

# 基于回归分析法建立杏梅凉果感官评分方程

## Establishing sensory evaluation equation for apricot by regression analysis method

周彤<sup>1</sup> 陈恺<sup>1</sup> 董卓群<sup>1</sup> 李焕荣<sup>1</sup>

ZHOU Tong<sup>1</sup> CHENG Kai<sup>1</sup> DONG Zhuo-qun<sup>1</sup> LI Huan-rong<sup>1</sup>

生曼丽<sup>2</sup> 闫雪<sup>2</sup> 靳玉萱<sup>2</sup>

SHENG Man-li<sup>2</sup> YAN Xue<sup>2</sup> JING Yu-xuan<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业大学科学技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

(1. College of Science and Technology, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xijiang 830052, China; 2. College of Food Science and Pharmaceutical Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xijiang 830052, China)

**摘要:**探究煮制渗糖、真空渗糖、超声波渗糖 3 种渗糖方式对杏梅品质的影响,并建立感官评分方程。以新疆赛买提杏经盐渍后的杏坯为原材料,探究 3 种渗糖方式制备杏梅的含糖量、剪切力、色差间的差异性,并利用逐步回归法拟合杏梅感官评分方程。结果表明:杏梅含糖量随煮制次数、真空度、超声功率的增大而增大且差异显著( $P < 0.05$ ),剪切力反之,色差差异不显著( $P > 0.05$ );使用模糊数学计算得出煮制渗糖的感官评分最高;逐步回归方程为:感官评分值 =  $0.02 \times$  含糖量 +  $0.02 \times$  总色差 -  $0.04 \times$  剪切力 + 0.82。由此可知剪切力、含糖量、色差总值是影响杏梅感官评分的重要指标。

**关键词:**杏梅;渗糖工艺;品质;模糊数学法;逐步多元回归

**Abstract:** The influence of quality of apricot plum by boiling permeating sugar, vacuum permeating sugar and ultrasonic permeating sugar were investigated, and the regression equation of sensory evaluation was established in this study. The Xinjiang Cemaiti apricot was used to study the difference of sugar content, shearing force and chromatic aberration, comparing among apricots prepared by 3 kinds of permeating sugar method. The optimum process was calculated and the regression equation was evaluated by stepwise regression method. The results showed that the content of sugar in the apricot was increased with the cooking times, the degree of vacuum and the ultrasonic power, and the difference was significant ( $P < 0.05$ ). Moreover, the boiled sugar was the highest score calculated by fuzzy

mathematics. Additionally, the ratio of the stepwise regression equation to sensory evaluation value was  $0.02 \times$  sugar content +  $0.02 \times$  total color difference -  $0.04 \times$  shear force + 0.82. We could conclude that the sensory evaluation equation of apricot was influenced by the hardness, sugar content and the color difference.

**Keywords:** apricot; sugar permeability; quality; fuzzy mathematics; stepwise multiple regression

杏在新疆有丰富的果树资源和独具特色的种植优势,截止 2016 年,新疆杏树种植面积达 13.24 万  $\text{hm}^2$ ,占全疆水果种植面积的 13.93%;杏产量为 128.16 万 t,占全疆水果产量的 14.93%<sup>[1]</sup>。特色林果业是目前新疆产业最广和增收潜力最大的产业,是发展最快的农业产业之一。

杏果肉含糖、蛋白质、钙、磷、胡萝卜素、硫胺素、核黄素、尼克酸等丰富的营养物质,但杏成熟期集中,果实易腐烂变质不易贮藏,鲜杏的销售货架期仅有 3~5 d,制约了杏产业的快速发展<sup>[2]</sup>。杏加工产品主要集中在杏干、杏脯、杏酱、杏汁等,而以鲜杏为原料经过盐渍预处理制坯后二次加工制作的凉果制品研究较少。糖渍类凉果如蜜李、蜜桃、蜜梅等凉果种类存在局限性,生产原料不够丰富。孙海涛等<sup>[3]</sup>以含糖量为考察指标,研究了超声波对渗糖制备猕猴桃果脯渗糖效果的影响。超声波渗糖虽已广泛运用在果蔬渗糖中,但少有运用在杏产品上。李斌等<sup>[4]</sup>利用真空渗糖技术优化蓝莓果脯渗糖工艺,但蓝莓果实体积较小,属于无核果蔬,渗糖效果亦与杏产品相差甚远。董卓群<sup>[5]</sup>研究低糖杏脯的影响因素采用逐次间歇糖煮法,煮制渗糖虽广泛运用在杏产品中,但有关渗糖过程中剪切力的变化研究较少。

