

谷物品质 与 食品品质

——小麦籽粒品质与食品品质

魏益民 著

GUWU PINZHI YU
SHIPIN PINZHI

陕西人民出版社

PDG

序 言

小麦是世界上种植面积最大,总产量最高,贸易额最多,加工食品种类最多的粮食作物,也是世界各国粮食贮备的主要作物之一。小麦在世界食品安全、战略贮备、农产品贸易中占有极其重要的地位。全世界小麦常年种植面积一般在2.3亿公顷左右,占世界谷物总面积的32%(水稻占20.8%、玉米占18.0%);小麦的总产量约为5.7亿吨,占谷物总产量的28.9%(稻谷占27.1%,玉米占25.2%)。世界小麦贸易量约1亿吨,占世界谷物贸易量的50%左右;小麦制品是世界各国食品消费的主要形式之一,它提供的蛋白质占人类总消耗蛋白质的20.3%,热量占18.6%,由小麦制作的食品占人类食物总量的11.1%。小麦还是人类食物中纤维素、维生素、矿物质的主要来源之一。由小麦制作的食物种类中,以面包最为丰富,仅欧洲就可制作350种面包。面条在亚洲有着广泛的市场,近年来也扩散到世界各地,但以亚裔聚集地为主。馒头在中国,特别是北方,有较大的市场。

小麦是中国第二大粮食作物,播种面积1996~2000年平均为2745万公顷,平均总产量为11217万吨,平均消费量约为11554万吨。1998年小麦占粮食播种面积的19.1%,占粮食总产量的21.4%,其中冬小麦的播种面积占87.5%,春小麦播种面积占12.5%。随着产业结构的调整,经济作物种植面积增加,荒山旱地草地面积增大,小麦种植面积有逐年减少的趋势。目前中国小麦生产可以基本满足国内市场需求,且局部地区丰年有余,出现库存积压,但中国小麦生产的品种结构矛盾突出,专用小麦品种和优质商品小麦缺乏,粮食贮运成本较高。

陕西关中平原(秦川)属于黄淮冬麦区,汾渭川地副区,集中分布在秦岭以北,黄土高原以南,以渭河流域为主,西与甘肃天水地区接壤,东与山西运城地区、河南三门峡地区相邻,为黄淮麦区的典型地带之一。陕西省小麦常年播种面积约为160万公顷,占农作物播种面积的39.4%产量占粮食总产量的38.5%。关中地区是陕西省小麦的主要种植地区,播种面积约占全省播种面积的80%,产量约占全省总产量的85%。

经过20多年的农村改革和广大农业科技人员的努力,中国粮食生产取得了巨大的成就,已经能够满足国内市场需求。目前,中国粮食的生产已经进入了稳定规模,保证总产,调整结构,增加效益的新阶段。小麦生产在稳定总产的前提下,着重以品种结构调整、优质生产区划、优质专用品种选育及推广、优质生产基地建设、优质小麦分收分贮、快速检测、优质优价为主要任务。

多数学者研究认为,中国小麦品种的蛋白质含量和湿面筋含量较高,或不低于国外小麦品种的水平,但面筋质量(沉淀值、面筋指数)较低,表现在面团特性上则为面团稳定时间短,耐揉性差,软化度和衰落值大,拉伸阻力小,拉伸面积小;表现在面包品质上则为烘烤体积小,弹性差,质地不够理想。近10年来,中国的小麦育种工作者已选育出了一批强筋小麦品种,专用小麦品种,政府和生产部门也进行了大力的宣传和推广工作,但由于生

产规模,粮食收购政策及产业化链条发展的不均衡性等原因,还不能满足人民群众生活和食品工业的要求。

面包、面条、馒头是以小麦作为主要原料生产的主要食品,在人们的日常生活中占有极其重要的地位。面条和馒头是中国的特色食品,在中国已经有两千多年的历史,与中华民族的进化、文化、发展、生活息息相关,但人们对面条、馒头的研究和面包相比,还差得甚远,与目前的产业结构调整,作物专用品种选育,食品加工业的发展,以及人们生活结构的变化极不适应。农业科学工作者,食品科学工作者还应努力解决涉及人们日常生活、生产及经济发展中关键的科学与技术问题。

谷物化学主要研究禾谷类作物(水稻、小麦、大麦、黑麦、燕麦、小黑麦、玉米、薏米、谷子、糜子、高粱等)籽粒的营养成分、加工工艺特性和制成食品的品质,以及营养成份、加工特性与食品品质的关系;是粮食科学与技术的重要领域;也是食品科学与技术的主要组成部分。另外,谷物化学还为禾谷类作物的品质育种、品质评价、优质产品区划、优质品种栽培提供了重要的理论和技术依据。谷物化学关于蛋白质亚结构,蛋白质功能及其与食品品质关系的研究,为品质性状的基因定位,筛选、检测、克隆、导入、创造优良品种、品系提供了有力的技术支持和保障。由于谷物食品漫长的发展历史和食品种类的多样性(面包、面条、馒头、饼子、饼干、蛋糕、早餐麦片、米线、白酒、啤酒、黄酒、料酒、色拉玉米、八宝粥等),也带动了食品科学与加工,以及食品评价及食品贮藏学的发展。

小麦品种籽粒品质的分析与评价,小麦食品的加工与新产品开发仅是谷物化学研究领域的一个组成部分。由于小麦生产和小麦制作的食品在人们日常生活中的作用和地位,近百年来,小麦化学及其食品加工技术一直是谷物化学研究领域最活跃的谷物种类之一,世界各国谷物化学家、作物育种家、食品科学家在此领域所提供的研究结果,远远超出了其它作物所提供的研究结果。

作者及其领导的食品品质研究所经过 20 多年的学习、研究、调查、总结,初步回答了陕西关中地区小麦品种籽粒品质的现状,主要食品对小麦籽粒品质性状的要求,各种品质性状间的相关性,品种品质性状的稳定性,品质性状与主要食品品质之间的关系,主要食品对小麦籽粒品质性状的要求,以及蛋白质和淀粉对食品品质的影响机理等问题,希望以此对中国谷物化学和粮食科学与技术的发展提供理论和技术支持,为小麦品质育种提供理论和方法参考。通过介绍了国内外小麦化学与加工技术的发展现状,为中国粮食科学与技术,乃至食品科学与技术的发展做出贡献。

