微波热烫和气调包装对中央厨房用胡萝卜理化特性及品质的影响

EZEANAKA Melvina C.[1,2]，张 慜[*1,2]，陈 凯[1]，王玉川[1]
（1. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122；2. 江南大学食品安全国际联合实验室，江苏 无锡 214122）

摘要：胡萝卜经去皮、切分等加工后容易受到氧气和微生物的作用而发生腐败变质，因此，需要合适的保鲜方法延缓其品质劣变。作者研究微波热烫和气调包装对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响。对胡萝卜进行微波热烫和气调包装处理后，每隔 5 d 测定胡萝卜样品的硬度、β-胡萝卜素质量分数、水分质量分数、水分活度、水分状态、过氧化物酶活性、颜色和微生物数量等指标。微波热烫可以有效降低胡萝卜中的微生物数量，并降低其水分迁移率。相比之下，对照样品中自由水（T_{24}）的质量分数更为突出。360 W 微波热烫 300 s 结合高氧气调包装（体积分数 80% O_2、10% CO_2、10% N_2）降低了储藏期内胡萝卜中β-胡萝卜素的降解、硬度的损失和过氧化物酶的活性，且更好地控制了胡萝卜中水分活度和水分质量分数的增加。低功率微波热烫结合高氧气调包装是一种有效的保鲜方法，可用于改善胡萝卜的储藏品质。

关键词：气调包装；微波热烫；储藏；品质；胡萝卜
中图分类号：TS 255.35　**文章编号**：1673-1689(2022)05-0046-10　**DOI**：10.3969/j.issn. 1673-1689.2022.05.006

Influence of Microwave Blanching and Modified Atmosphere Packaging on Physiochemical Properties and Quality of Carrot Used in Central Kitchen Processing

EZEANAKA Melvina C.[1,2]，*ZHANG Min*[*1,2]，*CHEN Kai*[1]，*WANG Yuchuan*[1]
(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. International Joint Laboratory on Food Safety, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Carrots are susceptible to spoilage by oxygen and microorganisms after peeling and cutting. Therefore, appropriate preservation methods are needed to delay their quality deterioration. In this study, microwave blanching and modified atmosphere packaging (MAP) used as preservation methods and their effects on the quality of carrots during storage were investigated. After the treatment of microwave blanching and modified atmosphere packaging, the firmness, β-carotene content, moisture content, water activity, moisture status, peroxidase activity, colour, and microbial load of carrots were evaluated in an interval of 5 days. Microwave blanching effectively reduced the microbial load and decreased water mobility in carrot. In contrast, free water (T_{24}) was more prominent in the control sample. Microwave blanching under 360 W for 300 s combined with

收稿日期：2021-03-13
基金项目：国家重点研发计划项目(2017YFD040051)；扬州市国家重点实验室专项计划项目(YZ2019034)。
*通信作者：张 慜(1962—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事生鲜食品加工与贮藏方面的研究。E-mail：min@jiangnan.edu.cn

modified atmosphere packaging (80% O_2,10% CO_2, 10% N_2) reduced the degradation of β-carotene, loss of firmness and peroxidase activity of carrots during storage, and the increases of water activity and moisture content were better controlled. Low power microwave blanching combined with high oxygen modified atmosphere packaging is an effective preservation technology which could be used to maintain and improve the storage quality of carrot.

Keywords: modified atmosphere packaging, microwave blanching, storage, quality, carrot

胡萝卜是最受欢迎的根部作物之一，因为它具有很高的营养价值，尤其含有如β-胡萝卜素、膳食纤维、维生素和矿物质等营养物质。这些营养物质具有高生物活性和促进身体健康的属性，如抗癌、抗氧化、控制血压、管理体重等[1]。此外，在菜肴烹饪中，胡萝卜也能够赋予菜肴独特的感官品质，包括味道、颜色和风味[2-3]。然而，胡萝卜极易失水，进而导致新鲜度和品质的下降[4]。因此，有必要对胡萝卜进行保鲜处理从而延长其保质期，使其即使在生产淡季也能随时获得。

中央厨房加工蔬菜目前发展非常迅速。许多预处理方式如盐渍、糖渍、酸和防腐剂处理已用于中央厨房加工前新鲜蔬菜的保鲜[5-10]，但这些预处理方式大多是基于化学方法，可能会影响食品的理化性质[11-13]。Martin-Diana 等人就指出，大多数化学预处理方式无法在不影响食品感官品质的情况下保证微生物安全[14]。此外，随着人们对于食用无化学物质处理的新鲜产品的意识的不断增强，这些化学预处理方式的使用频率也被进一步降低[15]。相比化学预处理，物理预处理具有更安全的特点，适当的物理预处理如烫漂和包装可以防止食品失水、减少微生物污染，从而保持食品的新鲜度并延长其保质期。

烫漂作为一种预处理方式具有以下几种目的：1)使酶失活，这些酶会导致颜色、气味和质地的劣变；2)保持营养品质；3)降低初始微生物数量。使用蒸汽或热水对食品进行热烫是常用的烫漂方法[16-17]，但是这些过程可能导致重要的水溶性营养物质的流失。微波热烫是一种有望在营养物质保留、酶失活和其他物理参数之间取得平衡的有前途的替代方法[18]。大量研究也已经证明了微波热烫相比于热水或蒸汽热烫的优势[19-22]。例如：Baskaya 等人通过微波热烫获得了产品更均匀的温度分布[23]。

新鲜加工产品较好的品质和较长的保质期也可以通过气调包装得以实现[24-27]。一些研究者已经报道了气调包装在保持蔬菜和水果的品质并延长其货架期方面的有效性[28-29]。Kakiomenou 等人则发现了气调包装(体积分数 5% CO_2,95% N_2)对于胡萝卜样品的颜色、气味和质地变化的延迟作用[30]。此外，很多研究也报道了使用气调包装改善食品储藏品质[31-34]。尽管已经有一些研究者报道了使用烫漂对新鲜食品进行预处理和使用气调包装延长食品保质期的案例，但尚无将微波热烫和气调包装结合用于胡萝卜保鲜的报道。因此，本研究旨在建立更好的预处理和储藏方法，从而确保中央厨房用胡萝卜的食用安全性并延长其保质期。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