杏脯类产品常用渗糖方式主要为常压渗糖、煮制渗糖、

**基金项目:**新疆农业大学研究生基金项目资助(编号: XJAUGRI2016020)

**作者简介:**周彤,女,新疆农业大学在读研究生。

**通信作者:**李焕荣(1965—),女,新疆农业大学教授,硕士。

E-mail: 1913897023@qq.com

**收稿日期:**2017-07-19

真空渗糖<sup>[6]</sup>。衡量其品质及口感的重要标准含糖量、色泽、剪切力也直接影响市场销售情况。因此使用鲜杏制坯可延长杏的贮藏期,为工业生产提供充足的加工处理时间,通过研究煮制渗糖、真空渗糖、超声波渗糖3种渗糖方式对杏梅品质的影响具有较高研究价值。此外使用逐步多元回归法剔除多指标体系中影响较小的指标<sup>[7]</sup>,拟合感官评分方程,使感官评分有据可依。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与设备

赛买提青杏:购于新疆乌市九鼎市场,要求单果重:14.86 g,果形指数:1.17,可溶性固形物含量为:(10.7±2.4)%;剪切力(1 341.815±300.000) g;L值 50.36±4.00;a值 10.62±3.00;b值 39.41±2.00;

白砂糖及粗盐(不加碘的腌菜盐):食品级,市售;

蔗糖标准品(纯度>99%)、浓硫酸:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;

蒽酮:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

试验用水:超纯水(18.2 Ω·cm),本实验室自制。

### 1.2 试验设备

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9070A型,上海一恒有限公司;

物性测试仪:TA.XT plus型,英国 StableMicro System 公司;

紫外可见分光光度计:TU-1810型,北京普析通用仪器有限责任公司;

型台式低速离心机:TD5A-WS型,湘仪实验室仪器开发有限公司;

色差仪:Hunter Lab D25 / DP-9000型,美国 Hunter Lab 公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 工艺流程

青杏→淋洗→刺孔→盐渍→护绿保脆→脱盐→调味→糖渍→烘干→包装

#### 1.3.2 操作要点

(1) 刺孔:用竹签(Φ 1 mm)刺入果实内部直达果核,密度为 8 孔/cm<sup>2</sup>,孔间距约 2 mm,以便杏果更容易吸收盐分及糖分,缩短浸渍时间(水分活度达到恒定时为盐渍终点)。

(2) 护色保脆:在盐渍同时加入 1.25% 的 NaHSO<sub>3</sub> 及 1.25% 的 CaCl<sub>2</sub> 防止叶绿素分解并增强果实硬度。

(3) 糖渍:采用煮制渗糖、真空渗糖、超声波渗糖 3 种方式制备杏梅(含水量 18%~20%)。

(4) 脱盐:取 500 g 杏坯以料液比 1:5 (g/mL) 脱盐使得含盐量在 2% 以下即可<sup>[8-10]</sup>。

#### 1.3.3 制备样品

(1) 煮制渗糖样品的制备:取 500 g 杏坯,在料液比 1:5 (g/mL)、糖液浓度 40%、煮制时间 3 min 条件下,以不同煮制次数为变量制备杏梅,渗糖参数见表 1。

表 1 煮制渗糖

Table 1 Cooked immersing sugar

样品	糖液浓度/%	糖煮时间/min	煮制次数
a <sub>1</sub>	40	3	1
a <sub>2</sub>	40	3	2
a <sub>3</sub>	40	3	3

(2) 真空渗糖样品的制备:取 500 g 杏坯,在料液比 1:5 (g/mL)、糖液浓度 40%、真空时间 50 min 条件下,以不同真空度为变量在渗糖温度 30 ℃ 时制备杏梅,渗糖参数见表 2。

