

吸附式太阳能制冷系统在低温储粮中的应用研究

The conditions and methods of low temperature grain-storage technology with solar adsorption refrigeration system

冯 博

FENG Bo

(石家庄铁路职业技术学院, 河北 石家庄 050041)

(Shijiazhuang Institute of Railway Technology, Shijiazhuang, Hebei 050041, China)

摘要:研究了吸附式太阳能制冷系统在低温储粮中的应用,测试分析了系统热性能。结果表明,在夏秋高温季节 12:00~13:00,采用太阳能制冷系统冷却,集热器表面太阳辐射强度约为 $3.0 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,系统制冷功率为 3.9 kW 左右,在时间上的分布规律,系统制冷功率与低温储粮所需冷量大体匹配。太阳辐射量在 $16 \sim 20 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 的条件下,太阳能吸附制冷系统可平稳运行,每天运行时间约为 $7 \sim 9 \text{ h}$ 。系统日平均制冷功率约为 $3.0 \sim 4.5 \text{ kW}$,太阳能制冷系数 COP 约为 $0.095 \sim 0.130$ 。适当增大热水箱的容量与集热器面积,可延长制冷系统运行时间。

关键词: 太阳能;低温制冷;粮食储藏

Abstract: In this study, solar powered adsorption refrigeration system was investigated to study its application in storage at low temperature, and the thermal performance of the system has been tested and analyzed. The results showed that at the high temperature in summer season, when the solar refrigeration system was cooled at 12:00~13:00, the solar thermal collector surface radiation intensity is about $3.0 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, and the refrigeration power system is about 3.9 kW distribution according to time. Moreover, the it was found that cooling power and low temperature storage required cooling capacity in general. Under the condition of solar radiation in $16 \sim 20 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, the solar adsorption refrigeration system can run smoothly, daily running about $7 \sim 9 \text{ h}$. The average daily cooling power of the system was about $3.0 \sim 4.5 \text{ kW}$, and the solar refrigeration coefficient COP was about $0.095 \sim 0.130$. Additionally, it was also found that properly increasing the capacity of the hot water tank and the area of the collector, could extend the running time of the refrigeration system.

Keywords: solar energy; low temperature refrigeration; food product storage

低温储粮是一种绿色储粮技术,在平均粮仓粮堆储藏温度低于 15°C 的条件下,通过降低粮食呼吸作用、粮食生虫和微生物繁殖减少化学杀菌处理。从 20 世纪 80 年代起,机械制冷低温储粮技术已经被广泛应用于 50 多个国家和地区,粮食储藏量 $2.00 \times 10^7 \text{ t}/\text{年}$ ^[1]。1998 年,国务院开始加大力度新建粮食仓储基础设施,利用当地适宜的自然条件,总共三期建设国家级新型储备粮库,设计储粮量为 $5.00 \times 10^{10} \text{ kg}$ ^[2],使用完全由中国自主研发设计制造的谷物冷却机。然而,由于实际使用过程中谷物冷却机耗能高、运行费用高,在夏秋高温时期,储粮仓里表面层粮及库墙附近粮温相对偏高,使用谷物冷却机降温会发生粮堆局部遇冷产生冷凝结露现象,影响储粮品质^[3]。

中国主要粮食产区集在中部与东北部以及沿海地区,这些地区太阳能资源丰富,多为三类太阳能资源地区,平均日照量高达 $2\,200 \sim 3\,000 \text{ h}/\text{年}$,辐射量可达 $5 \times 10^6 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 以上,其产生热量相当于燃烧 200 kg 标准煤^[4]。采用太阳能替代传统低温储粮方式的制冷源,越来越多地受到相关专家学者的研究关注^[5]。

国外对太阳能用于低温储粮的研究较早,并针对热湿地区环境,开发了太阳除湿系统,有效降低了周围空气的湿球气温,降幅达 4°C 以上,相对湿度降低了 60% ^[6]。罗会龙等^[5]构建了一种用于低温储粮的太阳能吸附式制冷系统,利用该系统在中央储备粮某直属粮库进行了低温储粮实仓试验。本研究拟以吸附式太阳能制冷系统为对象,研究其在低温储粮中的应用,并测试分析系统热性能,旨在提供一种高效、节能的低温储粮技术思路。

