

基于因子分析研究保湿制干对阿克苏地区骏枣品质影响

王萍¹, 杨保求¹, 李述刚¹, 李传峰², 向延菊^{1*}

(1.塔里木大学生命科学学院, 南疆特色农产品加工兵团重点实验室, 阿拉尔 843300; 2.塔里木大学机械电气化工程学院, 阿拉尔 843300)

摘要: 为了探索南疆骏枣在保湿制干过程中品质变化及主要的影响因素, 以南疆农一师骏枣为原料, 通过目前企业采用的变温保湿制干方式, 对干制过程中骏枣的各项物化特性进行测定, 并对其品质变化指标进行因子分析。实验结果表明: 骏枣保湿制干过程中红枣的水分含量制干前期呈波浪形上升, 后其呈缓慢下降趋势, 单果重、硬度和弹性、黄酮、a值和b值呈整体下降趋势, 咀嚼性、胶黏性、L值、总糖呈现先下降后上升的趋势, 灰分、多糖、总酸和还原糖含量呈现总体上升趋势, 果型指数变化不显著, 三萜酸含量在制干11 h内呈直线下降, 之后趋于平稳。通过因子分析得出保湿制干骏枣的3个主成分, 即营养指标、感官指标、口感指标, 其累计方差占到总方差80.656%。

关键词: 保湿制干; 因子分析; 品质

中图分类号: TS 255.1 文献标志码: A 文章编号: 1005-9989(2016)11-0043-06

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2016.11.013

Effect of the humidifying dried on quality of Jun jujube from Aksu by factor analysis

WANG Ping¹, YANG Bao-qiu¹, LI Shu-gang¹, LI Chuan-feng², XIANG Yan-ju^{1*}

(1.College of Life Sciences, Tarim University, Construction Corps Key Laboratory of Deep Processing on Featured Agricultural Products in South Xinjiang, Alar 843300; 2.College of Mechanical and Electronic Engineering, Tarim University, Alar 8433000)

Abstract: In order to explore the south Xinjiang Jun jujube quality change in the process of humidifying dried and main influencing factors of this experiment in southern Xinjiang agricultural division Jun jujube as raw material, through the enterprise adopts variable temperature humidification system of the dry method, the various physical and chemical characteristics of Jun jujube in the process of dried jujube were determined, and the quality change index factor analysis. Experimental results show that Jun jujube humidification system of dry jujube during the process of the early stage of the moisture content of dried undulate rise, after its slow decline trend, single fruit weight, hardness and elasticity, flavonoids, a value

收稿日期: 2016-06-28

*通讯作者

基金项目: 新疆生产建设兵团科技型中小企业技术创新资金项目(2014BD006); 塔里木大学校长基金科技成果转化与示范项目(TDXKTG201401); 农业科技成果转化资金项目(2014G41000043); 新疆生产建设兵团青年科技创新资金专项(2014CB006); 塔里木大学校长基金项目(TDKSS201421); 国家自然科学基金项目(C200701)。

作者简介: 王萍(1985—), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为农产品贮藏与加工。

and b value of the overall downward trend, chewiness, glue viscosity, the L value, total sugar showed a trend of decline after rising first, ash, polysaccharides, total acid and reducing sugar content presents the overall upward trend, fruit shape index change was not significant, triterpenoid acid content in dried 11 h in a straight line down, then leveled off. Humidification system dry Jun jujube factor analysis of three principal components, namely, nutrition index, the sensory index, taste index, its cumulative variance accounted for 80.656% of the total variance.

Key words: humidifying dried; factor analysis; quality

红枣作为我国的特色果品，具有很高的食用价值和药用价值，其研究和开发潜力巨大。除少量鲜食外大多都经过干制，以便利于贮存或为加工^[1]。干制是红枣加工的基础技术，主要方式有自然干制、热风干制、真空冷冻干制等^[2]，但随干制进程的推进，其产品品质总会发生一定的变化，如果实变形、表皮龟裂或壳化、颜色变差、营养损失等，这些都对红枣的品质产生极大影响^[3]。

