

鸡蛋包装生产工艺的生命周期评价

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2021.03.006

霍李江 赵 昱

大连工业大学

轻工与化学工程学院

辽宁 大连 116034

摘 要:鸡蛋包装多为一次性使用且消耗量很大,其材料一般为纸浆模塑和PVC等。基于生命周期评价(LCA)方法,利用eFootprint软件及数据库,对采用两种不同材料生产的鸡蛋包装分别建模,对二者的环境影响进行评价。研究选取的功能单位是可容装30枚鸡蛋的单个蛋托,尺寸为长292 mm、宽245 mm、高35 mm;系统边界包含该蛋托加工过程的主要工序,如包装材料加工、压制成型、分切、出厂包装等工艺过程。研究结果表明,评价对象在全球变暖潜值(GWP)、水资源消耗(WU)和初级能源消耗(PED)等环境影响方面贡献值较大,纸浆模塑蛋托这三类环境影响分别为90 g, 0.17 kg, 1.3 MJ, PVC蛋托这三类环境影响分别为720 g, 4.27 kg, 9.84 MJ。根据评价结果可知,纸浆模塑蛋托比PVC蛋托对环境产生的影响更小,故应优先选择纸浆模塑蛋托。建议在保证产品质量的前提下,优先选择对环境影响小的材料以及助剂进行产品设计、生产,并通过选择更高克重的PVC材料、修改蛋托结构设计等方式,降低包装产品对环境的影响。

关键词:鸡蛋包装;蛋托;生命周期评价;纸浆模塑;PVC

中图分类号: TB484

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2021)03-0037-07

引文格式: 霍李江,赵昱.鸡蛋包装生产工艺的生命周期评价[J].包装学报,2021,13(3):37-43.

0 引言

鸡蛋作为居民日常的刚性需求食品,消费量一直较大。2020年,我国鸡蛋食用量为2336.53万吨,相当于人均每1.3天消费1个鸡蛋。鸡蛋的市场需求量较大,其包装流通量也随之不断增长;而因蛋壳易碎,鸡蛋物流对包装要求较高。目前,市场上最常见的鸡蛋包装形式是蛋托,对蛋托包装的大量使用带来的环境负荷,可以借助生命周期评价(life cycle assessment, LCA)方法进行量化分析^[1-7]。LCA是一种用于评价产品或服务相关的环境因素及其整个

生命周期环境影响的工具^[8-9]。该方法的最大优势在于对环境影响的测算不仅体现在生产过程,还包括运输、销售、废弃物处置等整个生命周期过程,可避免环境影响在不同生命周期不同过程之间的转移。它可以对包装产品从设计源头到废弃处理的生命周期各个阶段进行有关环境负荷与影响的评价,从而有针对性地包装设计与制造技术改进,实现包装绿色化。

国内外相关学者进行了产品包装LCA研究与实践,例如牙膏软管生产工艺^[10]、聚乳酸快递包装^[11]、纳米复合活性包装^[12-14]、瓦楞纸板生产工

收稿日期: 2021-03-28

作者简介: 霍李江(1966-),女,辽宁大连人,大连工业大学教授,博士,主要从事包装系统设计与印刷,包装与印刷产品系统生命周期可持续性评价研究, E-mail: lijianghuo@163.com

通信作者: 赵昱(1996-),女,辽宁沈阳人,大连工业大学硕士生,主要研究方向为包装产品系统评价, E-mail: zyu1231@126.com

艺^[15]、纸塑铝复合包装材料^[16]等实践研究。本文采用LCA方法,分别测量由纸浆模塑和聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)两种不同材料设计与制造的蛋托产生的环境负荷,以优化鸡蛋包装技术方案,降低鸡蛋包装带来的环境负荷。