1 太阳能吸附式制冷低温储粮系统工作原理及流程

1.1 太阳能吸附式低温制冷储粮系统基本组成

太阳能吸附低温制冷储粮系统(图 1),主要由集热器、蓄热水箱、制冷设备、冷却器、表冷器、环流风机、水泵、送回风管网以及控制系统等组成。系统又可分为 4 个子系统:太阳能热水系统、吸附式制冷装置、通风冷却系统以及运行控制装置。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:51375319);河北省教育厅自然科学重点项目(编号:ZD2015071);河北省教育厅自然科学重点项目(编号:ZD2015065)

作者简介:冯博(1981—),男,石家庄铁路职业技术学院讲师,硕士。
E-mail: fbo1981@126.com

收稿日期:2016-10-06

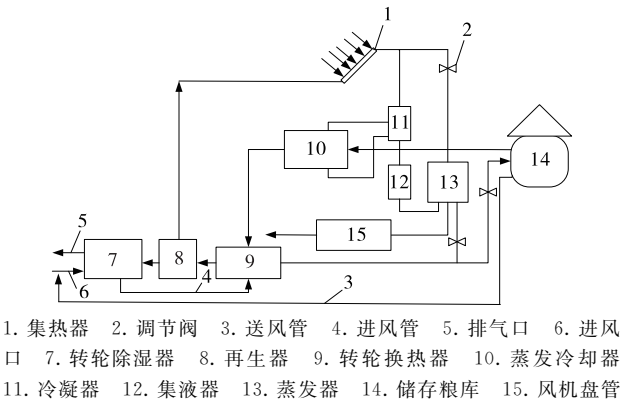


图 1 太阳能吸附式制冷低温储粮系统布置简图
Figure 1 Solar adsorption refrigeration system with low temperature storage layout diagram

1.2 太阳能吸附式制冷低温储粮系统工作原理

吸附机工作主要分为两部分,解吸过程和冷却吸附过程。使用太阳能作为系统的热量来源,使混合物(吸附剂和制冷剂组成)在吸附床中发生解吸现象,制冷剂高温汽化后,通入冷凝器,冷凝成制冷液,流入蒸发器。在蒸发器内吸收热量,产生制冷降温效果,同时制冷剂吸热蒸发后进入吸附发生器,与吸附剂发生反应,再次生成混合物,这个过程通常称为附制冷循环。该过程具有间歇性,循环周期长,制冷效率低,连续工作需要通过控制集热器及相应外部加热冷却,才能得以实现。太阳热水子系统集热器具有优良的高温集热性能。在集热器入口水温度约 60℃、环境温度约 35℃、太阳辐射强度为 800 W/m² 的运行情况下,瞬间集热效率可达约 50%。为了提高集热器热水利用率,降低能耗,可以并联安装集热器,控制集热器热水出口温度^[7]。图 2 为太阳能吸收式制冷系统工作原理图。

1.3 太阳能低温制冷储粮系统的工作流程

日照时,太阳能集热器吸收太阳能,进行蓄热,给吸附床供热^[8]。吸附床的温度增高,吸附床内工作压力变大,压力达到混合物解吸的临界压力。冷凝出来的制冷剂进入冷凝器,吸收水箱里储水热量,产生低温水。低温水进入表冷器,给表冷器内环流风机从粮仓内吸出的空气进行降温制冷。傍晚,随着太阳日照强度的降低,吸附式制冷器温度降至开机温度以下,系统关闭。

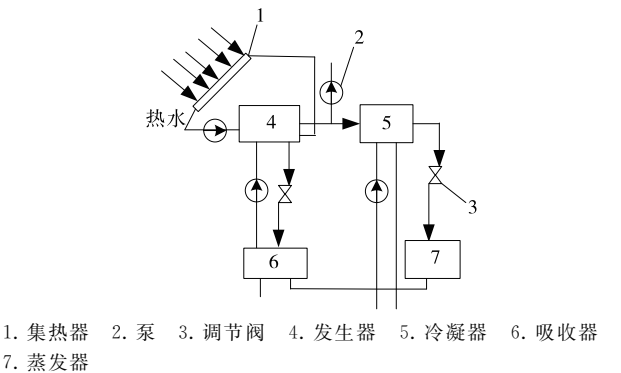


图 2 太阳能吸收式制冷系统工作原理
Figure 2 Working principle of solar absorption refrigeration system

