

载能微波在不同负压水平的干燥模式与应用

吕为乔,谷远洋,曾诗雨,李栋*,宿佃斌

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘要:为回顾近年来载能微波在农产品干燥中的研究进展,并解析负压环境对干燥行为的影响,文章以微波干燥的负压水平和干燥模式为主线,阐述高水分农产品物料在低真空度的负压微波脉冲喷动干燥(pulse-spouted microwave vacuum drying, PS-MVD),中真空度的微波真空干燥(microwave vacuum drying, MVD),高真空度的微波真空冷冻干燥(microwave vacuum freeze drying, MVFD)的干燥模式及物料特性,同时对农产品物料“热风-微波真空”组合干燥、“微波真空-真空含浸”加工、“脉冲喷动微波真空冷冻干燥”工艺的创新应用展开讨论。

关键词:微波真空干燥;负压;脉冲喷动;农产品;物料特性

Drying Processes and Application of Energy-Carrying-Microwave at Different Negative Pressure Levels

LÜ Wei-qiao, GU Yuan-yang, ZENG Shi-yu, LI Dong*, SU Dian-bin

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to review the research progress of energy carried microwave in agricultural product drying in recent years, and expound the influences of negative pressure environment on drying quality, this paper expounded the drying mode and material quality of high-moisture agricultural products in low vacuum pulse-spouted microwave vacuum drying (PS-MVD), medium vacuum microwave vacuum drying (MVD) and high vacuum microwave vacuum freeze drying (MVFD) based on negative pressure level. In addition, the innovative application of “hot-air microwave vacuum” combined drying, “microwave vacuum-vacuum impregnation” processing and “pulse-spouted microwave vacuum freeze drying” processes for agricultural products were discussed.

Key words: microwave vacuum drying; negative pressure; pulse spouted; agriculture products; material properties

引文格式:

吕为乔,谷远洋,曾诗雨,等.载能微波在不同负压水平的干燥模式与应用[J].食品研究与开发,2021,42(1):177-181,192.

LÜ Weiqiao, GU Yuanyang, ZENG Shiyu, et al. Drying Processes and Application of Energy-Carrying-Microwave at Different Negative Pressure Levels[J]. Food Research and Development, 2021, 42(1): 177-181, 192.

微波干燥(microwave drying, MD)是新一代干燥技术,1945年,美国的雷达工程师 Percy LeBaron Spencer 工作中,偶然发现了微波的热效应^[1]。70年代,微波源生产技术逐渐成熟,微波炉被推广到千家万户^[2]。在微波这个频率范围(300 MHz~300 GHz)的电磁波,能携

带较高的能量带动水分子产生数以亿次的振动。利用微波对高水分农产品实施干燥,具有精准高效、体积受热、输入功率灵敏易控制等优点。为了避免不同用途电磁波的干扰,国际上在工业、科学和医药(industry, science and medicine, ISM)领域限定使用的主要频率为2450 MHz和915 MHz^[3]。由于微波干燥的体积受热和高能效,其工作过程中经常会出现湿热散失困难。同时,基于微波干燥过程中物料的形态差异、组织结构差异等因素,干燥不均匀是微波干燥过程中的常见问题^[4]。对于高水分农产品物料,为了克服湿热散失

基金项目:国家自然科学基金(31901823);国家重点研发计划(2017YFD0400903);北京市大学生创新项目(bj202010019133)

作者简介:吕为乔(1984—),男(汉),副教授,硕士生导师,博士,主要从事农产品干燥技术与装备研究。

*通信作者:李栋,男,教授,研究方向:农产品干燥和物料特性。

困难和微波干燥不均问题,微波-热风组合干燥和微波-真空组合干燥是常见的组合工作模式。其中,微波-真空组合干燥不仅促进湿热扩散,还起到减少干燥过程的氧化反应,提升物料膨化度的作用。

