

ICS 67.060  
CCS X 11

T/FJSPSH

团 体 标 准

T/FJSPSH 001—2025

冷冻面团

2025-12-31 发布

2026-01-01 实施

福建省食品企业商会 发布

## 前　言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由泉州市壹合食品研究院有限公司提出。

本文件由福建省食品企业商会归口。

本文件主要起草单位：泉州市壹合食品研究院有限公司、晋江市食品行业协会、泉州师范学院、回头客食品集团股份有限公司、福建盼盼食品科技创新研究院有限公司、福建盼盼食品有限公司、晋江市质量计量检测所、泉州轻工职业学院、晋江市晋兴职业中专学校。

本文件主要起草人：闫肃、陈昌熙、庄莎莎、郭娟娟、黃增明、廖庚清、李阿琼、何晓玲、尤荣瑞、吴小燕、钟建业、卢云真。

# 冷冻面团

## 1 范围

本标准规定了冷冻面团的术语和定义、技术要求、生产加工过程的要求、检验方法、检验规则、标签、标志、包装、运输、贮存及保质期等内容。

以小麦粉为主要原料，添加水、酵母、盐、糖（包括淀粉糖）、油脂、改良剂（包括磷酸化卡拉胶寡糖）等辅料，经和面、发酵、成型、速冻、包装制成的冷冻面团产品，涵盖发酵类及非发酵类面团，包括冷冻的试样面团、馒头面团、包子面团、饺子皮面团、披萨面团等。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1355 小麦粉

GB 2716 食品安全国家标准 植物油

GB 2721 食品安全国家标准 食用盐

GB 2760 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准

GB 2762 食品安全国家标准 食品中污染物限量

GB 4789.1 食品安全国家标准 食品微生物学检验 总则

GB 4789.3 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数

GB 4789.4 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验

GB 4789.10 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验

GB 4789.15 食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数

GB 4789.30 食品安全国家标准 食品微生物学检验 单核细胞增生李斯特氏菌检验

GB 4789.33 食品安全国家标准 食品微生物学检验 粮食制品采样和检样处理

GB 5009.3 食品安全国家标准 食品中水分的测定

GB 5009.22 食品安全国家标准 食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定

GB 5009.237 食品安全国家标准 食品 pH 值的测定

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB 7718 食品安全国家标准 预包装食品标签通则

GB 10146 食品安全国家标准 食用动物油脂  
GB 13104 食品安全国家标准 食糖  
GB 14880 食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准  
GB 14881 食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范  
GB 15196 食品安全国家标准 食用油脂制品  
GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖  
GB 28050 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则  
GB 31639 食品安全国家标准 食品加工用菌种制剂  
GB 31646 食品安全国家标准 速冻食品生产和经营卫生规范  
GB/T 35920 低聚糖通用技术规则  
JJF 1070 定量包装商品净含量计量检验规则  
国家市场监督管理总局令（第 70 号）定量包装商品计量监督管理办法  
国家质量监督检验检疫总局 [2009] 第 123 号令 《食品标识管理规定（修订版）》

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1 冷冻面团

以小麦粉为主要原料，添加水、酵母、盐、糖（包括淀粉糖）、油脂、改良剂（包括磷酸化卡拉胶寡糖）等辅料，经和面、发酵、成型、速冻、包装制成的冷冻面团产品，是在-18℃或更低温度下冻结保存的半成品面团，涵盖发酵类及非发酵类面团，包括冷冻的试样面团、馒头面团、包子面团、饺子皮面团、披萨面团等。

#### 3.2 磷酸化卡拉胶寡糖改良剂

是海藻提取的食品级卡拉胶经过水解后得到的食品级卡拉胶寡糖并采用磷酸化修饰，能有效提高面团的冻藏稳定性，其作用机理详见附录 A。磷酸化卡拉胶寡糖改良剂的推荐添加量为 0.2%~0.5%。