2 太阳能制冷低温稻谷储藏通风方式研究

2.1 低温空气阻隔层环流通风方式

虽然靠近库墙区粮食也是粮堆的“热皮”区域,但其占粮食总量比例较小,库墙材料为阻热材料,所以库墙附近热流量交换少于储粮仓房顶部热流量交换^[9]。这就需要设计一种新的仓内冷风流动方式,降低长期受太阳照射的仓房顶部对上部储粮的影响,这就是冷空气阻隔层通风冷却方法^[10]。这种通风冷却方法(图 3),是在仓房上部空间安装通风管路,使用环流风机连续抽出仓房内热空气,仓外冷却后,再吹回到粮仓顶部空间。随着太阳能制冷低温储粮系统的连续运行,在储粮仓房顶部空间中,产生出具有一定厚度的低温空气阻隔层。在夏季太阳辐射强度大时,该低温空气阻隔层可以有效地控制仓顶对粮堆的影响,使粮堆保持在低温。向粮仓上层空间通入冷气的时候,保持粮堆原有的压盖状态,控制冷空气与粮堆的接触^[11]。

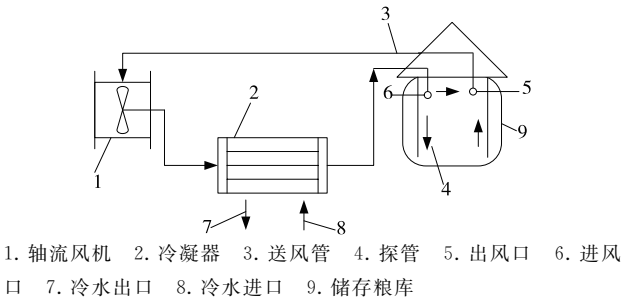


图 3 空气隔离层环流通风方式
Figure 3 Ventilation modes of air separation layer

2.2 盖布下层与库墙区循环通风方式

通风布置是通过仓内顶部空间建立隔热冷气层减少外部影响,从工作原理上来看,这种通风布置仍然是被动式的布置。这种隔热降温措施在实际工程应用中受气候条件影响严重,为了实现全年低温储粮,必须在整年内严格执行规定流程进行操作(图 4)。

设计一种盖布下层和库墙区粮食循环环流通方式(图 5)用来缓解被动式通风的不足,就成了必要。在不掀开粮堆盖布的情况下,这种环流降温措施可以有效地对粮堆进行控

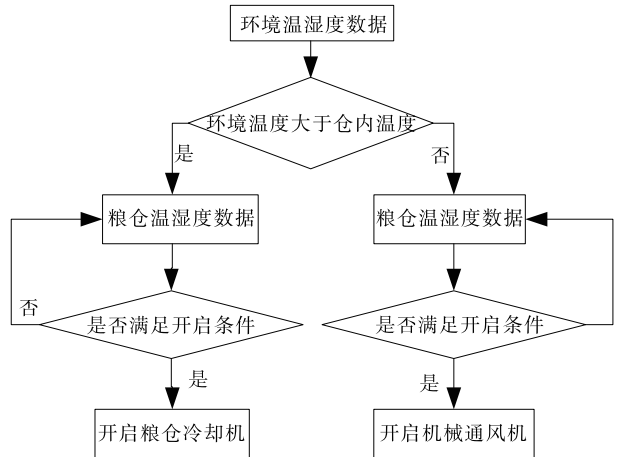


图 4 通风操作流程
Figure 4 Ventilation operation flow

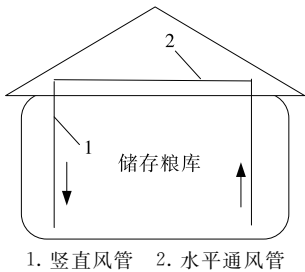


图 5 盖布下层与库墙四周区循环冷风流通方式示意图
Figure 5 Schematic diagram of the lower cover and base wall around the region circulation cold air circulation