新鲜胡萝卜：购于无锡欧尚超市。胡萝卜于 4 ℃冷藏，并于 24 h 内进行实验处理。

多功能气调包装机：张家港市恒忠机械有限公司产品；低场核磁共振分析仪：苏州纽迈分析仪器股份有限公司产品；TA-XT2i 质构分析仪：英国 SMS 公司产品；UV2600 紫外可见分光光度计：岛津(上海)有限公司产品；CR-400 色差分析仪：日本柯尼卡美能达公司产品；T68-188 脱水机：山东小鸭集团家用电器有限公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 制备方法 先将胡萝卜洗净，去皮，切成厚度为 8 mm 的薄片，然后将胡萝卜片放至水中(料水质量体积比为 4:3)，用微波炉进行热烫处理，分别为 360 W 功率下热烫 300 s，630 W 功率下热烫 190 s 和 900 W 功率下热烫 170 s[23]。热烫处理后立即将胡萝样品放入冰中冷却，随后使用脱水机在 50 W 功率下脱水 2 min。除去表面水分后，将胡萝卜样品置于高密度聚乙烯包装袋(16 cm×23 cm×8 cm)中，然后使用多功能气调包装机于不同包装袋中充入低氧（体积分数 5% O_2,10% CO_2,85% N_2）或高氧

(80% O_2,10% CO_2,10% N_2)气体。处理后胡萝卜样品命名如下:35(360 W 功率热烫,低氧气调包装),38(360 W 功率热烫,高氧气调包装),65(630 W 功率热烫,低氧气调包装),68(630 W 功率热烫,高氧气调包装),95(900 W 功率热烫,低氧气调包装)和98(900 W 功率热烫,高氧气调包装)。最后,将处理样品与空白对照样品(未处理)放于 4 ℃储藏 30 d,每隔 5 d(0、5、10、15、20、25、30 d)进行品质分析。

1.2.2 水分含量测定 胡萝卜样品的水分质量分数根据方法 AOAC 2000 进行测定。将胡萝卜样品放至 105 ℃干燥箱中,干燥至质量恒定后计算水分质量分数。

1.2.3 水分活度测定 使用实验室水分活度仪在 25 ℃条件下测定胡萝卜样品的水分活度。仪器校准后将胡萝卜样品放入样品室内,平衡后记录数据。

1.2.4 低场核磁分析 使用低场核磁共振分析仪对胡萝卜样品的水分状态进行分析。核磁共振频率为 23.2 MHz,磁场场强为 0.5 T,磁体工作温度为 32 ℃。CPMG 脉冲序列被用来获得衰变信号。信号采集的主要参数如下:NECH(回波数)=15 000,NS(扫描次数)=4,TD(采样点)=750 002,TW(时间等待)=6 000 ms,P2(180°的脉冲时间)=11 μs,P1(90°的脉冲时间)=6 μs,TE(时间回波)=0.5 ms,SW(采样频率)=100 kHz。横向弛豫时间(T_2)曲线和相应的低场核磁参数通过在 MuleXIP-VI 分析软件使用多指数拟合与 SRIT 算法来获取。

1.2.5 质构分析 胡萝卜样品的质构分析参考 Fan 等人的方法[35],使用质构分析仪测定胡萝卜样品的硬度。测定参数:测定前速度、测定速度和测定后速度均为 2 mm/s,以 10 mm 的穿透距离来确定最大力(N)。

1.2.6 β-胡萝卜素质量分数的测定 根据 Baskaya Sezer 和 Demirdöven 的方法测定 β-胡萝卜素的含量[23]。取 2 g 胡萝卜样品加入至 38 mL 丙酮、己烷和乙醇的混合溶液(体积比为 1:2:1)中,匀浆 20 s 后于 5 320 r/min 离心 12 min,取上清液于 450 nm 下测定吸光度值。β-胡萝卜素质量分数以 mg/kg 计。

1.2.7 过氧化物酶活性测定 根据 Morales-Blancas 等人的方法测定过氧化物酶活性[36]。具体方法为:将 40 g 胡萝卜样品加入至 100 mL 磷酸钾缓冲液(0.1 mol/L,pH 6.5)中进行匀浆,4 ℃下于 9 000 r/min 离心 40 min,收集上清液(酶提取液)用于过氧化物酶活性测定。将 99.8 mL 磷酸钾缓冲液、0.1 mL 过氧化氢(体积分数 30%)和 0.1 mL 愈创木酚混合制备过氧化物酶的底物溶液,然后取 3.48 mL 底物溶液与 0.12 mL 酶提取液混匀,摇晃几分钟后,于 470 nm 测定吸光度值。

1.2.8 颜色测定 使用色差分析仪对胡萝卜样品的颜色进行测定,并分别用 L^*、a^* 和 b^* 表示。为了获得准确的颜色数据,分别对胡萝卜样品的 3 个不同位置进行扫描。

1.2.9 微生物分析 胡萝卜样品菌落总数的测定参考 Fan 等人的方法[35]。将 1 g 胡萝卜样品加入至 9 mL 生理盐水中并进行匀浆处理。将所得溶液稀释至合适倍数,取 1 mL 加入至装有营养琼脂的培养皿中,于 37 ℃下培养 48 h 后进行菌落计数。