#### 3.3 面团冻融稳定性

冷冻面团在生产、运输及贮存后销售的过程中，由于温度波动引发冻融循环，造成面团品质劣变。冷冻面团在多次冻融循环后保持其物理结构和发酵性能的能力。

#### 3.4 面包比容

面包比容是酵母产气能力和面筋网络持气能力的直观体现，是评价面包品质的关键因素。面包比容（mL/g）等于面包体积（mL）与面包质量（g）的比值。面包的比容在一定程度上能反映面包的发

酵结果。

## 4 技术要求

### 4.1 原辅料要求

- 4.1.1 小麦粉：应符合 GB/T 1355 的要求。
- 4.1.2 生产用水：应符合 GB 5749 的规定。
- 4.1.3 酵母：应符合 GB 31639 的规定。
- 4.1.4 食用盐：应符合 GB 2721 的规定。
- 4.1.5 食糖：应符合 GB 13104 的规定。
- 4.1.6 淀粉糖：应符合 GB 15203 的规定。
- 4.1.7 植物油：应符合 GB 2716 的规定。
- 4.1.8 食用动物油脂：应符合 GB 10146 的规定。
- 4.1.9 食用油脂制品：应符合 GB 15196 的规定。
- 4.1.10 磷酸化卡拉胶寡糖：应符合 GB/T 35920 的规定。
- 4.1.11 其他原辅料：应符合相应标准和有关规定。

### 4.2 感官要求

应符合表 1 的规定。

表 1 感官要求

项 目	指 标
色 泽	呈淡黄色或原辅料所具有的色泽，色泽基本均匀一致
组织形态	具有产品应有的组织形态，且基本均匀一致，无气泡，无裂纹
滋味和气味	具有产品特有的滋味和气味，无酸馊味或其他异味
杂 质	无肉眼可见外来杂质

### 4.3 理化指标

应符合表 2 的规定。

表 2 理化指标

项 目	指 标
水分 / (g/100g)	32~45
pH 值	5.0~6.0
解冻损失率 / (%)	≤ 5

表 2 (续)

项 目	指 标
比容保持率 <sup>a b</sup> / (%)	≥ 80
黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> / (μg/kg)	≤ 5.0
污染物限量	应符合 GB 2762 的规定

<sup>a</sup> 经 3 轮冻融循环后二次发酵面团的比容对比直接解冻后二次发酵面团的比容。  
<sup>b</sup> 仅适用于发酵类面团。

#### 4.4 微生物指标

4.4.1 应符合表 3 的规定。

表 3 微生物指标

项 目	采样方案 <sup>a</sup> 及限量			
	n	c	m	M
大肠菌群 / (CFU/g)	5	2	10	30
霉菌 / (CFU/g)	≤ 150			
沙门氏菌 / (CFU/g)	5	0	0	—
金黄色葡萄球菌 / (CFU/g)	5	0	0	—
单核细胞增生李斯特氏菌 / (CFU/g)	5	0	0	—

1. <sup>a</sup> 样品的采样和处理按 GB 4789.1 和 GB 4789.33 执行。  
 2. n 同一批次产品应采集的样品件数; c 最大可允许超出 m 值的样品数; m 微生物指标可接受水平限量值(三级采样方案)或最高安全限量值(二级采样方案); M 微生物指标的最高安全限量值。

4.4.2 检验结论为微生物指标不合格的样品不予复检。

#### 4.5 食品添加剂和食品营养强化剂

4.5.1 食品添加剂的使用应符合 GB 2760 的规定。

4.5.2 食品营养强化剂的使用应符合 GB 14880 的规定。

#### 4.6 净含量

应符合《定量包装商品计量监督管理办法》的规定。

### 5 生产加工过程的卫生要求和其他要求

#### 5.1 卫生要求

应符合 GB 14881 和 GB 31646 的规定。

## 5.2 生产车间要求

生产车间应分设原料区、和面区、冷冻区和包装区，温湿度应受到严格管控。

## 5.3 冷冻速率要求

冷冻速率应不小于  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，中心温度 30 分钟内达到  $-18^{\circ}\text{C}$  或以下。

# 6 检验方法

## 6.1 感官

取样品于洁净、干燥的白色盘中，在充足光线下用肉眼观察其色泽、组织形态，检查有无杂质，嗅其气味，品尝其滋味（注意不可吞食）。目视有明显霉变、有明显酸馊味或其他异味的样品不品尝其滋味。