温,根据粮堆上层粮出现“热皮”情况的厚度,在粮堆下取适中的深度,在南墙和北墙水平方向上铺设成排的送风管路,在水平方向上横向往送冷风进行热能交换。同时,在靠库墙的粮堆内,插入通风管。受到上层高温粮堆的影响,圆管上部空气膨胀上升,在外部压强作用下,粮堆中心低温空气由圆管下口进入圆管,沿圆管上升并从上端管口流出,这样就在粮食外周建立起冷空气循环流动管路^[12]。从管路结构布置上看,这种配置方式虽然比上节所述通风布置复杂,但是这布置是一种主动式热能交换降低粮温的低温储粮措施,而且在四周区安装插入了通风管,顾及了低温空气阻隔层无法抑温的库墙附近粮食。

2.3 膜下整仓内循环通风方式

对于夏季气温偏高的地区,为了保持整个粮仓粮食的低温状态,就要对整仓粮堆施行充分通风冷却。在粮堆中心与表层的温度差较小(低于 8~12℃)时,可以在覆盖压布下,对整仓粮食输送冷风。该方式通风管路的安装排布要比上面 3 种通风方式更加复杂,但可以充分利用粮库已经安装好的原有通风管路。所谓盖布下整仓内循环方式,在不掀开粮面压盖塑料布的情况下,由风机供风,就能将仓房上部分空间热空气经垂直管网,从上往下吸出送到仓外,通入表冷器给热空气降温,再回灌入仓内的环流熏蒸管道,经地上散发到粮堆内部,从而在覆盖压布下使冷风整仓内进行循环^[13]。图 6 为整仓内循环冷风流动布局图。

3 太阳能低温储粮技术关键子系统

3.1 吸附制冷器

对于太阳能制冷低温储粮系统而言,吸附式制冷机的性能决定了整个系统的制冷降温能力。吸附式制冷机位于系统高温区和低温区的链接部,整个系统热量交换流程就发生于此。图 7 为江苏双良空调集团工生产制造吸附式机组。太阳能吸附式制冷低温储粮系统主要由吸附式机组、冷却装



图 7 吸附式机组
Figure 7 Adsorption unit

置、蒸发器以及一些连接管道和阀门组成。天亮时,集热器接受太阳照射集热升温,吸附床由集热器进行供热加温,在吸附床内混合物(制冷剂和吸附剂)发生解吸,解吸出的高压制冷剂气体经由冷却装置冷凝成低温液体之后流入蒸发器,在蒸发器内制冷剂蒸发吸走周遭热起到制冷作用,周而复始,完成制冷内循环。

3.2 集热器

太阳能低温制冷储粮系统的集热器大多选用全玻璃真空管集热器,集热效率高,保温性好,能抵抗直径 25 mm 冰雹的打击,更能满足于气温为零下 25℃ 以上的寒带地区使用,建设成本合理,加热温度达 200℃ 左右,大大提高了太阳能集热器的适用范围。太阳能集热器的选择可按式(1)选取:

$$Q_j = H \times F \times \eta \times K_1 \times K_2 = L \times C_p \times (T_r - T_l), \quad (1)$$

式中:

H ——各地区日太阳辐照量, kJ/m^2 ;

F ——集热器采光面积, m^2 ;

η ——热水器日平均效率;

K_1 ——容积系数,落水法取 1.0;

K_2 ——系统热损系数,一般取 0.8~0.9;

L ——产水量, kg ;

C_p ——比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

T_r ——热水温度, $^\circ\text{C}$;

T_l ——冷水温度, $^\circ\text{C}$ 。

4 粮堆导热方程的 MATLAB 求解

粮堆模型是一个非稳态导热偏微分方程,可以采用 MATLAB 求解。使用 MATLAB 偏微分方程(PDE)工具箱按照有限单元法求解具有复杂约束条件的偏微分方程,然后以图形的形式直观地输出表现粮堆的温度分布状况图。根据傅立叶定理,在圆柱坐标内,粮堆导热模型为:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\lambda}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} + q_v, \quad (2)$$

式中:

ρ ——粮堆密度, kg/m^3 ;

