红外表面加热结合冷冻处理对葡萄自动脱皮效果的影响

陈纪算[1]，姜齐永[2]，卢利群[1]，张 慜[*2]
（1. 宁波海通食品科技有限公司，浙江 慈溪 315300；2. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122）

摘要：为了实现对冷冻葡萄的快速、高效脱皮，采用冻前红外表面加热处理和冻后红外表面加热处理2种方式，探索不同时间红外表面加热预处理结合冷冻手段对葡萄自动脱皮效果的影响。结果表明，冻前红外表面加热处理5 min以上能够使葡萄果皮出现明显的开裂现象，自动脱皮效果明显，然而过长时间的红外处理也会导致葡萄硬度、颜色等指标的下降。冻后短时红外处理能够更好保持葡萄的品质，1 min的红外表面加热能够保证葡萄在未解冻的前提下出现裂口，从而使得后续可以采用各种手段使葡萄实现自动脱皮。

关键词：红外表面加热；冷冻；葡萄脱皮；碱液去皮
中图分类号：TS 255.3　**文章编号：**1673-1689(2023)02-0066-07　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2023.02.010

Effect of Infrared Surface Heating Combined with Freezing Treatment on Automatic Peeling of Grapes

CHEN Jisuan[1]，*JIANG Qiyong*[2]，*LU Liqun*[1]，*ZHANG Min*[*2]
(1. Ningbo Haitong Food Group Company, Cixi 315300, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: To achieve rapid and efficient peeling of frozen grapes, the effects of infrared surface heating pretreatment combined with freezing on automatic peeling of grapes with different treated duration were explored. Two methods including infrared surface heating before freezing and infrared surface heating after freezing were applied in this study. The results showed that the infrared surface heating treatment for more than 5 minutes before freezing could cause obvious cracking of the grape peel, and the automatic peeling effect was obvious. However, the long-term infrared processing caused the decrease of grape hardness, color and other indicators. The short-term infrared treatment after freezing could better maintain the grape quality. The grapes were cracked without thawing could be ensured by 1 minute of infrared surface heating, therefore various methods could be used to

收稿日期：2021-10-20
基金项目：国家重点研发计划项目(2018YFD0400801)。
作者简介：陈纪算(1978—)，男，硕士，高级农艺师，主要从事农产品种植、加工与安全方面的研究。E-mail：cjs@haitonggroup.com
*通信作者：张 慜(1962—)，男，博士，教授、博士研究生导师，主要从事农产品贮藏与加工方面的研究。E-mail：min@jiangnan.edu.cn

automatically peel the grapes in the subsequent steps.
Keywords: infrared surface heating, freezing, grape peeling, lye peeling

水果去皮一直是果蔬食品制造业的一项难题。经过多年的生产实践探索,现今加工企业使用的方法主要可以分为机械去皮和化学去皮2种方式。前者对于去皮对象的形状、大小等参数有着较为严苛的要求,多采用辊子摩擦式剥皮或者特殊刀具去皮,去皮成功率相对较低,浪费较为严重;后者忽略了对去皮水果的形状、大小要求,使用化学助剂如生物酶、可食用酸碱制剂等对水果进行处理,同时还对水果进行烫热处理,最后再进行去皮处理,提高了成品率,但是对于水果的风味、硬度等有所损伤[1-3]。在葡萄加工中,去皮往往是生产中的必要环节。传统葡萄去皮主要采用化学去皮的方式,成品率较高,但是对葡萄的风味和硬度有损伤[4]。采用有效的物理手段对葡萄皮进行预处理,实现自动脱皮一直是人们探索的主题。

红外(IR)加热显示了在一些果蔬加工支皮上应用的可能性,例如番茄、桃子、枣等都有文献报道[5-7]。当IR用于果蔬样品表面加热时,红外辐射会撞击样品表面分子并向里渗透,从而通过材料的分子振动产生热量。辐射穿透的深度取决于红外辐射的波长以及物体的成分和结构[8-9]。由于密集的热传递速率和低穿透深度,红外加热可能是一种适合水果和蔬菜去皮的方法[10]。