新疆尤其是南疆骏枣作为主要的干制品种之一，受到地域和技术的限制，农户一直沿用传统的自然晾干或晒干。自然晾干或晒干的红枣，干燥速率慢，酶的活性不能得到有效抑制，因此呼吸作用将消耗一部分营养物质。干制时间越长，营养物质损失越多，干枣的品质就越差^[4]。企业主要采用热风干制^[5-6]，不受外界环境的影响，干制用时短、速率高、营养成分损失少，成品Vc保存较多、杂质少、商品率高，可较有效减少不利因素所造成的损失，但干制过程中由于水分的蒸发都是从表面开始，因此造成红枣仍会裂化、色泽变暗、饱满度低等问题。随着保湿制干技术的发展，保湿制干的红枣果实变形程度低，并能有效减少表皮壳化及过干现象，防止由于壳化现象导致内部水分不易蒸发而形成的果肉空腔和枣核周围果肉褐变严重等现象发生，并能使其达到相应制干要求，使其营养物质变化速率缓慢，一定程度可减少营养物质的损失^[7]，而受到南疆很多企业的推崇。

我国有关于保湿干制的研究在食品干制加工领域已有文献报道，如在鱼面、方便米粉、藕片、玉米等的高温高湿干制方面均得到了广泛的应用^[8-10]。如解决了藕片干制过程中的许多不良作用，即由于内部水分梯度过大而产生的扭曲变形、龟裂，物料在一定温度和含水量条件下与氧气接触而产生的氧化褐变、营养损失等^[8]。然而对

红枣的保湿干燥技术方面的研究少有相关报道，王文华^[3]等人对南疆骏枣的保湿干制工艺进行了研究，得出骏枣最佳的高温保湿干制最佳工艺条件；许倩^[7]等人对保湿技术在南疆灰枣干制中的应用进行了研究，得出了灰枣的最佳保湿制干工艺；但对于利用保湿制干工艺制干红枣的品质变化没有深入研究。因此本实验研究骏枣在保湿制干过程中单果重、果型指数、水分、灰分、还原糖、总糖、总酸、黄酮、多糖、总三萜含量变化规律，有助于深入了解南疆骏枣和保湿制干条件下品质变化规律，为后期的工艺研究和精深加工提供客观基础依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

骏枣：采于新疆农一师十团红枣园，取大小均一，无病虫、霉烂等。

甲醇、无水乙醇、乙酸乙酯、冰乙酸、浓硫酸、盐酸、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝、葡萄糖、高氯酸、乙酸锌、亚铁氰化钾、甲基红指示剂、酚酞：分析纯，天津致远化学试剂有限公司；芦丁、齐墩果酸、香兰素、熊果酸：纯度>99.5，阿拉丁试剂网。

FAL2104N型电子天平：梅特勒公司；752型紫外可见分光光度计：上海菁海仪器有限公司；SB-3200DTD型超声波清洗机：宁波新芝生物科技有限公司；HHS型电热恒温水浴锅：上海博讯实业有限公司医疗设备厂；SHZ(III)型循环水式真空泵：巩义市予华仪器有限责任公司；TDL-5-A型飞鸽牌系列离心机：上海安亭科学仪器厂；SXL-1304型程控箱式电炉：上海精宏事业设备有限公司；CM-3600D色差仪：日本柯尼卡美能达公司；TMS-Pro型质构仪：美国FTC公司。

1.2 实验方法

1.2.1 品质指标的测定 水分测定：真空干燥法^[11]；灰分测定：干法灰化^[12]；还原糖测定：高锰酸钾滴定法^[13]；总糖测定：酸水解滴定法^[14]；总酸测定：酸碱滴定法^[14]；多糖测定：苯酚硫酸法^[15]；总三萜酸测定：香草醛-冰乙酸比色法^[16]；黄酮测定：亚硝酸钠-硝酸铝法^[17]；L、a、b值和 ΔE 测定：根据文献[18]方法；硬度、咀嚼性、弹性、胶黏性测定：根据文献[19]方法。

果型指数测定：从抽取的每批样中随机取20个枣，用游标卡尺测定每个枣的纵径和横径计算，最终取平均值。

$$\text{果型指数} = \text{横径} / \text{纵径}$$

1.2.2 保湿制干升温程序

表1 保湿制干骏枣样点的条件

批次	干制温度 / $^{\circ}\text{C}$	每批次干制时间/h	批次	干制温度 / $^{\circ}\text{C}$	每批次干制时间/h
1	45	2	8	50	5
2	45	4	9	50	5
3	50	5	10	45	4
4	50	5	11	45	4
5	55	3	12	45	4
6	55	3	13	45	4
7	50	5	14	45	4