C ——比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

λ ——粮食导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

T ——粮堆温度, $^\circ\text{C}$;

r ——圆柱形半径, m ;

t ——时间, h ;

φ ——圆柱体内任意点在其截面上的角度, $(^\circ)$;

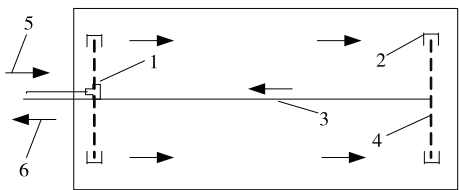


图 6 整仓内循环冷风流动布局图
Figure 6 The distribution of circulating cool air flow in the whole barn

Z ——柱体的轴向尺寸, m;
 q_v ——内热源, kJ。
在仅考虑储粮仓房内粮堆与空气的对流换热以及粮食自身的导热时,得到其简化式:

$$\frac{\rho C}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2}。$$
 (3)

在 MATLAB 中进行设定:选用 Parabolic 导热方程,约束条件为 Dirichlet 条件、Neumann 条件。根据仓内储藏小麦的热物性参数,进行设定。其次,利用 initmesh、refinemesh 函数创建、优化网格,获得离散化导热方程的数值。在 GUI 中,使用剖分模式(Mesh Mode)对求解区域进行网格划分和细化,实现对求解问题的数值离散化。使用数值计算方法,点选求解模式(Solve Mode),解导热方程;在 GUI 中,使用图形功能来表示计算结果,其中,给定粮仓上层气温为 24℃,模拟得到仓内下层粮堆的温度分图(图 8),分析得知,模拟结果与前面的检测数据相对应,上层和中层平均粮温保持始终在 22℃以下,下层平均粮温始终保持在 15℃以下,整个储粮温度能满足低温储粮的要求。

5 太阳能吸附式制冷系统性能测试

5.1 系统逐时性能

表 1 为测试日中的逐时太阳辐射及系统制平均冷功率。由表 1 可知,该太阳能吸附式制冷系统样机的制冷功率约为 2.5~4.5 kW。在上午,制冷系统开始运行,因蓄热水箱的水温较低,制冷功率较低。随着太阳辐射增强,蓄热水箱水温升高,制冷功率增大。在 12:00~13:00,集热器表面太阳辐射强度约为 3.0 MJ/(m²·d),系统制冷功率为 3.9 kW 左右。在 13:00~15:00,太阳辐射强,环境温度高,粮仓需求冷量较大,系统制冷功率相应较大。因而,在时间上的分布规律,系统制冷功率与低温储粮所需冷量大体匹配。

5.2 系统日平均制冷性能

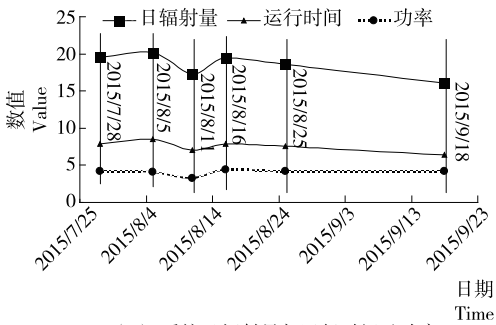
从 2015 年 7~9 月,对该太阳能吸附制冷系统样机进行了试验运行,测试结果见图 9。

由图 9 可知,在太阳辐射量在 16~20 MJ/(m²·d)的条件下,太阳能吸附制冷系统可平稳运行,每天运行时间约为 7~9 h。系统日平均制冷功率约为 3.0~4.5 kW,太阳能制冷系数 COP 约为 0.095~0.130。适当增大热水箱的容量与

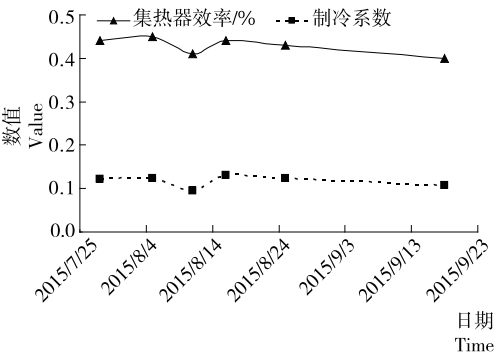
表 1 太阳辐射及系统制冷功率

Table 1 Solar radiation and system cooling power

测试时间	太阳辐射/(MJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	制冷功率/kW	测试时间	太阳辐射/(MJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	制冷功率/kW
10:30	2.7	1.4	14:30	2.5	3.9
11:30	3.0	2.7	15:30	2.1	3.6
12:30	3.1	3.7	16:30	1.5	3.1
13:30	3.0	3.8	17:30	0.8	1.5