对于葡萄来说,果实较小,质地较软,对其果皮进行预处理后往往也难以采用机械手段实现自动去皮。冷冻如今是葡萄加工的一种重要方式,冷冻后的葡萄质量稳定,贮藏期能够得到最大程度的延长[11]。冷冻后的葡萄质地坚硬,便于采用机械手段对其进行处理实现自动脱皮。

作者研究了红外表面加热结合冷冻处理对葡萄果皮的处理效果,以实现在葡萄加工过程中的自动脱皮。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜巨峰葡萄:购买于无锡本地市场,挑选大小均一,颜色质地一致的好果置于-4 ℃冰箱,恒温12 h使温度均衡。

红外干燥机(中波):泰州圣泰科(干燥设备)红外科技有限公司;速冻柜(卡蒂尔BD-30):中山市康王电器有限公司;质构仪(TA-XTC-18):上海保圣实业发展有限公司;色差计(CM-3600d):日本Konica Minolta公司。

1.2 去皮方法

1.2.1 冷冻前后红外加热表面处理

1)冷冻前红外处理 将称量好的葡萄置于红外加热器内加热,物料放置初始温度30 ℃,设置温度120 ℃,红外加热时间分别控制为4、5、6、7 min,分别被定义为IF4、IF5、IF6、IF7。然后转移至冰水混合水浴中降温,捞出沥干水分。所采用红外辐照密度为0.47 W/cm^2,样品距离红外管高度为12 cm。实验同时设置2 g/L和1 g/L氢氧化钠溶液浸泡脱皮处理(90 ℃、120 s)作为对照。

2)冷冻后红外处理 将冷冻后的葡萄置于红外加热器内分别进行辐照加热0、1、3、5 min,分别定义为IR0,IR1,IR3,IR5。所采用红外辐照密度为0.47 W/cm^2,样品距离红外管高度为12 cm。

1.2.2 葡萄冷冻及脱皮

将未经过处理以及红外表面处理后的葡萄果粒置于-20 ℃低温环境中冷冻,冷冻时间为12 h。将不同处理后的葡萄置于冷水中,观察葡萄果皮状态,然后用手工模拟脱皮。

1.3 指标测定

1.3.1 去皮损失

对葡萄全果去皮前后进行称质量,测量去皮前后质量损失。采用电子秤进行称量,精确到0.01 g。

$$M_{\text{去皮损失}}=\frac{M_1-M_2}{M_1}\times 100\%$$

式中:M_1为去皮前质量,g;M_2为去皮后质量,g。

1.3.2 颜色

不同去皮处理对葡萄颜色的影响用色度计测量。为了避免褐变和氧化,处理后立即测量果肉的颜色。发光体为D_{65},观察为2°,采用标准白色板进行校准。明暗值(L^*)、红绿值(a^*)、黄蓝值(b^*)均由本仪器直接记录,L_0^*、a_0^*、b_0^*为对照组颜色的平均值,对照与各处理组颜色的比较(ΔE)采用下式计算。

$$\Delta E=\sqrt{(L^*-L_0^*)^2+(a^*-a_0^*)^2+(b^*-b_0^*)^2}$$

1.3.3 *质构* 采用质构仪对不同去皮处理葡萄果实进行 TPA 测试,采用 TA/36R 柱形探头,测试前速度 2 mm/s,测试速度 1 mm/s,测试后速度 1 mm/s。硬度触发点数值 5 g,下压形变目标数值 20 %,时间 3 s。

2 结果与分析

2.1 冷冻前后不同红外处理下葡萄全果去皮损失变化

葡萄全果在冷冻前采用不同去皮方式处理后果实质量损失见图 1,包括葡萄果皮内胶质层的溶解及葡萄内果肉的质量损失。可以看出,不同去皮方式导致的去皮损失不同。IF4 由于没有葡萄裂口出现,去皮损失最小。随着作用时间延长,葡萄裂缝出现,去皮损失增加。氢氧化钠热烫处理后的葡萄果实随着溶液质量浓度的增加,去皮损失增加[12]。相比之下,在能够引起葡萄果实出现明显裂缝情况下,IF5 引起的去皮损失低于氢氧化钠热烫处理。