1 鸡蛋包装生命周期评价工具与指标选取

依据ISO 14040-2006《环境管理 生命周期评价 原则与框架》,生命周期评价技术框架包括目标与范围的确定、清单分析、生命周期影响评价、结果解释等4个部分。在此技术框架下,本研究利用eFootprint在线LCA分析软件和中国生命周期核心数据库(Chinese Reference Life Cycle Database, CLCD)、欧盟数据库(European Reference Life Cycle Database, ELCD)、瑞士Ecoinvent 3.1数据库,并基于网络在线平台,完成相关供应链的数据调查、LCA建模与分析、数据发布等工作^[17-19]。

在评价过程中,评价对象生产物料中未涉及稀有或高纯成分物料,忽略物料质量与产品总质量之比小于1%的生产物料,且忽略物料的总质量不超过产品总质量的5%,符合CLCD取舍规则。在生命周期影响评价环节,量化结果包含非生物资源消耗潜值(abiotic depletion potential, ADP)、全球变暖潜值(global warming potential, GWP)、水资源消耗(water use, WU)、酸化(acidification potential, AP)、富营养化潜值(eutrophication potential, EP)、可吸入无机物(respiratory inorganics, RI)、臭氧层消耗(ozone depletion potential, ODP)、光化学臭氧合成(photochemical ozone formation potential, POFP)、初级能源消耗(primary energy demand, PED)等9种类型的评价指标^[20-22]。

2 评价目标和清单分析

2.1 评价目标

2.1.1 功能单位

功能单位反映了最终用户消费的方式,一般指某一特定产品的有意义数量^[23]。本研究的功能单位为可容装30枚鸡蛋的单个蛋托,其内装物以五行六列的方式进行排列。蛋托的尺寸为长292 mm、宽245 mm、高35 mm,其示意图见图1、图2。

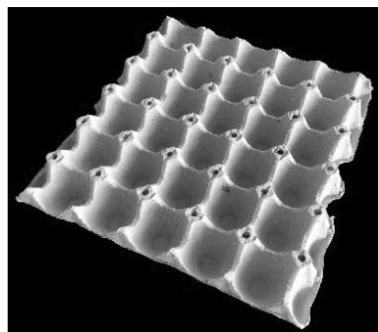


图1 纸浆模塑蛋托示意图

Fig. 1 Schematic diagram of pulp molded tray for eggs

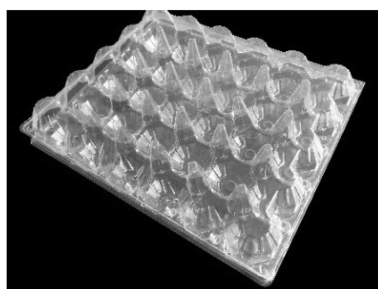


图2 PVC蛋托示意图

Fig. 2 Schematic diagram of polyvinyl chloride tray for eggs

2.1.2 系统边界

确定系统边界便于计算具体产品、物流过程对环境的影响。系统边界确定了评价研究目标,规定了评价中具体研究的范围,明确了评价中的输入和输出源^[24-25]。本研究的系统边界始于蛋托生产原材料,终于蛋托成品装箱完成。