## 6.2 理化指标

### 6.2.1 试样前处理

#### 6.2.1.1 直接解冻

将冷冻状态的样品放置于  $0\sim 5^{\circ}\text{C}$  下 12 小时（或  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  中 4 小时以上）使其解冻。

无另外说明，试样前处理按本方法进行，检测前应将解冻后的试样压揉均匀。

#### 6.2.1.2 3 轮冻融循环

将冷冻状态的样品放置于  $0\sim 5^{\circ}\text{C}$  下 12 小时（或  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  中 4 小时以上）使其解冻，后将其放入  $-18^{\circ}\text{C}$  或以下 24 小时使其冻结；重复上述步骤 1 次；最后将样品放置于  $0\sim 5^{\circ}\text{C}$  下 12 小时（或  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  中 4 小时以上）使其解冻。

## 6.2.2 水分

按 GB 5009.3 规定的方法测定。

## 6.2.3 pH 值

按 GB 5009.237 规定的方法测定。

## 6.2.4 解冻损失率

按附录 B 规定的方法测定。

### 6.2.5 比容保持率

按附录 C 规定的方法测定。

### 6.2.6 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>

按 GB 5009.22 规定的方法测定。

### 6.2.7 污染物限量

按 GB 2762 规定的方法测定。

## 6.3 微生物指标

### 6.3.1 大肠菌群

按 GB 4789.3 平板计数法检验。

### 6.3.2 霉菌

按 GB 4789.15 平板计数法检验。

### 6.3.3 沙门氏菌

按 GB 4789.4 规定的方法检验。

### 6.3.4 金黄色葡萄球菌

按 GB 4789.10 规定的方法检验。

### 6.3.5 单核细胞增生李斯特氏菌

按 GB 4789.30 规定的方法检验。

## 6.4 食品添加剂和营养强化剂

按国家相关标准规定的方法测定。

## 6.5 净含量

按 JJF 1070 规定的方法测定。

## 7 检验规则

### 7.1 组批

以同一批原料、同一工艺、同一条生产线在同一生产日期（或同一班组）加工的同一包装规格的产品为一组批。

## 7.2 抽样

从同一批次产品中随机抽取样品，抽样数量应满足检验和留样的要求。

## 7.3 产品检验

7.3.1 产品检验分为出厂检验和型式检验。

7.3.2 产品出厂前，应由企业质检部门按本文件规定逐批进行出厂检验，经检验合格后方可出厂。出厂检验项目：感官要求、水分、pH值、大肠菌群、霉菌、净含量。

7.3.3 型式检验项目为本标准所规定的全部项目，一般情况下每半年进行一次。有下列情况之一时，也应进行型式检验。

- a) 新产品投产时；
- b) 主要原辅料来源、关键工艺或设备有明显改变时；
- c) 连续停产6个月以上又恢复生产时；
- d) 产品质量出现明显波动时；
- e) 国家食品安全监管机构提出要求时。

## 7.4 判定规则

7.4.1 检验结果全部符合本标准时，判定该产品合格。

7.4.2 检验结果中若有规定项目不符合本标准时，允许按相关规定进行复验。复验结果合格时，则判定该批产品为合格品；复验结果仍有一项或一项以上不合格，则判定该批产品为不合格品。

## 8 标签、标志、包装、运输、贮存、保质期

### 8.1 标签、标志

8.1.1 最小独立销售包装上应有食品标签。食品标签应符合GB 7718、GB 28050和《食品标识管理规定（修订版）》的要求。同时符合以下要求：

- a) 应标注其产品类别，如“发酵类（面团）”“非发酵类（面团）”；
- b) 应标注“生制”、“非即食”等文字提醒不可直接食用，可与产品类别一同标示，如“生制发酵类（面团）”、“非即食发酵类（面团）”、“生制非即食非发酵类（面团）”等；
- c) 建议标示产品使用方法，如回温或醒发的温度和时长、可制成的具体食品范例、焙烤或蒸煮的温度和时长等；
- d) 使用改良剂的产品建议标注其功能，如“使用磷酸化卡拉胶寡糖改良剂可增加面团的冻融稳定性、减少淀粉老化、降低醒发失败率”。

