

T/CCLJS

江苏省冷链学会团体标准

T/CCLJS XXX—2026

微波-红外干燥协同个性化食品 3D/4D 打印 装置

3D/4D printing device of personalized food using microwave and infrared drying

（征求意见稿）

2026 – XX – XX 发布

2026 – XX – XX 实施

江苏省冷链学会 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由长兴时印科技有限公司提出。

本文件由江苏省冷链学会归口并组织实施。

本标准起草单位：长兴时印科技有限公司、江南大学。

本标准主要起草人：李景元、陈晨、张懋、王玉川、范东翠。

微波-红外干燥协同个性化食品 3D/4D 打印装置

1 范围

本标准规定了微波-红外干燥协同个性化食品3D/4D打印装置的术语和定义、打印食材要求、配置要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输和贮存及质保期。

本标准适用于以果蔬、薯类、谷类、豆类、肉类、水产类等食品基材的双物料体系，经双物料双喷头组合设计、模型设计、切片程序优化、微波-红外干燥与刺激、机械制造、安装调试、性能指标检测等工序加工而成的个性化食品3D/4D打印装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 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 2761	食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量
GB 2762	食品安全国家标准 食品中污染物限量
GB 2763	食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量
GB 2763.1	食品安全国家标准 食品中百草枯等43种农药最大残留限量
GB 4789.2	食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定
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 霉菌和酵母数计数
GB/T 5009.3	食品中水分的测定
GB/T 5009.4	食品中灰分的测定
GB/T 5009.11	食品中总砷及无机砷的测定
GB/T 5009.12	食品中铅的测定
GB/T 5009.17	食品中总汞及有机汞的测定
GB 5749	生活饮用水卫生标准
GB/T 6543	运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱
GB/T 6949	煤的视相对密度测定方法
GB 7718	预包装食品标签通则
GB 9683	复合食品包装袋卫生标准
GB 9691	食品包装用聚乙烯树脂卫生标准
GB 13104	食品安全国家标准 食糖
GB 14881	食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范
GB/T 21302	包装用复合膜、袋通则
GB 28050	食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则
IDDSI	国际吞咽障碍食物标准
JJF 1070-2005	定量包装商品净含量计量检验规则

国家质量监督检验检疫总局令第75号(2005)《定量包装商品计量监督管理办法》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

双物料 double materials

应用于个性化食品增材制造双喷头的两种食材。

3.2

多喷头 multiple nozzles

应用于个性化食品增材制造设备挤出部件为多组双喷头组合。

3.3

个性化食品 personalized food

应用于易吞咽、特殊造型、成人喜好和营养强化等特殊应用场景需求的食品。

3.4

3D/4D 打印 3D/4D printing

指在3维空间或3维时空进行的增材制造。

3.5

打印精度 printing accuracy

评价双物料-多喷头个性化食品批量增材制造装置精准性能指标。

3.6

打印能力 printing capacity

评价双物料-多喷头个性食品批量增材制造装置产能指标。

3.7

成品率 percent of pass

评价双物料-多喷头个性化食品批量增材制装置产品合格程度指标。

3.8

打印效率 printing efficiency

评价双物料-多喷头个性化食品批量增材制造装置有效产能的指标。

3.9

品质应激响应 quality stress response

指在微波、红外等物理场诱导下食品品质变化，包括色泽、形态、风味等品质变化指标。

4 打印食材要求

4.1 原料

用于微波-红外干燥协同个性化食品3D/4D打印装置的原料包括果蔬、薯类、谷类、豆类、肉类、水产类，应新鲜、无污染、洁净、无腐烂，并应符合GB 31652-2021、GB2715-2016、GB 2726-2016、GB/T 30891-2014的规定。

4.2 辅料

- 4.2.1 食品添加剂使用应符合 GB2760 的规定。
- 4.2.2 食品营养强化剂使用应符合 GB14880 的规定。
- 4.2.3 生产用水应符合 GB5749 的规定。

5 技术要求

5.1 配置指标

应符合表 1 规定。

表 1 配置指标

项 目	指 标
双喷头数量, 组	1
微波频率 (MHz)	2450
红外波长 (μm)	2.5~15
装机功率, kW	3

5.2 技术指标

应符合表 2 规定。

表 2 技术指标

项 目	指 标
打印精度, %	90
打印能力, 件/h	20
打印效率, 件/h	18
成品率, %	95
品质应激响应时间 (min)	
(1) 色泽	1
(2) 风味	1
(3) 形状	1

