

# 广式冬蓉月饼回软过程中水分与油脂迁移对质构的影响

陈弦<sup>1,2</sup>, 张雁<sup>1</sup>, 唐小俊<sup>1</sup>, 马永轩<sup>1</sup>, 徐伟兵<sup>3</sup>, 左敏儿<sup>3</sup>

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东省农产品加工公共实验室, 广东广州 510610)

(2. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430070)

(3. 广州酒家集团利口福食品有限公司, 广东广州 511442)

**摘要:** 为客观判定广式冬蓉月饼的回软终点, 本文分析了广式冬蓉月饼回软过程中不同部位水分、油脂含量及其与月饼 TPA 参数的相关性, 探讨了水分、油脂的迁移对月饼质构的影响。研究表明, 经过 5 天的回软过程, 广式冬蓉月饼中水分和油脂逐渐由内部向饼皮迁移, 与回软前相比, 饼皮水分含量和油脂含量分别显著增加(100.37±1.31)%和(31.33±2.24)% ( $p \leq 0.05$ ), 月饼硬度显著降低(22.8±2.4)% ( $p \leq 0.05$ ), 凝聚性和回复性表现为前 2 天分别逐渐增加了(11.8±2.0)%和(1.5±0.2)% ( $p \leq 0.05$ ) 随后逐渐下降(8.7±0.5)% 和(1.3±0.3)% ( $p \leq 0.05$ ); 月饼硬度与饼皮含水量、含油量呈极显著负相关( $p \leq 0.01$ ), 凝聚性与内层馅料含油量呈极显著负相关( $p \leq 0.01$ ), 而回复性与月饼各部位含水量、含油量未表现出统计学意义的相关性; 将月饼不同部位的含水量和含油量作为自变量引入回归模型, 进行回归分析, 构建了广式冬蓉月饼硬度与饼皮含水量相关性及月饼凝聚性与外层馅料含油量相关性的预测模型。

**关键词:** 广式冬蓉月饼; 水分迁移; 油脂迁移; TPA 参数

文章编号: 1673-9078(2015)5-237-242

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.5.037

## Effect of Water and Fat Migration during the Softening Process on the Texture of Cantonese-style White Gourd Mooncake

CHEN Xian<sup>1,2</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, TANG Xiao-jun<sup>1</sup>, MA Yong-xuan<sup>1</sup>, XU Wei-bing<sup>3</sup>, ZUO Min-er<sup>3</sup>

(1. The Sericulture & Farm Produce Processing Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Open Access Laboratory of Agricultural Product Processing, Guangzhou 510610, China) (2. College of Food Science and Technology, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070, China) (3. Guangzhou Restaurant Group Likoufu Food Co., Ltd, Guangzhou 511442, China)

**Abstract:** In order to objectively determine the end-point of the softening process of Cantonese-style white gourd mooncake, a correlation between water as well as fat content, in different parts of the mooncake, and texture profile analysis (TPA) parameters during the softening process was analyzed. Meanwhile, the effect of water and fat migration on the texture of Cantonese-style mooncake was explored. The study showed that during the five-day softening process, water and fat in the mooncake migrated gradually from inside to the cake skin. Thereby, the water and fat content in skin increased significantly, by 100.37 ± 1.31% and 31.33 ± 2.24%, respectively ( $p \leq 0.05$ ). Hardness decreased significantly, by 22.8 ± 2.4% ( $p \leq 0.05$ ). Cohesiveness and resilience increased by 11.8 ± 2.0% and 1.5 ± 0.2% ( $p \leq 0.05$ ) in the first two days of softening, but later decreased gradually by 8.7 ± 0.5% and 1.3 ± 0.3% ( $p \leq 0.05$ ). Hardness was significantly negatively correlated with water and fat content in the mooncake skin ( $p \leq 0.01$ ). Cohesiveness was significantly negatively correlated with fat content in the inner filling ( $p \leq 0.01$ ), while resilience showed no statistically significant correlation with water and fat content in different parts of the mooncake. The latter were introduced as independent variables into the regression model to conduct a regression analysis. A predictive model for the correlation between hardness of Cantonese-style white gourd mooncake and water content in the mooncake skin as well as that between resilience and fat content in the outer fillings was established.