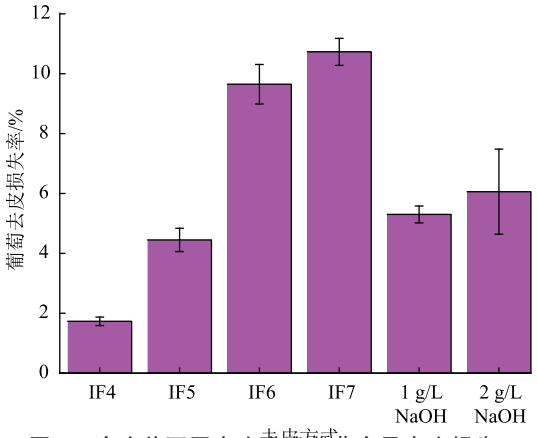


图 1 冷冻前不同去皮方式葡萄全果去皮损失

Fig. 1 Peeling losses of whole grapes treated before freezing by different peeling methods

准确称量冷冻葡萄果实脱皮前后的质量,计算红外处理对冷冻葡萄的去皮损失,结果见图 2。可以看出,冷冻后随着红外加热时间的延长,葡萄果实脱皮质量随之增加。这是由于 IR 加热时间长,引起冷冻葡萄的解冻,汁液流失逐渐增加,果实去皮损失除了去皮的质量以外,还有汁液流失的质量。相比之下,短时间红外加热处理(1 min)条件下冷冻葡萄仍然能够保持冻结状态,不会出现汁液流失状态,去皮损失少。

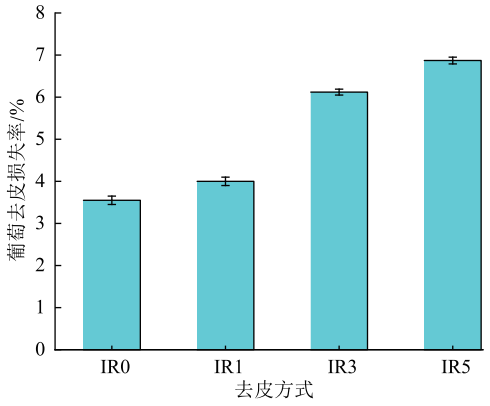


图 2 冷冻后不同脱皮处理后葡萄全果的去皮损失

Fig. 2 Peeling losses of whole grapes treated after freezing by different peeling treatments

2.2 冷冻前后不同红外处理下葡萄果实颜色变化

表 1 显示了冷冻前不同去皮方式处理对葡萄果实颜色的影响。可以看出,不同处理会对葡萄亮度及颜色带来影响。其中,L^* 代表明暗值、α^* 代表红绿值、b^* 代表黄蓝值[13]。实验结果显示,不同去皮处理后的葡萄果实色度均出现一定程度下降,红外处理及碱液处理对葡萄果实色素均会带来一定破坏。然而,从 ΔE 值可以看出,红外处理后葡萄色泽的变化要小于碱液去皮。

冷冻后经不同时间红外辐照去皮处理后的葡萄果实颜色(L^*,α^*,b^*,ΔE)也发生了不同程度的变化,结果见表 2。可以看出,葡萄冷冻后不同时间红外加热处理对葡萄果实的颜色产生了影响,导致色素的破坏。从表 2 可以看出,较短时间的红外加热处理能够较好保持果实亮度,但 ΔE 值较大。这可能是由于短时红外加热的葡萄果实仍处在冷冻状态下,果实颜色和解冻之后的葡萄色泽会有明显差异。

2.3 冷冻前后不同红外处理下葡萄果实质构变化

实验对冷冻前后不同去皮方式处理后的葡萄果实进行了 TPA 测试,冷冻前测试各项指标见表 3。可以看出,与新鲜葡萄果实相比,不同去皮方法处理之后,葡萄果实的硬度、弹性、咀嚼性、胶着性、内聚性、回复性、黏着性等指标均出现不同程度下降,其主要指标硬度变化见图 3。可以看出,IF4 处理能够较好保持葡萄的硬度,然而IF4 处理并不能达到明显的去皮效果。IF5 处理能够使葡萄果皮出现明显裂口,相比于不同质量浓度碱液去皮,IF5 处理能够更好保持葡萄果实硬度。说明相比于碱液去