1.3 数据分析

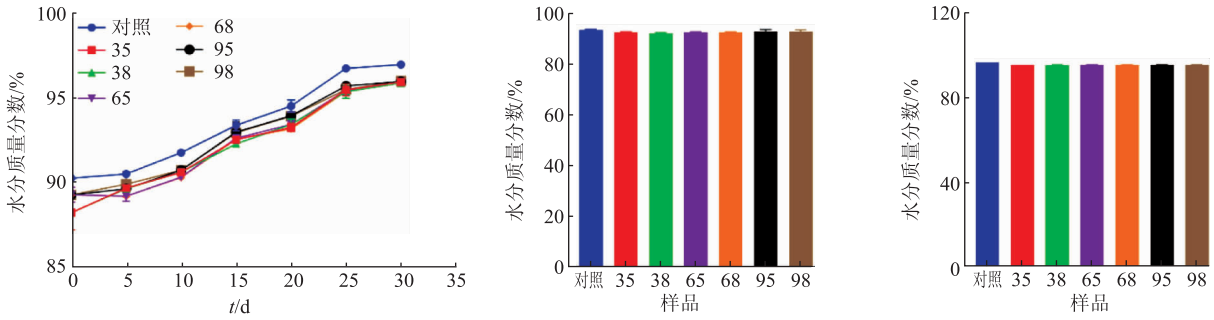
每组实验重复 3 次,数据分析采用非线性回归技术(Graph Pad 软件),用 ANOVA 试验分析数据的显著性差异。

2 结果与分析

2.1 水分质量分数、水分活度和水分状态

水是食品储藏过程中要考虑的重要因素,因为它会影响储藏食品的理化性质[37]。如图 1~2 所示,所有样品的水分质量分数都随着储藏时间的延长而增加,这与 Wani 等人的研究结果一致,他们报道称,高密度聚乙烯中储存的燕麦和葫芦巴的水分质量分数增加是由于包装材料对水蒸气的较高渗透性以及水从储藏环境向包装材料的迁移所致[38]。Kumar 等人也报道了由于水从环境向包装袋中迁移而导致胡萝卜、大米和豆粉含水量增加[39]。与初始水分质量分数相比,样品 35、38、65、68、95 和 98 的水分质量分数在储藏期内分别增加了 7.703%、7.660%、6.663%、6.660%、6.700%和 6.740%。类似的结果也在胡萝卜样品的水分活度测定中发现,其中,样品 38 和 68 具有最低的水分活度,为 0.921;对照样品的水分活度最高,为 0.934。

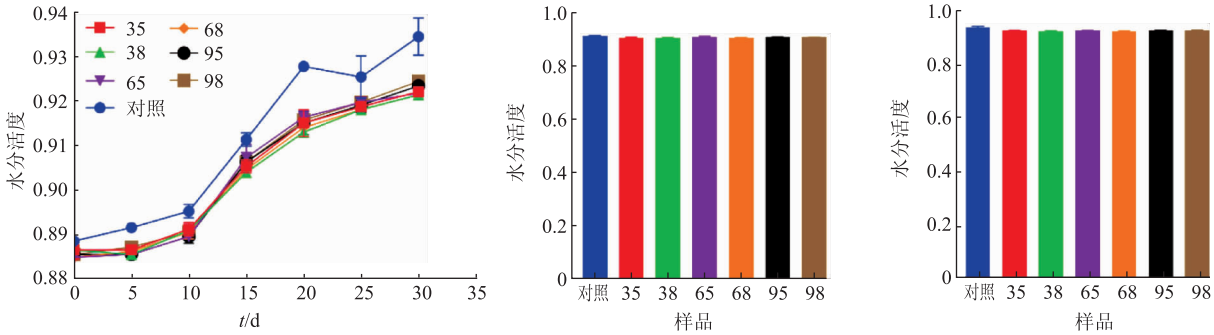
低场核磁技术用于进一步监测胡萝卜样品在储藏过程中的水分状态。图 3~4 显示了 30 d 储藏期内胡萝卜样品的水分状态,可以看出,每组样品的弛豫时间一般都有 4 个峰。根据先前的研究,第一个峰(T_{21})代表强结合水,第二个峰(T_{22})代表弱结合水,第三个峰(T_{23})代表固定水,最后一个峰(T_{24})则



(a) 水分质量分数在储藏期内的变化　(b) 15 d时的水分质量分数　(c) 30 d时的水分质量分数

图 1　微波热烫和气调包装对胡萝卜水分质量分数的影响

Fig. 1　Effect of microwave blanching and MAP on the moisture content of carrot



(a) 水分活度在储藏期内的变化　(b) 15 d时的水分活度　(c) 30 d时的水分活度

图 2　微波热烫和气调包装对胡萝卜水分活度的影响

Fig. 2　Effect of microwave blanching and MAP on the water activity of carrot

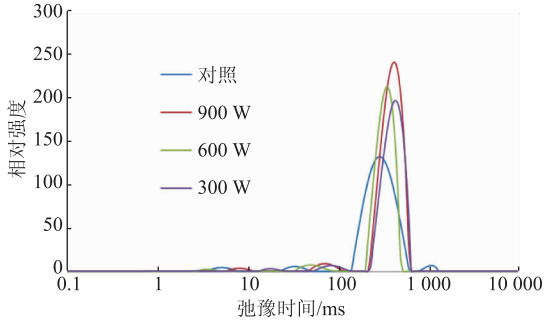


图 3　储藏实验前胡萝卜样品的弛豫时间

Fig. 3　Transverse relaxation times in carrot before storage

代表自由水[40-41]，处理样品和对照样品的弛豫时间具有显著差异(P<0.05)。对于强结合水(T_{21})，所有处理样品在前 20 d 内都持续上升，然后持续下降，相比之下，该现象在对照样品中更为明显。样品中的弱结合水(T_{22})也先最多在前 20 d 内上升，然后下降。处理样品的固定水(T_{23})增加到第 5 天后发生下降，但对照样品的 T_{23} 在整个储藏期内都持续上升。除了第 20 天，所有处理样品中都未观察到自由水(T_{24})，相比之下，对照样品中的 T_{24} 则更为明显，这可能是因为对照样品未经过处理，胡萝卜的代谢率更高。Fan 等人也给出了类似的结果，新鲜黄瓜的固定水和自由水最初会增加，到一定程度后便随着储藏时间的延长而减少[35]。此外，与其他处理样品相比，样品 38 的 T_{23} 和 T_{24} 最小。