**Key words:** Cantonese-style white gourd mooncake; water migration; fat migration; texture profile analysis parameters

收稿日期: 2014-08-30

基金项目: 广东省教育部产学研项目(2012B091100055, 2011A090200078); 广东省农业厅现代农业产业技术体系项目(粤财农【2012】282)

作者简介: 陈弦(1989-), 女, 硕士, 研究方向: 焙烤食品科学; 通讯作者: 张雁(1967-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 食品生物化学

广式月饼是中国月饼的一大类型,主产于广东并具有广东地区的制作工艺和风味特色而得名,其具有皮薄馅厚、色泽金黄、饼角分明、花纹精美、口感油润等特点,因在其制作过程中使用了大量的糖和油脂且皮薄,使得饼皮具有了回软性和回油性<sup>[1-3]</sup>。目前对广式月饼的研究主要集中于低热量广式月饼的研制、贮藏保鲜、工艺改进、品质改善以及新型原料在广式月饼中的应用<sup>[4]</sup>。

广式月饼作为一种多组分食品,具有多元活跃的复杂体系<sup>[5]</sup>,饼皮和馅料各具有不同的结构和性质。当月饼在高温烘烤时,饼皮中的水分会向外界蒸发和向内部馅料迁移,所以刚出炉的月饼表面干硬无油,需要经过一个回软过程才能使饼皮柔软。与其他类型的月饼相比,回软工序是广式月饼所特有和必须的。目前一些研究者认为月饼饼皮回软是由于馅料中的水分向饼皮中扩散的缘故<sup>[6]</sup>;而也有一些研究者认为回软是饼皮中蔗糖糖浆的吸湿性和保湿性所致,一方面糖浆通过吸收面粉中面筋蛋白胶料之间的游离水,降低了蛋白质胶料的胀润度,使饼皮具有可塑性;另一方面糖浆的持水性使月饼保持柔软<sup>[7-8]</sup>。总之,月饼的回软是饼皮中水分和油脂含量的变化所致。目前对广式月饼回软过程中各理化指标的变化以及回软机理的研究尚少见报道,而客观判定月饼回软的终点有助于月饼工业标准化的发展,为月饼回软提供一种新型的客观检测方法,因此对广式月饼回软过程中饼皮、馅料中水分和油脂的迁移变化以及它们与月饼质构间关系的研究非常必要。

本文通过分析回软过程中广式冬蓉月饼饼皮、外层馅料、内层馅料等不同部位的水分、油脂含量以及月饼 TPA 参数的变化,探讨广式冬蓉月饼回软过程中水分、油脂的迁移规律及其与月饼质构的相关性,分析了水分、油脂的迁移对月饼质构的影响,为建立月饼回软的客观评价方法提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 原料

新鲜冬瓜(广东黑皮)购自广州市天河北岸肉菜市场;低筋面粉购自潍坊风筝面粉有限责任公司;转化糖浆购自广州增城穗丰食品厂;碱水(食用枳水,主要成分:碳酸钠、碳酸钾)购自广州市利丰食品实业有限公司;花生油购自广东鹰唛食品有限公司;玉米淀粉购自广州市增城康辉食品厂;蔗糖购自雷州市唐家糖厂有限公司。

石油醚(沸程:30~60℃,化学纯)购自天津市

富宇精细化工有限公司。

### 1.2 主要仪器设备

TA-Xtplus 质构分析仪,英国 Stable Micro Systems 公司;YXDF18 型远红外电热食品烤炉,上海立环机械制造有限公司;C21-ST2118 电磁炉,广东美的生活电器制造有限公司;MJ-25BM03A 搅拌机,广东美的精品电器制造有限公司;均质机,德州恒力电机有限责任公司;JM 电子天平,余姚纪铭称重检验设备有限公司,0.01 g;BS124S 分析天平,德国 Sartorius 公司,0.0001 g;电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;SOX 416 Macro 索氏全自动抽提仪,德国 Gerhardt 有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 广式冬蓉月饼制作工艺