1 微波-真空组合干燥的模式

上世纪90年代以来,随着大功率微波源——磁控管生产技术的成熟,微波干燥成为国际上在农产品干燥领域的研究热点。我国在“十一五”以来的国家重点研发计划项目的资助下,农产品微波干燥技术的发展尤为迅速,研制了处于国际领先水平的新一代微波-真空组合干燥设备等微波组合干燥装备^[5]。其中,不同负压水平和干燥模式对农产品物料有着不同的干燥特征,例如,高真空度的微波真空冷冻干燥,所得产品品质最高,面临的技术问题也最为显著。根据干燥工艺对真空度的要求,微波-真空组合干燥涉及低真空度的负压微波脉冲喷动干燥(pulse-spouted microwave

vacuum drying, PS-MVD), 中真空度的微波真空干燥(microwave vacuum drying, MVD), 高真空度的微波真空冷冻干燥(microwave vacuum freeze drying, MVFD)等,不同模式的工艺分别有着不同的发展历程和应用领域。

1.1 低真空度 PS-MVD 的发展和應用

微波炉的出现,极大地方便了人们的生活,与此同时,微波在农副产品中的高效干燥行为得到学者的普遍关注。然而,基于干燥过程中物料内部生物组织结构差异、分割形态和叠放位置差异、微波场强分布和穿透深度差异等因素,干燥不均成为微波干燥果蔬物料的主要问题。解决干燥不均的手段很多,如旋转托盘、滚动床等^[6]。试验中,将干燥中的物料体系看成一个吸收能量的载体,热风干燥(air drying, AD)和不同参数下的微波干燥工艺下,物料体系的传热过程如图1所示。

可以发现,AD和MD在干燥过程有着相反的温度

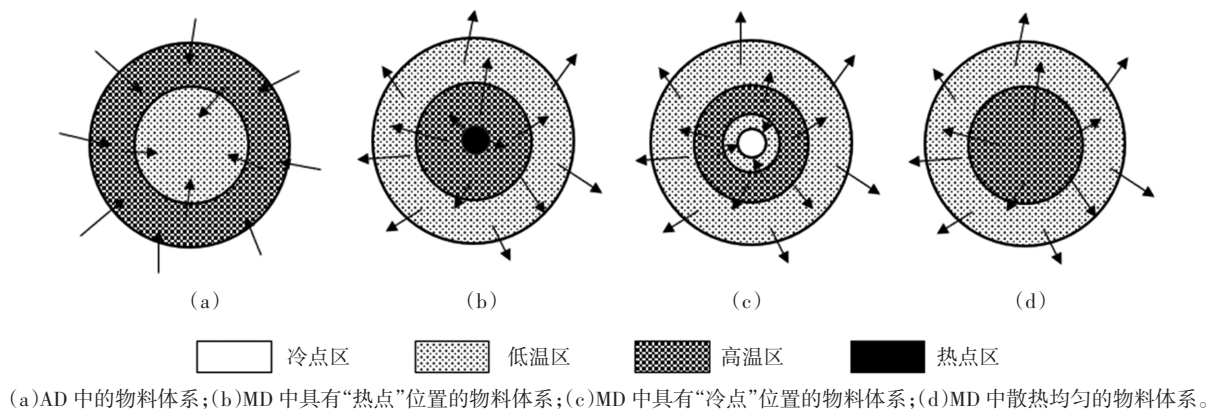


图1 农产品微波干燥过程温度传递模型

Fig.1 Transfer models of temperature during microwave drying for agricultural products

梯度(图1a和图1d),其中,微波干燥过程内部温度高,水分由内向外扩散,最有利于水分的驱除。在微波干燥中,微波能量会随着穿透深度的增加,逐渐减弱。但在一定体积的物料体系中,微波能在尚未显著衰减的阶段,相互叠加,在某个区域形成能量交集,会发生能量释放的“热点”(图1b)。同时,对于体积较大的农产品物料,对于2450 MHz微波来说,穿透距离一般在十几厘米到几十厘米的量级,中心位置将会超过微波的穿透深度 D_e ^[7]。其中, D_e 即微波能从物料表面衰减至表面值的 $1/e$ 时的距离,用公式表示如下。

$$D_e = \lambda_0 / 2\pi \sqrt{\varepsilon'} \tan \delta$$

式中: λ_0 为自由空间波长; ε' 为介电常数; $\tan \delta$ 为介电损耗。此时,在微波能量已经发生显著衰减,相互叠加未能交接的区域会形成物料的“冷点”(图1c)。试验中,“热点”和“冷点”的位置不一定在物料的体积中