2.2　硬度

硬度是水果和蔬菜的重要属性，它表明产品的新鲜程度。如图 5 所示，所有样品的硬度都随微波功率和储存时间的增加而降低。此外，对照样品的硬度要显著高于（P<0.05）经过微波热烫处理的样品，该结果可归因于微波对胡萝卜中纤维素和半纤维素中氢键的影响，从而影响了样品的硬度[23]。氧气体积分数对处理样品的结果显示，高体积分数氧气包装样品的硬度高于低体积分数氧气包装的样品，这一结果与 Amanatidou 等人的结果一致，高氧气调包装(体积分数 70%~90%)的胡萝卜比用空气包装的胡萝卜具有更高的硬度，而且空气包装的胡萝卜在储存12 d 后显著变软[42]。

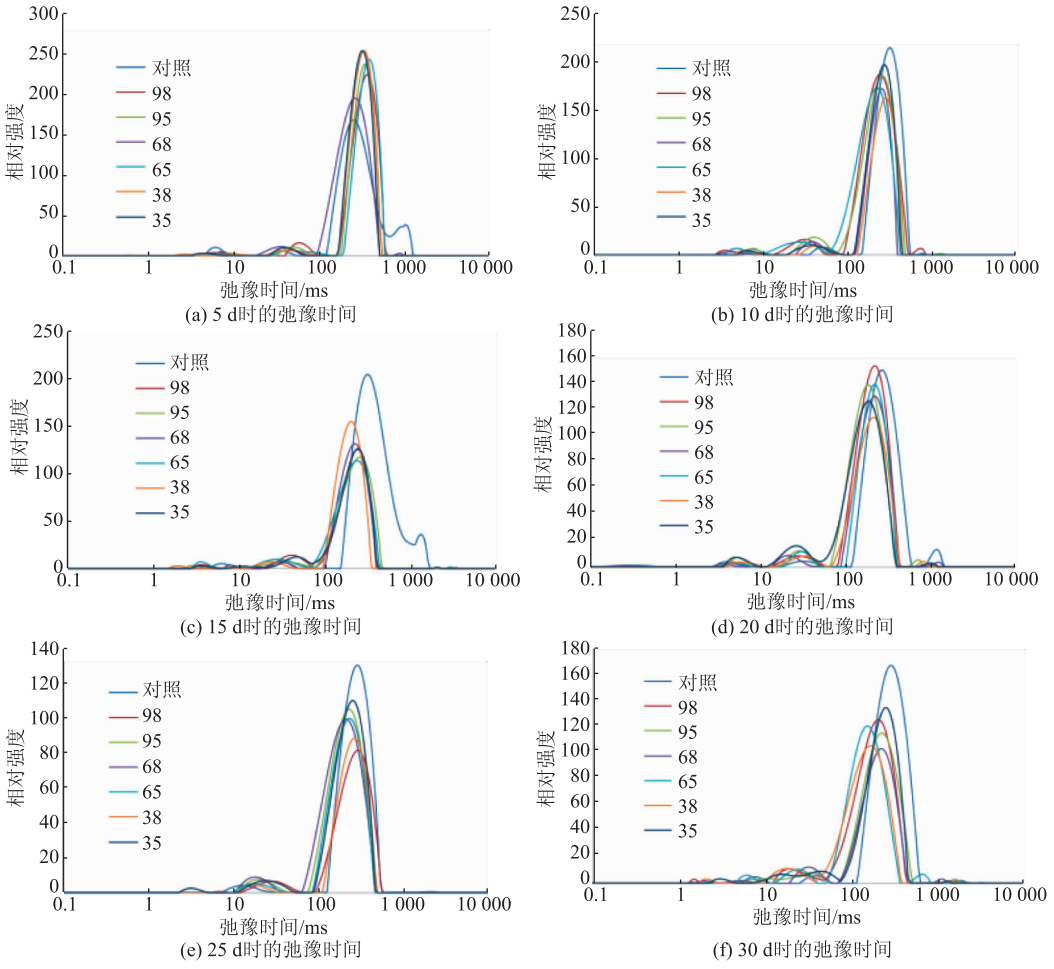


图 4　储藏期内胡萝卜样品的弛豫时间

Fig. 4　Transverse relaxation times in carrot during storage

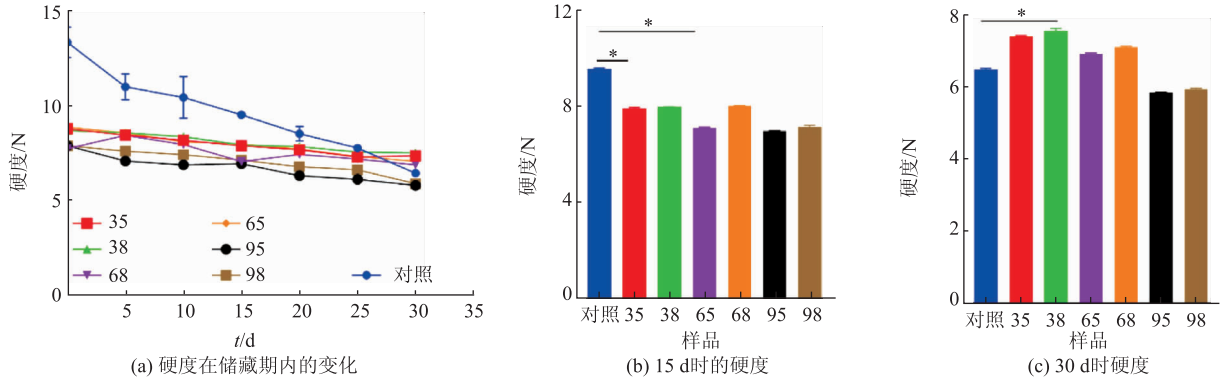


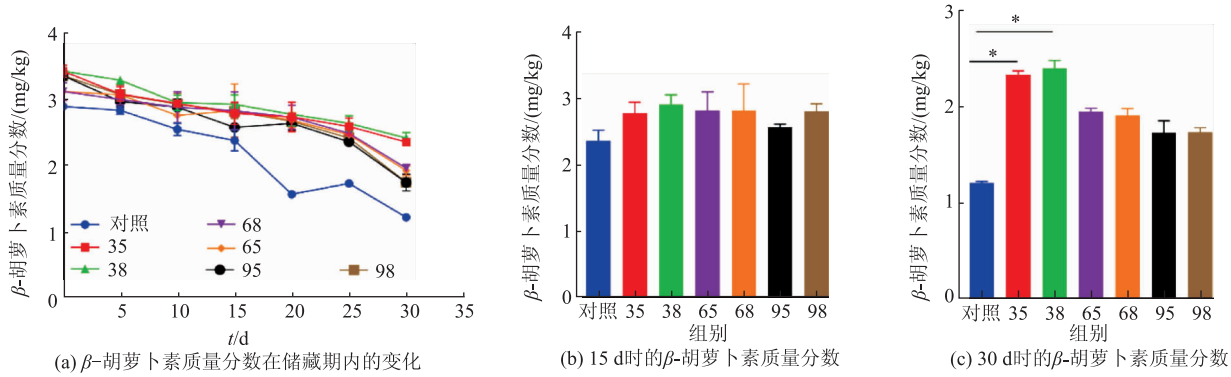
图 5　微波热烫和气调包装对胡萝卜硬度的影响

Fig. 5　Effect of microwave blanching and MAP on the firmness of carrot

2.3　β-胡萝卜素质量分数

通过分析样品中β-胡萝卜素的质量分数,可以进一步分析处理样品的品质。如图 6 所示,所有样品的β-胡萝卜素质量分数均随着储藏时间的延长而下降,但对照样品的下降幅度更加明显,说明气调包装起到了一定的保护样品中β-胡萝卜素的作用。此外,处理样品的β-胡萝卜素含量随微波功率的上升而下降,且差异随着储藏时间的延长越发显