8.1.2 产品外包装储运图示标志应符合GB/T 191的规定。

## 8. 2 包装

产品包装材料或容器应符合相关食品安全标准及有关规定，内包装物不得重复使用。

## 8. 3 运输

8. 3. 1 运输工具应清洁卫生、无异味、无污染。

8. 3. 2 运输过程中应防挤压、防雨、防潮、防晒，装卸时应轻搬、轻放。运输时不得与有毒、有异味、有腐蚀性、易污染的货物混装混运。

8. 3. 3 采用全程冷链运输，厢内温度应达到-18℃或以下，温度波动控制在2℃以内。

## 8. 4 贮存

8. 4. 1 原料、辅料、半成品、成品应分开放置，分别按照其最合适的贮存条件，贮存在清洁、卫生、阴凉、干燥通风、无异味的库房内。

8. 4. 2 产品应于-18℃或以下冷冻贮存，温度波动控制在2℃以内，且应离地、离墙、离水，不得与有毒、有害、有异味、有腐蚀性的物品同处贮存。

## 8. 5 保质期

在符合本标准的要求下，产品保质期以标签标示为准，建议设为6个月，不得超过9个月。

## 附录 A

### (资料性)

#### 磷酸化卡拉胶寡糖改良剂作用机理示例

##### A.1 抑制冰晶生长

可冻结水含量是评估冷冻面团抗冻性的关键指标，其与冷冻面团中的冰晶大小、数量和分布密切相关，影响冷冻面团产品的品质。可冻结水含量越低，通常意味着面团冷冻耐受性越好，解冻后品质更稳定。如图 1 所示，随着磷酸化卡拉胶寡糖添加量的增加，面团的可冻结水含量呈现先上升后下降的趋势。表明较高浓度或较低浓度的磷酸化卡拉胶寡糖可通过羟基与水分子结合，有效抑制冰晶形成，减少冻融损伤，增强了面筋蛋白的持水能力。

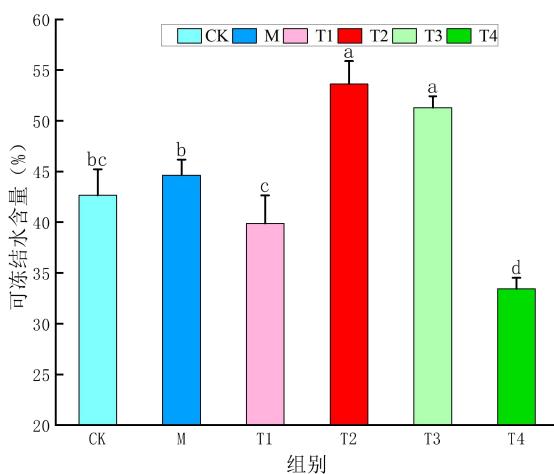


图 1 添加不同比例磷酸化卡拉胶寡糖对冷冻面团可冻结水含量的影响

(T1、T2、T3、T4 分别代表添加 0.25%、0.5%、0.75%、1.0% 磷酸化卡拉胶寡糖的面团)

图 2 为低场核磁 (LF-NMR) 测量面团水分相态分布的结果。水分是面团制备过程中的重要部分，其终产品的品质与水分在面团中的分布和与其他成分的结合程度有密切关联，横向弛豫时间 (T2) 越短，水与非水组分之间的结合能力越强。T2 弛豫谱如图 2 所示。T2 图谱根据弛豫时间分为 3 个峰区：T21 (0.1 ms~10 ms)，T22 (10 ms~100 ms) 和 T23 (100 ms~200 ms)。其中，T21 表示结合水，即与蛋白质分子表面极性基团紧密结合的水分；T22 表示不可移动水，即与淀粉和糖类等大分子结合的水分；T23 表示游离的自由。图 2 表明面团中水分的主要以结合水 (T21) 和不可移动水 (T22) 形态存在。磷酸化卡拉胶寡糖因具有亲水性的磷酸基团，增强了面团的水合作用，促进了自由水向弱结合水方向迁移。