##### 1.3.1.1 月饼饼皮的制作工艺

按照低筋面粉 200.00 g、糖浆 120.00 g、花生油 40.00 g、碱水 6.00 g 的饼皮配方,先将碱水与糖浆混匀,再加入花生油混匀,最后加入面粉调制成面团,即成饼皮<sup>[9]</sup>。

##### 1.3.1.2 冬蓉馅料的制作工艺

新鲜冬瓜→去皮、洗净、去瓤→切成小块(0.5 cm×0.5 cm)→置于搅拌机中加适量水(100 g 冬瓜加入 50 g 水)→搅拌机 2 档搅拌 30 s→均质得冬瓜浆→将冬瓜浆在 140℃下炒制 10 min→加入蔗糖在 120℃下继续炒制 8 min→将花生油和玉米淀粉混匀后加入其中,在 100℃下炒制 5 min 即可<sup>[10-11]</sup>

其中馅料配方为:250.00 g 冬瓜浆,62.90 g 蔗糖,14.90 g 花生油,3.30 g 玉米淀粉。

##### 1.3.1.3 月饼制作工艺

月饼饼皮称重分割→包入冬瓜蓉馅料→入模成型→以底火 175℃、面火 210℃烘烤 10 min→以底火 150℃、面火 175℃烘烤 5 min→出炉→月饼冷却到 50℃~60℃时→在密闭环境中回软

其中月饼质量为 180.00 g,形状为扁平圆柱形,皮馅比控制为 1:2<sup>[3,9]</sup>。

### 1.3.2 取样方法

为了便于研究,将月饼分成饼皮、外层馅料、内层馅料 3 个部分,做如下的划定:饼皮为月饼外层黄色皮料部分;馅料分为质量均等的外层馅料和内层馅料两个部分,外层馅料为按照所需质量,均等的在立方馅料的 6 个表面上取样后混合均匀;内层馅料即为外层馅料取后剩余的部分。

### 1.3.3 水分的测定

参照中华人民共和国国家标准(GB/T 5009.3-2003)

食品中水分测定中的直接干燥法<sup>[12]</sup>。

### 1.3.4 粗脂肪含量的测定

采用索氏提取法，具体参照中华人民共和国国家标准(GB/T 5009.6-2003)食品中脂肪的测定中的索氏提取法<sup>[13]</sup>。

### 1.3.5 TPA 测试方法

以月饼的几何中心点为核心将其放射性切割均分为 8 块，利用质构仪在设定参数（表 1）下进行 TPA 测试，测定其硬度(Hardness)、凝聚性(Cohesiveness)和回复性(Resilience)三个参数指标，取 8 块样品的平均值进行统计。其中月饼的硬度是月饼达到一定变形所需的力，是评价月饼的主要指标，月饼质地由硬变软的这种变化，对于月饼的品质而言是有利的。凝聚性反映的是咀嚼时月饼抵抗受损并紧密链接，使之保持完整性质的能力，即月饼内部结合力的大小，回复性反映了月饼受压后迅速恢复形变的能力。有研究报道，广式月饼的硬度、凝聚性和回复性与其感官评分呈显著负相关 ( $p < 0.05$ ) 因此可以用硬度、凝聚性和回复性 3 个 TPA 参数来客观评价月饼的品质<sup>[9]</sup>。

表 1 TPA 测定参数设置<sup>[9]</sup>

Table 1 Settings for determining texture profile analysis

parameters	
操作参数	设定条件
测前速度 (Pre-Test Speed)	1.00 mm/sec
测试速度 (Test Speed)	1.00 mm/sec
测后速度 (Pre-Test Speed)	5.00 mm/sec
压缩率 (Strain)	75.00%
停留时间 (Time)	0.5 sec
触发力(Trigger Type)	5.0 g
样品形状 (Shape)	扇形
探头类型 (Probe Type)	P/50
重复测试次数(Times)	8 次