著,这说明低功率微波热烫能够更好地保留胡萝卜样品中的β–胡萝卜素,这与 Baskaya 和 Demirdöven 的结果一致。随着微波功率的增加,胡萝卜样品中总类胡萝卜素质量分数下降[23]。储藏 30 d 后,样品 38 中的β–胡萝卜素质量分数最高,且仍有 2.34 mg/kg。因此,360 W 功率下的微波热烫和高氧气调包装是保留胡萝卜中β–胡萝卜素的理想方法。



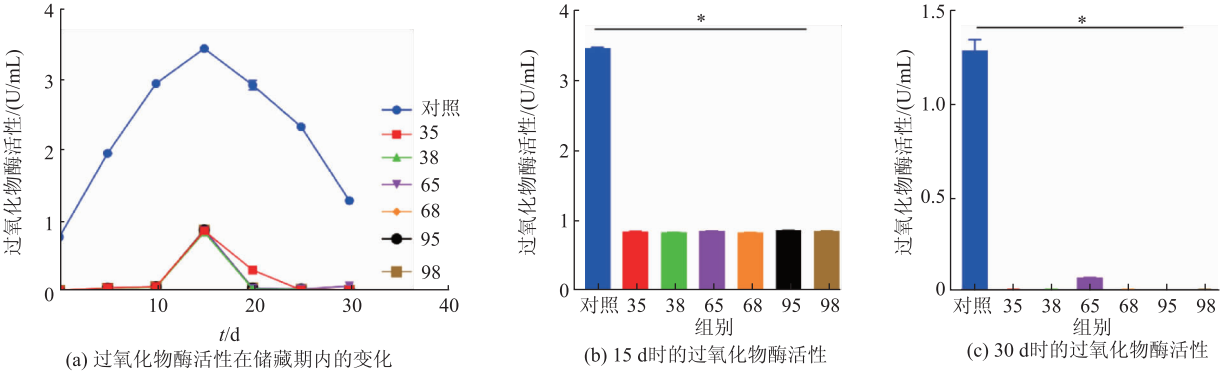
(a) β–胡萝卜素质量分数在储藏期内的变化　(b) 15 d时的β-胡萝卜素质量分数　(c) 30 d时的β-胡萝卜素质量分数

图 6　微波热烫和气调包装对胡萝卜中β–胡萝卜素质量分数的影响

Fig. 6　Effect of microwave blanching and MAP on the β–carotene content of carrot

2.4　过氧化物酶活性

果蔬产品中较高的过氧化物酶活性会导致酚类物质的降解，从而引起产品在储藏过程中的变色、变味和营养损失[43-44]。因此,需要对产品进行适当的抑酶处理,从而抑制酶促作用。如图 7 所示,对照样品的过氧化物酶活性从储藏期开始就显著上升,而处理样品的过氧化物酶活性在 0 d 时为 0,从 10 d 时才开始上升,这说明微波热烫处理在储藏期前 10 d 内很好地抑制了过氧化物酶的活性。15 d 后,高氧气调包装胡萝卜样品的酶活性下降速度比低氧气调包装样品更快,这表明高氧气调包装能够更好地控制过氧化物酶的活性，这与 Wang 等人的研究结果一致。含有 80%氧气的气体储藏的蘑菇的过氧化物酶活性在开始时会出现较高的峰值,但随着储藏时间的延长,其酶活性比储藏在较低体积分数氧气中的蘑菇酶活性下降更快[45]。Jacxsens 等人也报道了高体积分数氧气(>70%)对抑制新鲜蔬菜中的酶活性非常有效[46]。