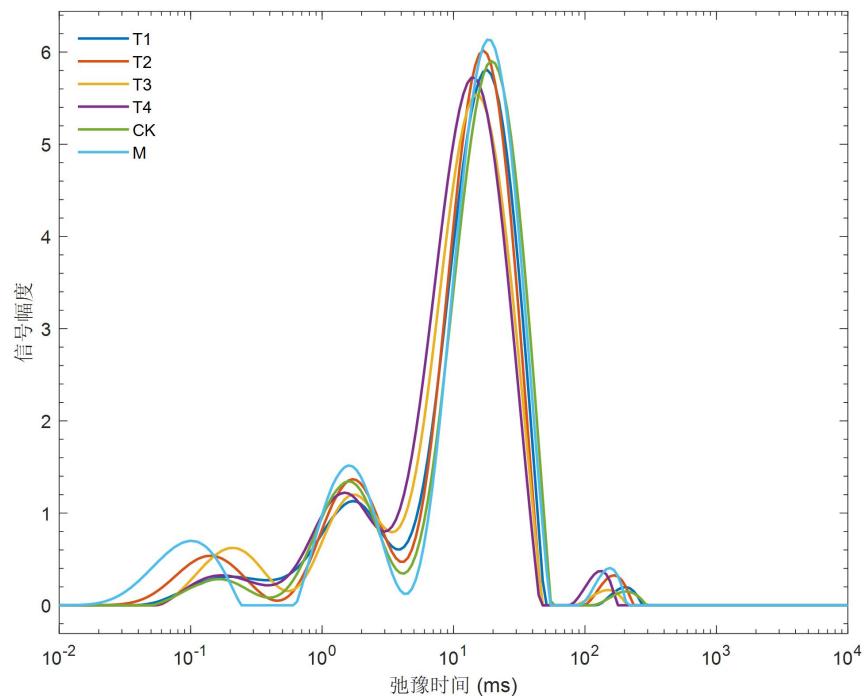


图 2 添加不同比例磷酸化卡拉胶寡糖对冷冻面团水分分布的影响  
(T1、T2、T3、T4 分别代表添加 0.25%、0.5%、0.75%、1.0% 磷酸化卡拉胶寡糖的面团)

#### A.2 增强面筋网络稳定性

面团的发酵受到面筋网络和酵母活性的双重影响，而冷冻过程中的冰晶生成和重结晶现象，会破坏面筋结构、影响酵母的活性，导致面团的产气能力下降。预实验结果表明，面团在 90 min 左右发酵力达到稳定状态，因此选择观察 90 min 内面团的发酵特性。如图 3 所示，在发酵过程中，空白对照组（CK）面团发酵高度最低且衰减最快，在发酵期间（15~90 min）高度下降了 62%。改良剂组（M）的发酵高度最高。随着磷酸化卡拉胶寡糖添加量的增加（0.25%、0.5%、0.75%、1.0%），0.25%-P-G 面团的发酵高度最高，且发酵高度相对保持稳定，显著优于 0.5%-P-G ( $p<0.05$ )。表明添加低浓度的磷酸化卡拉胶寡糖可以增强面筋网络稳定性，有效抑制面团塌陷。可能原因是磷酸化改性的卡拉胶寡糖具有良好的亲水性，有助于保持面团的持水性和持气性，因此促进了面团发酵力的提高。而高浓度添加量组（0.75%、1.0%）的面团发酵高度波动大，可能因添加磷酸化卡拉胶寡糖的浓度过高而导致面筋网络过度交联或渗透压失衡。