注：保湿制干程序来自新疆和田某红枣制干企业。

以上取样点即为加湿点，每次取样后加湿60%，加湿7 min后关闭加湿系统，再烘干。

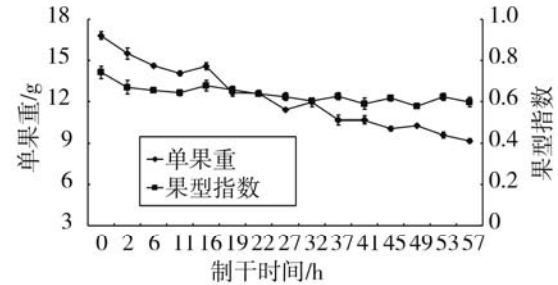
2 结果与分析

2.1 保湿制干过程中骏枣的物理品质变化

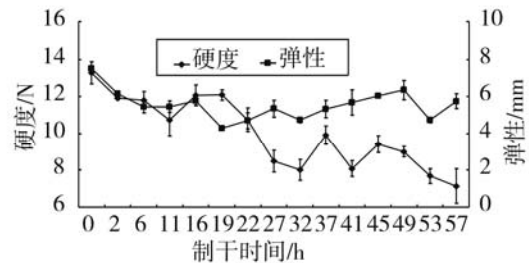
骏枣制干过程中单果重、果型指数变化是其感官品质评价的第一指标，直观反映了骏枣制干过程中失水情况和收缩特性。由图1-A可知，骏枣在保湿制干过程中单果重呈整体下降趋势，但在16 h呈小幅上升，可能是由于红枣组织原本多孔性组织结构在加湿过程中发生水蒸气回流至枣果导致；果型指数在干制16 h内呈明显下降趋势，之后趋于平稳。果型指数一定程度反映果实外观结果，干制前期果实外观变化相对较大。

红枣的硬度、咀嚼性、弹性、胶黏性作为其质构特性的主要评价指标^[19]，一定程度反映红枣的微观结构^[20]。由图1-B和图1-C可知，保湿制干过程中硬度和弹性呈整体下降趋势，咀嚼性呈现先下降后上升的趋势，胶黏性呈现波浪形先缓慢下降后急速上升最终下降趋势。可能是由于前期水分的散失都在红枣的表皮部分，再经过外部的

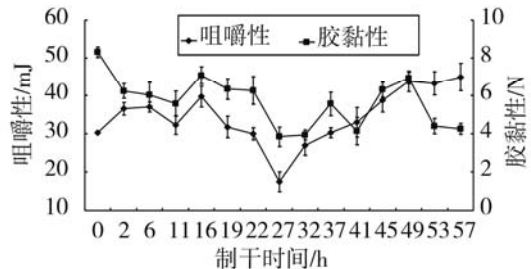
加湿处理使其咀嚼性先下降，后期枣果内部的水分散失和糖分的转化而使其咀嚼性呈上升趋势；对于胶黏性前期水分散失较少，又通过加湿处理增加枣果的表皮湿度，使其内部结构变化较慢，因此呈现缓慢下降，中期由于加热温度升高和加热时间的延长，水分快速蒸发导致其内部结构可



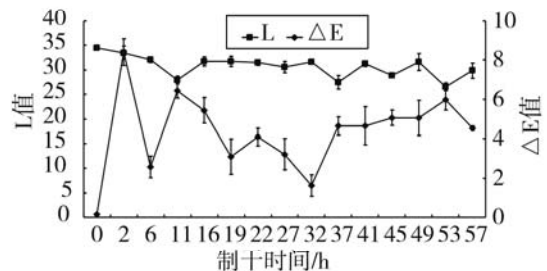
A. 单果重和果型指数变化



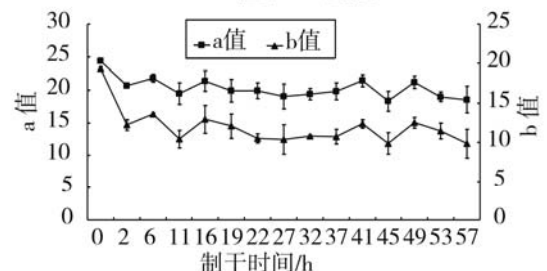
B. 硬度和弹性变化



C. 咀嚼性和胶黏性变化



D. L值和 ΔE 变化



E. a值和b值变化

图1 保湿制干过程中骏枣的物理品质变化规律

能发生变化,从而使其胶黏性急速增加,后期制干温度降低,枣果水分散失速度缓慢使其胶黏性变化缓慢降低。而整个制干过程最终使水分散失和补充交替,使其枣果多孔结构的孔径通路更加的明显,从而导致整个过程其硬度和弹性降低。