(a) 过氧化物酶活性在储藏期内的变化　(b) 15 d时的过氧化物酶活性　(c) 30 d时的过氧化物酶活性

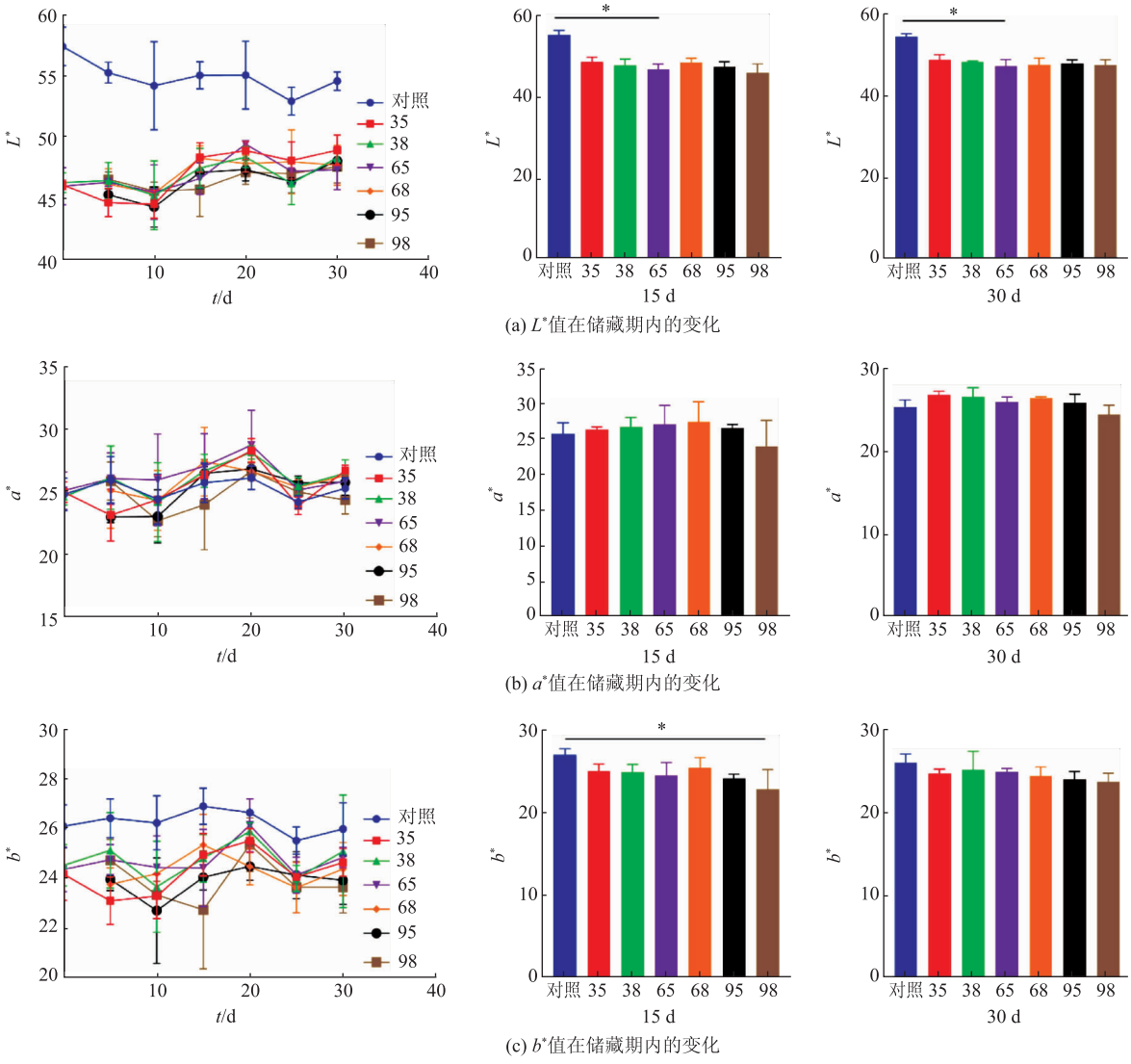
图 7　微波热烫和气调包装对胡萝卜中过氧化物酶活性的影响

Fig. 7　Effect of microwave blanching and MAP on the peroxidase activity of carrot

2.5　颜色分析

胡萝卜样品的 L^*(亮度),a^*(红绿值),b^*(黄蓝值)值见图 8。经过微波热烫后,胡萝卜样品的 L^* 值从 57.46(对照样品)降低至 46.02(360 W 热烫)、46.31(630 W 热烫)和 46.15(900 W 热烫),这可以归咎于微波热烫期间的颜色浸出。此外,微波热烫也造成了处理样品更大的 a^* 值和更小的 b^* 值,该结果与 Rawson 等人的发现一致，即热水烫漂会使

胡萝卜的红度更高,黄度更低[47]。比较所有的处理样品，如样品 38 和 35 的颜色测量结果表明,360 W 的微波热烫功率更好地保持了胡萝卜的颜色。储存期内，处理样品的 L^*、a^* 和 b^* 值相比对照样品具有更高的稳定性,说明气调包装起到了保持胡萝卜颜色的作用。



(a) L^*值在储藏期内的变化

(b) a^*值在储藏期内的变化

(c) b^*值在储藏期内的变化

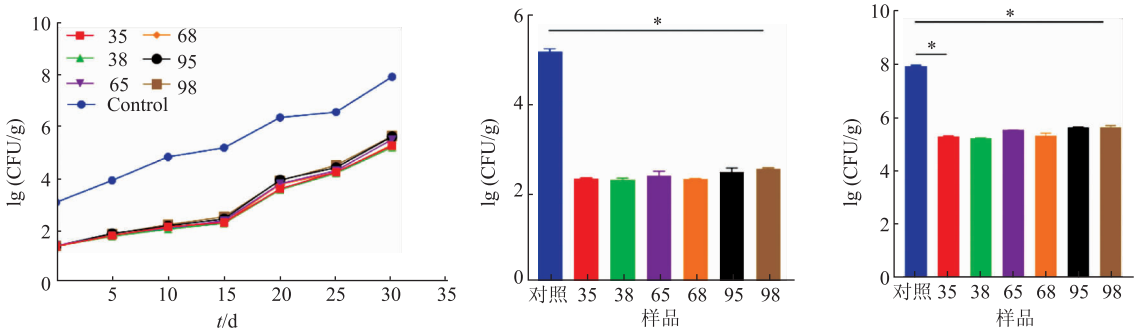
图 8　微波热烫和气调包装对胡萝卜颜色的影响

Fig. 8　Effect of microwave blanching and MAP on the colour of carrot

2.6　微生物分析

烫漂是抑制或杀死果蔬中微生物的有效预处理方法。如图 9 所示,经过微波热烫后,处理样品的微生物数量显著低于对照样品。储藏期内,所有胡萝卜样品的微生物数量都随着储藏时间的延长而上升。高水分质量分数、切割和表皮削除等因素是造成胡萝卜中微生物生长的主要原因。Amanatidou 等人建议,为保证初加工产品 5~6 d 的保质期,产品中微生物数量对数值的不应超过 7.7[42]。如图 9 所示,在整个储藏期内,处理样品的微生物数量对数值均未超过 7.7,对照样品则在 30 d 时超过限定值。对照样品储藏期内更高的微生物数量可能是因为对照样品中更高的自由水含量。Sandulachi 指出,自由水负责酵母、霉菌、细菌的生长甚至毒素的产生[37]。

