

基于批次关联的鲜切蔬菜采购成本-召回规模联合优化

杨信廷¹ 王健^{1,2} 钱建平¹ 邢斌¹ 曹文琴² 王贵用²

(1.北京农业信息技术研究中心,北京 100097; 2.华东交通大学机电工程学院,南昌 330013)

摘要:鲜切蔬菜从采购、加工到包装存在批次混合,批次混合程度和采购成本相互制约,因此提出一种建立原材料与订单产品批次关联的采购-召回方案。根据鲜切加工企业的生产计划和加工流程,满足订单要求和供应商的原材料条件,建立批次混合程度和采购成本为目标函数的混合整数线性规划(Mixed-integer linear programming, MILP)模型。使用LINGO对模型逐步求解,结果显示,随着批次混合程度的增加原材料的采购成本逐渐降低,当批次混合程度为10时,采购成本最低为2 840.33元,平均召回数量177.50 kg,适用于中小型鲜切加工企业。

关键词:鲜切加工; 批次混合; 采购成本; 召回; 多目标优化

中图分类号: TP301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)02-0222-06

Joint Optimization of Purchasing Cost – Recall Scale Model of Fresh-cut Vegetables Based on Batch Association

Yang Xinting¹ Wang Jian^{1,2} Qian Jianping¹ Xing Bin¹ Cao Wenqin² Wang Guiyong²

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

2. School of Mechatronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The batch mixing exists for fresh-cut vegetables from purchasing, processing to packaging, and there is mutual restrictive relationship between batch mixing degree and purchasing cost. The single-objective model cannot meet the requirement of flexible production. Therefore, a kind of purchasing cost – recall model was proposed to build batch relations between raw material and order products. According to production plan and process flow of fresh-cut processing enterprise, taking the batch mixing degree and the purchasing cost as objective functions, a mixed-integer linear programming model was established to meet the order requirements and the suppliers' raw material conditions. Since the weight of recall number was more important than that of procurement costs, and high correspondence relationship existed between recall number and batch mixing degree, the hierarchical sequence method was used to solve the multi-object model. The established model was analyzed by the LINGO software in the step-by-step solution process. The model performance was evaluated with parameters, such as purchase cost, average number of recall and the maximum number of recall. The results showed that with the increase of batch mixing degree, the procurement costs of raw materials were reduced gradually. When batch mixing degree was 10, the lowest cost of purchase was 2 840.33 yuan, the average recall quantity was 177.50 kg, and the maximum recall quantity was 420 kg. In order to evaluate the practical applicability of the model, the average recall ratio and maximum recall ratio were introduced. The results showed that when batch mixing degree was 10, the average recall ratio and maximum recall ratio were 15.5% and 36.8%, respectively, which were suitable for medium and small fresh-cut processing enterprises.

Key words: fresh-cut processing; batch mixing; purchase cost; recall; multi-objective optimization

引言

近年来,食品安全问题频发以及生活节奏的加快,鲜切产品因其卫生、方便逐渐走进消费者的餐桌。鲜切蔬菜(Fresh-cut vegetables)是指新鲜蔬菜经过修整、去皮并切分成 100% 可利用的产品,这些产品采用装袋或预先包装,为消费者提供方便、高营养和良好风味的新鲜产品^[1]。新鲜蔬菜经过去皮和切分等处理后,组织产生机械伤,生理生化反应加剧^[2],为保持蔬菜品质需进一步如高静压^[3-4]、臭氧水清洗^[5]等方式的处理。处理后的鲜切蔬菜仍具有代谢活动,因此需要根据蔬菜特性选择包装方式,当前主要包装技术有气调包装、涂膜包装、智能包装等^[6]。鲜切蔬菜加工流程多且过程复杂,对食品质量影响较大,是食品供应链质量控制的重要环节^[7-8]。

召回是对产品生产监管延续的措施,旨在减少或消除问题产品危害,保护公众的利益。对召回的研究主要着眼于召回制度的制定和政策体系的完善,很少从企业管理和供应链管理的角度研究产品召回管理和实施方案^[9]。农产品供应链是农产品生产的原料供应、生产加工、产品物流和销售等环节参与者的一种纵向一体化和横向一体化的战略联盟关系^[10],其召回过程涉及到批次混合,具有一定的复杂性。国内外有关学者对其进行了一些相关研究^[7,11-20]。