评价对象的具体系统边界和主要输入输出物质流描述见图3和图4。

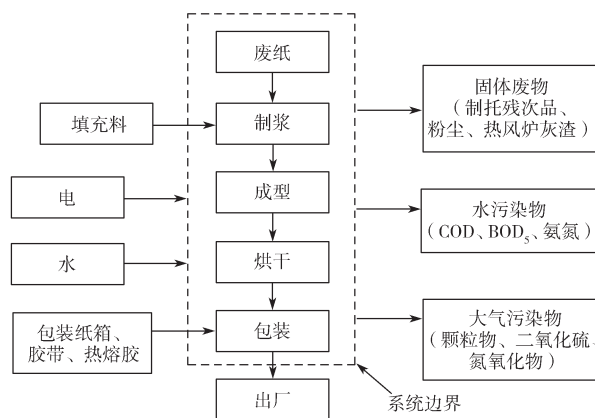


图3 纸浆模塑蛋托系统边界

Fig. 3 System boundary of pulp molding tray for eggs

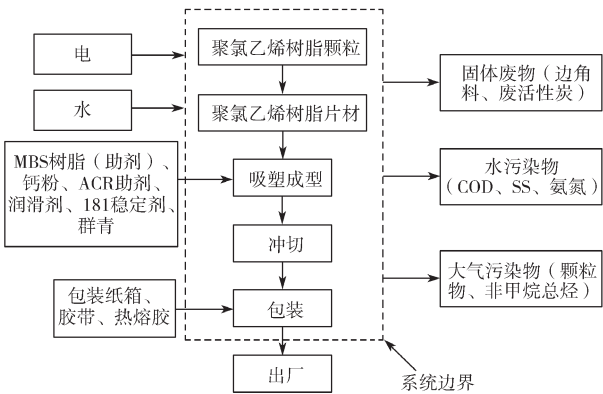


图 4 PVC 蛋托系统边界

Fig. 4 System boundary of polyvinyl chloride tray for eggs

2.2 清单分析

清单分析需要收集评价对象足够详细的输入输出数据信息，并对这些信息进行分类与处理^[26]。清单分析阶段，数据收集的准确性、有效性对最终LCA结果的准确性有显著影响^[27-28]。

本文通过调研相关包装材料和包装生产企业原始数据，并利用eFootprint软件、数据库以及行业文献、行业标准中的数据进行清单分析，分别统计功能单位的产品在每个阶段生产过程中的消耗与排放，最后汇总计算得到该产品生产过程的生命周期清单数据。为提高数据的准确性及结果的可靠度，本研究在环境影响评价阶段进行了灵敏度分析和数据质量评估。PVC蛋托、纸浆模塑蛋托输入数据清单见表1和表2，纸浆模塑蛋托、PVC蛋托排放数据清单见表3和表4。

表 1 PVC 蛋托输入数据清单

Table 1 Data list of input by polyvinyl chloride tray for eggs

类 别	名 称	数量	单位
原材料 / 物料	聚氯乙烯树脂颗粒	70.53	g
	MBS 树脂（助剂）	4.29	g
	ACR 助剂	1.43	g
	181 稳定剂	1.43	g
	润滑剂	0.58	g
	钙粉	0.12	g
	群青	1.6E-3	g
	包装纸箱	3.2	g
包装	胶带	1.15E-2	m
	热熔胶	0.05	g
能源	水	28.2	mL
	电	0.14	kW·h

表 2 纸浆模塑蛋托输入数据清单

Table 2 Data list of input by pulp molding tray for eggs

类 别	名 称	数量	单位
原材料 / 物料	废纸	40	g
	填充料	25	g
包装	包装纸箱	1.22	g
	胶带	0.01	m
	热熔胶	0.09	g
能源	水	5.01E-3	mL
	电	8.33E-6	kW·h

表 3 纸浆模塑蛋托排放数据清单

Table 3 Data list of emission by pulp molding tray for eggs

类 别	名 称	数量	单位
大气污染物	颗粒物	3.00E-3	g
	二氧化硫	1.17E-3	g
	氮氧化物	6.83E-3	g
水污染物	COD	6.94E-4	g
	BOD ₅	4.15E-4	g
	氨氮	4.17E-5	g
固体废物	边角料	2.50E-2	g
	粉尘	3.17E-3	g
	热风炉灰渣	1.33E-1	g

表 4 PVC 蛋托排放数据清单

Table 4 Data list of emission by polyvinyl chloride tray for eggs

类 别	名 称	数量	单位
大气污染物	非甲烷总烃	5.549E-6	g
	颗粒物	7.837E-8	g
水污染物	COD	5.925E-3	g
	SS	3.95E-3	g
	氨氮	4.94E-4	g
固体废物	边角料	2.35E-2	g
	废活性炭	1.724E-1	g