对所有处理样品进行比较发现，样品 95 的微生物数量增加最快,样品 38 增加最慢,这说明低功率微波热烫和高氧气调包装的结合能够最有效地抑制胡萝卜中微生物的生长。



(a) 菌落总数在储藏期内的变化　(b) 15 d时的菌落总数　(c) 30 d时的菌落总数

图 9　微波热烫和气调包装对胡萝卜菌落总数的影响

Fig. 9　Effect of microwave blanching and MAP on the microbial load of carrot

3 结　语

在此项研究中，微波热烫被证明是一种有效的预处理方法，它可以有效控制中央厨房用胡萝卜的水分状态和微生物的生长，并进一步改善气调包装胡萝卜的储藏品质。尽管微波 900 W 和 630 W 的热烫时间较短，但以 360 W 的功率进行热烫可以更有效地保持胡萝卜的贮藏品质。经 360 W 微波热烫并在高氧含量（体积分数 80% O_2，10% CO_2，10% N_2）的气调包装中的胡萝卜（样品 38）获得了最好的保鲜品质，这说明低功率微波热烫与高氧气调包装的结合对于中央厨房用胡萝卜和其他蔬菜可能是一种有前途的保鲜技术。

参考文献：

[1] HANIFA N I, RUMIYATI, SISMINDARI, et al. Cytoprotective and antioxidant effects of ethanolic extract of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) and carrot (*Daucus carota* L.)[J] **AIP Conference Proceedings**, 2016, 1755(1): 030004.

[2] GAGGIOTTI S，MASCINI M，PITTIA P，et al. Headspace volatile evaluation of carrot samples—comparison of GC/MS and AuNPs-hpDNA-based e-nose[J]. **Foods**，2019，8(8)：293.

[3] DELFIYA A，MOHAPATRA D，KOTWALIWALE N，et al. Effect of microwave blanching and brine solution pretreatment on the quality of carrots dried in solar-biomass hybrid dryer[J]. **Journal of Food Processing and Preservation**，2018，42(2)：e13510.

[4] LARSEN H，WOLD A B. Effect of modified atmosphere packaging on sensory quality，chemical parameters and shelf life of carrot roots(*Daucus carota* L.) stored at chilled and abusive temperatures[J]. **Postharvest Biology and Technology**，2016，114：76-85.

[5] VALANJU P M，KOTSCHENREUTHER M，MAHAJAN S M，et al. Super-X divertors and high power density fusion devices[J]. **Physics of Plasmas**，2009，16(5)：056110.

[6] RAMOS R T，STRONG A，LEES G. Method and system for estimating fluid leak flow rates using distributed optical fiber sensors [P]. US Patent：8 520 195, 2013-08-27.

[7] SIDDIQUI S A. Automotive fuel system leak testing[P]. US Patent：12 836 006, 2011-06-16.

[8] SOLIVA-FORTUNY R C，MARTIÍN-BELLOSO O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits：a review[J]. **Trends in Food Science and Technology**，2003，14(9)：341-353.

[9] MAHAJAN P V，CALEB O J，SINGH Z，et al. Postharvest treatments of fresh produce[J]. **Philosophical Transactions of the Royal Society A：Mathematical，Physical and Engineering Sciences**，2014，372：20130309.

[10] WANG J，ZHANG M，GAO Z，et al. Smart storage technologies applied to fresh foods：a review[J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**，2018，58(16)：2689-2699.

[11] GARCIA E, BARRETT D M. Fresh-Cut Fruits and Vegetables[M]. Bocaraton:CRC Press,2002: 267-304.

[12] GARCIA A，MOUNT J R，DAVIDSON P M. Ozone and chlorine treatment of minimally processed lettuce[J]. **Journal of Food**

Science,2003,68(9):2747-2751.

[13] BELTRÁN D,SELMA M V,TUDELA J A,et al. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2005,37(1):37-46.

[14] MARTIN-DIANA A B,RICO D,FRIAS J M,et al. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables:a review[J]. **Trends in Food Science and Technology**,2007,18(4):210-218.

[15] HUSSEIN Z,CALEB O J,OPARA U L. Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce-a review[J]. **Food Packaging and Shelf Life**,2015,6:7-20.

[16] MELNICK D,HOCHBEBG M,OSER B L. Comparative study of steam and hot water blanching[J]. **Food Research**,1944,9:148-153.

[17] QUARCOO P C,MANU F D W. The effect of steam and hot water blanching on some quality attributes of cocoyam leaf[J]. **MOJ Food Process Technology**,2016,2(5):164-168.

[18] SOYSAL Ç,SÖYLEMEZ Z. Kinetics and inactivation of carrot peroxidase by heat treatment[J]. **Journal of Food Engineering**,2005,68(3):349-356.

[19] BEHERA G,RAYAGURU K,NAYAK P K. Effect of microwave blanching on slice thickness and quality analysis of star fruit[J]. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**,2017,5(3):274-281.

[20] QUENZER N M,BURNS E E. Effects of microwave,steam and water blanching on freeze-dried spinach[J]. **Journal of Food Science**,1981,46(2):410-413.

[21] SEVERINI C,GIULIANI R,DE FILIPPIS A,et al. Influence of different blanching methods on colour,ascorbic acid and phenolics content of broccoli[J]. **Journal of Food Science and Technology**,2016,53(1):501-510.