本书主要以陕西关中地区的小麦品种、品系为研究对象,在食品品质研究方面也仅仅涉足了面包、面条和馒头;作者对国内外研究资料和文献的加工与整理,未必全面或完全表达了原文作者的思想,在理论研究和认识,以及生产上还有许多问题值得继续研究和探讨。

书中不妥和欠缺之处敬请读者批评和指正。

作者

2002 年 8 月 26 日

目 录

第一章 小麦籽粒品质分析评价	1
第一节 基础理论与研究进展	1
一、小麦品质的基本概念	1
二、我国小麦品种籽粒品质改良进展	12
第二节 小麦品种籽粒品质评价	14
一、小麦品种品质鉴评原理与方法	14
二、小麦品质指标分析方法	16
第三节 陕西关中小麦品种籽粒品质鉴评结果	17
一、小麦品种(品系)品质性状	19
二、小麦品种品质性状间相关性	24
三、陕西关中小麦品种品质分类	27
(一)小麦品种品质分类	27
(二)优质高筋小麦品种(品系)品质性状	33
(三)优质高筋小麦品种(品系)品质性状间相关性	37
(四)低筋小麦品种(品系)品质性状	37
(五)低筋小麦品种(品系)品质性状间相关性	40
(六)优质高筋小麦与低筋小麦品种(品系)品质性状间相关性比较	40
四、讨论	41
五、小结	42
参考文献	44
第二章 小麦品种籽粒品质性状的稳定性	51
第一节 小麦品种籽粒品质性状遗传变异规律研究进展	51
一、籽粒物理品质性状	51
二、磨粉品质	52
三、蛋白质品质性状	52
四、粉质参数	54
五、小麦品种籽粒品质遗传变异研究在实际中的应用	54
第二节 小麦品种籽粒品质性状和稳定性的研究思路与分析方法	55
一、研究思路	55
二、分析方法	55
第三节 小麦品种籽粒品质性状的稳定性	59

一、品种品质性状的变化规律	59
(一)品种(品系)间主要品质性状的变化	60
(二)试点间品质性状的变化	68
二、基因型和环境对小麦品种品质性状的影响分析	76
(一)随机效应对品质性状的影响	76
(二)基因型效应对品质性状的影响	78
三、品种品质性状的稳定性评价	83
(一)籽粒物理品质的稳定性	83
(二)磨粉品质的稳定性	85
(三)蛋白质品质性状的稳定性	85
(四)粉质参数的稳定性	87
四、品质性状间相关性的影响因素分析	90
(一)品质性状的基因型相关	90
(二)遗传与环境对籽粒品质性状相关性的影响	91
(三)品质性状的因子分析	91
五、讨论	95
(一)小麦籽粒品质性状的变异程度	95
(二)小平等品种籽粒品质性状的相对变异程度	97
(三)品种、环境和品种×环境互作(CEL)对品质性状的影响	97
(四)品种品质性状的稳定性与适应性	97
(五)影响品质性状间相关性的因素	98
六、小结	98
参考文献	100
第三章 小麦品种籽粒品质与食品品质	107
第一节 食品品质评价	107
一、概述	107
二、食品品质评价用样品的准备	109
三、食品品质评价方法	110
(一)面包品质评价方法	110
(二)馒头品质评价方法	110
(三)面条品质评价方法	111
第二节 小麦品种籽粒品质性状与食品品质	112
一、概述	113
(一)籽粒物理品质与食品品质	113
(二)磨粉品质与食品品质	114
(三)蛋白质品质与食品品质	114
(四)面团流变学特性与食品品质	117
(五)淀粉酶活性与食品品质	118

(六)淀粉特性与食品品质	119
(七)脂类与食品品质	120
二、小麦品种籽粒品质与食品品质的关系	121
(一)小麦品种籽粒品质与面包品质的关系	121
(二)小麦品种籽粒品质与馒头品质的关系	122
(三)小麦品种籽粒品质与面条品质的关系	126
三、食品品质性状间的相关关系	127
(一)面包品质性状间的相关关系	128
(二)馒头品质性状间的相关关系	129
(三)面条品质性状间的相关关系	130
四、陕西关中小麦品种食品制作适用性	131
(一)小麦品种的食品品质性状	131
(二)小麦品种食品品质分类	132
(三)面包、面条、馒头对小麦品质性状要求的比较分析	134
五、小结	135
参考文献	136
第四章 小麦蛋白质和淀粉与面条品质	142
第一节 面条品质与评价	142
一、概述	142
(一)通心面类	143
(二)面条类	144
二、通心面及面条的品质评价	146
(一)通心面品质的感官评价	146
(二)面条和方便面的品质评价方法	150
(三)其它评价方法	152
(四)影响评价结果的因素	152
三、问题与展望	153
第二节 小麦蛋白质和淀粉与面条品质	153
一、小麦品种籽粒品质与面条品质	153
二、小麦品质性状与面条品质	154
三、小麦蛋白质与面条品质	156
(一)小麦蛋白质的组成与特性	156
(二)小麦蛋白质与面团品质	159
(三)小麦蛋白质与面条品质	159
四、小麦淀粉与面条品质	162
(一)小麦淀粉的组成	162
(二)小麦淀粉的形成过程	163
(三)小麦淀粉的糊化特性	163

(四)小麦淀粉与面条品质.....	166
五、蛋白质和淀粉与面条品质关系研究方法	169
第三节 蛋白质和淀粉与挂面及方便面品质.....	172
一、蛋白质和淀粉总含量对挂面及方便面品质的影响	172
(一)定性分析.....	172
(二)定量分析.....	173
二、蛋白质和淀粉各组分含量对挂面及方便面品质的影响	175
三、蛋白质和淀粉各组分特性对挂面及方便面品质的影响	175
第四节 蛋白质和淀粉对挂面及方便面品质的影响机理.....	179
一、挂面与方便面的差异性	180
二、蛋白质和淀粉对挂面及方便面品质的影响机理分析	181
(一)相关研究结果.....	181
(二)蛋白质和淀粉对挂面及方便面品质影响机理分析.....	186
(三)小结与讨论.....	193
参考文献.....	208
第五章 主要食品对小麦籽粒品质的要求分析.....	219
一、前言	219
二、面包对小麦籽粒品质的要求	219
三、面条对小麦籽粒品质的要求	221
四、馒头对小麦籽粒品质的要求	224
五、讨论	227
参考文献.....	229
附 录.....	231
一、编组人员 1992—2001 年间已公开发表的论文、著作	231
二、1994—1997 年参加陕西关中地区区域试验的小麦品种(品系)的品质性状	236
三、小麦籽粒品质及食品品质描述用术语的中、英文对照.....	239
四、小麦籽粒品质及食品品质测定用仪器名称、型号、产地、厂家.....	240
五、小麦籽粒品质及食品品质测定用国际标准及国家标准	241