L、a、b和 ΔE 作为评价骏枣色泽变化的重要的量化指标,其指标性能变化形成骏枣品质评价的重要指标。由图1-D和图1-E可知,a值和b值变化趋势相同,整个制干过程呈下降趋势,制干开

始时下降速度较快,后期趋于平缓,可能与开始制干时外界环境发生变化,导致骏枣的自身生理生化酶反应,造成褐变。L值反应了骏枣的亮度,制干前期有缓慢下降而后后期上升趋于稳定,从而也间接表明红枣半干和制干其亮度差异不明显。色差反应了颜色的差别,由图1-D可知前期红枣的色差差异较大,后期变化趋于平稳。

2.2 保湿制干过程中骏枣的营养品质变化

骏枣除了感官评价指标外,其主要的营养

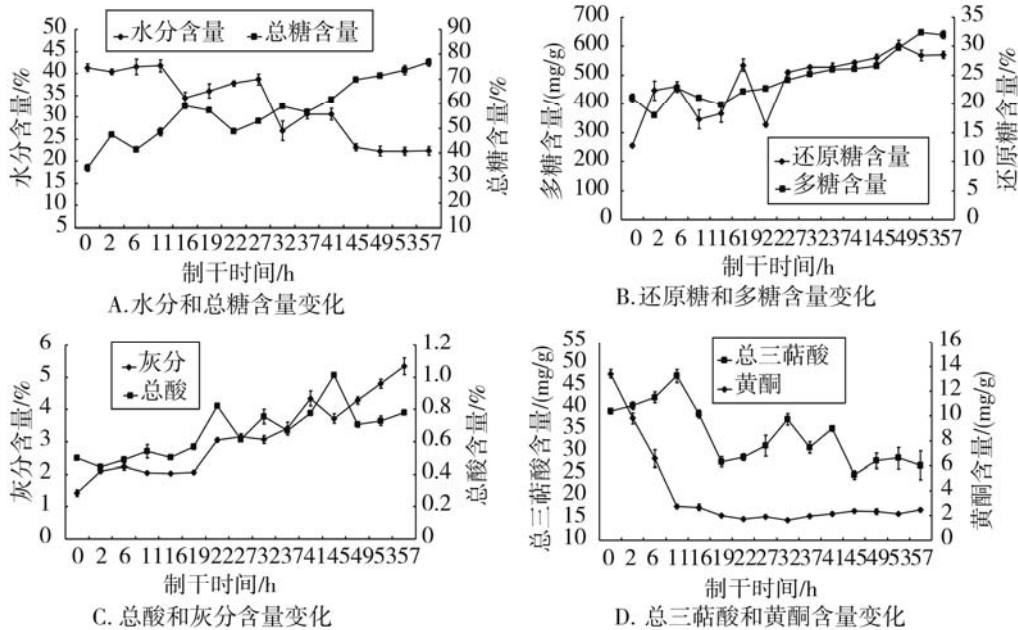


图2 保湿制干过程中骏枣的营养品质变化规律

成分含量变化也是评价其品质的重要指标。水分含量变化直观反映红枣的干制程度,由图2-A可知,红枣的水分含量制干前期呈波浪形上升,后期呈缓慢下降趋势,与鲁洁^[18]等人研究的热风干制过程中水分呈上升趋势不同,这也是保湿制干可克服热风制干过程前期水分散失速率较快,后期较慢所造成的红枣壳化现象,保湿制干基本能保证整个制干过程水分散失速率达到稳定。保湿制干过程中总糖含量在制干前期呈阶段性下降,后期呈快速上升趋势,前期总糖的降低可能由于其本身糖的转化作用,经过有氧或无氧呼吸代谢生成了酸或者其他物质,后期由于水分含量的减少使其相对含量稳定增加。由图2-B可知,多糖和还原糖含量呈现总体上升趋势,多糖整个过程都呈缓慢上升,而还原糖制干前27 h内出现上升和下降交替的现象,可能由于水分变化和还原糖在高温条件下重组成为多糖导致。由图2-C可知,制干过程灰分含量呈缓慢上升趋势,总酸含量呈