(a) 系统日辐射量与运行时间及功率



(b) 系统集热效率与制冷系数

图 9 太阳能吸附制冷系统日平均性能

Figure 9 Daily average performance of solar energy adsorption refrigeration system

集热器面积,可延长制冷系统运行时间。

6 结语

低温储粮是目前世界上使用最广泛的绿色储粮技术。采用太阳能作为驱动能量的太阳能低温粮储技术,与传统机械通风技术相比,碳排放低,节省运行维护费用。虽然目前该技术还处于理论与试验阶段,还有一些问题需进一步改进解决,相信随着技术的发展完善,其大规模应用将受到国家的重视。开发利用新能源和可再生能源成为中国经济绿色发展战略的重要部分,是中国“十三五”重点扶植领域。

参考文献

[1] 刘瑞丽. 全球化背景下的中国粮食安全问题思[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 268-271.
[2] 卢苇, 陈洪杰, 杨林, 等. 自然工质风冷太阳能双级喷射中低温空调制冷系统的设计及性能分析[J]. 化工学报, 2012, 63(12): 3 847-3 855.

(下转第 236 页)

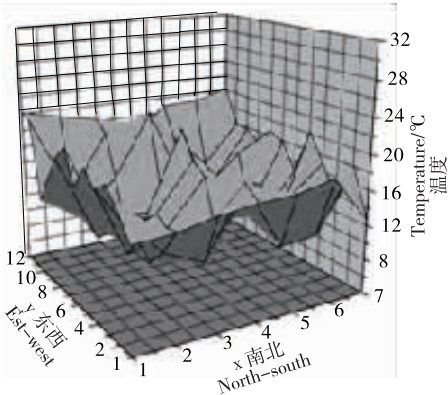


图 8 模拟下层粮堆的温度分布图

Figure 8 Simulation of temperature distribution in the lower layer

(上接第 128 页)

[8] 邓红雨, 范佳英, 高腾云. 牛只运输时坡道装卸对其体温和行为的影响[J]. 农业工程报, 2012, 28(1): 197-200.

[9] 谷英, 孙海洲, 桑丹, 等. 肉品质评定指标及影响因素的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 100-106.

[10] 吴文锦, 汪兰, 丁安子, 等. 包装材料和包装方式对贮藏过程中鸭肉品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 139-143.

[11] 王薇, 罗瑞明, 李俊丽, 等. 不同贮藏温度下滩羊肉的保水性与其色泽变化特性[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 140-144.

[12] 夏安琪, 李欣, 陈丽, 等. 不同宰前运输时间对羊肉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(9): 230-235.

[13] 姜秀丽, 刁小琴, 孔保华, 等. 烘干时间对牛肉干水分分布与品质变化的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(4): 30-34.

[14] HILL F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of vannus ages [J]. Journal of Food Science, 1966, 31

(上接第 132 页)

[3] 刘恩海. 吸附制冷系统吸附床设计及导热性能研究[J]. 低温与超导, 2015, 44(1): 64-69.

[4] 宁尚斌, 刘忠宝. 太阳能吸附式制冷技术的研究进展[J]. 家电科技, 2012(1): 66-69.

[5] 罗会龙, 王如竹, 代彦军, 等. 用于低温储粮的太阳能吸附式制冷系统[J]. 太阳能学报, 2006, 27(6): 588-593.

[6] 李慧, 代彦军, 李勇. 太阳能空气集热系统设计与应用[J]. 中国太阳能应用咨询, 2011(7): 31.

[7] 王双凤, 尹明山, 郭振宇, 等. 太阳能辅助热泵干燥粮食的数值模拟研究[J]. 粮食储藏, 2012(2): 7-12.