3 蛋托生命周期影响评价

3.1 LCA 结果与分析

基于 eFootprint 软件及数据库，将上述清单分析计算结果特征化，获得 ADP、GWP、WU、AP、EP、RI、ODP、POFP、PED 等环境影响评价结果，两个评价对象的环境影响结果见表 5。

由表 5 可知，两种材质的评价对象均在 GWP、WU 和 PED 三个方面对环境的影响较大，尤其以 PED 更为显著，而在 ADP、AP、EP、RI、ODP 和 POFP 六个方面对环境的影响较小，因此应重点分析 GWP、WU 和 PED 这三个方面的环境影响。

表 5 纸浆模塑蛋托与 PVC 蛋托环境影响评价结果

Table 5 Result of environment impact by trays made of pulp molding and polyvinyl chloride for eggs

评价指标	单 位	LCA 结果	
		纸浆模塑蛋托	PVC 蛋托
ADP	kg Sb eq	5.44E-6	6.57E-5
GWP	kg CO ₂ eq	0.09	0.72
WU	kg	0.17	4.27
AP	kg SO ₂ eq	5.17E-3	3.25E-3
EP	kg PO ₄ ³⁻ eq	1.09E-3	2.21E-4
RI	kg PM _{2.5} eq	9.47E-4	1.49E-3
ODP	kg CFC-11 eq	5.25E-9	5.19E-9
POFP	kg NMVOC eq	1.87E-4	4.33E-4
PED	MJ	1.30	9.84

3.2 过程累计贡献分析

过程累积贡献是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献（即原料消耗所有贡献）的累加值。由于过程通常包含多条清单数据，所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的积累。纸浆模塑蛋托累积贡献见表 6，PVC 蛋托累积贡献见表 7。

表 6 纸浆模塑蛋托累积贡献

Table 6 List of cumulative contribution by pulp molding tray for eggs %

清单名称	GWP	WU	PED
废纸	92.65	65.36	51.33
填充料	4.60	33.00	18.00
热熔胶	1.52	0.32	0.49
包装纸箱	1.02	0.34	0.45
胶带	0.20	0.98	0.17
水	0	0.01	0.01
电	0	0.01	0.01

表 7 PVC 蛋托累积贡献

Table 7 List of cumulative contribution by polyvinyl chloride tray for eggs %

清单名称	GWP	WU	PED
聚氯乙烯树脂颗粒	11.14	68.65	67.22
电	3.23	25.26	24.11
181 稳定剂	79.64	1.67	2.05
MBS 树脂（助剂）	4.12	3.29	4.90
ACR 助剂	1.57	0.92	1.40
包装纸箱	0.22	0.11	0.27
热熔胶	0.07	0.02	0.05
水	0	0	0
胶带	0.01	0.08	0

由表 6 可以看出，纸浆模塑蛋托中废纸原料在 GWP、WU、PED 三个方面的贡献均为最大，分别

为 92.56%、65.36%、51.33%。由表 7 可以看出，PVC 蛋托中聚氯乙烯树脂颗粒原料在 WU 和 PED 方面的贡献最大，分别为 68.65%、67.22%；而在 GWP 方面，181 稳定剂的贡献最大，为 79.64%。

3.3 清单数据灵敏度分析

清单数据灵敏度是指清单数据单位变化率引起的相应指标变化率。通过分析清单数据对各指标的灵敏度，并配合改进潜力评估，从而辨识最有效的改进点。纸浆模塑蛋托中 GWP 灵敏度大于 0.5% 的清单数据见表 8，PVC 蛋托中 GWP 灵敏度大于 0.5% 的清单数据见表 9。

表 8 纸浆模塑蛋托 GWP 灵敏度大于 0.5% 的清单数据

Table 8 List of GWP sensitivity more than 0.5% by pulp molding tray for eggs

清单名称	所属过程	上游数据类型	灵敏度 /%
废纸	纸浆模塑蛋托	背景数据	65.36
填充料	纸浆模塑蛋托	背景数据	33.00

表 9 PVC 蛋托 GWP 灵敏度大于 0.5% 的清单数据

Table 9 List of GWP sensitivity more than 0.5% by polyvinyl chloride tray for eggs