皮,在同样去皮效果下,红外去皮能够较好保持葡　　萄质地。

表 1　冷冻前不同去皮方法下葡萄果实颜色指标

Table 1　Color indicators of grapes treated before freezing by different peeling methods

处理方法	L^*	a^*	b^*	ΔE
新鲜葡萄	44.48±0.80	1.12±0.48	−1.00±0.25	—
IF4	39.81±1.49	3.99±0.88	−0.73±0.13	5.49
IF5	41.44±0.78	2.30±0.85	−0.67±0.01	3.27
IF6	42.71±1.75	3.60±1.22	−0.39±0.36	3.10
IF7	43.81±0.09	1.98±0.39	−0.52±0.16	1.19
1 g/L NaOH	41.08±0.95	5.83±1.80	−0.17±0.36	5.87
2 g/L NaOH	39.95±0.84	5.72±1.32	−0.21±0.40	6.51

表 2　冷冻后不同去皮方法下葡萄果实颜色指标

Table 2　Color indicators of grapes treated after freezing by different peeling methods

处理方法	L^*	α^*	b^*	ΔE
IR0	46.40±0.69	−0.06±0.07	−2.71±0.09	—
IR1	43.13±0.83	0.14±0.06	−2.15±0.08	3.32
IR3	40.89±0.57	1.95±0.10	−1.91±0.26	2.89
IR5	39.60±0.46	2.07±0.17	−1.65±0.19	1.32

表 3　冷冻前不同去皮方法下葡萄果实 TPA 指标

Table 3　TPA index of grapes treated before freezing by different peeling methods

处理方法	硬度/g	黏着性/g	弹性	咀嚼性/g	胶着性/g	内聚性	回复性
新鲜葡萄	881.498±76.201	−0.09±0.13	0.820 9±0.012 4	444.445±47.759	540.989±53.425	0.613 3±0.018 9	0.343 1±0.003 1
IF4	853.749±44.337	−9.02±3.07	0.821 0±0.004 7	407.358±14.452	496.294±20.371	0.581 8±0.016 5	0.298 1±0.006 9
IF5	436.357±146.287	−21.00±12.13	0.787 3±0.079 3	210.792±92.566	261.541±97.805	0.591 4±0.064 5	0.268 2±0.014 9
IF6	214.175±73.840	−7.35±3.03	0.646 7±0.045 7	78.726±29.721	118.947±39.521	0.558 7±0.018 3	0.248 0±0.008 9
IF7	271.004±53.873	−1.20±1.55	0.602 1±0.060 5	84.510±21.131	138.374±20.471	0.515 4±0.026 4	0.244 9±0.009 5
1 g/L NaOH	287.016±24.158	−1.60±1.12	0.708 8±0.031 1	118.546±16.925	167.416±24.595	0.580 2±0.037 0	0.261 3±0.025 8
2 g/L NaOH	194.603±33.369	−4.47±4.66	0.580 9±0.016 0	59.696±14.169	102.249±21.531	0.523 2±0.031 8	0.232 1±0.010 7

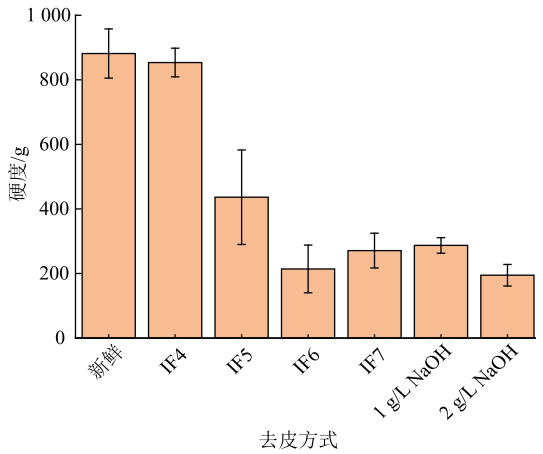


图 3 冷冻前不同去皮方式葡萄果实硬度变化

Fig. 3 Hardness changes of grape fruit treated before freezing by different peeling methods