第一章 小麦籽粒品质分析评价

从某种意义上讲,小麦品质一般指小麦品种品质。小麦品种品质是一个综合概念,一般包括营养品质和加工品质。小麦加工品质可分为一次加工品质和二次加工品质。一次加工品质主要包括小麦籽粒物理品质、磨粉品质和蛋白质品质。二次加工品质指面团流变学特性(如,粉质参数、拉伸参数), α -淀粉活性和淀粉糊化特性等,其侧重点随着研究目的与用途的不同而有较大差异。对于小麦品质的最终评价应具有一定的全面性和公正性。本篇主要介绍小麦品质的基本概念,小麦品质研究进展,小麦品种品质鉴评原理与方法,以及陕西关中小麦品种籽粒品质鉴定结果与分类等方面的内容。

第一节 基础理论与研究进展

一、小麦品质的基本概念

小麦品质一般指小麦的品种品质。根据不同的应用目的,小麦品种品质具有不同的含义。育种者认为,品种品质应是小麦在产量、抗病性及其对肥力反应程度等一系列性状方面的综合反映;面粉加工者把磨粉能力、病虫害程度和杂质含量等视为小麦品质;食品生产者则要求小麦面粉具有较好的食品加工特性和较好的食品品质,而不同的食品对于小麦面粉的特性要求大相径庭。小麦籽粒品质是小麦品种品质的主要构成性状。小麦籽粒品质是指,小麦籽粒对于某种特定最终用途的间接和直接适应性,一般包括加工品质和营养品质两个方面(Vetter,1987;杨建设等,1992)。

(一)营养品质

小麦的营养品质是指其所含营养物质对人体营养需要的适合性和满足程度,包括营养成分的多少、各种营养成分的全面性与平衡性,特别是小麦籽粒中蛋白质含量及蛋白质中各种必需氨基酸的平衡程度。其中最为缺乏的是赖氨酸,其含量仅能满足人体需要的45%,为小麦第一限制性氨基酸。所以,高蛋白、高赖氨酸是小麦营养品质的基本概念和内容。

(二)加工品质

小麦的加工品质是指小麦籽粒对制粉以及面粉对制作不同食品的适合性和满足程度,可分为一次加工品质(即制粉品质)和二次加工品质(即食品制作品质)。一次加工品质包括籽粒物理品质、磨粉品质和蛋白质品质。二次加工品质是指食品制作品质,它是评价小麦籽粒品质和面粉品质的主要指标和依据。籽粒和面粉的理化性状只是由于其与食品制作品质存在相关性,才被作为品质指标。小麦籽粒的二次加工品质主要取决于小麦品种

或面粉的最终食品用途,所以又分为烘烤品质和蒸煮品质。籽粒和面粉的理化特性指标与磨粉及食品制作品质间存在着密切的相关性。可用这些指标对小麦品质作出直接判断和评价,或对小麦的最终用途作出科学合理的预测。

随着人们生活水平的提高和消费意识的改变,人们对小麦品质的重视程度日益增加。通常所讲的优质小麦是指在正常的碾磨加工工艺条件下,具有较高的出粉率和面粉白度,所得面粉能较好地适应某一类食品的加工与食用要求。根据小麦面粉的筋力强度和食品加工适应性能,优质小麦可分为强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦三大类型。强筋小麦主要用于加工面包专用粉、膨松油炸制品用粉和意大利通心粉;中筋小麦适宜加工馒头专用粉、面条专用粉;弱筋小麦加工出的低筋粉可用以制作各式蛋糕、饼干等食品。

用来衡量小麦品质的指标很多,常用的主要有以下几种:

1. 籽粒物理品质

小麦的籽粒物理品质是指与小麦籽粒物理性状有关的品质评价指标。它与磨粉品质密切相关,主要包括千粒重、容重、籽粒硬度、角质率等指标。

(1) 容重、千粒重

容重是指单位体积小麦的质量,以 g/l 表示。对于同一个小麦品种,容重的高低主要反映麦粒饱满度。容重高,麦粒较饱满,出粉率亦较高。在不同的小麦品种之间,容重的高低并不能代表其品质的优劣。一般而言,优质强筋小麦多为硬质小麦,蛋白质含量高,籽粒结构紧密,容重较高。部分优质强筋小麦,受其籽粒形状、饱满度等因素影响,表现为容重较低,但其食用品质并未明显降低。对同一品种不同种植地的小麦而言,容重越高越好;而对不同品种的小麦,容重高,其品质不一定好。

在国家标准中,容重是小麦收购、贮运、加工和贸易分级的主要依据,也是鉴定磨粉品质的一个综合指标。它取决于籽粒本身的密度和籽粒的随机体积,能综合反映籽粒形状、整齐度、胚乳质地、含水量等性状。容重的高低与籽粒大小关系不大,但受籽粒间空隙大小、籽粒形状和整齐度的影响较大。一般胚乳组织致密、成熟度好、籽粒饱满、形状一致、硬质、含水量少的容重就大(Hlynka,1964;曹广才等,1994)。

容重与出粉率和面粉灰分含量直接相关。在一定范围内,随容重增加,小麦出粉率提高,面粉灰分含量降低(Mangels 等,1964;Quisnenberry,1967;朱展才,1988;李宗智,1990)。等外级小麦容重对出粉率的影响明显较等内级小麦大,随容重的减小出粉率急剧下降(阮竞兰等,1998)。由于容重与角质率及面粉粉质指标相关不显著,一些研究者认为容重与面粉品质的关系尚不能定论,它的意义只能从贸易角度考虑(Ghader,1971;朱展才,1988)。

我国小麦的容重较高,特别是北方麦区尤为如此。据中国农业科学院作物育种栽培研究所和国内贸易部谷物油脂化学研究所测定,无论是商品粮还是小麦品种,我国小麦的容重平均在 770g/l~780g/l 之间;约 50% 的品种在 790g/l 以上,有些品种超过 800g/l。

(2) 籽粒硬度

籽粒硬度是对籽粒胚乳质地软硬程度的评价,是影响小麦磨粉品质和加工品质的重要因素,是加拿大、美国、澳大利亚等国家区分小麦类别和贸易等级的重要依据之一,也是小麦育种的重要目标性状之一。小麦籽粒硬度与胚乳质地密切相关,硬度主要取决于籽粒