心,与物料的形状、水分分布和介电特性分布等因素有紧密的关联。为了避免“热点”和“冷点”现象的出现,并显著减缓微波干燥不均,华盛顿州立大学 Heng Feng 等率先研发了微波热风喷动床干燥装备,有效解决了微波干燥苹果丁等农产品物料时穿透深度有限、湿热散失困难带来的问题^[8]。同期,伊朗学者 M. S. Hatamipour 等在微波热风喷动床干燥中加入对微波没有任何影响的惰性粒子,以提高胡萝卜颗粒的传热效果,他还发现水分降低是影响胡萝卜片体积收缩的主要原因^[9]。基于微波真空组合干燥不仅促进湿热扩散,还起到减少干燥过程的氧化反应,提升物料膨化度的作用, Yu-chuan Wang 等在国内首先提出通过脉冲喷动的形式来调整微波真空干燥的均匀性,并先后研制了2450 MHz和915 MHz的PS-MVD设备,其工作原理如图2所示^[10-11]。

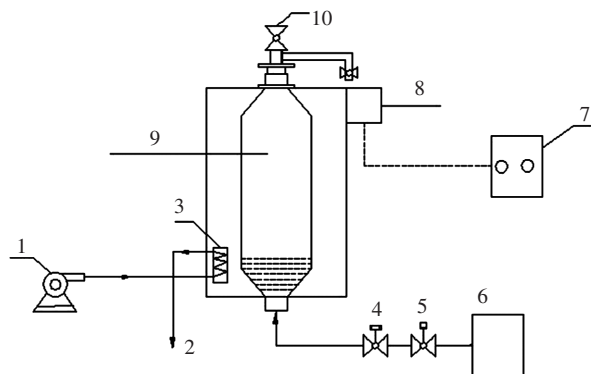


图2 PS-MVD干燥机原理图

Fig.2 Schematic diagram of PS-MVD

在该设备中,物料盛放在两端为锥形、中间为柱形的石英玻璃仓中,上方连接真空泵,相同通过电磁阀连接空气压缩机,微波源被安排在谐振腔一侧,确保与物料的真空干燥环境隔离,能防止微波入口处发生低压放电,影响微波源的使用寿命。受可编程逻辑控制器(programmable logical controller, PLC)和电磁阀控制,压缩空气间歇破真空,将物料喷起,既实现了MVD的干燥优势,又提高了微波干燥的均匀性。目前,PS-MVD干燥的真空度一般在2 000 Pa,脉冲喷动阶段时间较短,会在短时间内升高,因此,PS-MVD属于低真空度的MVD干燥。目前,PS-MVD在莴笋、胡萝卜、毛豆等领域取得了较好的干燥效果^[12-13]。

1.2 中真空度 MVD 的发展和应用

与PS-MVD不同的是,MVD工艺不需要破真空,能在稳定的真空环境下进行。目前,MVD设备的真空系统,大多应用水循环真空泵,提供的压强范围多数情况在500 Pa~2 000 Pa之间。普通MVD工艺,能充分发挥微波干燥和真空干燥的技术优势,结构简单,能在较低的温度下进行。然而,基于微波的穿透能力有限,物料的装载量一般较小。目前,MVD在实验室研究报道较多,特别是对水果、蔬菜、中药材、菌类等高水分农产品物料,MVD工艺能快速驱除物料的水分,在效率和品质上具有很强的竞争力。表1列举了近年来,国内外关于MVD干燥农产品物料的一些研究报道,在不同角度提升了MVD干燥的技术水平。

1.3 高真空度 MVFD 的发展和应用

微波真空冷冻干燥集成了微波干燥穿透力强和真空冷冻干燥(freeze drying, FD)低温保质的优点,是在真空冷冻干燥基础上发展起来的新型干燥技术。在真空冷冻干燥中,利用升华原理,使预先冻结的物料中的水分不经过冰的融化,直接以冰态升华为水蒸