表 2 真空渗糖

Table 2 Vacuum immersing sugar

样品	糖液浓度/%	真空时间/min	真空度/MPa
b <sub>1</sub>	40	50	0.080
b <sub>2</sub>	40	50	0.085
b <sub>3</sub>	40	50	0.090

(3) 超声波渗糖样品的制备:取 500 g 杏坯,在料液比 1:5 (g/mL)、糖液浓度 40%、超声时间 50 min、超声频率 40 kHz 条件下,以超声功率为变量在渗糖温度 30 ℃ 时制备杏梅,渗糖参数见表 3。

表 3 超声波渗糖

Table 3 Ultrasonic immersion sugar

样品	糖液浓度/%	超声时间/min	超声频率/W
c <sub>1</sub>	40	50	80
c <sub>2</sub>	40	50	90
c <sub>3</sub>	40	50	100

### 1.4 模糊数学模型建立

感官评价结果通过评定论域(U)、评语论域(V)、权重向量(A)进行处理,通过计算模糊矩阵中的综合隶属度得到杏梅感官质量综合评判的结果向量,并进行等级划分<sup>[11]</sup>。使用模糊数学避免感官评价过程中由人为因素和标准算法的不合理性造成的评判误差,在此基础上以杏梅的色泽、口感和形态为感官评价指标,根据表 4 中各项指标的权重值得到与杏梅相关的权重向量为:A=(0.25,0.45,0.30)<sup>[12-14]</sup>。评定结束依据评定表进行统计分析。杏梅感官评定指标见表 4。

表 4 杏梅感官评定规则

Table 4 Sensory evaluation rules of apricots

感官评价标准	色泽	口感	形态
4(很好)	均一有光泽无褐变	有嚼劲、剪切力适中	果型完整、饱满
3(较好)	均一有光泽无褐变	嚼劲一般、剪切力适中	果型完整、较饱满
2(一般)	无光泽、局部褐变	不黏牙、剪切力适中	轻度软烂
1(较差)	褐变严重	黏牙、过软	软烂

## 1.5 测定与分析

1.5.1 总糖含量测定 采用蒽酮试剂法<sup>[15]</sup>。

1.5.2 色差测定 白板调零,选取色泽均匀、杏肉颜色无局部差异的样品置于白纸上进行  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值色差测定,并按式(1)计算总色差值,样本量  $n=4$ <sup>[16]</sup>。

$$\Delta E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}, \quad (1)$$

式中:

$\Delta E$ ——总色差;

$L$ ——亮度值;

$a$ ——红绿值;

$b$ ——黄蓝值。

1.5.3 剪切力测试 将样品统一在杏核开口方向纵切去核一分为二,每部分切分为  $8 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$  的小方块。测试时将样品平稳放置于测试板,以降低操作误差,方向、位置及测试部位尽量保持一致。选用 HDP 探头,测试参数:测试前速度  $5.0 \text{ mm/s}$ ,测试中速度  $1.0 \text{ mm/s}$ ,测试后速度  $1.0 \text{ mm/s}$ ,两次压缩间隔时间  $5.0 \text{ s}$ ,位移  $30 \text{ mm}$ ,触发力  $5 \text{ g}$ ,样本量  $n=4$ 。

1.5.4 数据分析 使用 SPSS19 进行邓肯方差分析、斯皮尔曼等级相关性分析及多元线性回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 煮制渗糖结果分析

由表 5 可知,煮制渗糖杏梅样品在煮制时间及糖浓度不变的条件下,含糖量、剪切力和  $\Delta E$  差异均显著 ( $P < 0.05$ ),而  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。杏梅的含糖量随着渗糖次数的增加而升高,当渗糖次数由 1 次增加到 2 次时, $a_2$  样品含糖量涨幅最大为  $34.60\%$ ,而剪切力则随着渗糖次数的增加而下降,同样 2 次渗糖  $a_2$  样品的剪切力值变化最大,比第 1 次减少了  $14.34\%$ 。含糖量随着煮制次数增加而增加,可能是杏坯未去皮,细胞壁较厚难以渗糖,多次渗糖可使糖液充分地渗入杏坯内部,若渗糖次数过多会使细胞破裂、