中淀粉和蛋白质间的粘连程度以及淀粉颗粒之间蛋白质基质的连续性(Yamazak 等, 1980; Bakhella 等, 1990; 郭刚等, 1996)。硬质小麦比软质小麦中蛋白质和淀粉的结合力强(Simmond 等, 1973)。此外, 蛋白质所带电荷的多少也是影响籽粒硬度的因素之一, 带电荷多, 籽粒较软; 反之, 较硬(Hoseney 等, 1987)。根据籽粒硬度可将小麦分为硬质小麦和软质小麦。我国的硬质小麦和软质小麦基本各占一半。其平均值自南向北、自东往西呈逐渐增大趋势(李宗智等, 1993; 李鸿恩等, 1995; 郭刚等, 1996)。

籽粒硬度对制粉过程中的润麦、研磨和筛理等工序有较大影响(傅宾孝, 1989; Bakhella 等, 1990)。一般而言, 硬质小麦的蛋白质含量和质量越高, 出粉率越高, 灰分含量越低; 软质麦则相反(Farrand, 1969)。

Hoseney 等通过分析研究发现, 硬质小麦含蛋白质较多, 且在小麦籽粒中蛋白质和淀粉紧密结合。蛋白质好像湿外套一样紧密地粘附在淀粉粒表面, 两者之间以某种特殊的水溶性糖蛋白相粘接, 而软质小麦中没有这种糖蛋白。因此, 蛋白质含量高的硬质麦粒呈玻璃质。软质小麦中的蛋白质含量较少, 虽然其中的淀粉和蛋白质与硬麦中的外表相似, 但是, 蛋白质不湿润淀粉表面。因此, 粉质麦粒中空隙较大, 不呈玻璃质、不透明。Malouf 等(1992)研究发现, 软麦淀粉表面的 15-kDa 蛋白质(称为籽粒软度蛋白质, grain softness protein 或 GSP, 由主链多肽和许多小肽段组成)对小麦胚乳质构有主要影响。Rahman(1994)用 cDNA 方法对其进行了克隆。Bettge(1995)用与淀粉颗粒度有关的一种蛋白质(15Kda)作为小麦籽粒硬度的生物化学标记, 进行小麦硬度的选育。

(3) 角质率

角质率是指角质籽粒占整批小麦的比例。育种工作者常用角质率来判断小麦籽粒硬度。在正常收获、干燥的小麦中, 籽粒硬度与角质率之间一般呈显著正相关。但角质率与多数品质性状并无直接关系(Pomeranz, 1988)。美国、加拿大、日本、中国等国家把角质率含量在 70% 以上的小麦定为硬质小麦。

硬质小麦胚乳细胞中的大粒淀粉含量多, 小粒淀粉含量少, 大粒淀粉中间充填着蛋白质; 软质小麦胚乳细胞中的大粒淀粉间充满了小粒淀粉和蛋白质的胶合物。蛋白质含量少时, 胚乳结构疏松, 籽粒硬度低; 小粒淀粉过多时会导致淀粉与蛋白质的结合力较小, 使小麦籽粒硬度降低(王晓曦等, 2000)。角质率是一个遗传性状, 但易受环境条件的影响; 干旱能提高角质率, 降雨则不利于它的形成。角质率对馒头的体积和比容影响较大(刘淑芬等, 1986; 张春庆等, 1993; 王晓曦等, 2000)。

2. 磨粉品质

磨粉品质是指小麦在制粉过程中所表现出来的品质特性的总称, 出粉率和灰分是评价小麦磨粉品质的主要指标。磨粉品质优良的小麦品种一般具有出粉率高、易研磨、易筛理、耗能少、面粉色泽好、灰分含量低等特点。小麦的容重、籽粒硬度、角质率、灰分等指标均与磨粉品质有关。另外, 籽粒状况对磨粉品质也有较大影响, 皱缩的籽粒会降低出粉率, 影响面粉灰分含量等磨粉品质特性(Gaines 等, 1996; Gaines 等, 1997)。

(1) 出粉率

出粉率是衡量小麦磨粉品质的重要指标, 其数值的高低直接关系到制粉企业的经济效益。出粉率与容重、角质率、籽粒硬度、降落数值、籽粒饱满程度、种皮厚度等很多因素有

关(Larkin 等,1987;李宗智等,1990;黄瑞恒等,1992;魏益民等,1995;杨崇力,1993)。一般,出粉率高的小麦,具有籽粒饱满、粒度适中且均匀、种皮薄、腹沟宽或浅等共同特点。Blackman 和 Payne 认为,胚乳质地是决定小麦出粉率的主要因素。硬质小麦出粉率高,软质小麦出粉率低。这是因为,硬质小麦在研磨时,胚孔和麸皮易于分离,所得粉粒较粗,颗粒均匀,易于筛理,因此出粉率较高;软质小麦在研磨时,所得面粉表面粗糙,浮在筛子表面,难以筛理,因此,出粉率低,且面粉中麸皮污染现象严重。另外,倒伏会导致小麦籽粒容重降低、出粉率下降、灰分增加(Pumphrey 等,1983)。可见,出粉率是一个复杂的综合性状,研究或改良小麦出粉率应从其相关性状出发。

张彩英等(1994)对建国以来我国育成的小麦品种研究后发现,80年代育成的品种,面粉白度显著提高,出粉率呈显著降低趋势,面团公差指数和软化度呈显著增加趋势。孙致良等(1989)通过对长江中下游地区45个推广品种的研究,也认为现代小麦品种的出粉率显著低于其它各时期品种的出粉率。

(2) 灰分

灰分是衡量小麦面粉加工精度的重要品质指标。面粉灰分含量与出粉率、清理程度和小麦内源性灰分含量有关。一般出粉率越低,灰分含量就越低。灰分在小麦籽粒内部的分布也极不均匀:胚乳灰分含量最低,一般在0.3%~0.6%之间;胚灰分含量较高,在5.0%~6.7%之间;糊粉层灰分含量最高,可达7.3%~11.0%。一般发达国家规定了面粉的灰分含量在0.55%以下,我国特制一等粉的灰分含量为0.75%,新规定的面包用小麦粉灰分含量 $\leq 0.75\%$ 。从加工优质面粉角度来看,面粉中的灰分含量应尽可能低。