### 1.3.6 数据的统计与分析

采用 SPSS17.0 统计软件单因子方差分析 (one way ANOVA) 进行组间差异性比较，显著性水平为  $p \leq 0.05$ ，采用 Duncan 检验。数据用 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。图表中采用不同小写字母表示 0.05 水平上有显著性差异。采用皮尔森相关系数双尾检验 (Two-tailed) 法进行指标间相关性检验，显著性水平为  $p \leq 0.05$ ，用“\*”表示，极显著性水平  $p \leq 0.01$ ，用“\*\*”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 广式冬蓉月饼回软过程中不同部位的水

### 分含量变化

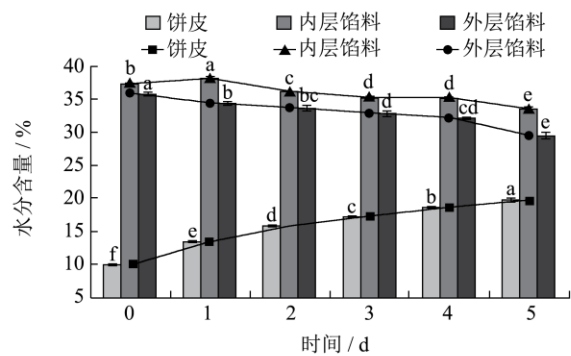


图 1 月饼不同部位中水分含量的变化

Fig.1 Changes in water content within different parts of the mooncake during softening process

由图 1 可知，在广式冬蓉月饼回软过程中外层馅料和内层馅料的水分含量不断下降，与回软前相比，回软 5 天后外层馅料和内层馅料的水分含量分别显著降低 ( $17.84 \pm 1.06$ )% 和 ( $10.03 \pm 0.06$ )% ( $p \leq 0.05$ )，而饼皮中的水分含量却不断显著性增加，回软 5 天后饼皮中的水分含量增加 ( $100.37 \pm 1.31$ )% ( $p \leq 0.05$ )。说明月饼中的水分不断从含水量高的馅料部分迁移到含水量低的饼皮部分，月饼饼皮的回软现象明显。在回软过程中月饼的外层馅料、内层馅料和饼皮三部分的水分含量存在逐渐趋于一致的趋势。

尽管月饼中的水分呈现由馅料向饼皮迁移的趋势，但在整个回软过程中各部分水分含量的高低排序为：内层馅料 > 外层馅料 > 饼皮。

### 2.2 广式冬蓉月饼回软过程中不同部位的油

### 脂含量变化

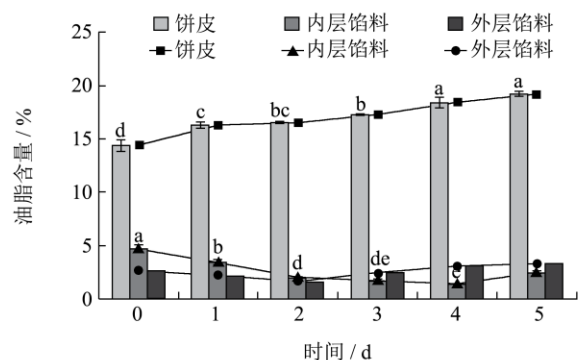


图 2 月饼不同部位中油脂含量的变化

Fig.2 Changes in fat content in different parts of the mooncake during the softening process