阶段性上升,在制干45 h时达到最高点,后期缓慢降低。推测一方面由于水分含量的降低导致总酸相对含量的增加,另一方面红枣中的糖分含量较高,在制干过程中发生有氧呼吸代谢,或无氧呼吸代谢产物在加热过程中进一步氧化而导致其酸含量增加。由图2-D可知,骏枣的三萜酸含量在制干11 h内呈直线下降,之后趋于平稳。可能在加热初期三萜酸类中的不稳定萜酸发生降解导致。黄酮含量呈波浪形的下降趋势,可能与黄酮的性质有关,在加热过程中黄酮类物质的取代基发生变化,导致相应方法的误差,下降趋势可能也是加热加湿导致黄酮类物质的分解。

2.3 保湿制干过程中骏枣品质的因子分析

表2 KMO与Bartlett检验

Kaiser-Meyer-Olkin测量取样适当性		0.914
Bartlett 的球形度 检验	近似卡方	799.088
	df	136
	显著性	0.000

由表2 KMO与Bartlett检验可知,球形检验的Kaiser-Meyer-Olkin度量为0.914,显著性小于

0.05,符合因子分析的条件。通过因子分析得出表3和表4。

表3 解释的总方差

元件	起始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	统计	方差1%	累计1%	统计	方差1%	累计1%	统计	方差1%	累计1%
1	10.474	58.188	58.188	10.474	58.188	58.188	7.603	42.238	42.238
2	2.473	13.741	71.929	2.473	13.741	71.929	5.017	27.873	70.111
3	1.571	8.726	80.656	1.571	8.726	80.656	1.898	10.544	80.656
4	0.751	3.839	81.595						
5	0.709	3.940	84.535						
6	0.683	3.793	88.328						
7	0.532	2.955	91.283						
8	0.434	2.411	93.694						
9	0.287	1.596	95.290						
10	0.234	1.299	96.590						
11	0.204	1.135	97.725						
12	0.137	0.760	98.485						
13	0.082	0.456	98.941						
14	0.059	0.328	99.269						
15	0.056	0.310	99.579						
16	0.036	0.200	99.778						
17	0.025	0.140	99.918						
18	0.015	0.082	100.000						

表4 旋转元件矩阵

指标	元件		
	1	2	3
多糖	-0.931		
水分	0.925		
灰分	-0.900		
单果重	0.866		
总糖	-0.830		
硬度	0.778		
总三萜酸	0.762		
总酸	-0.755		
还原糖	-0.747		
果型指数		0.953	
b值		0.880	
a值		0.825	
弹性		0.819	
黄酮		0.774	
胶黏性		0.736	
L值		0.608	
ΔE			0.878
咀嚼性			0.757

注:提取成分在0.5水平旋转。

由表3可知,保湿制干骏枣对于骏枣品质的影响可分为3类,即提取出3个主成分,分别命名为Z1、Z2和Z3,且这3个主成分中第1主成分的特征

值达到了10.474,第2和第3主成分的特征值分别为2.473和1.571,3个主成分的累计方差占到总方差80.656%。由此可知所提取的主成分能够基本反应原来的指标信息。

由表4可知,第1主成分中占权重较大的为多糖、水分、灰分、单果重、总糖、硬度、总三萜酸、总酸和还原糖,这些都代表了其营养物质的变化,由此可知营养成分的变化对于保湿制干骏枣品质具有显著影响作用,可命名为“营养指标”;第2主成分中果型指数、b值、a值、弹性、黄酮、胶黏性和L值呈现正相关关系,这些指标直观地反应了骏枣的感官特性,可命名为“感官指标”;第3主成分为 ΔE 和咀嚼性,可间接反应其色泽变化和口感变化,因此可命名为“口感指标”。因此可看作影响保湿制干骏枣的主要有3个主成分,可从一定程度上为其品质评价提供理论支撑。