组织软烂变形。剪切力随着渗糖次数的增加而下降,可能是在控制水分的条件下随着含糖量的增高,烘干过程中水分散失量越少,与低含糖量样品相比越软,剪切力较小,而杏梅内部含糖量越低,杏梅体积越小组织越紧密杏梅越硬,从而所需要的剪切力就越大。 $\Delta E$  值逐渐增大,但  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值差异不显著,可能是煮制渗糖温度较高使杏坯产生非酶褐变,同时使色素分解。由此可知选用 2 次或 3 次渗糖可显著提高杏梅品质。

### 2.2 真空渗糖结果分析

由表 6 可知,真空渗糖杏梅样品在真空时间及糖浓度不变的条件下,含糖量、 $L$  差异均显著 ( $P < 0.05$ ),而剪切力、 $a$ 、 $b$  及  $\Delta E$  值差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。杏梅的含糖量随着真空度的升高而升高,当真空度由  $0.080 \text{ MPa}$  增加到  $0.085 \text{ MPa}$  时, $b_2$  样品含糖量涨幅最大为  $30.39\%$ ,而剪切力则随着渗糖次数的升高而下降,在同样真空条件下  $b_2$  样品的剪切力值差异显著且变化最大,比  $b_1$  样品减少了  $15.80\%$ 。含糖量随着真空度增加而增加,可能是抽真空可降低样品周围的压力,杏坯内外存在压力差使糖液渗入样品,从而完成渗糖,但当真空度过大时,杏坯皱缩内部组织结构致密,糖液较难渗入,因此当真空度上升到  $0.090 \text{ MPa}$  时  $b_3$  样品含糖量上升不显著。剪切力随着真空度的升高而下降,可能是在控制水分的条件下随着含糖量的增高,杏梅质地变软,所需要的剪切力就越小,反之剪切力则越大。由此可知真空度为  $0.085$ 、 $0.090 \text{ MPa}$  时可显著提高杏梅品质。

### 2.3 超声波渗糖结果分析

由表 7 可知,超声波渗糖杏梅样品在超声时间及糖浓度不变的条件下,含糖量差异显著 ( $P < 0.05$ ),而剪切力、 $L$ 、 $a$ 、 $b$  及  $\Delta E$  值差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。杏梅的含糖量随着超声功率的升高而升高,当超声功率由  $80 \text{ W}$  增加到  $90 \text{ W}$  时, $c_2$  样品含糖量涨幅最大 ( $24.14\%$ ),而剪切力则随超声功率的升高而下降,在同样超声条件下  $c_2$  样品的剪切力值与  $c_3$  样品无显著差异,与  $c_1$  样品差异显著且变化最大,比  $c_1$  样品减少

表 5 煮制渗糖结果显著性分析<sup>†</sup>

Table 5 Significant analysis of the results of cooking sugar ( $n=4$ )

样品	剪切力/g	含糖量/%	$L$	$a$	$b$	$\Delta E$
$a_1$	$2\ 354.33 \pm 22.16^a$	$34.65 \pm 0.05^a$	$29.04 \pm 0.74^a$	$8.05 \pm 0.09^a$	$16.67 \pm 0.86^b$	$33.18 \pm 0.52^a$
$a_2$	$2\ 016.56 \pm 81.00^b$	$46.64 \pm 0.59^b$	$33.07 \pm 0.12^b$	$14.87 \pm 1.15^b$	$17.79 \pm 0.41^b$	$40.43 \pm 0.02^b$
$a_3$	$1\ 855.99 \pm 150.91^c$	$51.12 \pm 0.20^c$	$33.66 \pm 0.75^b$	$18.71 \pm 0.66^c$	$13.87 \pm 0.26^a$	$43.69 \pm 5.74^c$

<sup>†</sup> 同列不同字母表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

表 6 真空渗糖结果显著性分析<sup>†</sup>

Table 6 Significant analysis of the results of vacuum osmotic sugar ( $n=4$ )