在批次混合的研究方面主要有 3 个特点:原材料在各级加工质量守恒,实际中原材料在运输和加工过程存在一定损耗;限定组件或半成品的批次数不利于直接建立原材料与最终产品的对应关系;研究批次混合程度和召回数量间关系较少,建立批次混合程度和召回数量的关系有助于加工方案的选择和制定。本文基于 JIT(Just in time)采购的前提,结合原材料加工的折损率和加工过程的出成率,确定原材料的采购数量,直接建立原材料与最终订单产品间的分配关系;利用多目标优化模型,降低原材料的批次混合程度,以期达到召回数量满足要求、采购成本达到最低的目的。

1 问题描述

某鲜切加工企业实施准时制生产计划,由 2 家蔬菜供应商提供原材料,要求供应商在指定的时间将指定的蔬菜送到指定的地点。新鲜蔬菜通过消毒、清洗、筛选、加工、包装等多个环节才能成为鲜切产品,流程如图 1 所示。鲜切产品在加工过程中存在材料的批次混合,某批问题材料会影响诸多批次

的产品,增加企业对问题产品的召回难度,因此,需要降低订单产品中原材料的混合程度。

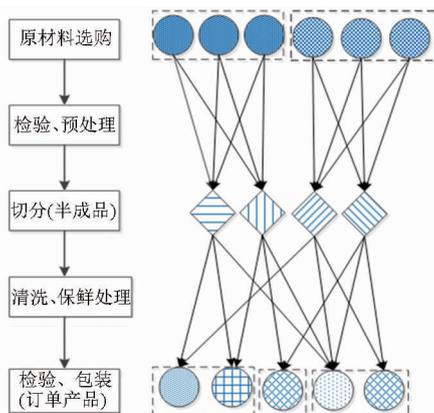


图 1 鲜切蔬菜工艺流程

Fig. 1 Process of fresh-cut vegetables producing

以批次(Batch)或其组成单体(Item)为基础的追溯资源单元(Traceable resource unit, TRU)是追溯系统建立的核心^[21-22],同一批次的原材料或产品具有相同的属性,同时允许不同批次间规格不同,因此设定供应商一次提供的同种同等级的蔬菜为一个批次。蔬菜在运输和加工过程产生蔬菜质量折损,导致产品质量达不到订单要求,同时为满足柔性生产的要求,因此在采购过程需考虑蔬菜折损率。折损率包括蔬菜采摘运输等过程出现损坏不能用于加工的蔬菜所占比例,及在加工过程经过切分、干燥等环节质量折损的比例。其中,加工过程的折损包含在原料的加工出成率中,出成率即加工后的成品质量与原材料的比值。

2 模型建立与求解

2.1 模型建立

原材料、成品和产品在加工和包装的过程均会发生“一对多”和“多对一”的关系,而只有在一个批次产品由一个批次原材料加工而成的情况下,问题原材料对产品的影响范围最小,因此需要减小产品中原材料批次混合程度。批次混合程度影响原材料的使用率,进而影响采购成本,因此既要降低批次混合程度又要减少采购成本。订单产品的要求,供应商的库存及原材料的可加工条件均为目标函数的限制条件,为使加工更具流畅性,模型构建时不设定成品的批次数。

本文借鉴文献[19]的模型,建立鲜切加工的批次混合模型,如图 2 所示。第一目标函数描述订单产品中原材料的最小批次混合程度,第二目标函数描述原材料采购的最小成本,计算公式分别为

$$Z_{\min} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I x_{rc}(i, k, j) \quad (1)$$