冷冻后不同脱皮处理下的葡萄硬度、咀嚼性和胶着性见图 4。可以看出,冷冻后的葡萄随着 IR 处理时间的延长,葡萄果实的硬度、咀嚼性和胶着性均出现下降。未采用 IR 处理的葡萄保持了较好的硬度等指标,这是由于葡萄果实未受到加热处理,质地保持较好。IR 处理后,葡萄果实受热,组织结构受损,质地下降明显。尽管 IR 加热能够较好地避免对果实内部的加热,但长时间处理对果肉质地的保持是非常不利的。实验结果表明,1 min 的红外处理能够较好保持葡萄脱皮后的质地。

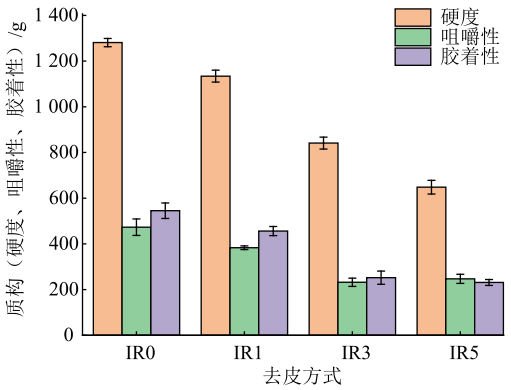


图 4 冷冻后不同脱皮处理后的葡萄硬度、咀嚼性和胶着性

Fig. 4 Hardness, chewiness and gelatinous properties of grapes treated after freezing by different peeling treatments

2.4 冷冻前后不同红外处理下葡萄自动脱皮效果

图 5 显示冷冻前经不同处理后葡萄的自动脱皮效果,可以看出,IF4 葡萄果皮未出现明显裂口,IF5 显现明显去皮效果,处理后的葡萄果实出现明显裂缝。随着红外处理时间的延长,果皮裂缝变大。氢氧化钠处理后的葡萄果实也出现明显裂缝,1 g/L NaOH 处理的葡萄果实就可以出现裂口。结果显示,红外处理一定时间后,葡萄皮能够产生和碱液处理相同的开裂效果,从而避免了碱液的应用。这主要是由于红外辐照对果皮表面产生的快速热效应,引起果皮膨胀破裂[14]。

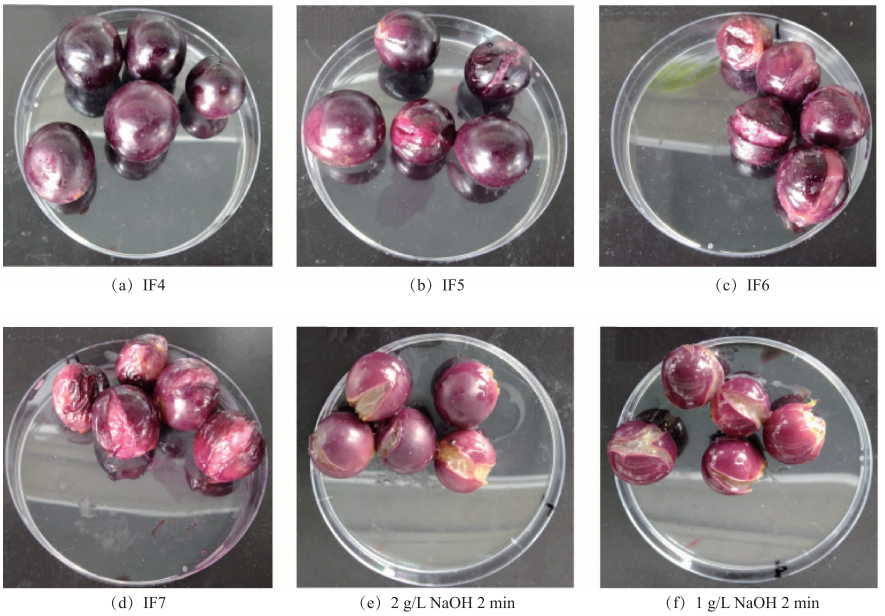
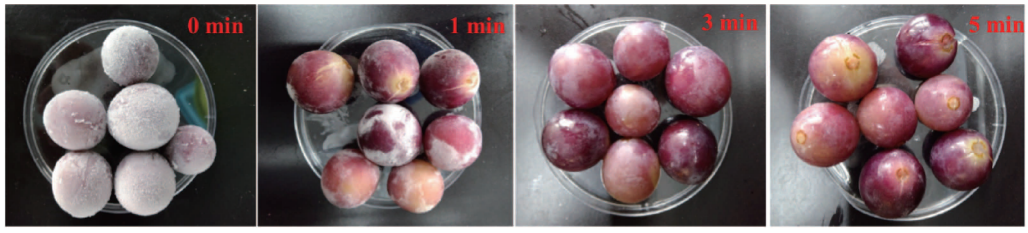