3. 蛋白质品质

蛋白质品质对小麦营养品质和加工品质都有非常重要的影响,它是小麦国际贸易和品质评价中的基本指标,也是目前研究最为广泛和深入的小麦籽粒品质指标。

小麦的蛋白质品质包括其含量与质量两个方面。小麦蛋白质的含量和质量决定了面粉中面筋的数量与质量。评价小麦品质必须对其蛋白质含量和面粉的湿面筋含量进行测定分析,以判定能否达到某类食品对面筋数量的要求。但是,湿面筋数量并不能全面反映面粉的筋力强度,面筋含量高并不一定能做出优质食品。对小麦的品质评价,要对蛋白质的含量和面团流变学特性——粉质参数、拉伸参数等进行综合分析。

王立宏等(1993)通过电镜观察发现,基质蛋白质的数量和质构、基质蛋白质与淀粉粒结合的松紧程度,以及栅栏细胞的多少,不仅决定了出粉率的高低,还影响着面粉的流变学特性与烘烤品质。大量的生产实践和研究证明,面粉中蛋白质的含量和质量是决定面粉加工品质的主要因素。

(1) 蛋白质含量

蛋白质含量是衡量蛋白质品质的基本指标,它与品种的蛋白质产量、营养品质和加工品质密切相关,是品质育种中的主要指标,也是商品小麦检测的重要指标。

面粉中蛋白质主要来自于小麦胚乳,淀粉粒表面及其内部也存在极少量的蛋白质。蛋白质在小麦籽粒胚乳内的分布很不均匀,靠近表皮部分的胚乳中蛋白质含量较高,越靠近胚乳中心部分蛋白质含量越低。蛋白质含量与湿面筋含量具有很好的相关性,与加工品质密切相关。

我国小麦籽粒蛋白质含量在 7.50%~23.70% 之间,平均为 14.70%。首批面包小麦品种的籽粒蛋白质含量为 14.64%~18.61%(姚大年等,1995)。杂种小麦的蛋白质含量和湿面筋含量因组合而异,有的组合接近或超过了优质小麦的平均值(魏益民等,1995)。冬小麦蛋白质含量高于春小麦,晚熟品种高于早熟品种。蛋白质含量还与壳色、粒色、株高、穗粒数和千粒重有一定关系,黑红壳色的小麦中蛋白质含量高于红白壳色的,白色籽粒小麦高于红色籽粒(张玉良等,1995)。此外,蛋白质含量还存在地域差异,我国北方小麦高于南方小麦,北方小麦基本上呈现为连片的高蛋白含量区(李宗智,1982;张玉良等,1995)。

(2) 小麦蛋白质的组成与特性

小麦蛋白质中各组分的比例是蛋白质质量的反映。当蛋白质的含量处于一定的范围内时,蛋白质的质量决定着小麦的食品加工品质(Kosmolak 等,1980;Lagudah 等,1987)。

根据 T. B. Osborne(1895)的分类方法,小麦蛋白质主要分为清蛋白(Albumin,溶于水),球蛋白(Globulin,溶于 10% 的食盐溶液),麦醇溶蛋白(Gliadin,溶于 70% 乙醇)和麦谷蛋白(Glutenin 溶于稀酸、碱)四种。前两种大多是生理活性蛋白质(酶),含较多的赖氨酸、色氨酸和蛋氨酸,营养平衡较好,决定小麦的营养品质;后两种是贮藏蛋白,赖氨酸、色氨酸和蛋氨酸含量都较低,在面筋和烘烤品质中考虑较多,是决定小麦加工品质的主要因素。不溶性残余蛋白的含量与面筋、面团强度及煮面品质关系很大(Sgrulletta 等,1989)。蛋白质品质对小麦营养品质和加工品质都有非常重要的影响,它是小麦国际贸易和品质评价中的基本指标,也是目前研究最为广泛和深入的小麦品质指标。

大量研究表明,蛋白质的各组分含量直接影响着小麦的营养品质和加工品质。通常认为,提高清蛋白和球蛋白的含量和比例,可以改善小麦营养品质;提高醇溶蛋白和谷蛋白的含量和比例,可以改善加工品质。

研究结果证明,可溶性蛋白的含量与谷蛋白含量、干面筋含量、面包体积、面包评分呈显著或极显著负相关(舒卫国等,1996),与拉伸长度呈显著负相关(李志西等,1998)。所以,小麦籽粒的可溶性蛋白含量过高,会降低贮藏蛋白质的含量,影响面粉的加工品质(Hlynka,1964)。醇溶蛋白和谷蛋白为贮藏蛋白质,是组成面筋的主要成分,约占小麦籽粒蛋白质的 80% 左右,二者的数量和比例关系决定着面筋质量。醇溶蛋白约占蛋白质总量的 40%~50%,富有粘性、延伸性和膨胀性。谷蛋白约占小麦蛋白质总量的 35%~45%,决定面筋的弹性,其在面粉、面筋中含量的多少和质量的好坏与面团流变学特性及食品加工品质紧密相关(Johannes 等,1982)。小麦中还存在大量不能被水、盐、乙醇、稀酸或稀碱溶解的残渣蛋白(魏益民等,1989),残渣蛋白的数量与面团强度和面包烘烤品质之间存在着很好的正相关关系,对小麦品种品质具有重要影响(赵友梅等,1989)。

(3) 面筋含量与质量

面筋是小麦品质的基本要素之一。瑞典谷物协会提出小麦的湿面筋含量和蛋白质含量间的相关系数为 0.983,这说明湿面筋含量基本代表了小麦蛋白质含量的高低。我国在“七五”国家重点科技攻关项目“面包专用粉的配制技术、质量标准和检测方法”研究中,国产小麦湿面筋含量和蛋白质含量的相关系数为 0.92。总体来讲,蛋白质含量高的小麦,其湿面筋含量也较高(顾尧臣,1998)。

大多数人认为,湿面筋含量与面团吸水率、面团形成时间、稳定时间、面包体积、面包纹理结构等密切相关(Dong 等,1992;李志西等,1997)。但北京市粮科所(1989)的面包粉研究试验结果表明,湿面筋含量与面包食用品质(评分)的相关系数很低,仅为 0.128;湿面筋与面包评分间不存在相关关系。这可能是因为,与世界主要小麦生产国相比,我国大多数小麦品种处于中筋水平,品种间筋力相差很大,且面筋筋力很弱,从而使面包评分和湿面筋含量间的相关性降低。所以,在我国现有小麦品种籽粒品质的状况下,根据湿面筋含量评价面粉品质还需进行深入研究。