表1 中真空度 MVD 的主要研究报道

Table 1 Some research about normal vacuum MVD

序 号	研究对象	研究内容	报道时间	文献来源
1	生肉	通过 MVD 改善生肉干燥特性, 开发肉干休闲食品	2019 年	Tomasz Pawlak 等 ^[14]
2	芦笋	研究 MVD 对芦笋营养与 品质的影响	2019 年	汤梦情等 ^[15]
3	甘薯	研究预处理工艺对干薯片 MVD 干燥过程的影响	2019 年	Camel Lagnika 等 ^[16]
4	南瓜	研究南瓜片的 MVD 脱水动力学 规律,改善复水特性	2018 年	Ricardo L 等 ^[17]
5	莲子	MVD 对莲子玻璃化转变温度、糊化 温度及理化性质的影响	2017 年	Yingting Zhao 等 ^[18]
6	蓝莓	蓝莓 MVD 干燥动力学与 品质结构	2016 年	Magdalena Zielinska 等 ^[19]
7	香蕉	通过 MVD 优化,调控香蕉片色差、 脆度、膨化率和感官品质	2014 年	黄美香等 ^[20]
8	杏鲍菇	杏鲍菇 MVD 薄层干燥数学模型建 立与评价,预测即时水分变化规律	2013 年	陈健凯等 ^[21]
9	荔枝	荔枝果肉的干燥特性和 动力学模型	2012 年	李辉等 ^[22]
10	枸杞	对半干枸杞进行 MVD 试验,分析 了护色处理对干燥效果的影响	2010 年	吴海华等 ^[23]

汽被除去,从而达到冷冻干燥的目的,干燥原理如图3所示^[24]。

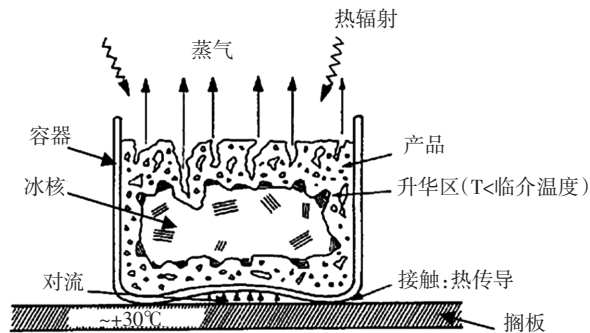


图3 真空冷冻干燥原理图

Fig.3 Schematic diagram of FD

其中,真空冷冻干燥工艺的热源为接触式的加热板,干燥过程的物料温度一般要低于50℃,而干燥的压强环境一般要低于100 Pa,以保证物料在冻结状态升华,但对于不同物料类型、不同干燥阶段也有一定的参数差别。对于大多数农产品物料,FD产品有着非常好的形态,同时以低温干燥优势,最大限度地保留了物料营养活性。然而,真空冷冻干燥过程温度低,且仅仅依靠加热板提供热源,干燥时间经常在10 h以上。MVFD利用具有较强穿透能力的微波代替加热板提供热源,显著提高了冻干的效率。近年来,研究MVFD干燥工艺的研究报道较多,曹有福等搭建了

MVFD 试验平台,在冬枣干燥中,得到了接近 FD 的干燥品质,时间和能耗却显著降低^[25]。Hao Jiang 通过 MVFD 干燥香蕉片,对微波功率、物料性能和干燥品质进行了系统的研究,推动了 MVFD 干燥技术的发展^[26]。然而,MVFD 作为新型微波干燥工艺,还存在一些尚待解决的技术问题。

首先,在较低的压强下,微波高频电场在等离子体中传播,如果电子的平均自由程足够长,速度增加到一定程度,将在碰撞中激发原子或其它重粒子,发生分子电离、解离效应,宏观上可观察到气体分子发生了电击穿,即低压放电。1985年,R. V. Decareau 以 915 MHz 和 2 450 MHz 频率微波做试验,发现 13 Pa~133 Pa 之间的压强,也就是 MVFD 的工作环境最容易发生低压放电^[27]。目前,解决低压发电的途径主要有调整谐振腔结构、真空仓与微波源相隔离等。

其次,物料的微波吸收能力随温度上升而上升,则微波加热使温度升高,而温度上升又使物料吸收的热量增大,两者相互影响会使加热集中在物料的特定区域。在 MVFD 中,因为水的微波吸收系数远大于冻结物料,因此如果冻区内有一点融化,则微波就会集中加热这一点而使干燥失败,这个过程被称作干层热失速。关于农产品物料 MVFD 中“干层热失速”发生、发展机制的研究报道较少,上海交通大学孙恒建立了基于数值计算的半理论方法,对牛肉微波冻干过程“干层热失速”现象进行了控制策略优化^[28]。目前 MVFD 工艺的改进在探索中发展。