5.3 净含量允差

应符合国家质量监督检验检疫总局【2005】第75号令的规定，并按JJF 1070的规定进行。

6 试验方法

6.1 技术指标检验

6.1.1 打印精度

从打印产品中随机抽 10 件样品，采用游标卡尺（精度 0.1mm）测量样品尺寸：长（L）、宽（W）、高（H）、直径（Φ），与打印模型设计尺寸进行比较，按照公式（1）计算每件样品打印精度（printing accuracy，标记为 PA_i ），然后计算 10 件样品 L、W、H、Φ 打印精度平均值，标记为 PA_L 、 PA_W 、 PA_H 、 PA_ϕ ，最后根据公式（2）计算产品综合打印精度。

$$PA_i = (1 - |S_i - S_0| / S_0) \times 100\% \quad (1)$$

其中： PA_i —单件样品 L、W、H、Φ 打印精度，单位为 %；

S_0 —打印模型 L、W、H、Φ 设计尺寸，单位为 mm；

S_i —单件打印样品 L、W、H、Φ 实际尺寸测量值，单位为 mm。

以上过程重复 3 次，3 次的平均值作为单件样品 L、W、H、Φ 打印精度值。

$$PA_v = (PA_L + PA_W + PA_H + PA_\phi) / n \quad (2)$$

式中： PA_v —产品综合打印精度，单位为 %；

PA_L —产品长度方向打印精度平均值，单位为 %；

PA_W —产品宽度方向打印精度平均值，单位为 %；

PA_H —产品高度方向打印精度平均值，单位为 %；

PA_ϕ —产品直径方向打印精度平均值，单位为 %；

n —产品空间精度方向测量数量。

6.1.2 打印能力测定

首先确定一个打印周期（h），然后测量一个打印周期内打印产品数量（件），最后计算单位打印时间打印产品的数量，即为打印能力（件/h）。这个过程重复 3 次，取平均值作为最终的打印能力判定值。

6.1.3 成品率测定

参照南通市农副产品加工技术协会团体标准《典型物理场组合干燥果蔬制品》（标准编号：T/NTJGXH 055—2019）成品率测定方法，进行 3D/4D 打印产品打印精度测量。首先确定一个产品打印周期（h），然后分别测量一个打印周期内打印产品总数量、合格打印产品数量（件），合格打印产品数量（件）与打印产品总数量（件）的比值，即为打印产品成品率（%）。合格产品指产品打印精度 $\geq 90\%$ 。

这个过程重复 3 次，取 3 次平均值作为最终的成品率判定值。

6.1.4 打印效率测定

首先确定一个产品打印周期（h），然后测量一个打印周期内合格打印产品数量（件），最后计算单位打印时间内打印合格产品的数量，即为打印效率（件/h）。

这个过程重复 3 次，取 3 次平均值作为最终的打印效率判定值。

6.1.5 品质应激响应时间测定

（1）色泽应激响应时间测定

在产品打印过程中，记录打印产品应激响应处理开始时间及结束时间，应激结束取出样品；应激前后打印样品研磨成泥状，采用色差计分别进行色泽测量，测量内容包括亮度值（L）、红绿值（a）和

黄蓝值（ b ）。按照公式（3）进行色差（ ΔE_c ）计算。

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (3)$$

式中： ΔE_c ——打印样品激响处理前后色差

L_b 、 L_a ——打印样品激响处理前后亮度值

a_b 、 a_a ——打印样品激响处理前后红绿值

b_b 、 b_a ——打印样品激响处理前后黄蓝值

这个过程重复3次，取3次 ΔE_c 平均值作为最终的色泽应激响应时间判定值。 $\Delta E_c \geq 2$ 判定为色泽应激响应达到色泽变化要求。

（2）风味应激响应时间测定

在产品打印过程中，记录打印产品应激响应处理开始时间及结束时间，应激结束取出样品；将应激前后打印样品放入电子鼻专用测试瓶中，密封并在室温下等振1小时。实验参数为气流1 L/min，试验时间60s，清洗时间120 s。分别记录电子鼻检测系统的18个传感器阵列（S1~S18）输出值。参照公式（3）色差（ ΔE_c ）计算方法，计算应激前后打印产品风味差，标记为 ΔE_a 。

$$\Delta E_a = \sqrt{(S_{1a} - S_{1b})^2 + (S_{2a} - S_{2b})^2 + \dots + (S_{18a} - S_{18b})^2} \quad (4)$$

式中： ΔE_a ——打印样品激响处理前后色差

S_{b1} 、 S_{a1} ——打印样品激响处理前后风味传感器1测量值；

S_{b2} 、 S_{a2} ——打印样品激响处理前后风味传感器2测量值；

.....