由图 2 可以看出在广式冬蓉月饼的回软过程中，

饼皮中的油脂含量均大于 15.00%，而馅料中的油脂含量均小于 5.00%，因此月饼饼皮中的油脂含量远远高于馅料中的油脂含量，且饼皮中的油脂含量还呈显著上升的趋势，与回软前相比，回软后饼皮中的油脂含量显著增加 (31.33±2.24) % (p≤0.05)；外层馅料和内层馅料的油脂含量在回软的 0 d~2 d 不断显著 (p≤0.05) 下降而在 3d~5d 不断显著 (p≤0.05) 上升，经过 5 天回软，外层馅料的油脂含量显著增加 (24.35±1.04) % (p≤0.05)，而内层馅料的油脂含量则显著降低 (45.35±1.32) % (p≤0.05)。纵观整个过程馅料中的油脂不断向饼皮中迁移。

### 2.3 广式冬蓉月饼回软过程中 TPA 参数的变化

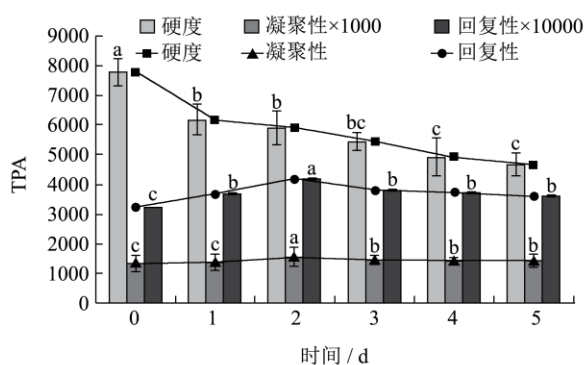


图 3 月饼回软过程中 TPA 参数的变化

Fig.3 Changes in texture profile analysis parameters during the softening process

由图 3 可知，广式冬蓉月饼在回软后的硬度比回软前显著降低 (22.8±2.4) % (p≤0.05)，表明月饼的质地不断变软，口感变好。而凝聚性和回复性表现

为前 2 天逐渐增加，与回软前相比，分别显著增加 (11.8±2.0) % 和 (1.5±0.2) % (p≤0.05)，随后凝聚性和回复性又逐渐下降 (8.7±0.5) % 和 (1.3±0.3) % (p≤0.05)，这与月饼在回软过程中外层馅料中的油脂含量变化趋势相反，说明月饼凝聚性和回复性的变化可能与外层馅料中油脂含量的变化有关。而在回软的第 2 天时，凝聚性和回复性最高，外层馅料中油脂的含量最低，说明外层馅料油脂含量越低，月饼的凝聚性和回复性越高，推测原因为油脂对月饼的软化作用。

### 2.4 广式冬蓉月饼 TPA 参数与月饼不同部位水分含量、油脂含量之间的相关性分析

广式冬蓉月饼 TPA 参数与月饼不同部位水分含量、油脂含量之间的相关性分析见表 2，由表 2 分析可知，月饼的硬度与饼皮含水量、外层馅料含水量、饼皮油脂含量、内层馅料油脂含量均呈极显著的相关性(P≤0.01)，其中，硬度与饼皮水分含量和油脂含量均呈极显著负相关，与外层馅料水分含量和内层馅料油脂含量均呈极显著正相关，相关系数分别为-0.858、-0.813、0.793 和 0.738。说明通过测定月饼的硬度的变化可以推断月饼饼皮中的水分含量和油脂含量的变化。凝聚性与内层馅料油脂含量呈极显著(P≤0.01)负相关，相关系数为-0.715。说明通过测定月饼的凝聚性的变化可以推断月饼内层馅料的油脂含量变化；而回复性与月饼各部位含水量、含油量未表现出统计学意义的相关性。此外，月饼的凝聚性与回复性之间达到了极显著(P≤0.01)的正相关，相关系数为 0.643，说明通过测定月饼凝聚性(回复性)的变化就可以预测回复性(凝聚性)的变化。

表 2 月饼 TPA 参数、水份和油脂含量之间的相关性

Table 2 Pearson correlation coefficients among TPA parameters as well as water and fat content in the mooncake