2 微波-真空组合干燥的创新应用

在实践中,微波与不同压强水平的 PS-MVD、MVD、MVFD 干燥模式有着广泛的拓展和应用。AD 与 MVD 的有机组合能显著提高农产品的干燥品质,微波真空膨化的果蔬产品作为开发真空含浸食品的原料具有

潜在的竞争力,脉冲喷动微波真空冷冻干燥有效地结合了 PS-MVD 和 MVFD 的技术优势,在探索中发展。

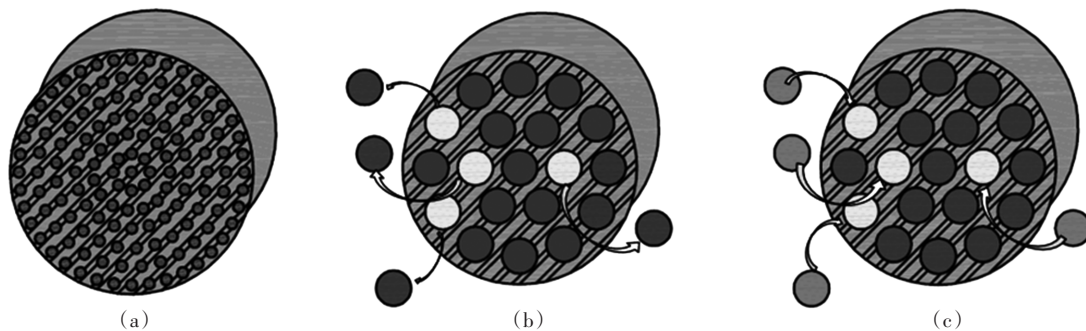
2.1 常压-微波真空分阶段组合干燥

基于 MVD 不仅具有较高的干燥能效,还对物料起到膨化效果,因此 MVD 在休闲食品加工上占有显著的优势。但是,对于高水分、高糖分物料在干燥前期的定型效果亟待提高,物料黏连现象经常发生。毕金峰等以蓝莓为原料,研究了 AD-MVD 分段组合干燥工艺,并对中间水分进行研究,发现转换点水分在 30%~40% 时,干燥品质最佳^[29]。韩清华等通过 AD-MVD 分段组合干燥苹果片,所得产品酥脆性好,作为休闲食品的竞争力显著^[30]。Ricardo L. Monteiro 等研制了一种微波真空脉动-负压分段干燥 (microwave multi-flash drying, MMFD) 设备,并对南瓜片进行试验研究,MMFD 工艺在干燥前期“微波常压干燥-微波真空干燥-微波常压干燥”周而复始循环 3 次,其中,真空阶段时间较短,为脉冲式工作,主要是配合微波快速驱除物料中大部分自由水,然后在 3 kPa~5 kPa 的负压环境下完成剩余水分的干燥,试验结果表明,MMFD 所得产品在复水能力上优于冻干和热风干燥产品^[17]。

2.2 微波真空-真空含浸技术研究应用

真空含浸食品,是借助内外压差引起的流体力学变化,使多孔食品内的气体或者液体与外部环境的溶液进行交换,并以此得到营养和品质调理的食品。真空含浸过程分为 3 个阶段,如图 4 所示。

第一阶段是食品物料预干燥,改善物料的多孔结构(图 4a),第二阶段,利用真空环境将物料内部的气体和部分液体抽离(图 4b),第三阶段,在经调理的含浸液中恢复常压,利用压差将含浸液泵入到食品物料内部(图 4c)。在真空含浸工艺中,有效的干燥方式对含浸食品的品质至关重要。高乐怡等研究了热风干燥和真空干燥对胡萝卜片真空含浸效果的影响,发现无



(a) 预干原料;(b) 预干多孔原料负压处理过程;(c) 功能性原料的压差浸渍过程。

图4 真空含浸食品加工原理图

Fig.4 Processing diagram of vacuum immersion food

论是含浸量还是营养保留,微波干燥都具有显著的优势^[31]。微波真空-真空含浸是另一种更为有效的模式,黄苏婷等通过 MVD 预干燥的葛仙米,能在真空含浸工艺中得到较佳的品质^[32]。不同压强水平的微波真空干燥,能得到不同程度的微孔结构,在开发真空含浸食品上有着巨大的潜力。