面筋的弹性和延伸性使面包、馒头、蛋糕等食品保持较大的体积、形状完整、有弹性。食品的这些特性和面筋质量的优劣呈正相关(顾尧臣,1998)。面筋质量通常称为筋力,根据筋力大小可将面粉分为高筋粉、中筋粉和低筋粉。高筋粉适宜烘烤面包,低筋粉适宜制作糕点和饼干。目前使用的面筋质量指标主要有面团稳定时间、面筋溶胀值和面筋指数。稳定时间和面筋筋力具有很好的相关性:稳定时间越长,面筋筋力越好。

瑞典波通仪器公司原为降落数值仪公司,所生产的面筋仪(Glutomatic)已被批准为国际谷物化学与技术协会标准(ICC No. 137),美国谷物化学师协会标准(AACC No. 38~12),并已在世界各国广泛使用。在面筋仪基础上研究成功(1988)的湿面筋筋力评价方法一面筋指数法(Gluten Index Method)也已成为 ICC 标准(No. 155),用于衡量面筋质量。Harald Perten 把改进后的面筋仪称为面筋测量系统(Glutomatic System)。面筋指数法可以快速测定面筋质量,指数小的湿面筋筋力弱,易延伸;指数大的湿面筋较为坚实,不易延伸。全麦粉或面粉的面筋指数测定可在 10 分钟内完成,这为小麦收购点提供了一种快速检验小麦品种面筋质量的方法。王良远等(1993)运用模糊数学方法,以面筋指数和面筋含量作为主要因素,用以综合评价并预测小麦粉的烘烤品质,效果非常理想。小麦湿面筋含量和面筋指数与稳定时间存在着一定相关性,并且面筋指数对稳定时间的影响比面筋含量大($r=0.521$),用面筋含量和面筋指数能够预测稳定时间(王名伟等,1993)。奥地利等国家还制定了利用面筋溶胀试验检测面包小麦品质的标准(Perton,1990)。Perton 认为面筋溶胀数值与面筋指数密切相关,可以表示蛋白质的品质。马传喜等(1998)也提出,3h 面筋溶胀体积和 2h 面筋—乳酸溶液透光率可作为检测小麦面筋品质的有效指标,这些指标在蛋白质含量和面筋含量保持恒定时与 SDS 沉淀值、揉面时间等密切相关。

(4) 沉淀值

沉淀值是蛋白质数量与质量的综合反映。沉淀值最早由德国人 Zeleny(1947)提出,故称泽伦尼沉淀值。1978 年 Axford 等又提出了 SDS(十二烷基硫酸钠)沉淀值测定法。沉淀值可正确反映小麦蛋白质的质和量,以及面团的流变学特性,预测面粉的烘烤品质,在小麦品质改良中具有相当重要的地位。

沉淀值与小麦蛋白质组分含量之间的关系表明,清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白与沉淀值间相关性很小,麦谷蛋白与沉淀值呈极显著正相关。沉淀值与高分子量麦谷蛋白亚基组成变异密切相关,具有优质亚基 5+10、1 或 2 的品种往往具有较高的沉淀值和优良的烘烤品质(马传喜等,1993;赵和等,1994)。马传喜等(1995)认为,按沉淀值的大小进行品质选择,非常有利于保存具有 17+18 亚基的单株,而 17+18 亚基对面包品质的作用明显大于 7+8 亚基。由此可见,沉淀值能深刻地反映小麦品种的加工品质,用以判定面粉的最终用

途。

根据沉淀值可将小麦品质由优到劣分为大于 50、49—35、34—20、小于 20 四级(李宗智,1991)。欧美一些国家还规定,在小麦面粉分级时,沉淀值大于 50 的为高强度面粉,小于 30 的为低强度面粉,介于二者之间的为中强度面粉。李宗智(1993)认为沉淀值在 50ml 以上的小麦品种为特优种质。

沉淀值在小麦品种间存在较大差异,这可能是由于麦谷蛋白亚基的品质不同所致(Bedo 等,1995;许自成,1998)。我国小麦品种的沉淀值有自南向北、从平原到高原呈逐渐增高的趋势(张彩英等,1992)。马传喜等(1996)认为,不同类型的面包小麦品种,其 SDS 沉淀值的差异并未表现出明显的规律性,各品种内都有较大的变化。

4. 面团流变学特性

面团流变学特性是面团物理性能的表现,它与食品加工过程中面团的滚揉、发酵以及机械加工直接相关,能够很好地反映面粉加工品质,特别是烘烤品质。常用以测定面团流变学特性的仪器主要有布拉本德粉质仪(Farinograph)、拉伸仪(Extensograph)、粘度仪(Viscograph)、吹泡示功仪(Alveograph)、耐揉仪(Mixgraph)。粉质参数和拉伸参数是反映面筋品质的重要指标,二者之间具有很好的相关性。不同小麦品种以及不同区域种植的小麦品种的粉质参数差异很大。我国小麦品种与国外优质面包小麦品种之间差异较大(马传喜等,1996)。

(1) 粉质参数

小麦粉在粉质仪中加水揉和过程中,测力计、记录器自动测量和记录面团揉和时阻力变化,以加水量、粉质曲线计算小麦粉吸水率及评价面粉在与水揉和过程的面团形成时间、稳定时间、软化度等物理性质,用以评价面团强度。

吸水率 吸水率是指小麦粉在粉质仪中揉和成最大稠度为 500BU 的面团时所需加水量。吸水率低不仅影响成品质量,而且直接关系到生产成本;面粉的吸水率高,出品率也高,从而降低产品成本。一般来讲,湿面筋含量越高,吸水率越高,高筋小麦粉吸水率在 60%以上,低筋小麦粉吸水率小于 56%。

吸水率是反映面粉蛋白质和损伤淀粉含量的重要参数,是衡量面粉品质的重要指标。吸水率高的面粉不仅品质较好,而且相同量面粉的制品产出率也高。有关研究表明,单一小麦品种内吸水率与蛋白质含量成线性关系,不同小麦品种间的线性关系相差很大,Finney 认为这是由于小麦蛋白质结合水的能力不同所致。徐金泉(1990)在研究面粉吸水率与蛋白质、损伤淀粉、完整淀粉等面粉成分的关系时发现,损伤淀粉、蛋白质含量与吸水率之间有极好的相关性($r=0.966$, $r=0.959$),损伤淀粉每增加 1%,面粉吸水率增加 0.134%。吸水率还与面粉的其他成分有关,如面粉中的纤维素、可溶性糖、戊聚糖等物质的吸水量也很可观。我国小麦的吸水率较低,平均为 57%,极少数品种达 65%~70%。