	硬度	凝聚性	回复性	饼皮含水量	内层馅料含水量	外层馅料含水量	饼皮油脂含量	内层馅料油脂含量	外层馅料油脂含量
硬度	1								
凝聚性	-0.328	1							
回复性	-0.325	0.643**	1						
饼皮含水量	-0.858**	0.558	0.449	1					
内层馅料含水量	0.687*	-0.321	-0.222	-0.845**	1				
外层馅料含水量	0.793**	-0.259	-0.246	-0.884**	0.897**	1			
饼皮油脂含量	-0.813**	0.384	0.293	0.965**	-0.812**	-0.900**	1		
内层馅料油脂含量	0.738**	-0.715**	-0.564	-0.863**	0.604*	0.584*	-0.764**	1	
外层馅料油脂含量	-0.282	-0.316	-0.466	0.420	-0.610*	-0.542	0.538	-0.067	1

## 2.5 广式冬蓉月饼不同部位水分含量、油脂含量对月饼 TPA 参数的回归分析

由表 2 可知,广式冬蓉月饼的硬度与饼皮含水量、外层馅料含水量、饼皮油脂含量、内层馅料油脂含量均呈极显著相关( $P \leq 0.01$ ),月饼的凝聚性与内层馅料油脂含量极显著( $P \leq 0.01$ )负相关,而回复性没有与其显著相关的指标,所以对月饼的硬度和凝聚性采用回归分析,分别得出硬度和凝聚性的预测回归模型,如表 3 所示。

## 3 讨论

### 3.1 水分迁移与广式冬蓉月饼质构变化的关系

月饼属于多组分食品(复合食品, composite food),其具有多种原料、多质地、多部分,且不同部分具有不同的结构及性质<sup>[14-16]</sup>。多组分食品的不同介质中经常会发生水分迁移的现象,其原因主要是多组分食品中不同部位之间存在水分活度梯度<sup>[17]</sup>。王文静在研究三明治在贮藏过程中水分迁移特性时发现食品中水分活度梯度的大小、食品的贮藏温度以及食品中油脂的含量均会影响水分的迁移,其中水分梯度越大,水分的迁移速率越快<sup>[5]</sup>。刚烤制出炉的月饼,由于其饼皮、外层馅料和内层馅料在烤制过程中受热不均匀,存在水分梯度不同的饼皮和馅料两种介质,造成了广式冬蓉月饼中水分不断由馅料向饼皮迁移,月饼的硬度不断减小的现象。

表 3 月饼硬度与凝聚性的回归分析

Table 3 Regression analysis to predict hardness and cohesiveness of mooncake using water and fat content in different parts

TPA 参数	复相关系数 R	决定系数 $R^2$	Sig.	预测模型
硬度	0.858	0.737	0.000	$H=10998.450-32686.714X_1$
凝聚性	0.715	0.511	0.006	$C=0.155-0.496X_2$

注:  $X_1$ : 月饼饼皮的水分含量;  $X_2$ : 月饼外层馅料的油脂含量; H: 月饼的硬度; C: 月饼的凝聚性。

### 3.2 油脂迁移与广式冬蓉月饼质构变化的关系

油脂的迁移在糖果类食品中经常发生,尤其是夹

心巧克力制品较易发生油脂迁移现象,主要发生在芯料与外层巧克力油脂之间,油脂的迁移与气体扩散很相似,通常是通过液相来进行。研究表明夹心巧克力的芯料中的油脂一般在 40% 左右,芯料中的较高的油脂含量是造成油脂迁移的主要原因之一<sup>[18-21]</sup>。本研究中,馅料中的油脂含量远远低于饼皮中的油脂含量,但在月饼回软过程中,液态的花生油从馅料流向了饼皮中,推测回软过程中馅料中的水分不断向饼皮中迁移,饼皮中的水分含量不断升高,由于水油互不相溶,饼皮原本的乳化体系受到破坏,饼皮中的油脂不断向饼皮的最外层渗透,使得馅料中的油脂不断向油脂含量降低的内层饼皮迁移,油脂的迁移软化并油润了饼皮并导致月饼的硬度不断减小。