2.3 脉冲喷动微波真空冷冻干燥的创新应用

脉冲喷动微波真空冷冻干燥(pulse-spouted microwave vacuum freeze drying, PS-MVFD)结合了 PS-MVD 与 MVFD 的技术优势,相比于 PS-MVD 工艺,PS-MVFD 的喷动频率较低,以确保真空仓内的真空度达到 100 Pa 以下冻干水平。相比于 MVFD 工艺,PS-MVFD 对干燥品质的均匀性有显著的增强。Hao Jiang 等利用 PS-MVFD 对香蕉片进行干燥,在 3 W/g 的微波功率下,4 h 干燥完成,同时对 PS-MVFD 工艺进一步优化,在温度均匀性、品质均匀性上得到显著提高^[33]。Dan-Dan Wang 等比较了热风干燥、真空冷冻干燥、PS-MVFD 3 种工艺对苹果丁的干燥品质,发现 PS-MVFD 的苹果丁品质优于热风干燥产品,与真空冻干产品无明显差别,但 PS-MVFD 中的能效得到显著提高^[34]。PS-MVFD 作为 MVFD 的拓展应用,在“干燥不均”和“干层热失速”问题上得到显著改善,但 MVFD 工艺中微波“低压放电”的问题依然存在,是今后的研究重点。

3 结论与展望

文章阐述了高水分农产品物料在低真空度 PS-MVD,中真空度 MVD 以及高真空度 MVFD 的干燥模式及物料特性,并对热风-微波真空组合干燥、微波真空-真空含浸加工、脉冲喷动微波真空冷冻干燥的创新应用展开讨论,得到如下结论:

PS-MVD 干燥能穿透较深的物料,微波干燥均匀性的均匀性显著增强;MVD 结构简单,膨化力度较大,目前在农产品加工领域应用研究最为广泛;MVFD 是冻干工艺的一种,干燥品质较高,干层热失速和低压放电是常见问题。

热风-微波真空两阶段组合干燥或者多阶段间歇干燥能改善高水分果蔬物料的干燥品质;MVD 作为预干燥和预膨化手段在真空含浸食品加工上具有较大的潜力;PS-MVFD 是 MVFD 的创新应用,也是 PS-MVD 的拓展,在“干燥不均”和“干层热失速”问题上得到显著改善。

不同压强水平的微波真空干燥,以及在农产品加工领域的创新应用,不仅能提高干燥能效和品质,同

时有利于农产品干燥向品质多元化、产品类型多元化方向发展。深入研究载能微波在不同负压水平的干燥模式和干燥品质,将进一步提升农产品在微波干燥与后续加工中附加值。

参考文献:

- [1] 林先其.微波输能技术的研究进展及发展趋势分析[J].南京信息工程大学学报,2017,9(1):34-45.
- [2] 宋林川.微波食品加热的多物理场模拟[D].成都:电子科技大学,2016.
- [3] Tang J. Unlocking Potentials of Microwaves for Food Safety and Quality [J]. Journal of Food Science, 2015, 80 (8): 1776-1793.
- [4] Lv W, Li D, Lv H, et al. Recent development of microwave fluidization technology for drying of fresh fruits and vegetables[J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 86: 59-67.
- [5] 王也,吕为乔,李树君,等.农产品微波干燥技术与装备的研究进展[J].包装与食品机械,2016,34(3):56-61.
- [6] Su D, Lv W, Wang Y, et al. Drying characteristics and water dynamics during microwave hot-air flow rolling drying of *Pleurotus eryngii* [J]. Drying Technology, 2020, 38(11): 1493-1504.
- [7] 吕为乔,李树君,韩清华,等.微波流态化联合干燥技术在果蔬中的研究进展[J].食品研究与开发,2015,36(6):120-123.
- [8] Feng H, Tang J, Mattinson D S, et al. Microwave and spouted bed drying of frozen blueberries: the effect of drying pretreatment methods on physical properties and retention of flavor volatiles [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 1999, 23 (6): 463-479.
- [9] Hatamipour M S, Mowla D. Shrinkage of carrots during drying in an inert medium fluidized bed[J]. Journal of Food Engineering, 2002, 55 (3): 247-252.
- [10] Wang Y, Zhang M, Mujumdar A S, et al. Study of Drying Uniformity in Pulsed Spouted Microwave-Vacuum Drying of Stem Lettuce Slices with Regard to Product Quality [J]. Drying Technology, 2013, 31 (1): 91-101.
- [11] 黄家鹏.微波喷动高效干燥对典型蔬菜品质的影响及其调控研究[D].无锡:江南大学,2016.
- [12] Cao X, Zhang M, Fang Z, et al. Drying kinetics and product quality of green soybean under different microwave drying methods [J]. Drying Technology, 2017, 35 (2): 240-248.
- [13] Cao X, Zhang M, Mujumdar A S, et al. Evaluation of quality properties and water mobility in vacuum microwave-dried carrot slices using pulse-spouted bed with hot air [J]. Drying Technology, 2019, 37 (9): 1087-1096.
- [14] Pawlak T, Gawalek J, Ryniecki A, et al. Microwave vacuum drying and puffing of the meat tissue-process analysis [J]. Drying Technology, 2019, 37 (2): 156-163.
- [15] 汤梦情,陈宏伟,朱蕴兰,等.微波真空与真空冷冻组合干燥对芦笋营养与品质的影响[J].食品研究与开发,2019,40(5):84-89
- [16] Lagnika C, Jiang N, Song J, et al. Effects of pretreatments on proper-