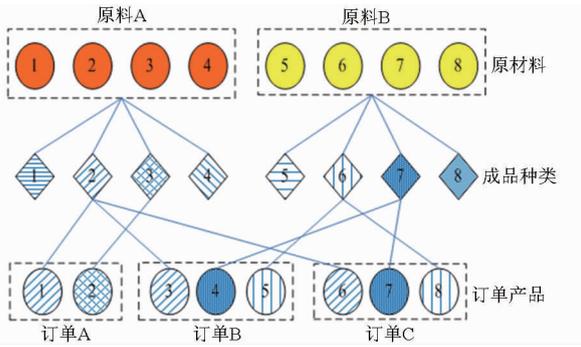


图2 批次混合模型

Fig.2 Batch mixing model

$$C_{min} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I Q_{rc}(i,k,j)P(i) \quad (2)$$

式中 i ——原料批次 j ——成品类型
 k ——订单批次
 x_{rc} ——二元变量,当第 i 批原料加工成 j 类成品分配给 k 批订单,则表示为 1,否则为 0
 Z ——批次混合程度
 Q_{rc} ——选取第 i 批原料的质量,用以加工成 j 类成品,分配给 k 批订单,kg
 P ——第 i 批原料的价格,元
 C ——采购总成本,元

约束条件分别为

$$0 \leq C_p(k,j) \leq 1 \quad (1 \leq k \leq K; 1 \leq j \leq J) \quad (3)$$

式中 C_p ——第 k 批订单各成品类型的比例

$$\sum_{j=1}^J C_p(k,j) = 1 \quad (1 \leq k \leq K) \quad (4)$$

$$Q_{OP}(k,j) = Q_o(k)C_p(k,j) \quad (1 \leq k \leq K; 1 \leq j \leq J) \quad (5)$$

式中 Q_o ——第 k 批订单的总质量,kg
 Q_{OP} ——第 k 批订单各类型成品质量,kg

$$Q_{OP}(k,j) = \sum_{i=1}^I Q_{rc}(i,k,j)(1-\beta(i))Y(i,j) \quad (1 \leq k \leq K; 1 \leq j \leq J) \quad (6)$$

式中 β ——第 i 批原料的折损率,%
 Y ——第 i 批原料加工成 j 类成品的出成率,%

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J Q_{rc}(i,k,j) \leq Q_r(i) \quad (1 \leq i \leq I) \quad (7)$$

式中 Q_r ——第 i 批原料的质量,kg

$$x_{rc}(i,k,j) \leq Q_{rc}(i,k,j) \quad (1 \leq i \leq I; 1 \leq j \leq J; 1 \leq k \leq K) \quad (8)$$

$$Q_{rc}(i,k,j) \leq x_{rc}(i,k,j)V \quad (1 \leq i \leq I; 1 \leq j \leq J; 1 \leq k \leq K) \quad (9)$$

式中 V ——极大值

式(3)、(4)描述订单产品对成品类型比例的要

求;式(5)、(6)描述由于折损等原因需采购原材料的质量;供应商的库存对采购的限制用式(7)表达; x_{rc} 为二元变量,当 Q_{rc} 大于 0, x_{rc} 则为 1,当 Q_{rc} 等于 0, x_{rc} 则为 0,描述为式(8)、(9)。

2.2 多目标求解

目前已有许多新的优化方法对传统优化方法进行了改进,如动态规划法、层次分析法、结构模型解析法、分层序列法等^[17],在求解上批次混合程度比采购成本更重要,因此采用分层序列法^[12]。

以批次混合程度式(1)为第一目标函数,求得最优解 Z_{min} ; 设 ε 为 Z_{min} 的松弛增量,则第一目标函数表示为

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I x_{rc}(i,k,j) = Z_{min} + \varepsilon \quad (10)$$

ε 初始值为 0 且每次增量为 1;为适应松弛增量的变化,将第二目标函数表示为

$$C_{min}^e = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I Q_{rc}(i,k,j)P(i) \quad (11)$$

同时,式(10)变为式(11)的约束条件,以求取与松弛增量相关的最低采购成本;求得 C_{min}^e 与全局最低成本 C_{min} 比较,不相等则增加 ε 值继续求解,直到在松弛增量约束下的最低成本与全局最低成本相等;因此,可以求得全局最优成本下的最小批次混合程度。分层序列法的求解过程如图 3 所示。