样品	剪切力/g	含糖量/%	$L$	$a$	$b$	$\Delta E$
$b_1$	$2\ 521.06 \pm 82.29^a$	$36.59 \pm 0.56^a$	$40.06 \pm 0.27^a$	$18.32 \pm 0.65^a$	$23.97 \pm 0.19^a$	$50.16 \pm 0.11^a$
$b_2$	$2\ 122.74 \pm 90.51^b$	$47.71 \pm 0.47^b$	$44.20 \pm 0.50^c$	$17.58 \pm 1.53^a$	$23.03 \pm 0.11^a$	$52.87 \pm 0.04^b$
$b_3$	$1\ 940.57 \pm 163.74^b$	$49.98 \pm 0.19^c$	$41.85 \pm 0.22^b$	$15.77 \pm 0.43^a$	$23.12 \pm 0.46^a$	$50.35 \pm 0.11^a$

<sup>†</sup> 同列不同字母表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

表7 超声波渗糖结果显著性分析<sup>†</sup>

Table 7 Significant analysis of the results of ultrasonic osmosis (n=4)

样品	剪切力/g	含糖量/%	L	a	b	△E
c <sub>1</sub>	2 626.00±13.03 <sup>a</sup>	39.98±0.37 <sup>a</sup>	29.71±0.53 <sup>a</sup>	11.13±0.20 <sup>a</sup>	20.57±0.36 <sup>a</sup>	37.82±0.15 <sup>a</sup>
c <sub>2</sub>	2 003.92±92.10 <sup>b</sup>	49.63±0.72 <sup>b</sup>	44.08±1.08 <sup>b</sup>	12.67±0.60 <sup>a</sup>	27.28±0.60 <sup>b</sup>	53.37±1.34 <sup>b</sup>
c <sub>3</sub>	1 816.87±110.49 <sup>b</sup>	50.13±0.36 <sup>c</sup>	43.91±0.84 <sup>b</sup>	12.69±0.62 <sup>a</sup>	26.99±0.18 <sup>b</sup>	53.08±0.94 <sup>b</sup>

† 同列不同字母表示有显著性差异(P<0.05)。

了23.72%。含糖量随着超声功率增加而增加,可能是超声波可增强细胞膜的穿透和传输能力,促进糖液在杏坯内扩散,而当超声功率过大时会破坏杏坯组织结构,使含糖量变化不大。剪切力随着超声功率的升高而下降,原因可能是:①在控制水分的条件下,杏梅含糖量的增高,质地变软,所需要的剪切力就越小;②超声波可在一定程度上破坏组织细胞,功率越大组织质地越软。由此可知超声功率为90,100 W时可显著提高杏梅品质。

2.4 感官评价结果

计算模糊数学综合隶属度:已知杏梅3个评价指标的权重向量为A=(0.25,0.45,0.30),评定结果向量Y=A×R,杏梅的综合隶属度为Y=A×R=(d<sub>1</sub>,d<sub>2</sub>,d<sub>3</sub>,...,d<sub>n</sub>),可得到杏梅感官质量综合评判的结果向量,综合评分计算方式为:以a<sub>1</sub>为例:Y<sub>1</sub>=A×R<sub>1</sub>=(2.25,3.25,4.50,0.00)。根据公式H=∑<sub>j=1</sub><sup>n</sup>jd<sub>j</sub>/10计算模糊数学感官综合评分:

$$H_1 = (1d_1 + 2d_2 + 3d_3 + 4d_4) / 10 = (1 \times 2.25 + 2 \times 3.25 + 3 \times 4.50 + 4 \times 0) / 10 = 2.225。$$

由表8可知,感官综合评分为:H<sub>3</sub>>H<sub>9</sub>>H<sub>6</sub>>H<sub>8</sub>>H<sub>2</sub>>H<sub>5</sub>>H<sub>7</sub>>H<sub>1</sub>>H<sub>4</sub>,H<sub>3</sub>样品的综合评分为2.950,其渗糖工艺:煮制3次,糖液浓度40%,煮制时间3 min。感官综合评分最接近3分,说明该处理方式得到的杏梅感官评价为“较好”,受大家喜欢;H<sub>4</sub>样品的感官综合评分值最低(1.970),其渗糖工艺:真空度0.080 MPa,糖液浓度40%,真空时间50 min,说明该处理得到杏梅感官评价为“一般”,不受人们喜欢。结合表9可知,感官总评与口感、形态、色泽呈显著正相关,相关性大小依次为:形态>口感>色泽。