清单名称	所属过程	上游数据类型	灵敏度 /%
聚氯乙烯树脂颗粒	PVC 蛋托	背景数据	68.65
电	PVC 蛋托	背景数据	25.26
MBS 树脂（助剂）	PVC 蛋托	背景数据	3.29
181 稳定剂	PVC 蛋托	背景数据	1.67

由表 8 可知，纸浆模塑蛋托对 GWP 灵敏度影响最大的两个清单数据中，废纸原料的灵敏度最高，为 65.36%；其次是填充料，为 33.00%。废纸作为纸浆模塑蛋托生产过程中最主要的原材料，其消耗量特别大，且其为后续所有加工流程的载体，因此将其作为改进点的可能性不高。填充料作为纸浆模塑生产过程中的一种填充物质，具有较大的改进潜能。可通过更换填充料的材质，选择更加环保的材料，来达到降低 GWP 灵敏度的目的。由表 9 可知，PVC 蛋托对 GWP 灵敏度影响较大的清单数据是聚氯乙烯树脂颗粒原料和电力消耗，分别为 68.65%、25.26%，其余两个数据均小于 5%。聚氯乙烯树脂颗粒作为 PVC 蛋托整个生产流程的载体，其消耗数量巨大，改进的可能性不高；而电力、MBS 树脂（助剂）、181 稳定剂均具有改进潜力。可通过使用清洁能源进行发电、减少有害助剂使用量等方式降低 PVC 蛋托的 GWP 灵敏度。

3.4 数据质量评估与分析

数据质量是指目标代表性与实际代表性之间的差异, 差异越大, 数据质量越差。可从数据来源不确定度、数据库匹配度和数据库基础不确定度等方面对清单数据进行质量评估。对各清单评估完成后, 将不确定度传递到指标结果中, 得到各指标的数据质量评估结果^[29]。

本研究采用 CLCD 评估方法对模型清单数据的不确定度进行评估, 研究类型为行业 LCA, 代表特定技术 / 全行业 / 市场平均水平, 两种材料评价对象的数据质量评估结果见表 10。

表 10 两种材料评价对象的数据质量评估结果

Table 10 Evaluation result of data quality by evaluation objects made of two materials

指标名称	纸浆模塑蛋托		PVC 蛋托	
	LCA 结果	结果 不确定度 /%	LCA 结果	结果 不确定度 /%
ADP	5.44E-6	4.97	6.57E-5	9.60
GWP	0.09	3.77	0.72	3.99
WU	0.17	6.97	4.27	5.35
AP	5.17E-3	9.26	3.25E-3	3.19
EP	1.09E-3	8.20	2.21E-4	4.12
RI	9.47E-4	9.16	1.49E-3	4.47
ODP	5.25E-9	4.17	5.19E-9	4.16
POFP	1.87E-4	3.69	4.33E-4	2.86
PED	1.30	3.46	9.84	4.72

由表 10 可知, 在 ADP、GWP、RI、POFP、PED 方面, 纸浆模塑蛋托的 LCA 结果优于 PVC 蛋托的相关结果; 在 AP、EP、ODP 方面, PVC 蛋托的 LCA 结果优于纸浆模塑蛋托的相关结果。从整体上来看, GWP、WU、PED 三个方面的 LCA 结果数值较大, 而功能单位与系统边界相同的两种评价对象在这三个方面则表现为纸浆模塑蛋托的环境影响优于 PVC 蛋托的环境影响。