[22] XIAO H W,PAN Z,DENG L Z,ET AL. Recent developments and trends in thermal blanching-a comprehensive review[J]. **Information Processing in Agriculture**,2017,4(2):101-127.

[23] BASKAYA S D,DEMIRDÖVEN A. The effects of microwave blanching conditions on carrot slices:optimization and comparison[J]. **Journal of Food Processing and Preservation**,2015,39(6):2188-2196.

[24] FAGUNDES C,MORAES K,PÉREZ-GAGO M B,et al. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2015,109:73-81.

[25] MAJIDI H,MINAEI S,ALMASSI M,et al. Tomato quality in controlled atmosphere storage,modified atmosphere packaging and cold storage[J]. **Journal of Food Science and Technology**,2014,51(9):2155-2161.

[26] MORGAN K,BENKEBLIA N. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on microbiological and sensory quality of ackee fruit arils(*Blighia sapida* Köenig) stored under refrigerated regimes[J]. **Packaging Research**,2017,2(1):12-21.

[27] YOUNG R A,ELLIOTT T J. Stress proteins,infection,and immune surveillance[J]. **Cell**,1989,59(1):5-8.

[28] DAWANGE S P,DASH S K,BAL L M,et al. Quality of minimally processed carrots in perforation-mediated modified-atmosphere packaging(PM-MAP)[J]. **Journal of Food Measurement and Characterization**,2016,10(4):746-754.

[29] MASNIYOM P. Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging[J]. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 2011, 33(2):181-192.

[30] KAKIOMENOU K,TASSOU C,NYCHAS G J. Microbiological,physicochemical and organoleptic changes of shredded carrots stored under modified storage[J]. **International Journal of Food Science and Technology**,1996,31(4):359-366.

[31] BARTH M M,ZHUANG H. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage[J]. **Postharvest Biology and Technology**,1996,9(2):141-150.

[32] GÓMEZ P A,ARTÉS F. Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging[J]. **LWT–Food Science and Technology**,2005,38(4):323-329.

[33] ELZBIETA R K,JANUSZ C,KATARZYNA C. The effect of pretreatment of shredded celeriac using solutions of enzymatic browning inhibitors on the quality of minimally processed product[J]. **Journal of Food Quality**,2007,30(5):594-608.

[34] LU S. Effect of packaging on shelf-life of minimally processed Bok Choy (*Brassica chinensis* L.)[J]. **LWT–Food Science and Technology**,2007,40(3):460-464.

[35] FAN K,ZHANG M,FAN D,et al. Effect of carbon dots with chitosan coating on microorganisms and storage quality of

modified-atmosphere-packaged fresh-cut cucumber[J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**,2019,99(13):6032-6041.

[36] MORALES-BLANCAS E F,CHANDIA V E,CISNEROS-ZEVALLOS L. Thermal inactivation kinetics of peroxidase and lipoxygenase from broccoli,green asparagus and carrots[J]. **Journal of Food Science**,2002,67(1):146-154.

[37] SANDULACHI E. Water activity concept and its role in food preservation[J]. **Meridian Engineering**, 2012, 4:40-48.

[38] WANI S A,SOLANKE N,KUMAR P. Effect of fenugreek seed powder and oat flour incorporation on physical and functional properties of extruded product[J]. **Akademik Gida**,2015,13(1):6-14.

[39] KUMAR N, SARKAR B C, SHARMA H K, et al. Colour kinetics and storage characteristics of carrot, pulse and rice by-product based extrudates[J]. **British Food Journal**, 2012, 114(9):1279-1296.

[40] EZEANAKA M C,NSOR-ATINDANA J,ZHANG M. Online low-field nuclear magnetic resonance (LF-NMR) and magnetic resonance imaging(MRI) for food quality optimization in food processing[J]. **Food and Bioprocess Technology**,2019,12(9):1435-1451.

[41] CHITRAKAR B,ZHANG M,BHANDARI B. Novel intelligent detection of safer water activity by LF-NMR spectra for selected fruits and vegetables during drying[J]. **Food and Bioprocess Technology**,2019,12(7):1093-1101.

[42] AMANATIDOU A,SLUMP R A,GORRIS L G M,et al. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots[J]. **Journal of Food Science**,2000,65(1):61-66.

[43] BURNETTE F S. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality:a review[J]. **Journal of Food Science**,1977,42(1):1-6.

[44] 刘倩,张慜,容小红,等. 热烫前处理对青菜中酶活性及色泽的影响[J]. 食品与生物技术学报,2013,32(10):1031-1036.

[45] WANG C T,WANG C T,CAO Y P,et al. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) with low and superatmospheric oxygen on the quality and antioxidant enzyme system of golden needle mushrooms (*Flammulina velutipes*) during postharvest storage[J]. **European Food Research and Technology**,2011,232(5):851-860.

[46] JACXSENS L,DEVLIEGHERE F,VAN DER STEEN C,et al. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce[J]. **International Journal of Food Microbiology**,2001,71(2-3):197-210.

[47] RAWSON A,TIWARI B K,TUOHY M G,et al. Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoid content of hot air and freeze dried carrot discs[J]. **Ultrasonics Sonochemistry**,2011,18(5):1172-1179.

科　技　信　息

欧盟批准 3-硝基氧基丙醇作为饲料添加剂

2022 年 4 月 8 日,欧盟发布条例(EU) 2022/565,批准 3-硝基氧基丙醇(3-nitrooxypropanol)作为饲料添加剂用于奶牛和繁殖用奶牛,本条例自发布之日起第 20 天生效。

该添加剂所属类别为“功能性添加剂”,功能组别为“对环境有益处的物质”;识别号为 4c1;用于用于奶牛和繁殖用奶牛时在含水率 12%全价饲料中的最低质量分数为 53mg/kg,最高质量分数为 80 mg/kg;批准期限至 2032 年 4 月 28 日。

[信息来源]江苏省技术性贸易措施公平贸易工作站.欧盟批准 3-硝基氧基丙醇作为饲料添加剂[EB/OL]. (2022-4-11).http://www.tbtguide.com/