[8] 杨小聪, 张秀霞, 樊荣, 等. 太阳能吸收式和吸附式制冷系统的

(上接第 193 页)

[5] 叶晓梦, 黄略略, 乔方, 等. 铁棍山药冻干-微波真空联合干燥工艺研究[J]. 食品工业, 2014, 35(7): 152-155.

[6] 陈媛媛, 符云鹏, 陈亮亮, 等. 微波真空干燥处理对铁棍山药多糖得率和干燥特性影响[J]. 农产品加工: 学刊, 2012(11): 99-102.

[7] 黄略略, 乔方, 叶晓梦, 等. 不同干燥方式对铁棍山药品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(11): 1 210-1 215.

(上接第 231 页)

参考文献

[1] 李波. 关于完善保健食品监管制度的若干思考[N]. 中国食品安全报, 2016-02-25(B02).

[2] 田林. 中日保健食品安全监管问题的比较法研究[J]. 日本研究, 2015(1): 35-43.

[3] 杜娟. 论保健食品监管的问题及对策[J]. 中国卫生产业, 2015(26): 68-70.

[4] 耿莉萍. 当前我国保健食品市场存在的问题与监管对策[J]. 食品科学技术学报, 2013(5): 7-12.

[5] 何莉. 论中国食品安全监管机制的完善路径[J]. 食品与机械, 236

(2): 161-166.

[15] 吴强, 戴四发. 超声波结合氯化钙处理对牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 141-145.

[16] 段虎, 王祎娟, 马汉军. 超高压处理对肉及肉制品食用品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 151-154.

[17] 张丽, 王莉, 周玉春, 等. 宜宰后成熟时间提高牦牛肉品质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 325-331.

[18] 李思宁, 唐善虎, 王柳. 冻藏物流过程中制冷故障对生鲜牦牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 246-251.

[19] 赵菲, 刘敬斌, 关文强, 等. 超高压处理对冰温保鲜牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 238-241.

[20] 张丽, 王莉, 周玉春, 等. 适宜宰后成熟时间提高牦牛肉品质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 325-331.

[21] 赵慧, 甄少波, 任发政, 等. 待宰时间和致晕方式对生猪应激及猪肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 272-276.

研究[J].真空与低温,2013, 19(3): 130-135.

[9] 刘家林. 太阳能固体吸附式制冷技术的研究与进展[J]. 绿色建筑, 2011(9): 188-191.

[10] 范介清. 翅片管整体传热传质强化的太阳能吸附式制冷系统性能研究[J]. 太阳能学报, 2014, 35(9): 1 663-1 669.

[11] 王长江. 太阳能吸附式果蔬预冷库技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2014: 7-15.

[12] 张宇, 谢洁飞. 批式循环粮食干燥机板式换热器优化设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(5): 98-100.

[13] 沈辉, 叶盛勇, 鞠海蒙, 等. 谷物干燥仓热交换床换热过程研究[J]. 江苏农机化, 2014(3): 25-26.

[8] LI Zhen-feng, RAGHAVAN G V, WANG Ning, et al. Real-time, volatile-detection-assisted control for microwave drying[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 69 (2): 177-184.

[9] 徐琴. 江苏产淮山药多糖成分的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006: 16-21.

[10] 任广跃, 陈艳珍, 张仲欣, 等. 怀山药热风、微波及真空干燥的实验研究[J]. 食品科技, 2010, 35(7): 111-115.

2015, 31(1): 277-280.

[6] 宛超. 保健食品监督管理之我见[J]. 中国食品卫生杂志, 2010(7): 357-360.

[7] 曾丽. 食品安全法律体系的缺陷及完善路径[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 274-276.

[8] 聂艳, 苟变丽, 唐晓纯, 等. 我国保健食品监管制度的发展沿革及其分析[J]. 食品工业科技, 2012(11): 353-360.

[9] 宛超, 杨飞. 我国保健食品保健功能发展及现状浅析[J]. 中国食品卫生杂志, 2012(4): 348-352.

[10] 刘跃红, 徐艳钢, 张文学. 我国保健食品现状及监管分析[J]. 食品与发酵科技, 2013(2): 1-4.