在结果不确定度方面, 纸浆模塑蛋托和 PVC 蛋托的结果不确定度均小于 10%, 说明两种材料均具有较高的可信度。其中, 纸浆模塑材料中 AP 的不确定度相对较高, 这是由于废纸原料数据采用的是行业标准数据而非行业普查数据; PVC 蛋托中 ADP 的不确定度相对较高, 则是由聚氯乙烯树脂颗粒原料所连接的上游数据库年代比较久远所造成的。可通过修改原始数据来源、追溯原料的上游生产过程等方式, 来降低 LCA 结果的不确定度, 进而确保两种材料 LCA 结果的准确性。

4 结语

通过对纸浆模塑和 PVC 两种材料的蛋托进行 LCA 量化对比分析, 结果发现, 纸浆模塑蛋托比 PVC 蛋托对环境产生的影响更小, 应优先选择纸浆模塑蛋托。进一步研究发现, 纸浆模塑蛋托在制浆过程中消耗的能量较多, 在烘干过程中排放的废固、废气较多; PVC 蛋托挤出工艺消耗的能量较多、排放的废固和废气较多, 吸塑成型工艺次之。可见, 在进行蛋托生产时, 生产工艺和能源消耗对环境影响起着决定性作用。因此, 在保证产品质量的前提下, 应优先选择对环境影响小的材料以及助剂进行产品设计、生产。另外, 考虑到包装物的安全及稳定性能, 市场上的 PVC 蛋托大多进行了加盖设计, 但会造成原材料的浪费。可通过选择更高克重的 PVC 材料、修改蛋托结构设计等方式, 降低鸡蛋包装产品环境的负面影响。

参考文献:

- [1] MORETTI C, HAMELIN L, JAKOBSEN L G, et al. Cradle-to-Grave Life Cycle Assessment of Single-Use Cups Made from PLA, PP and PET[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021, 169: 105508.
- [2] SHI Meirong, ZHAO Xin, WANG Qi, et al. Comparative Life Cycle Assessment of Co-Processing of Bio-Oil and Vacuum Gas Oil in an Existing Refinery[J]. Processes, 2021, 9(2): 187.
- [3] COSATE DE ANDRADE M F, SOUZA P M S, CAVALETT O, et al. Life Cycle Assessment of Poly (Lactic Acid) (PLA): Comparison Between Chemical Recycling, Mechanical Recycling and Composting[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2016, 24(4): 372-384.
- [4] 谢 勇, 王凯丽, 谭海湖. 罐装薯片包装的生命周期评价 [J]. 包装学报, 2015, 7(4): 1-6.
XIE Yong, WANG Kaili, TAN Haihu. LCA of Canned Potato Chip Packaging[J]. Packaging Journal, 2015, 7(4): 1-6.
- [5] 王润桃, 霍李江, 王文生. 包装产品生态效率量化评价方法探讨 [J]. 包装工程, 2012, 33(7): 66-70.
WANG Runtao, HUO Lijiang, WANG Wensheng. Study on Quantitative Eco-Efficiency Evaluation Method of Packaging Products[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(7): 66-70.
- [6] 王 微, 林剑艺, 崔胜辉, 等. 碳足迹分析方法研究