2.5 评价指标与感官总评的逐步多元回归分析

2.5.1 评价指标与感官总评相关性分析 由表10可知,9种样品的感官总评H与剪切力呈负相关,与其余指标均呈正相关。H值与含糖量、剪切力呈极显著相关(P<0.01),其

表8 模糊数学评价结果

Table 8 Fuzzy mathematics evaluation results

样品	评价等级	色泽(人数)	口感(人数)	形态(人数)	评价结果 H	样品	评价等级	色泽(人数)	口感(人数)	形态(人数)	评价结果 H
a <sub>1</sub>	较差	3	2	2	2.225	b <sub>3</sub>	较差	0	0	1	2.800
	一般	4	3	3			一般	5	3	4	
	较好	3	5	5			较好	2	4	4	
	很好	0	0	0			很好	3	3	1	
a <sub>2</sub>	较差	1	2	2	2.435	c <sub>1</sub>	较差	2	3	1	2.235
	一般	3	4	2			一般	4	5	4	
	较好	5	3	5			较好	2	2	3	
	很好	1	1	1			很好	2	0	2	
a <sub>3</sub>	较差	0	0	1	2.950	c <sub>2</sub>	较差	2	3	2	2.545
	一般	4	2	3			一般	4	4	4	
	较好	4	4	4			较好	4	3	3	
	很好	2	4	2			很好	0	3	1	
b <sub>1</sub>	较差	3	3	3	1.970	c <sub>3</sub>	较差	0	1	0	2.840
	一般	4	4	5			一般	4	3	3	
	较好	3	3	2			较好	3	4	4	
	很好	0	0	0			很好	3	2	3	
b <sub>2</sub>	较差	2	2	2	2.275						
	一般	4	4	4							
	较好	4	3	3							
	很好	0	1	1							

表 9 感官指标与结果相关性分析<sup>†</sup>

Table 9 Sensory index and correlation analysis

指标	色泽	口感	形态	H
色泽	1.00			
口感	0.80**	1.00		
形态	0.84**	0.79**	1.00	
H	0.50*	0.76**	0.83**	1.00

† \*表示显著相关( $P < 0.05$ ); \*\*表示极显著相关( $P < 0.01$ )。

中与剪切力相关性较大,相关系数为 0.93;与  $a$  值相关性最小,相关系数为 0.15。剪切力与含糖量、 $L$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $\Delta E$  值呈显著负相关,与含糖量相关性较大,相关系数为 0.80,说明含糖量值高低对剪切力影响较大。色差总值  $\Delta E$  与  $L$ 、 $b$  值极显著相关,其中与  $L$  值相关系数较大为 0.98 接近于 1,说明  $L$  值对色差总值影响较大。然而相关性分析只反映变量间的综合关系,不能反映变量间的真实、直接关系,因此使用多元逐步回归分析移除和引入变量,确立感官评价方程。

表 10 斯皮尔曼相关性分析<sup>†</sup>

Table 10 Correlation analysis of evaluation index and sensory evaluation

指标	H(Y)	剪切力(X <sub>1</sub> )	含糖量(X <sub>2</sub> )	L(X <sub>3</sub> )	a(X <sub>4</sub> )	b(X <sub>5</sub> )	$\Delta E$ (X <sub>6</sub> )
H(Y)	1.00						
剪切力(X <sub>1</sub> )	-0.93**	1.00					
含糖量(X <sub>2</sub> )	0.84**	-0.80**	1.00				
L(X <sub>3</sub> )	0.23	-0.33	0.55*	1.00			
a(X <sub>4</sub> )	0.15	-0.22	0.41	0.41	1.00		
b(X <sub>5</sub> )	0.16	-0.16	0.43	0.87**	0.23	1.00	
$\Delta E$ (X <sub>6</sub> )	0.26	-0.35	0.59**	0.98**	0.52*	0.89**	1.00

