺寸产品, 当收益共享系数增加时, 生产商与供应链整体二者的最优利润都增加, 而零售商的最优利润会随之减少。

3) 大、小包装回收率的增加, 使得生产商、零售商和供应链整体三者的最优利润都增加。

鉴于此, 对于现实生活中的企业提出以下管理学建议:

1) 无论是生产商还是零售商, 当单位尺寸生产成本增加时, 二者都应该选择小包装尺寸产品线, 这是由于小包装产品有助于减小消费者的购买风险, 从而增加了小包装产品的销量并为生产商和零售商带来更可观的利润。

2) 零售商应避免在收益共享机制下回收产品包装, 因为零售商在这种模式下处于弱势地位。随着产品的生产成本与收益共享系数增加, 生产商最优利润的增加量大于零售商最优利润的减少量。因此, 零售商应要求尽量提高回收补贴价格和减小收益共享系数, 以弥补其利润的减少。而生产商则应该致力于降低回收补贴价格和增大收益共享系数, 以增加自身的利润。

3) 当单位尺寸生产成本超过一定的阈值时, 应选择大包装尺寸产品线, 这时供应链各方和整体的最优利润都大于选择小包装尺寸产品线的最优利润。

4) 生产商和零售商应着力于提升废旧产品的回收再利用率、增强消费者的绿色环保意识, 这是因为企业可以利用回收废旧产品在消费者处树立良好形象, 通过将废旧产品进行再制造还有助于其生产成本的降低、资源循环利用率的提升以及更好的履行社会责任。

本文研究了零售商回收模式下包装尺寸策略与产品线选择的问题, 同时加入了收益共享机制使得研究更加丰富。但本文的研究方向还有待进一步拓展, 例如可以拓展到收益共享契约下第三方回收模式中产品包装尺寸决策与产品线选择的问题。

参考文献:

- [1] HOLBROOK E. Kroger Now Offering Free Recycling for Simple Truth Packaging[EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.environmentalleader.com/2020/08/kroger-now-offering-free-recycling-for-simple-truth-packaging/>.
- [2] SWR Staff. TOMRA Shoots for 40 Percent Recycling of Plastic Packaging[EB/OL]. [2020-08-25]. <https://www.solidwastemag.com/packaging/tomra-shoots-for-40-percent-recycling-of-plastic-packaging/1003283004/>.
- [3] BUEHLER N. How Coca-Cola Makes Money[EB/OL]. [2020-08-24]. <https://www.investopedia.com/articles/markets/112515/how-does-cocacola-actually-make-money.asp>.
- [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] ZHANG Y H, DONOHUE K, CUI T H. Contract Preferences and Performance for the Loss-Averse Supplier: Buyback Vs. Revenue Sharing[J]. *Management Science*, 2016, 62(6): 1734-1754.
- [6] TILSON V. Monotonicity Properties of Wholesale Price Contracts[J]. *Mathematical Social Sciences*, 2008, 56(1): 127-143.
- [7] 许凤连, 罗子灿, 罗定提. 生产商回收下包装尺寸决策研究[J]. *包装学报*, 2019, 11(4): 53-61.
XU Fenglian, LUO Zican, LUO Dingti. Study on Decision-Making of Package Size Under Manufacturer Recovery[J]. *Packaging Journal*, 2019, 11(4): 53-61.
- [8] WARREN A, PEERS M. Video Retailers Have Day in Court-Plaintiffs Say Supply Deals Between Blockbuster Inc. and Studios Violate Laws[J]. *Wall Street Journal*, 2002, 13: B10.
- [9] MORTIMER J H. The Effects of Revenue-Sharing Contracts on Welfare in Vertically-Separated Markets: Evidence from the Video Rental Industry[J]. *SSRN Electronic Journal*, 2002, 28. DOI:10.2139/ssrn.336244.
- [10] CAKIR M, BALAGTAS J V. Consumer Response to Package Downsizing: Evidence from the Chicago Ice Cream Market[J]. *Journal of Retailing*, 2014, 90(1): 1-12.
- [11] KHAN R J, JAIN D C. An Empirical Analysis of Price Discrimination Mechanisms and Retailer Profitability[J]. *Journal of Marketing Research*, 2005, 42(4): 516-524.
- [12] ELLISON G, ELLISON S F. Search, Obfuscation, and Price Elasticities on the Internet[J]. *Econometrica*, 2009, 77(2): 427-452.
- [13] SHOEMAKER R W, SHOAF F R. Behavioral Changes in the Trial of New Products[J]. *Journal of Consumer Research*, 1975, 2(2): 104.
- [14] KOENIGSBERG O, KOHLI R, MONTOYA R. Package Size Decisions[J]. *Management Science*, 2010, 56(3): 485-494.
- [15] DESAI P S. Quality Segmentation in Spatial Markets: When Does Cannibalization Affect Product Line Design?[J]. *Marketing Science*, 2001, 20(3): 265-283.
- [16] XIONG H, CHEN Y J. Product Line Design with Deliberation Costs: A Two-Stage Process[J]. *Decision Analysis*, 2013, 10(3): 225-244.
- [17] LIU Y C, CUI T H. The Length of Product Line in Distribution Channels[J]. *Marketing Science*, 2010, 29(3): 474-482.
- [18] 刘晓婧, 艾兴政, 唐小我. 网络外部性下链与链竞争纵向联盟和收益共享合同[J]. *预测*, 2016, 35(4): 75-80.
LIU Xiaojing, AI Xingzheng, TANG Xiaowo. Vertical Alliance and Revenue Sharing of Chain-to-Chain Competition Under Network Externality[J]. *Forecasting*, 2016, 35(4): 75-80.
- [19] 余牛, 李建斌, 刘志学. 电子商务产品定价与返利策略优化及协调研究[J]. *管理科学学报*, 2016, 19(11): 18-32.
YU Niu, LI Jianbin, LIU Zhixue. Optimization of Pricing and Rebate Strategies and Coordination for E-commerce Product[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(11): 18-32.
- [20] AGRAWAL V V, FERGUSON M, TOKTAY L B, et al. Is Leasing Greener than Selling?[J]. *Management*

Science, 2012, 58(3): 523–533.

Management Science, 2008, 54(10): 1731–1746.

[21] ATASU A, SARVARY M, VAN WASSENHOVE
L N. Remanufacturing as A Marketing Strategy[J].

(责任编辑: 邓光辉)

Revenue Sharing Contract and Packaging Size Decision Under Retailer Recycling Model

LUO Zican^{1, 2}, CUI Jie^{1, 2}, LUO Dingti¹, WANG Baisen^{1, 2}

(1. College of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Hunan Province Packaging Economy Research Base, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Under the revenue sharing contract and the retailer recycling model, the packaging size and product line selection of large and small products were studied. By depicting the Stackelberg game model based on consumers' willingness to pay, the impact of unit size production cost on packaging size and the impact of unit size production cost were analyzed, as well as the impacts of revenue sharing coefficient and packaging recovery rate on each member of the supply chain and the overall optimal profit. A detailed analysis was made on the choice of the two packaging sizes and product lines. The research results showed that with the increase in production costs per unit size, both manufacturers and retailers should choose products with small package sizes; with the increase in the recycling rate of large and small packages, the optimal profits of manufacturers, retailers and the overall supply chain would increase; as the revenue sharing coefficient increased, the optimal profit of the producer and the supply chain as a whole would increase, while the optimal profit of the retailer would decrease. When the production cost per unit size exceeded a certain threshold, large package size products would be more beneficial to all parties in the supply chain and the whole system.

Keywords: retailer; revenue sharing contract; retailer recycling; packaging size; product line