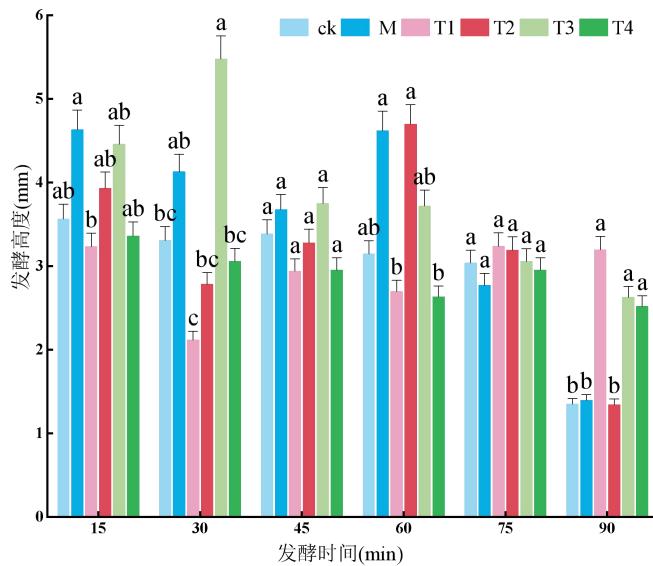


图 3 添加不同比例磷酸化卡拉胶寡糖 (P-G) 对冷冻面团发酵特性的影响  
(T1、T2、T3、T4 分别代表添加 0.25%、0.5%、0.75%、1.0% 磷酸化卡拉胶寡糖的面团)

### A.3 延缓淀粉老化

面团的流变特性可用于分析面团的理化和结构特性，有效解释面团加工过程中的行为，预测最终产品的品质。添加不同比例磷酸化卡拉胶寡糖冷冻面流变特性如图 4 所示。如图，在频率为 0.1~120 Hz 的范围内进行扫描时，面团的弹性模量 ( $G'$ ) 和黏性模量 ( $G''$ ) 随着频率的增加而增大，且始终是  $G' > G''$ ， $\tan\delta < 1$  的黏弹性体系，表明所有面团样品具有更明显的固体弹性特征。随磷酸化卡拉胶寡糖添加量的增加， $G'$  和  $G''$  均呈现先增大后减小的趋势，0.25%-P-G 和 0.5%-P-G 面团的  $G'$  和  $G''$  低于对照组 (CK) 和改良剂组 (M)，0.75%-P-G 和 1.0%-P-G 面团的  $G'$  和  $G''$  高于对照组 (CK) 和改良剂组 (M)。说明添加低浓度磷酸化卡拉胶寡糖的面团具有相对较小的面团强度，但同时这有利于发酵产生的气体支撑面筋网络，因此具有较好的发酵体积，这与发酵力的测定结果相符合。添加高浓度磷酸化卡拉胶寡糖的面团强度偏大，可能是因为冷冻过程产生的冰晶重结晶使水分发生迁移，导致面团的面筋网络被破坏，而磷酸化卡拉胶寡糖则堆积在面筋蛋白的空隙中，维持面筋蛋白被冰晶破坏后破裂的网络结构，从而使得面团获得更大的强度。 $\tan\delta$  是反映面团中黏性和弹性的重要指标，如图，在 0.1~120 Hz 的频率范围内，面团的  $\tan\delta$  在低频条件下随着频率的增加而减小，而在高频条件下随着频率的增加而增加，这表明面团在低频扫描下表现出更接近固体的行为，而在高频扫描时表现出类似液体的行。 $\tan\delta$  值越大代表面团的刚性越小，0.25%-P-G 组具有最大的  $\tan\delta$  值。