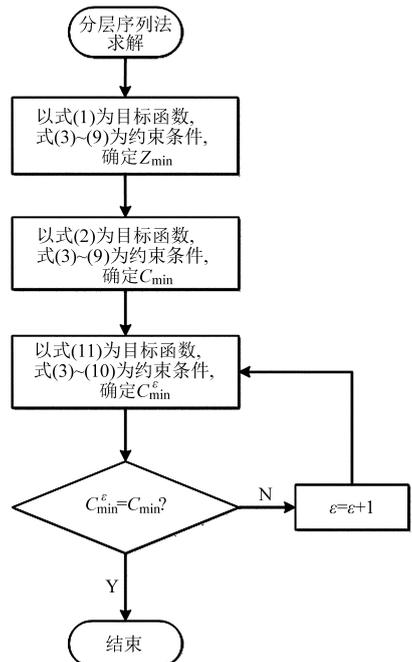


图3 分层序列法的求解过程

Fig.3 Solving process of lexicographic method

3 模型应用及讨论

根据模拟数据设定原材料 RM 有 I 批次,加工出来的成品 FP 种类有 J 个,以及 K 批次订单产品

OP。RM1 ~ RM4 表示供应商提供的 4 个批次的胡萝卜, RM5 ~ RM8 表示 4 个批次的马铃薯, 原材料具有库存、价格、坏损率等属性, 如表 1、2 所示。FP1 ~ FP4 表示胡萝卜可加工成净菜胡萝卜、胡萝卜丁、胡萝卜丝、梅花胡萝卜, FP5 ~ FP8 表示马铃薯可加工成净菜马铃薯、马铃薯丝、马铃薯厚片、马铃薯薄片。

表 1 原材料的出成率

Tab. 1 Product yield of material batches %

	FP1	FP2	FP3	FP4	FP5	FP6	FP7	FP8
RM1	90	75	65	65	0	0	0	0
RM2	92	68	78	64	0	0	0	0
RM3	91	76	71	65	0	0	0	0
RM4	93	74	64	62	0	0	0	0
RM5	0	0	0	0	93	61	75	83
RM6	0	0	0	0	91	80	74	74
RM7	0	0	0	0	94	85	73	73
RM8	0	0	0	0	95	85	73	73

表 2 原材料属性

Tab. 2 Properties of raw materials

批次类别	原料质量/kg	原料价格/(元·kg ⁻¹)	原料折损率/%
RM1	400	1.4	5
RM2	200	1.7	4
RM3	800	1.9	3
RM4	400	1.8	3
RM5	300	2.1	5
RM6	300	2.3	4
RM7	300	2.0	6
RM8	600	2.4	2

单批次的订单存在单一型和混合型, 单一型订单仅由一种成品类型组成, 即订单要求含有某种类型的成品, 则该订单与成品类型间关系表示为 1, 如表 3 所示; 混合型订单由多种成品类型混合而成, 各成品类型所占比例的总和仍为 1。

Dupuy 等认为随着原材料、成品种类越多求解变量和约束条件越多, 求解越缓慢, 需要利用启发式算法^[13], 但对于中小企业原材料的批次和成品种类均未达到规模, 因此利用 LINGO11 求解小规模

表 3 订单产品的要求

Tab. 3 Requirements for order products

订单总质量/kg	FP1	FP2	FP3	FP4	FP5	FP6	FP7	FP8
OP1	180	0	1	0	0	0	0	0
OP2	150	0	0	1	0	0	0	0
OP3	160	0	1	0	0	0	0	0
OP4	150	0	0	0	0	0	1	0
OP5	130	0	0	0	0	0	1	0
OP6	110	0	1	0	0	0	0	0
OP7	120	0	0	0	0	0	1	0
OP8	140	0	0	0	0	0	1	0