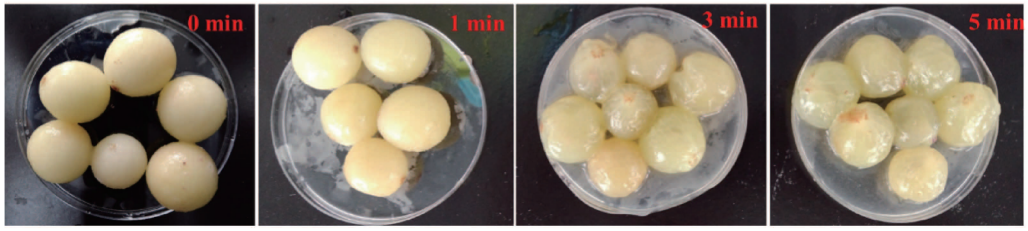
图 5 冷冻前不同处理的葡萄去皮效果

Fig. 5 Peeling effect of grapes treated before freezing by different treatments

冷冻后不同时间 IR 加热处理后葡萄果实的表皮出现不同程度的开裂,见图 6(a)。随着 IR 加热时间的延长,果皮开裂现象逐渐明显。但随之带来的是葡萄果实开始化冻变软,时间越长,化冻变软现象越明显,这不利于葡萄的保存。相比之下,1 min IR 处理在没有明显发生解冻的前提下,葡萄果实表皮发生开裂,有利于后续的自动化脱皮。图 6(b)为不同时间 IR 加热处理后采用手工模拟脱皮后的葡萄图片。可以看出,3 min 以上的 IR 处理葡萄果实出现明显软化,说明解冻明显。而 1 min 红外加热脱皮后的葡萄仍然能够保持冷冻状态。在脱皮的时候,发现冷冻后的巨峰葡萄质地坚硬,葡萄皮较容易脱除。冻前红外短时导致葡萄皮开裂,这使得后续葡萄自动脱皮成为可能。



(a) IR加热后的葡萄



(b) IR加热后手工模拟脱皮效果

图 6　不同时间 IR 加热后脱皮效果

Fig. 6　Peeling effect of grapes heated for different durations by IR

3 结　语

试验结果显示,在葡萄冻前红外表面加热预处理时,采用红外辐照密度为 0.47 W/cm^2,样品距离红外管高度为 12 cm 的条件下,红外辐照 5 min 以上即可达到明显效果,葡萄果皮裂缝明显。随着照射时间的延长,红外去皮效果越来越明显,然而,葡萄果实的色泽、去皮损失率、硬度等也随之下降。试验结果还显示,1 g/L 的氢氧化钠即可达到去皮效果,但硬度等指标也明显下降。相比之下,5 min 红外处理结果优于其他各组处理。红外处理耗能低,加热速度快,且避免了碱液的使用,在葡萄自动去皮中显示出应用潜力。冷冻后的葡萄质地坚硬,浸泡在冷水中,果皮较容易剥离,且能够极好的保持葡萄果实品质,对葡萄营养及质地破坏最小。在此基础上,进一步研究冷冻后采用红外短时加热处理对葡萄果皮膨胀裂口的影响。冷冻后再红外表面加热处理的时间分别为 0、1、3、5 min,随着红外处理时间的延长,葡萄果皮裂口逐渐明显,能够达到预期效果。然而,葡萄果实的颜色、质地和去皮损失率的结果表明,随着红外加热时间的延长,对葡萄品质的保持非常不利。颜色破坏及质地软化明显,去皮损失增加显著,尤其是 3 min 以上时间的红外处理。而 1 min 的红外处理在能够达到使葡萄果实裂口的前提下,能够较好保持葡萄品质,1 min 红外处理后葡萄仍然能够保持冻结状态,有利于后续采用不同的手段对其进行自动去皮。