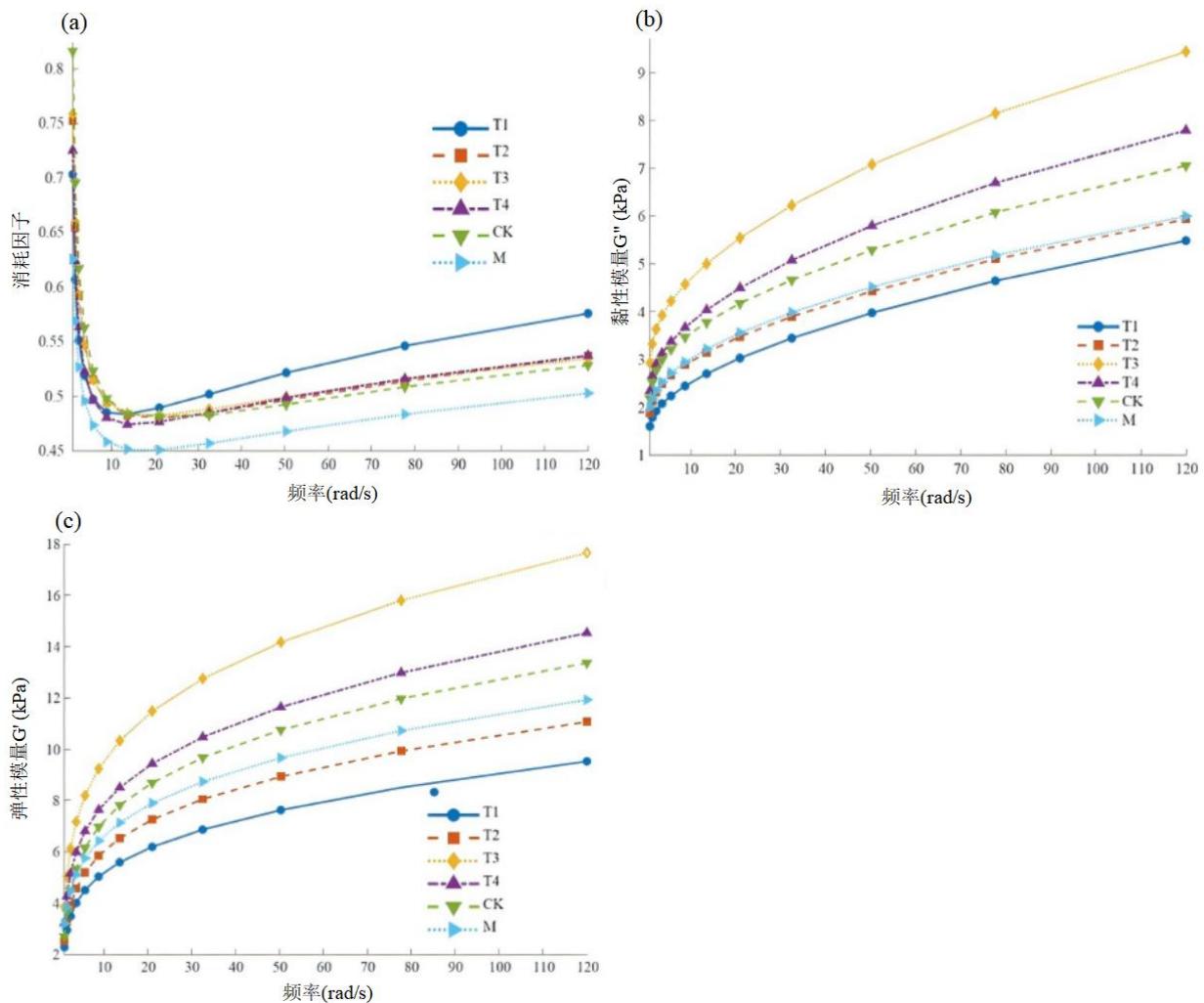


图 4 添加不同比例磷酸化卡拉胶寡糖 (P-G) 对冷冻面团流变特性的影响

(a) 损耗因子  $\tan\delta$ , (b) 黏性模量  $G''$ , (c) 弹性模量  $G'$

(T1、T2、T3、T4 分别代表添加 0.25%、0.5%、0.75%、1.0% 磷酸化卡拉胶寡糖的面团)

附录 B  
(规范性)  
解冻损失率的测定

#### B. 1 原理

冷冻面团解冻损失率的测定基于面团在解冻过程中由于冰晶融化导致的水分流失。水分流失会导致面团质量的减少，通过比较解冻前后面团的质量差异，可以计算出解冻损失率。这一指标对于评估冷冻面团在解冻过程中的品质变化具有重要意义。

#### B. 2 仪器和设备

B. 2. 1 电子天平：感量为 0.0001g，适用于质量不超过 50g 的样品。

B. 2. 2 电子天平：感量为 0.01g，适用于质量超过 50g 的样品。

#### B. 3 分析步骤

##### B. 3. 1 试样前处理

从冻库中取出冷冻面团样品，应确保试样在取出前处于稳定的冷冻状态，以避免因温度波动导致的质量变化。

##### B. 3. 2 试样测定

用电子天平称量冷冻面团的初始重量  $m_1$ ，并记录。将冷冻面团置于  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  中 6 小时（或  $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$  中 12 小时）进行解冻。待面团完全解冻后，再次使用电子天平称量其重量  $m_2$ ，并记录。在称量前应去除面团表面的多余水分，以确保称量的准确性。