† \*表示显著相关( $P < 0.05$ ); \*\*表示极显著相关( $P < 0.01$ )。

2.5.2 逐步多元回归分析 在表 10 评价指标与感官总评相关性分析的基础上,采用 SPSS 19.0 统计分析软件对表 10 中数据进行多元逐步回归分析,分别用  $Y$ 、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  和  $X_6$  代表感官总评  $H$ 、剪切力、含糖量、 $L$ 、 $a$ 、 $b$  和  $\Delta E$ 。由表 11 可知, $VIF$  值均  $< 5$ ,表明自变量之间不存在共线性,可进行方程拟合。使用多元逐步回归分析首先进行指标的引入和剔除,筛选结果:6 个自变量中,仅  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_6$  3 个变量对  $Y$  有重要的影响,可进入逐步回归方程,其余 3 个自变量对  $Y$  影响均不显著被剔除,即杏梅样品的含糖量、 $\Delta E$ 、剪切力对感官总评  $H$  影响显著,具有统计学意义。其次,变量间的线性相关系数  $R = 0.91$ ,决定系数  $R^2 = 0.84$ ,表明逐步拟合线性回归方程的因变量(感官总评)可被自变量解释的占

91.9%,其他因素及偶然因素的原因占 8.1%,拟合度较好。由表 12 可知,经过逐步分析得到感官评分回归方程为  $Y = 0.02X_2 + 0.02X_6 - 0.04X_1 + 0.82$ 。

表 11 模型汇总<sup>†</sup>

Table 11 Model summary

模型	R	R <sup>2</sup>	调整 R <sup>2</sup>	标准估计的误差
1	0.84 <sup>a</sup>	0.70	0.68	0.18
2	0.88 <sup>b</sup>	0.78	0.75	0.16
3	0.91 <sup>c</sup>	0.84	0.80	0.14

† a.预测变量:常量、 $X_1$ ; b.预测变量:常量、 $X_1$ 、 $X_2$ ; c.预测变量:常量、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_6$ 。

表 12 回归分析系数<sup>†</sup>

Table 12 Regression coefficient

编号	模型	非标准化系数		标准系数 (试用版)	T	显著性 水平	共线性统计量	
		B	标准误差				容差	VIF
1	(常量)	0.50	0.33		1.53	0.15		
	$X_1$	-0.04	0.01	0.84	6.09	0.00	1.00	1.00
2	(常量)	0.72	0.30		2.37	0.03		
	$X_1$	0.05	0.01	1.04	6.92	0.00	0.65	1.53
	$X_2$	0.02	0.01	-0.35	-2.32	0.03	0.65	1.53
3	(常量)	0.82	0.28		2.98	0.01		
	$X_1$	-0.04	0.01	0.69	3.33	0.00	0.27	3.67
	$X_2$	0.02	0.01	0.42	3.06	0.01	0.61	1.63
	$X_6$	0.02	0.02	-0.46	-2.20	0.05	0.27	3.77

† B 值指回归系数和截距,左边对应常数代表截距,对应变量代表回归系数。

2.5.3 回归方程的显著性检验 由表 13 可知,  $F = 23.68$ ,  $P = 0.00 < 0.05$ 。说明线性回归效果显著, 逐步回归方程具有统计意义。

表 13 回归方程的显著性检验

Table 13 Significance test of regression equation

模型	平方和	$d_f$	均方	$F$	显著性
1 回归	1.24	1.00	1.24	37.09	0.00
1 残差	0.53	16.00	0.03		
1 总计	1.77	17.00			
2 回归	1.38	2.00	0.69	26.35	0.00
2 残差	0.39	15.00	0.03		
2 总计	1.77	17.00			
3 回归	1.48	3.00	0.49	23.68	0.00
3 残差	0.29	14.00	0.02		
3 总计	1.77	17.00			

### 3 结论

(1) 真空度、超声波功率、煮制次数对杏梅含糖量影响较大, 同时含糖量对杏梅剪切力影响较大。最佳渗糖方式为煮制渗糖。

(2) 使用多元逐步回归分析引入的含糖量、剪切力、 $\Delta E$  3 个变量, 结合感官评分建立多元回归方程:  $Y = 0.02X_2 + 0.02X_6 - 0.04X_1 + 0.82$ , 合理地筛选了影响杏梅凉果感官品质的因素, 可为后续研究提供理论数据, 但有关杏梅渗糖工艺参数优化仍有待研究。

#### 参考文献

[1] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016: 12-23.