S_{b17} 、 S_{a17} ——打印样品激响处理前后风味传感器17测量值；

S_{b18} 、 S_{a18} ——打印样品激响处理前后风味传感器18测量值。

这个过程重复3次， ΔE_a 取平均值作为最终的风味激响应时间判定值。 $\Delta E_a \geq 2$ 判定为风味应激响应达到风味变化要求。

（3）形状应激响应时间测定

①外形（长L、宽W、高H、直径 Φ ）尺寸变化测定

应激处理前后打印产品外形变化采用游标卡尺（精度0.1mm）进行测量，在产品打印过程中，记录打印产品应激响应处理开始时间及结束时间，应激结束取出样品；按照公式（5）进行产品外形变化率测量，标记为 ΔV 。

$$\Delta V = (|V_a - V_b| / V_b) \times 100\% \quad (5)$$

式中： ΔV ——应激处理前后打印产品外形变化率，单位为%；

V_b ——应激处理前打印产品外形（ L 、 W 、 H 、 Φ ），单位为 mm；

V_a ——应激处理后打印产品外形（ L 、 W 、 H 、 Φ ），单位为 mm。

这个过程重复3次，取3次平均值 ΔV 作为最终的外形激响应时间判定值。 $\Delta V \geq 30\%$ 判定为外形应激响应达到外形变化要求，对应的外形变化时间为外形应激响应时间。

②角度变化测定

参照Niu等人[5]之前所报道的单喷头3D打印产品角度变化测量方法，进行3D/4D打印产品角度变化测量。具体步骤：应激处理前后打印产品角度变化采用拍照与Rhino 7.0软件方法进行测量。在产品打印过程中，记录打印产品应激响应处理开始时间及结束时间，应激结束取出样品；采用智能手机对样品进行拍照，并导入Rhino 7.0软件测量不同应激响应时间时的花瓣绽放的变化角度，按照公式（6）进行角度变化率计算，标记为 ΔA_i 。

$$\Delta A_i = (A_t - A_0) / \Delta A_0 \times 100\% \quad (6)$$

式中： ΔA_0 —应激处理前打印样品花瓣的初始角度与最大变形角度（ 90° ）之差，单位为 $^\circ$ ；

A_0 —应激处理前打印样品花瓣的初始绽放角度，单位为 $^\circ$ ；

A_t —应激响应处理t时间后打印样品花瓣的绽放角度，单位为 $^\circ$ 。

这个过程重复3次， ΔA 取平均值作为最终的打印样品角度应激响应变化率判定值。 $\Delta A \geq 30\%$ 判定为角度应激响应达到角度变化要求，对应的角度变化时间为角度应激响应时间。

6.2 净含量

按JJF 1070中规定的方法检验。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 型式检验

型式检验是对产品进行全面考核，即对本标准规定的全部要求进行检验。有下列情形之一者应进行型式检验。

- a) 新产品定型鉴定时；
- b) 原材料、设备或工艺有较大改变，可能影响产品质量时；
- c) 停产3个月以上，又恢复生产时；
- d) 出产检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家食品安全监督部门提出要求时。

7.1.2 交收检验

每批产品交收前，生产单位都要进行交收检验。交收检验内容主要包括感官指标、理化指标、微生物、净含量、标签和包装。检验合格并附合格证后方可交收。

7.2 组批规则

同批生产的产品作为一个检验批次。

7.3 抽样方法

从成品中的不同位置随机抽取检样，以最小包装计，共3件样品，分别作出厂必检项目检验。

7.4 判定规则

7.4.1 感官、理化和微生物指标有一项不合格，该批次产品为不合格。

7.4.2 复验

该批次产品的标志、标签、包装、净含量不合格者，允许复验一次。感官和微生物指标不合格，不进行复验。理化指标有一项不合格，允许复验一次，以复验结果为准，两项以上（含两项）不合格，不进行复验。

8 标签、标识

产品标签应符合GB7718、GB28050的规定，包装储运图示标志应符合GB/T 191的规定。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

包装材料应符合食品级包装卫生要求，应防潮、无污染。内包装为食品级低密度聚乙烯袋，应符合GB 9691的规定；外包装瓦楞纸箱应符合GB/T 6543有关规定或按客户要求执行。

9.2 运输

产品运输工具应清洁、干燥、无污染，运输途中应防雨、防潮、防暴晒、防重压，严禁与能导致产品污染的货物混装；搬运时应轻搬、轻放。

9.3 贮存

产品贮存于环境温度 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 、空气相对湿度 $\leq 70\%$ 、避光、阴凉的食品专用仓库，不得与有毒、有害、有异味物品混贮。

10 保质期

在上述规定的条件下，从生产之日起产品的保质期为12个月。