#### B. 4 分析结果的表述

样品的解冻损失率按公式 (B.1) 计算：

$$L = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (\text{B.1})$$

式中：

$L$  —— 样品的解冻损失率，单位为 (%)；

$m_1$  —— 试样解冻前的质量，单位为 (g)；

$m_2$  —— 试样解冻后的质量，单位为 (g)。

计算结果保留至小数点后一位。

附录 C  
(规范性)  
比容保持率的测定

### C. 1 原理

测定样品二次发酵、整形后的面团体积和面团质量，其比值为比容，通过比较经 3 轮冻融循环后的样品与直接解冻的对照组样品的比容，来计算样品经 3 轮冻融循环后的比容保持率。

### C. 2 仪器和设备

C. 2. 1 电子天平：感量为 0.01g。

C. 2. 2 面体积测定时：测量范围 0mL~1000mL。

### C. 3 分析步骤

#### C. 3. 1 试样前处理

按 6.2.1 的方法处理样品，获得经 3 轮冻融循环后的两独立试样 X1、X2 与直接解冻的两独立试样 Y1、Y2。

将试样 X1、X2、Y1、Y2 分别放入洁净容器中，盖上用蒸馏水浸湿并拧干的纱布，于  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  温度下发酵 45min，然后取出于洁净台面上，撒上适量面粉减少粘黏，后进行排气和整形。（注意：在此过程中应撒上同一面粉且面粉质量基本相同，排气和整形的手法、次数也应相同，最终试样的形状应当是相同的规则形状。）

#### C. 3. 2 试样测定

分别用电子天平称量试样 X1、X2、Y1、Y2 的质量。

分别用面包体积测定时测得试样 X1、X2、Y1、Y2 的体积：

当待测试样体积不大于 400mL 时，先把底箱盖好，打开顶箱盖子和插板，从顶箱放入填充物，至标尺零线，盖好顶盖后，反复颠倒几次，调整填充物加入量至标尺零线；测量时，先把填充物倒置于顶箱，关闭插板开关，打开底箱盖，放入待测试样，盖好底盖，拉开插板使填充物自然落下，在标尺上读出填充物的刻度，即为试样的实测体积。

当待测试样体积大于 400mL 时，先把底箱打开，放入 400mL 的标准模块，盖好底箱，打开顶箱盖子和插板，从顶箱放入填充物，至标尺零线，盖好顶盖后，反复颠倒几次，消除死角空隙，调整填充物加入量至标尺零线；测量时，先把填充物倒置于顶箱，关闭插板开关，打开底箱盖，取出标准模块，放入待测试样，盖好底盖，拉开插板使填充物自然落下，在标尺上读出填充物的刻度，即为试样

的实测体积。

## C. 4 分析结果的表述

C. 4.1 试样 X 和试样 Y 的比容按公式 (C.1) 计算得

$$P = \frac{V}{m} \quad \dots \quad (\text{C.1})$$

式中：

$P$  ——试样的比容，单位为 (mL/g)；

$V$  ——试样的体积，单位为 (mL)；

$m$  ——试样的质量，单位为(g)。

取试样 X1、X2 结果的平均值作为经 3 轮冻融循环后试样 X 的比容；取试样 Y1、Y2 结果的平均值作为直接解冻后试样 Y 的比容。

#### C. 4.2 样品的比容保持率按公式 (C.2) 计算:

$$X = \frac{P_x}{P_y} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (\text{C.2})$$

式中：

$X$  ——样品的比容保持率，单位为 (%)；

$P_X$  ——经 3 轮冻融循环后样品的比容，单位为 (mL/g)；

$P_Y$  ——直接解冻后样品的比容，单位为 (mL/g)。

计算结果保留至小数点后一位。