3 结论

加湿干制过程中,随着水分的散失骏枣单果重逐渐减小,果型指数变化不明显。因此加湿干制能有效地使红枣快速达到干制并能保证其干制后饱满度,也为目前保湿制干工艺的优越性提供

理论支持。骏枣水分含量都下降,从最初吊干枣的平均含水量40.23%呈波浪形缓慢降低到干制后的12.25%,还原糖、总糖、灰分、总酸含量都在缓慢上升和水分的散失呈负相关,总糖、总酸、多糖、还原糖、黄酮和总三萜酸含量变化也可能与糖分在加热过程中美拉德反应和醛糖的氧化导致,但具体呈现出怎样的生理生化变化还需要进一步的研究。硬度、弹性、咀嚼性、胶黏性、L值、a值、b值和 ΔE 值的变化直观反应了其外观指标的变化趋势。通过因子分析得出保湿制干骏枣的3个主成分,即营养指标、感官指标、口感指标,其累计方差占到总方差80.656%,由此可知所提取的主成分能够基本反映骏枣品质变化的指标信息,也为后续红枣制干品质提供理论依据。

参考文献:

- [1] 闫忠心,鲁周民,刘坤,等.我国红枣资源加工利用研究与展望[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(6):102-106
- [2] EKECHUKWU O V, NORTON B. Review of solar-energy drying systems II: an overview of drying technology[J]. Energy Conversion and Management,1999,40(4):593-613
- [3] 王文华,温亚妮,徐勇,等.新疆骏枣的保湿干制工艺研究[J].现代食品科技,2013,29(3):553-557
- [4] PaoKong soontornkijkul, Prakaithip Ekwongsupasarn, Naphapotr Chiewchan. Effects of Drying Methods and Tea Preparation Temperature on the Amount of Vitamin C in Indian Gooseberry Tea[J]. Drying Technology,2006,24:1509-1513
- [5] Sukasno, Irda Fidriany, Kusnandar Anggadiredja. Influence of Drying Method on Flavonoid Content of *Cosmos caudatus* (Kunth) Leaves[J]. Research Journal of Medicinal Plant,2011,5(2):189-195
- [6] 韩瑞海,张泽勇,闫春艳.金丝小枣的制干技术[J].现代农业科技,2010,(7):61
- [7] 许倩,王文华,温亚妮,等.保湿技术在新疆灰枣干制中的应用研究[J].食品工业,2013,34(5):89-92
- [8] 赵思明,熊善柏,李雄.藕片的高温高湿干燥研究[J].食品科学,1999,(4):24-27
- [9] 徐大伦,王海洪,周涛,等.鱼肉质面的研制[J].广州食品工业科技,1998,(1):23-25
- [10] 赵思明,谭汝成,刘友明,等.方便米粉高温高湿干燥数学模型研究[J].食品科学,2003,(7):52-54
- [11] GB/T 5009.3—2010,食品中水分的测定[S]
- [12] GB/T 5009.4—2010,食品中灰分的测定[S]
- [13] GB/T 5009.7—2003,食品中还原糖的测定[S]
- [14] 曹建康.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:59-155
- [15] Li-Juan Du, Qing-Han Gao, Xiao-Long Ji, et al. Comparison of Flavonoids, Phenolic Acids, and Antioxidant Activity of Explosion-Puffed and Sun-Dried Jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.)[J]. Agric Food Chem,2013,61:11840-11847
- [16] 刘聪,海妮,张英.红枣不同部位中有效成分含量的比较研究[J].现代食品科技,2014,30(3):258-261
- [17] J Collado-González, Z N Cruz, P Rodríguez. Effect of Water Deficit and Domestic Storage on the Procyanidin Profile, Size and Aggregation Process in Pear-Jujube (*Z. jujuba*) Fruits[J]. Agric Food Chem,2013,61:6187-6197
- [18] 鲁洁,孙剑锋,王颖,等.热风干燥对阜平红枣品质的影响及其数学模型的构建[J].食品工业科技,2013,34(01):97-102
- [19] 王萍,弋晓康,陆健康,等.基于热风干燥条件下新疆红枣的质构特性[J].食品工业科技,2014,35(11):123-126
- [20] 闫忠心,鲁周民.基于质地剖面分析的干制红枣品质评价[J].现代食品科技,2014,30(7):237-241

 微信搜索shipinkj或扫描二维码



 新浪微博@食品科技 或扫描二维码