此外,回软过程中水分和油脂的迁移同时进行,二者之间可能会互相影响,导致月饼质构发生相应的变化,这尚待借助低场核磁共振(LF-NMR)等方法进一步研究<sup>[22]</sup>。

### 3.3 广式冬蓉月饼硬度与凝聚性预测回归模型的构建

建立广式冬蓉月饼硬度和凝聚性的预测回归模型的目的在于通过仪器测定能预测月饼的回软程度,通过测定月饼回软过程中硬度的变化能推算出饼皮中水分含量的变化,从而判断月饼的回软程度;通过测定月饼回软过程中凝聚性的变化能推算出月饼外层馅料的油脂含量的变化。因此,建立硬度和凝聚性的预测回归模型有助于建立判断月饼回软终点的科学客观的评价方法,为月饼的标准化生产与客观检测提供依据。

## 4 结论

4.1 广式冬蓉月饼在回软的过程中水分和油脂均不断由馅料向饼皮迁移,月饼的硬度显著降低( $p \leq 0.05$ ),而凝聚性和回复性均呈先显著( $p \leq 0.05$ )上升后显著( $p \leq 0.05$ )下降的趋势,月饼不断变软且口感变好。水分和油脂的迁移切合了月饼硬度的变化,TPA 参数中的硬度较好的反映了月饼的回软程度。

4.2 广式冬蓉月饼的硬度与饼皮含水量、外层馅料含水量、饼皮油脂含量、内层馅料油脂含量均呈极显著的相关性( $p \leq 0.01$ ),凝聚性与内层馅料的油脂含量呈极显著的负相关( $p \leq 0.01$ )月饼的凝聚性与回复性呈极显著的正相关( $p \leq 0.01$ )。针对广式冬蓉月饼,构建了具有统计学意义的硬度和凝聚性的预测模型( $p \leq 0.01$ )分别为:硬度= $10998.450-32686.714X_1$ ;凝聚性= $0.155-0.496X_2$ ( $X_1$ : 月饼饼皮中的水分含量;  $X_2$ :