- 综述[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(7): 71-78.
- WANG Wei, LIN Jianyi, CUI Shenghui, et al. An Overview of Carbon Footprint Analysis[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 33(7): 71-78.
- [7] 赵 昱, 霍李江. 化妆品销售包装盒生命周期评价[J]. 包装工程, 2020, 41(21): 131-137.
- ZHAO Yu, HUO Lijiang. Life Cycle Assessment of Sales Packaging Cartons for Cosmetics[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(21): 131-137.
- [8] 任宪姝. 瓦楞纸箱印刷工艺的生命周期评价[D]. 大连: 大连工业大学, 2010.
- REN Xianshu. Life Cycle Assessment for Printing Technology of Corrugated Board Box[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2010.
- [9] 孙启宏, 万年青, 范与华. 国外生命周期评价(LCA)研究综述[J]. 世界标准化与质量管理, 2000(12): 24-25.
- SUN Qihong, WAN Nianqing, FAN Yuhua. A Review of Overseas Research on Life Cycle Assessment(LCA)[J]. World Standardization and Quality Management, 2000(12): 24-25.
- [10] 林铭香, 林勤保, 黄玮彬. 两种复合软管生产过程的环境影响评价[J]. 包装工程, 2021, 42(3): 121-127.
- LIN Mingxiang, LIN Qinbao, HUANG Weibin. Environmental Impact Assessment of Two Kinds of Laminate Tube in Production[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(3): 121-127.
- [11] 史 玉, 徐 凌, 陈 郁, 等. 基于LCA的聚乳酸快递包装环境友好性评价[J]. 中国环境科学, 2020, 40(12): 5475-5483.
- SHI Yu, XU Ling, CHEN Yu, et al. Assessment of the Environment-Friendliness of PLA Express Packaging Using LCA Methodology[J]. China Environmental Science, 2020, 40(12): 5475-5483.
- [12] ZHANG H, HORTAL M, DOBON A, et al. The Effect of Active Packaging on Minimizing Food Losses: Life Cycle Assessment (LCA) of Essential Oil Component-Enabled Packaging for Fresh Beef[J]. Packaging Technology and Science, 2015, 28(9): 761-774.
- [13] GUO M, TRZCINSKI A P, STUCKEY D C, et al. Anaerobic Digestion of Starch-Polyvinyl Alcohol Biopolymer Packaging: Biodegradability and Environmental Impact Assessment[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(24): 11137-11146.
- [14] ZHANG H, HORTAL M, DOBON A, et al. Selection of Nanomaterial-Based Active Agents for Packaging Application: Using Life Cycle Assessment (LCA) as a Tool[J]. Packaging Technology and Science, 2017, 30(9): 575-586.
- [15] 任宪姝, 霍李江. 瓦楞纸箱生产工艺生命周期评价案例研究[J]. 包装工程, 2010, 31(5): 54-57.
- REN Xianshu, HUO Lijiang. Case Study of Life Cycle Assessment for Corrugated Board Box Production Technology[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(5): 54-57.
- [16] 王志慧, 王洪涛, 黄 娜, 等. 纸塑铝复合包装材料的碳足迹评价与认证[J]. 环境科学研究, 2012, 25(6): 712-716.
- WANG Zhihui, WANG Hongtao, HUANG Na, et al. Carbon Footprint Assessment and Certification of Al-PE-Pa Complex Package[J]. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(6): 712-716.
- [17] 马 雪, 王洪涛. 生命周期评价在国内的研究与应用进展分析[J]. 化学工程与装备, 2015(2): 164-166.
- MA Xue, WANG Hongtao. Analysis of Research and Application Progress of Life Cycle Assessment in China[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2015(2): 164-166.
- [18] 侯 萍, 王洪涛, 朱永光, 等. 中国资源能源稀缺度因子及其在生命周期评价中的应用[J]. 自然资源学报, 2012, 27(9): 1572-1579.
- HOU Ping, WANG Hongtao, ZHU Yongguang, et al. Chinese Scarcity Factors of Resources/Energy and Their Application in Life Cycle Assessment[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(9): 1572-1579.
- [19] 黄 娜, 王志慧, 朱永光, 等. 产品生命周期环境管理集成解决方案的研发[J]. 日用电器, 2012(4): 31-35.
- HUANG Na, WANG Zhihui, ZHU Yongguang, et al. Research and Development of Integrated Solutions for Product Life Cycle Environmental Management[J]. Electrical Appliances, 2012(4): 31-35.
- [20] 张 浩, 王洪涛, 侯 萍. 基于生命周期评价的中国浮法玻璃燃料对比分析[J]. 化学工程与装备, 2011(5): 141-143.
- ZHANG Hao, WANG Hongtao, HOU Ping. Comparative Analysis of Chinese Float Glass Fuel Based on Life Cycle Assessment[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2011(5): 141-143.
- [21] 刘夏璐, 王洪涛, 陈 建, 等. 中国生命周期参考数据库的建立方法与基础模型[J]. 环境科学学报, 2010, 30(10): 2136-2144.
- LIU Xiaolu, WANG Hongtao, CHEN Jian, et al. Method and Basic Model for Development of Chinese Reference Life Cycle Database[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(10): 2136-2144.