(下转第 192 页)

微生物多糖的结构与应用研究进展

张钊瑞, 张晨, 李大鹏*

(山东农业大学 食品科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

摘要:微生物多糖是一类具有抗氧化、抗肿瘤、免疫调节等多种生物活性的天然聚合物,已受到众多学者的关注与研究。微生物胞外多糖如结冷胶、黄原胶等性状优良,易于生产,已被广泛应用于农业、医药、食品等领域。微生物胞壁多糖中脂多糖和肽聚糖存在多种潜在功能,具有可观的开发与利用价值。该文对常见微生物多糖的结构性质与应用现状进行总结,并探讨微生物多糖研究的发展方向。

关键词:微生物多糖; 结构; 应用; 资源; 发展

Advances in Structure and Application of Microbial Polysaccharides

ZHANG Zhao-rui, ZHANG Chen, LI Da-peng*

(College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract: Microbial polysaccharides are a kind of natural polymers with antioxidant, anti-tumor, immunomodulation and other bioactivities, which have attracted many researchers. Exopolysaccharides such as gellan gum, xanthan gum have been widely used in agriculture, medicine, food and other fields due to their good properties and convenience of obtaining. Among cell wall polysaccharides, lipopolysaccharides and peptidoglycans are with many potential functions in which have considerable value of exploitation and utilization. The paper summarized the structure, properties and existing application of common microbial polysaccharides, and discussed the future development of microbial polysaccharides.

Key words: microbial polysaccharides; structure; application; resources; development

引文格式:

张钊瑞, 张晨, 李大鹏. 微生物多糖的结构与应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 182-192.

ZHANG Zhaorui, ZHANG Chen, LI Dapeng. Advances in Structure and Application of Microbial Polysaccharides [J]. Food Research and Development, 2021, 42(1): 182-192.

随着生活水平的日益提高,人们对健康饮食愈发关注。多糖是一类结构复杂的高分子聚合物,其不仅参与生命体的组成,还具备抗氧化^[1]、抗疲劳^[2]、抗辐射^[3]、抗肿瘤^[4]、降血脂^[5]、抑制炎症和调节免疫^[6]等功能效应,对富含多糖的健康营养食品需求也随之增多。时下科学技术发展迅速,已有越来越多的功能性多糖被逐步开发与利用。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31901644、31972070); 山东省2018农业重大应用技术创新项目

作者简介: 张钊瑞(1995—),男(汉),硕士研究生,研究方向: 营养与功能食品。

* 通信作者: 李大鹏(1973—),男,教授,研究方向: 营养与功能食品。

自然界中的多糖主要来自植物、动物和微生物。近年来,微生物多糖具备多种优点且可以通过生物技术途径从廉价的可再生原料中制备,在食品和医药领域开发潜力巨大,因而受到大家的密切关注^[7]。微生物多糖包括胞外多糖、胞壁多糖和胞内多糖。其中,微生物胞外多糖因无毒安全、生产周期短、易于分离纯化等特点研究较多,逐渐成为植物和动物等多糖产品的有效替代品^[8]。随着研究的推进与发展,微生物胞壁多糖也越发受到瞩目。本文主要围绕细胞外和细胞壁多糖的结构性质与应用进展进行了综述,并对未来的研究方向进行了展望,为进一步开发与利用微生物多糖提供参考。