次离散仍然具有简洁性、高效性。按照分层序列法的求解过程, 在不要求采购成本的条件下, 最优的批次混合程度 $Z_{\min} = 8$; 在不要求混批次混合程度的条件下, 采购的最优成本 $C_{\min} = 2\ 814.06$ 元; 限定批次混合程度为 8, 即松弛增量 $\varepsilon = 0$ 条件下, 采购的最优成本 $C_{\min}^0 = 2\ 915.34$ 元; 随着 ε 逐渐变大, 批次混合程度的限制逐渐放宽, 采购成本随之下降, 直到 $\varepsilon = 4$, 采购成本再次达到全局最优值 $C_{\min}^4 = C_{\min}$ 。

称本文的采购-召回模型为 C-R 模型, 以原材料平均利用率^[19]为目标函数的 EA 模型为对比模型, 并根据文献[16]中对最大召回数量(MRCS)、平均召回数量(ERCS)的定义, 及总成本(TC)等指标来对比 2 种模型的优化性能, 见图 4 和表 4。同时, 定义最大召回比为最大召回数量占全部召回数量的百分比, 平均召回比为平均召回数量占全部召回数量的百分比, 用以衡量方案的可行性。

采购总成本方面, C-R 模型随批次混合程度增加逐渐降低, EA 模型中当批次混合程度为 9 时总成本最低, 整体 EA 比 C-R 高 8.5% ~ 12.1%。原材料的出成率和价格有相关性, EA 并未将采购价格嵌入模型, 追求高的利用率导致采购更趋向于价格高的原料, 完成同样的订单较高的成本不利于企业发展, 因此需要平衡原材料价格和出成率的关系使总成本最低。

最大召回比方面, 随批次混合程度增加, EA 中最大召回数量占比全部召回数量的比例为 44.7%、

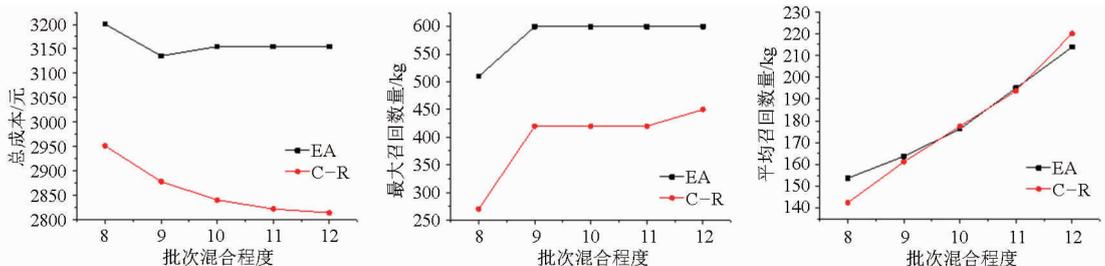


图 4 批次混合程度与评价指标的关系

Fig. 4 Relationship between degree of batch mixing and evaluation index

表4 实验结果
Tab.4 Experimental results

ε	Z	TC/元		MRCS/kg		ERCS/kg	
		EA	C-R	EA	C-R	EA	C-R
0	8	3 200.76	2 951.34	510	270	153.75	142.50
1	9	3 135.49	2 878.02	600	420	163.75	161.25
2	10	3 154.78	2 840.33	600	420	176.25	177.50
3	11	3 154.78	2 821.83	600	420	195.00	193.75
4	12	3 154.98	2 814.06	600	450	213.75	220.00

52.6%，而 C-R 中所占比例为 23.7%、36.8%、39.5%。EA 的最大召回数量平均比 C-R 高 16.3%，由于在限定的批次混合程度下 EA 模型倾向使用数量大出成率高的原材料批次，原材料的批次采购的范围小，因此在最大召回数量上较高。

平均召回数量方面，EA 和 C-R 均随批次混合程度的增加而增加，批次混合程度越低，平均召回数量越低，对 2 组数据线性拟合 EA 增长率为 15.125，而 C-R 为 18.17，但从数值方面两组数据差值不大。在批次混合程度为 10 下，EA 和 C-R 的平均召回比均为 15.5%，符合产品生产计划。

总成本随批次混合程度增加而递减，低混合程度意味采购成本的直接增加，较低的采购成本又会增加潜在问题产品召回的风险，由于出现问题产品的概率较低，因此权衡比较选择混合程度为 10 的条件下，采购成本最低的采购方案，如图 5 所示，图中