形成时间 形成时间是指小麦粉从加水开始到粉质曲线达到和保持最大稠度时所需的时间,即面粉在加水后形成质地均匀的面团原料所需要的时间。

面团形成时间与小麦的面筋含量和质量有关,形成时间越长,表示面粉筋力越强。研究表明,面团形成时间的长短关系烘烤行为的正负发展趋势,决定着产品质量。面团形成时间与吸水率、蛋白质含量和面包体积、面包评分呈显著正相关(曾浙荣,1994)。不同食品

对面团形成时间的要求差异很大,饼干、糕点粉为1~2min,馒头2.5min,面条4min左右,面包为4~9min或更长。我国小麦面团形成时间在1~20min间变化,平均为3min左右。国外面包小麦面粉的形成时间一般在5~9min之间(曹广才等,1994;李鸿恩等,1995)。

稳定时间 稳定时间是衡量小麦粉筋力强度的重要指标,是指粉质曲线达到500BU和离开500BU线所需时间的差值。稳定时间越长,表示面团筋力越强、面筋网络越牢固、搅拌耐力越好。高筋小麦粉理想的稳定时间应为10min以上,低筋小麦粉稳定时间要求在1.5~2.5min之间。

稳定时间的长短反映面团的耐揉性和强度。实践证实:稳定时间越长,面筋强度越大,面团的处理性能越好,在面团发酵过程中具有很好的持气性,制成的面包体积越大。但稳定时间过长,会因面筋筋力过强而导致面团弹性及韧性过强,发酵膨胀困难,面包体积小,甚至面包表面开裂。相反,面粉的稳定时间太短,面筋筋力过弱,持气性差,面包会塌陷、变形。王名伟等(1993)的研究表明,稳定时间和面包烘烤品质的相关系数为0.693,达到显著水平。王光瑞等(1997)认为稳定时间和形成时间具有互补性:稳定时间短、则形成时间长;稳定时间长,则形成时间短。稳定时间长、形成时间长,稳定时间较长、形成时间较长的品种都可以直接用来烤制面包。稳定时间还与湿、干面筋之比呈显著负相关,与角质率、籽粒硬度、沉淀值呈显著正相关(李宗智等,1990)。面包用小麦粉的面筋质量是用稳定时间表示的,精制级面包粉要求稳定时间 $\geq 10\text{min}$,普通级面包粉稳定时间 $\geq 7\text{min}$ 。

软化度 面团获得最大稠度曲线的中线值与面团稠度衰变至12分钟时粉质曲线中线值的差值,称为软化度。软化度越大,表示面团筋力越差,面团过度搅拌后面筋衰减程度越大。高筋小麦粉的理想软化度应小于50BU,弱筋小麦粉软化度则大于100BU。

评价值 评价值是用专用评价尺对粉质图的综合评分。此值是基于面团形成时间、稳定时间和面团软化度的综合评价,评价值越高,表示面粉筋力越好。一般认为,高筋粉评价值大于65,中筋粉为50~60,低筋粉则小于50。面粉评价值大于50,品质良好。

由于测定粉质参数需要较长时间(最少13min),这使得粉质仪在粮食收购中的应用受到很大限制。为了缩短操作时间,适应生产的需要,布拉本德食品仪器公司开发了面粉质量值(FQN值)。FQN值是指从加水开始到面团稠度经由最大稠度中心点下降到30BU位置的距离,用mm表示。FQN值与面团稳定时间、评价值具有很好的相关关系($r=0.95$, $r=0.85$),与拉伸长度和小麦等级也具有一定相关性,基本可以代表评价值。

(2) 拉伸参数

拉伸仪记录面团在拉伸至断裂过程所受力及延伸长度的变化情况,通过拉伸曲线可以评价面团的拉伸阻力和延伸性等性能。

拉伸参数是对面团弹性和延伸性的评价。一般拉伸长度、拉伸能量和拉伸阻力越大,则面粉筋力越强。有关研究证实,拉伸长度与蛋白质含量和谷蛋白含量呈正相关(Aitken等,1944;Singh等,1990;Gupta等,1992),与清蛋白含量呈显著负相关(李志西等,1998);拉伸阻力与小麦蛋白质中的谷蛋白含量呈正相关(Singh等,1990;Gupta等,1992)。此外,拉伸参数还与面粉的损伤淀粉含量有关,高的损伤淀粉含量,会减小拉伸长度,增加拉伸阻力和拉伸能量(王名伟,1997)。

延伸性 从拉面钩接触面团至面团被拉断为止,拉伸曲线在横坐标上所跨过的距

离称为面团延伸性。延伸性大表明面团流散性大,面筋网络的膨胀能力强。高筋面粉的延伸性应为 200~250mm,低筋面粉的延伸性为 160~180mm。

拉伸阻力 拉伸曲线在 50mm 处的曲线高度(R50)为面团拉伸阻力。拉伸阻力大,表明面筋网络结构较牢固,筋力强,面团持气能力强。一般强筋小麦粉的拉伸阻力大于 300BU,弱筋小麦则在 100~250BU 之间。

拉伸能量 拉伸能量是指拉伸曲线与水平线所围成的面积,拉伸能量越大表明面筋筋力越强。高筋小麦粉的拉伸能量大于 120cm²,低筋小麦粉则小于 100cm²。

拉伸比值 面团拉伸阻力和延伸性的比值称为拉伸比值,它是衡量面团拉伸阻力和延伸性之间平衡关系的一个重要指标。拉伸比值过大,表示面团拉伸阻力过大、延伸性过小,这样的面团弹性强、流散性差,面团不易起发,面包体积小,结构紧实;拉伸比值过小,表示面团筋力过小、流散性强,面团的持气性能差,成品形状差体积小。

5. 降落数值

降落数值的大小反映面粉中 α -淀粉酶活性的高低。降落数值愈高,表明 α -淀粉酶活性愈低;降落数值愈低,表明 α -淀粉酶活性愈高。一般而言,降落数值低于 200s 的小麦,为发芽小麦,所得面粉制品的口感较粘;降落数值大于 350s,表明为不发芽小麦,淀粉酶活性低,可能会造成发酵迟缓;降落数值在 200~350s 之间,说明小麦具有适中的 α -淀粉酶活性,较理想。