[2] 赵翠, 田英姿, 英犁, 等. 新疆杏和河北杏果实品质的比较分析[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 286-291.

[3] 孙海涛, 邵信儒, 姜瑞平, 等. 响应面优化超声渗糖制备野生软枣猕猴桃果脯工艺及其质构分析[J]. 食品科学, 2015, 36(20): 49-55.

[4] 李斌, 矫馨瑶, 孟宪军, 等. 蓝莓果脯真空渗糖工艺研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2014, 45(5): 552-558.

[5] 董卓群. 低糖杏脯品质影响因素的研究[D]. 乌鲁木齐市: 新疆农业大学, 2014: 24-28.

[6] 王晨, 杨薇, 易丽, 等. 低糖樱桃番茄果脯渗糖工艺研究及品质评价[J]. 食品工业技, 2017, 38(3): 265-269, 278.

[7] 贺方舟, 龚明福, 范君华, 等. 逐步回归及通径分析在主成分分析中的应用[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(3): 431-437.

[8] 祝美云, 魏征, 郭晓晖. 低糖猕猴桃果脯微波渗糖工艺研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 134-137.

[9] 马艳弘, 周剑忠, 王英, 等. 低糖蓝莓果脯的微波渗糖工艺[J]. 食品科学, 2013, 34(10): 50-54.

[10] 王顺民, 李勇, 曹卫兵. 低糖紫薯果脯微波真空渗糖工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 196-201.

[11] 汪倩, 姜万舟, 王瑞花, 等. 基于模糊数学综合评价法确定燕麦麸猪肉丸中的淀粉种类[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 55-60.

[12] GAO Shang, ZHANG Zai-yue, CAO Cun-gen. Multiplication operation on fuzzy numbers[J]. Journal of Software, 2009, 4(4): 331-33.

[13] GAO Han, NAN Hai-juan. Using fuzzy mathematics in sensory evaluation of composite auricularia auricula-jujube beverages [J]. Advances in Biomedical engineering, 2011, 1(2): 342-345.

[14] 胡璇, 夏延斌. 基于模糊数学的刺椒感官综合评价方法[J]. 食品科学, 2011, 32(1): 95-98.

[15] 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: 57-59.

[16] 闫圣坤, 李忠新, 王庆惠, 等. 热风干燥过程中小白杏色泽的变化及其动力学研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 39-45.

#### 信息窗

## 欧盟评估 T-2 毒素与 HT-2 毒素的膳食暴露风险

据欧盟食品安全局(EFSA)消息, 8月14日欧盟食品安全局就 T-2 毒素与 HT-2 毒素的膳食暴露风险发布意见。

T-2 毒素与 HT-2 毒素是由多种真菌产生的单端孢霉烯族(trichothecenes)毒素。本次膳食暴露评估中的食品与饲料样本以 T-2 毒素、HT-2 毒素或者两者之和的形式汇报。

本次膳食暴露评估发现, 在燕麦和燕麦产品中两种毒素的浓度最大。在植物性或者药物性膳食补充剂中的少量数据显示出高水平的毒素。

对人体来说, 两种毒素之和的平均慢性膳食暴露数值最高的人群为学步儿童与婴儿, 最大上限值分别为 64.8 ng/kg 体重每天与 62.9 ng/kg 体重每天。

总体来看, 在加工食品当中, 主要的毒素来源于谷物片、高档烘焙制品, 以及急性暴露情况下的面包与面包卷。

对动物而言, 不同的动物关于 T-2 毒素与 HT-2 毒素的总体暴露量亦有所不同。对于相同的动物来讲, 最大暴露量介于 0.12~0.16  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重每天与 2.37~2.58  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重每天。

(来源: news.foodmate.net)