原材料与成品种类间的数字表示用于加工该批次成品所需要使用原材料的数量。在采购方面，不采购 3 号批次原材料，1、7 号批次的原材料全部采购，剩余批次的原材料部分采购。

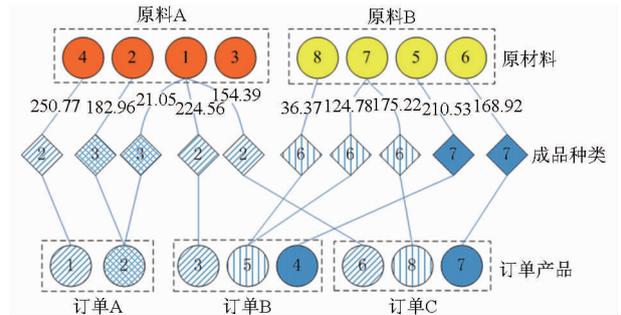


图5 优化后的采购-召回方案

Fig.5 Optimized method of purchase-recall scheme

4 结束语

以鲜切加工为研究背景，在产品召回优化方面，给出农产品采购-召回过程的批次混合程度模型，并用 LINGO 软件对这 NP 问题进行优化求解。分析不同批次混合程度下，采购成本、召回规模的最优解，而降低批次混合程度可有效降低召回数量。选定批次混合程度为 10 的 C-R 采购方案，最小采购成本为 2 840.33 元，相较于 EA 方案成本降低 10.0%，最大召回数量降低 30%，兼顾采购的成本和召回数量的关系，将优化的加工方案更直观地表现出来。

参 考 文 献

- 李亚慧, 吕恩利, 陆华忠, 等. 鲜切果蔬包装技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(16): 344-348.
Li Yahui, Lü Enli, Lu Huazhong, et al. Research advances on the packaging technology of fresh-cut fruits and vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(16): 344-348. (in Chinese)
- 罗海波, 姜丽, 余坚勇, 等. 鲜切果蔬的品质及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品科学, 2010(3): 307-311.
Luo Haibo, Jiang Li, Yu Jianyong, et al. Current advances in preservation technology of fresh-cut fruits and vegetables[J]. Food Science, 2010(3): 307-311. (in Chinese)
- 周春丽, 刘伟, 袁驰, 等. 高静压处理对鲜切南瓜杀菌效果与品质的影响[J]. 农业机械学报, 2014, 45(6): 227-236.
Zhou Chunli, Liu Wei, Yuan Chi, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing on microbial inactivation and quality of fresh-cut pumpkin[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(6): 227-236. (in Chinese)
- 董鹏, 易俊洁, 花成, 等. 蔬菜高静压杀菌效果及其感官品质评价[J]. 高压物理学报, 2013, 27(3): 447-453.
Dong Peng, Yi Junjie, Hua Cheng, et al. High hydrostatic pressure pasteurization effect and organoleptic quality assessment of vegetables[J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 2013, 27(3): 447-453. (in Chinese)
- 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012(1): 211-213.
Lin Yongyan, Xie Jing, Zhu Junwei, et al. Effects of different washing agents on the preservation of fresh-cut lettuce[J]. Food and Machinery, 2012(1): 211-213. (in Chinese)
- 孙炳新, 杨金玲, 赵宏侠, 等. 鲜切果蔬包装的研究现状与进展[J]. 食品工业科技, 2013(7): 392-396.
Sun Bingxin, Yang Jinling, Zhao Hongxia, et al. Advance in packaging of fresh-cut fruit and vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013(7): 392-396. (in Chinese)
- 李锋, 吴华瑞, 朱华吉, 等. 基于改进粒子群算法的农产品召回优化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(7): 238-245.
Li Feng, Wu Huarui, Zhu Huaji, et al. Optimization of agricultural products recall based on modified particle swarm algorithm[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(7): 238-245. (in Chinese)
- 肖玫, 袁界平, 陈连勇. 食品安全的影响因素与保障措施探讨[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 286-289.
Xiao Mei, Yuan Jieping, Chen Lianyong. Influence factors and countermeasures for food safety[J]. Transactions of the CSAE,