国内外在小麦贸易、制粉、烘烤和品质研究中对小麦 α -淀粉酶的测定都非常重视。 α -淀粉酶活性已作为谷物,特别是小麦、面粉的品质指标,并用各种方法来调整面粉中的 α -淀粉酶活性。淀粉酶测定方法主要有自溶法、碘兰法、粘度法等。瑞典波通仪器公司在 Hagberb Perten(1960)成功研制降落数值法的基础上,重点研究、发展了降落数值方法及其测试仪器。降落数值法可以在很短的时间内测定出谷物中的 α -淀粉酶活性,正确反映小麦的发芽程度和面包的烘烤品质特性(Hagberg 等,1960),这曾引起了各国谷物化学工作者的极大兴趣和重视。从 1964 年开始,不少研究者对影响降落数值测定结果的因素进行了系统研究,并使这一方法得到了进一步完善。1967 年美国农业部决定把降落数值法作为面粉评价指标。英国、法国、德国、匈牙利、爱尔兰等国制定了用降落数值检验进口谷物品质的规定。芬兰、挪威、瑞典等国进一步把降落数值作为计算小麦和黑麦价格的依据。澳大利亚对不同等级小麦的降落数值也有一定要求,并与价格相联系。我国于 1989 年制定了谷物降落数值测定的国家标准 GB10361-89,1993 年颁布的专用小麦粉行业标准对不同专用面粉的降落数值也作了规定。目前,降落数值测定法和布拉本德糊化仪法已列入国际标准化组织(ISO No. 3093)、国际谷物化学与技术协会(ICC No. 107)和美国谷物化学师协会(AACC No. 56~81B)中的谷物中 α -淀粉酶活性测定标准。

小麦中的淀粉酶主要是 α -淀粉酶和 β -淀粉酶。一般而言小麦粉中的 β -淀粉酶含量充足,但热稳定性差; α -淀粉酶含量虽少,但热稳定性较强。由于 β -淀粉酶的热稳定性比 α -淀粉酶差,它只能在发酵阶段起作用,而 α -淀粉酶在面包入炉烘烤后,仍在继续进行水解作用。在常温下,完整淀粉很少受到淀粉酶的作用,而损伤淀粉极容易被 α -淀粉酶水解成糊精或糖。损伤淀粉和 α -淀粉酶活性的联合影响造成了面团流散度的变化,对面包芯、组织结构、表皮色泽有重要影响(王贤勇,1988)。1986 年我国 16 个省市 79 个

大面积种植小麦品种的降落数值范围为 228~516s, 平均 382s, 绝大多数小麦品种不适合制作面包(万富世等, 1989)。籽粒灌浆期的高温(25℃)可降低抗发芽能力, α -淀粉酶活性增大, 降落数值低。

布拉本德糊化仪(Amylograph)不但和降落数值仪(Falling Number)一样可以反映和测定小麦中的 α -淀粉酶活性, 还可以反映损伤淀粉含量、淀粉糊化稳定性等影响淀粉糊化特性的因素(Waston 等, 1984)。最大粘度值大于 700AU, 表明面粉的淀粉酶活性较弱; α -淀粉酶活性在 300~700AU 之间, 表示淀粉酶活性较强, 可作为面包粉及其他烘烤食品用粉; 低于 300AU, 则表明淀粉酶活性太强。

随着谷物科学的发展, 人们对小麦品质的测定越来越重视, 很多用于测定不同品质指标的仪器也先后应运而生。德国布拉本德食品仪器公司生产的粉质仪、拉伸仪、糊化仪、沉淀值测定仪、样品磨已遍及世界谷物研究和生产领域, 粉质仪、拉伸仪、酶活性仪、沉淀值测定仪已被列入为 ICC、AACC 的标准测定仪器。新近推出的 E 型(Farinograph E)粉质仪具有自动分析粉质图谱及将分析结果与粉质图谱、试验参数同时打印的功能, 克服了人工分析粉质图谱带来的误差。同时还具有将任何已评价的粉质图谱作为参考曲线, 判断待测样品是否符合要求的功能。这种新仪器的推出, 为谷物品质分析提供了新技术。

法国肖邦公司(Chopin)研究生产的吹泡示功仪(Alveograph), 其功能类似德国布拉本德(Brabender)拉伸仪(邢春生, 1998)。由吹泡示功仪所得面团韧性(P)与布拉本德粉质仪中的吸水率呈极显著正相关($r=0.8708$); 曲线面积(W)与面团形成时间、稳定时间也呈极显著正相关($r=0.9334$, $r=0.9175$), 与软化度呈极显著负相关($r=-0.8542$); 曲线长度(L)与拉伸仪中的最大拉伸阻力(R_m)和 R_s 都呈极显著正相关($r=0.8185$, $r=0.8721$)。吹泡示功仪已被国际标准化组织(ISO5530/4)、国际粮食科技协会(ICC No. 121)、美国谷物化学协会(AACC 54-30/A)等组织所承认, 并得到了较为广泛的应用。

6. 淀粉糊化特性

(1) 糊化特性

面粉或淀粉糊化特性可以通过布拉本德糊化仪(Brabender Amylograph)、布拉本德粘度仪(Brabender Viscograph)和快速粘度分析仪(Rapid Visco Analyser, RVA)等多种仪器进行测定。以 RVA 为例, 测定时, 按照 Newport 粘度分析法 14 号(Newport Scientific Method No. 14)进行操作。测定中所用参数的设置如表 1-1 所示。

测定时先在 RVA 专用铝杯中加入 25.0 ± 0.1 ml 的蒸馏水, 然后称取 3.50 ± 0.01 g 面粉(以含水量为 14% 计算)放入装有蒸馏水的铝杯中, 用 RVA 专用搅拌器上下搅拌水与面粉的混合物直至水面上无干粉存在,

然后将搅拌器连同铝杯一起放入 RVA 测定仪中, 按下测试头, 仪器开始自动运转, 并记录下峰值粘度(Peak Viscosity)、峰值时间(Peak Time)、保持强度(Holding Strength or

表 1-1 RVA 粘度测定参数设置

时间	类型	数值
00:00:00	温度	60℃
00:00:00	转速	960 rpm
00:00:10	转速	160 rpm
00:02:00	温度	60℃
00:08:00	温度	95℃
00:12:00	温度	95℃
00:16:00	温度	50℃

空载时温度为 60℃, 整个测定时间为 20min。读数的时间间隔为 4Sec。