- [22] 江志兰, 向思静, 王洪涛, 等. 基于在线供应链调查的产品生命周期评价[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7185-7191.
JIANG Zhilan, XIANG Sijing, WANG Hongtao, et al. Product Life Cycle Assessment Based on Online Survey Along Supply Chain[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(22): 7185-7191.
- [23] KRISTENSEN T, SØEGAARD K, ERIKSEN J, et al. Carbon Footprint of Cheese Produced on Milk from Holstein and Jersey Cows Fed Hay Differing in Herb Content[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 101: 229-237.
- [24] XUE J F, PU C, LIU S L, et al. Carbon and Nitrogen Footprint of Double Rice Production in Southern China [J]. Ecological Indicators, 2016, 64: 249-257.
- [25] 廖盈盈, 杜娟花, 王洪涛, 等. 包装印刷全生命周期绿色评价与管理体系研发[J]. 数字印刷, 2019(2): 22-28, 42.
LIAO Yingying, DU Juanhua, WANG Hongtao, et al. Whole Life Cycle Assessment and Management System for Packaging and Printing Industry[J]. Digital Printing, 2019(2): 22-28, 42.
- [26] BISWAS W K, NAUDE G. A Life Cycle Assessment of Processed Meat Products Supplied to Barrow Island: A Western Australian Case Study[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 180: 48-59.
- [27] XU Z, SUN D W, ZHU Z W. Potential Life Cycle Carbon Savings for Immersion Freezing of Water by Power Ultrasound[J]. Food and Bioprocess Technology, 2016, 9(1): 69-80.
- [28] REAP J, ROMAN F, DUNCAN S, et al. A Survey of Unresolved Problems in Life Cycle Assessment[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2008, 13(5): 374-388.
- [29] 杨建新, 王如松, 刘晶茹. 中国产品生命周期影响评价方法研究[J]. 环境科学学报, 2001, 21(2): 234-237.
YANG Jianxin, WANG Rusong, LIU Jingru. Methodology of Life Cycle Impact Assessment for Chinese Products[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2001, 21(2): 234-237.

(责任编辑: 徐海燕)

Life Cycle Assessment of Egg Packaging Production Technology

HUO Lijiang, ZHAO Yu

(School of Light Industry and Chemical Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China)

Abstract: The packaging for eggs is mostly disposable with great consumption. Its main materials are generally pulp molding and polyvinyl chloride, etc. Based on life cycle assessment (LCA) methodology, the environmental impacts of egg packaging with two different kinds of materials were built models and evaluated by using eFootprint software and database. The functional unit was based on a single egg packaging which could hold 30 eggs with the size of 292 mm in length, 245 mm in width and 35 mm in height. The setting of system boundary included the main processes of the egg packaging, such as packaging material processing, pressing, die cutting and packaging products etc. The results showed that the evaluation objects contributed a lot to GWP, WU and PED. The environmental impacts of pulp molded tray for eggs were 90 g, 0.17 kg, 1.3 MJ, while the polyvinyl chloride tray for eggs were 720 g, 4.27 kg, 9.84 MJ. According to the evaluation results, the influence on the environment from the pulp molded tray for eggs was smaller than that of the polyvinyl chloride tray, therefore, pulp molded tray for eggs should be preferred. On the premise of ensuring products quality, it was suggested to give priority to the materials and additives which had little impacts on the environment for product design and production, and reduce the impacts on the environment of packaging products by selecting PVC materials with higher gram weight and modifying the structure design of egg tray.

Keywords: egg packaging; egg tray; life cycle assessment(LCA); pulp molding; polyvinyl chloride