月饼外层馅料的油脂含量)。

## 参考文献

- [1] 马涛.糕点生产工艺与配方[M].化学工业出版社,2008  
MA Tao. Production technology and formula of cake [M]. Chemical Industry Press, 2008
- [2] 中国国家标准化管理委员会.GB19855-2005月饼[S].北京:中国标准出版社,2005  
Standardization administration of the people's republic of china. GB 19855-2005 Moon cake [S]. Beijing:China Standards Press, 2005
- [3] 郭海雄.广式月饼的生产技术[J].广州食品工业科技,2004,20(4):92-94  
WU Hai-xiong. The manufacture of Cantonese-style moon cake [J]. Guangzhou Food Science and Technology, 2004, 20(4): 92-94
- [4] 陈弦,张雁,邓媛元,等.低热量广式月饼的研究进展[J].食品科技技术学报,2013,31(5):55-63  
CHEN Xian, ZHANG Yan, DENG Yuan-yuan, etc. An investigation on the progress of low-calorie Cantonese-style moon cake [J]. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(5): 55-63
- [5] 王文静,何锦凤,钱平,等.三明治贮藏过程中的水分迁移特性研究[J].食品工业科技,2007,28(10):85-87  
WANG Wen-jing, HE Jin-feng, QIAN Ping, et al. Study on water migration in sandwich bread during storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(10): 85-87
- [6] 李增利.广式月饼回软回油性性能的改性研究[J].扬州大学烹饪学报,2001,3:39-42  
LI Zeng-li. Research on the improvement of softening and oil return property for Guangdong moon cake [J]. Cuisine Journal of Yangzhou University, 2001, 3: 39-42
- [7] 刘传富,董海洲,张绪霞,等.月饼糖浆熬制工艺条件对其质量的影响[J].食品与发酵工业,2007,33(2):89-91  
LIU Chuan-fu, DONG Hai-zhou, ZHANG Xu-xia, et al. Optimization of preparation conditions for mooncake syrup [J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(2): 89-91
- [8] 赵文红,白卫东,杨晓婕,等.广式月饼贮存过程中的化学变化[J].农产品加工 学刊,2009,6:14-17  
ZHAO Wen-hong, BAI Wei-dong, YANG Xiao-jie, etc. Chemical change of the cantonese mooncake in storage period [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2009, 6: 14-17
- [9] 文波.低脂广式莲蓉月饼中油脂替代品的筛选与复合配方优化[D].华中农业大学,2011  
WEN Bo. Selection and composite formula optimization of the fat replacers in low-fat cantonese-style lotus seed paste moon cake [D]. Huazhong Agricultural University, 2011
- [10] 张延杰,曾昭,祁胜利.水果月饼馅料生产工艺研究[J].食品科技,2000,4:18  
ZHANG Yan-jie, ZENG Zhao, QI Sheng-li. Processing technology of fruits filling of moon cake [J]. Food Science and Technology, 2000, 4: 18
- [11] 李雪莲,黄立新,李卫华,等.低糖蔬果月饼馅料的制作[J].食品工业科技,2007,28(5):161  
LI Xue-lian, HUANG Li-xin, LI Wei-hua, etc. Development of vegetable and fruit moon cake stuffing with low sugar [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(5): 161
- [12] 中国国家标准化管理委员会.GB5009.3-2003食品中水分的测定方法[S].北京:中国标准出版社,2003  
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 5009.3-2003 Determination of Moisture in Foods [S]. Beijing:China Standards Press, 2003
- [13] 中国国家标准化管理委员会.GB5009.6-2003食品中脂肪的测定方法[S].北京:中国标准出版社,2003  
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 5009.6-2003 Determination of Fat in Foods [S]. Beijing:China Standards Press, 2003
- [14] G Roudaut, F Debeaufort. 6-moisture loss, gain and migration in foods and its impact on food quality [J]. Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages, 2010: 143-185
- [15] V Guillard, B Broyart, C Bonazzi, et al. Evolution of moisture distribution during storage in a composite food modelling and simulation [J]. Journal of Food Science, 2003, 68(3): 958-966
- [16] ROCA E, GUILLARD V, GUILBERT S, et al. Moisture migration in a cereal composite food at high water activity. effects of initial porosity and fat content [J]. Journal of Cereal Science, 2006, 43(2): 144-151
- [17] 夏延斌,甯增立.食品化学[M].中国轻工业出版社,2001  
XIA Yan-bin, ZENG Zeng-li. Food Chemistry [M]. China Light Industry Press, 2001
- [18] Pablo Altimiras, Leo Pyle, Pedro Bouchon. Structure-fat migration relationships during storage of cocoa butter model bars: bloom development and possible mechanisms [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(2):600-610
- [19] Pieter Van der Wee n, Nathalie De Clercq, Jan M. Baetens, et al. A discrete stochastic model for oil migration in chocolate-coated confectionery [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 119(3): 602-610

- [20] Kevin W Smith, Fred W Cain, Geoff Talbot. Effect of nut oil migration on polymorphic transformation in a model system [J]. Food Chemistry, 2007, 102(3): 656-663
- [21] 陈娟.软曲奇货架品质变化及配方改良的研究[D].江南大学, 2007  
CHEN Juan. Study of changes of the qualities of cookies during shelf life and improvements of formula [D]. Jiangnan University, 2007
- [22] 李资玲,刘成梅,万婕,等.核磁共振研究膳食纤维面包制作过程中的水分迁移行为[J].食品科学,2006,28(10):128-130  
LI Zi-ling, LIU Cheng-mei, WAN Jie, et al. Study on molecular mobility in dietary fiber bread by NMR [J]. Food Science, 2006, 28(10): 128-130

现代食品科技