参考文献:

[1] GAVAHIAN M,SASTRY S K. Ohmic-assisted peeling of fruits:understanding the mechanisms involved,effective parameters,and prospective applications in the food industry[J]. **Trends in Food Science & Technology**,2020,106:345-354.

[2] SIDDIQUI M. Minimally Processed Foods:Technologies for Safety,Quality,and Convenience[M]. Berlin: Springer International Publishing,2015:57-78.

[3] PAN Z,LI X,VENKITASAMY C,et al. Module in Food Science[M]. Amsterdam:Elsevier,2016:1-9.
[4] BAYINDIRLI L. Mathematical analysis of lye peeling of tomatoes[J]. **Journal of Food Engineering**,1994,23(2):225-231.
[5] SHEN Y,KHIR R,WOOD D,et al. Pear peeling using infrared radiation heating technology[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**,2020,65:102474.
[6] LI X,ZHANG A,ATUNGULU G G,et al. Effects of infrared radiation heating on peeling performance and quality attributes of clingstone peaches[J]. **LWT – Food Science and Technology**,2014,55(1):34-42.
[7] VIDYARTHI S K,EL- MASHAD H M,KHIR R,et al. Tomato peeling performance under pilot scale catalytic infrared heating [J]. **Journal of Food Engineering**,2019, 246:224-231.
[8] LI X,PAN Z,ATUNGULU G.G,et al. Peeling of tomatoes using novel infrared radiation heating technology[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**,2014,21:123-130.
[9] 张慜,张鹏. 食品干燥新技术的研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2006,25(2):115-119.
[10] 王洪彩,张慜,王兆进. 香菇中短波红外干燥的试验[J]. 食品与生物技术学报,2013,32(7):698-705.
[11] NOSHAD M,GHASEMI P. Influence of freezing pretreatments on kinetics of convective air-drying and quality of grapes[J]. **Food Bioscience**,2020,38:100763.
[12] GAO R,YE F,LU Z,et al. A novel two-step ultrasound post-assisted lye peeling regime for tomatoes:reducing pollution while improving product yield and quality[J]. **Ultrasonics Sonochemistry**,2018,45:267-278.
[13] LAVELLI V,POMPEI C,CASADEI M.A. Quality of nectarine and peach nectars as affected by lye-peeling and storage[J]. **Food Chemistry**,2009,115(4):1291-1298.
[14] MOHAMMADI Z,KASHANINEJAD M,ZIAIIFAR A.M,et al. Peeling of kiwifruit using infrared heating technology:a feasibility and optimization study[J]. **LWT–Food Science and Technology**,2019,99:128-137.

科　技　信　息

欧盟授权将 3-岩藻糖基乳糖作为新型食品投放市场

据欧盟官方公报消息,2023 年 1 月 5 日,欧盟委员会发布法规(EU)2023/52 号条例,根据欧洲议会和理事会法规(EC) No 2015/2283 第 26(2)条规定的要求,批准 3-岩藻糖基乳糖(3-Fucosyllactose)作为新型食品投放市场,并修订欧盟委员会实施条例(EU)2017/2470 的附件。

据了解,3-岩藻糖基乳糖由大肠杆菌 BL21 (DE3)的衍生菌株生产的。

本条例自发布之日起第 20 天生效。

[信息来源]EUR-Lex home.Commission Implementing Regulation (EU) 2023/52 of 4 January 2023 authorising the placing on the market of 3-Fucosyllactose produced by a derivative strain of Escherichia coli BL21 (DE3) as a novel food and amending Implementing Regulation (EU) 2017/2470 (Text with EEA relevance)[EB/OL]. (2023-1-4).https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=uriserv:OJ.L_.2023.003.01.0001.01.ENG