- 2007, 23(2):286-289. (in Chinese)
- 9 陈娟,季建华,包兴. 考虑时间因素的双目标应急召回闭环网络规划[J]. 控制与决策, 2010,25(7): 975-980.
Chen Juan, Ji Jianhua, Bao Xing. Dual-objective closed-loop network planning model for product recall with time factor[J]. Control and Decision, 2010,25(7): 975-980. (in Chinese)
- 10 赵晓飞. 我国现代农产品供应链体系构建研究[J]. 农业经济问题, 2012(1): 15-22.
- 11 钱建平,杨信廷,张保岩,等. 基于RFID的蔬菜产地追溯精确度提高方案及应用[J]. 农业工程学报, 2012,28(15): 234-239.
Qian Jianping, Yang Xinting, Zhang Baoyan, et al. RFID-based solution for improving vegetable producing area traceability precision and its application[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(15): 234-239. (in Chinese)
- 12 钱建平,吴晓明,范蓓蕾,等. 基于条码-RFID关联的蔬菜流通过程追溯精确度提高方法[J]. 中国农业科学, 2013, 45(18): 3857-3863.
Qian Jianpin, Wu Xiaoming, Fan Beilei, et al. A solution for improving vegetable circulation traceability precision based on barcode-RFID correspondence[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013,45(18): 3857-3863. (in Chinese)
- 13 Dupuy C, Botta-Genoulaz V, Guinet A. Batch dispersion model to optimise traceability in food industry[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 70(3): 333-339.
- 14 Tamayo S, Monteiro T, Sauer N. Deliveries optimization by exploiting production traceability information[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2009, 22(4-5): 557-568.
- 15 Dabbene F, Gay P. Food traceability systems: performance evaluation and optimization[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 75(1): 139-146.
- 16 李锋,吴华瑞,朱华吉,等. 小规模农产品加工企业联合优化召回模型[J]. 农业机械学报, 2012,43(11): 157-162,168.
Li Feng, Wu Huarui, Zhu Huaji, et al. Joint optimization recall model of small scale agricultural products processing enterprise [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2012,43(11):157-162, 168. (in Chinese)
- 17 Kallel L, Benaissa M. A production model to reduce batch dispersion and optimize traceability[C]//2011 4th International Conference on Logistics (LOGISTIQUA), IEEE, 2011:144-149.
- 18 毛志慧,陈新度,胡常伟,等. 面向虾产品质量追溯优化原料批次混合问题研究[J]. 工业工程, 2012,15(5): 45-50.
Mao Zhihui, Chen Xindu, Hu Changwei, et al. A study on raw material batch mixing problem for optimal quality tracing of shrimp products[J]. Industrial Engineering Journal,2012,15(5):45-50. (in Chinese)
- 19 邢斌,刘学馨,钱建平,等. 鲜切蔬菜加工过程追溯的原料批次混合优化模型构建[J]. 农业工程学报, 2015,31(10): 309-314.
Xing Bin, Liu Xuexin, Qian Jianping, et al. Establishment of materials batch mixing optimization model for traceability of fresh-cuts fruits and vegetables processing[J]. Transactions of the CSAE, 2015,31(10):309-314. (in Chinese)
- 20 Thakur M, Wang L, Hurburgh C R. A multi-objective optimization approach to balancing cost and traceability in bulk grain handling[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 101(2): 193-200.
- 21 Karlsen K M, Kam D, Olsen P. Granularity and its importance for traceability in a farmed salmon supply chain[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102(1): 1-8.
- 22 Ruiz-Garcia L, Steinberger G, Rothmund M. A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain[J]. Food Control, 2010, 21(2): 112-121.
- 23 廖小辉,黄新,张效忠. 多目标非线性优化方法在公路选线中的应用[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2010,34(1): 109-112.
Liao Xiaohui, Huang Xin, Zhang Xiaozhong. Applied about the multi objective and nonlinear optimization in highway route selection[J]. Journal of Nanjing Forestry University:Natural Sciences Edition,2010,34(1):109-112. (in Chinese)