

940125

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

TS201.2
4571

食品化学



北京农业大学出版社

韩雅珊 主编

农产品贮藏加工专

049125

TS201.2

4571

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

食 品 化 学

韩雅珊 主编

农产品贮藏加工专业用

北京农业大学出版社

(京) 第164号

全国高等农业院校教材

食 品 化 学

韩雅珊 主编

责任编辑 赵玉琴

北京农业大学出版社出版

(北京市海淀区圆明园西路二号)

北京农业大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 10.375印张 256千字

1992年4月第1版 1992年4月第1次印刷

印数: 1—4000

ISBN7-81002-273-3/Q·274

定 价: 3.25 元

主 编 韩雅珊 (北京农业大学)

副主编 胡慰望 (华中农业大学)

参 编 谢笔钧 (华中农业大学)

主 审 阎隆飞 (北京农业大学)

目 录

绪论	1
第一章 水	8
第一节 水和冰的结构与性质	9
一、水的结构	9
二、冰的结构	11
三、水的物理性质	15
第二节 水的存在状态	16
一、水与离子或离子基团的相互作用	17
二、水与能产生氢键键合的中性基团的相互作用	18
三、水与非极性物质的相互作用	19
第三节 水活性	21
一、水活性的定义	21
二、水活性与温度的相关性	23
第四节 等温线	25
第五节 水活性与食品的耐藏性	28
一、水活性与食品的耐藏性	28
二、冷藏时冰对食品稳定性的影响	30
第二章 碳水化合物	32
第一节 单糖	32
一、单糖的构象	33
二、单糖同食品有关的化学反应	36
第二节 低聚糖、多糖	40
一、低聚糖	40
二、多 糖	46
第三节 食品中常见的多糖	49

一、淀粉.....	49
二、纤维素.....	58
三、纤维素衍生物.....	59
四、果胶.....	60
五、植物渗出胶质.....	61
六、种子胶.....	63
七、海藻胶.....	64
八、微生物胶质多糖.....	68
第四节 碳水化合物在食品贮藏加工过程中的化学变化	69
一、糖和氨基化合物的反应.....	69
二、碳—碳键不发生断裂的反应.....	72
三、碳水化合物裂解反应.....	77
第三章 蛋白质	78
第一节 蛋白质的组成、结构与分类.....	79
一、氨基酸.....	79
二、蛋白质的结构.....	80
三、蛋白质的分类.....	84
第二节 各种食物中蛋白质的分布及含量.....	86
一、动物蛋白质.....	86
二、植物来源的蛋白质.....	91
第三节 蛋白质的变性作用.....	94
第四节 蛋白质在食品中的功能性质.....	96
一、水合性质.....	97
二、溶解度.....	98
三、粘度.....	99
四、胶凝作用	100
五、织构化	102

六、面团的形成	104
七、乳化性质	105
八、发泡性质	107
九、与风味物质的结合	109
十、与其它化合物的结合	110
第五节 食品加工对蛋白质功能和营养价值的影响	111
一、热处理的影响	111
二、低温处理的影响	113
三、脱水的影响	113
四、辐射对蛋白质的影响	114
五、碱处理的影响	115
第六节 蛋白质新资源	115
一、单细胞蛋白	116
二、叶蛋白	117
三、浓缩鱼蛋白	117
第四章 脂类	119
第一节 单纯脂质和复合脂质	119
一、单纯脂质	119
二、复合脂质	125
第二节 脂肪	130
一、脂肪酸组成和熔点	130
二、甘油酯组成和熔点	130
三、同质多晶型和熔点	131
四、油脂的氧化	134
五、油脂加热引起的变质	145
六、脂质的过氧化和致突变物	146
七、油脂氧化的防止方法和抗氧化物质	147
第三节 游离基氧化反应和活性氧	151

一、活性氧游离基	152
二、活性氧与食品成分的相互作用	155
第五章 维生素	158
第一节 脂溶性维生素	158
一、维生素A	158
二、维生素D	161
三、维生素E	162
四、维生素K	165
第二节 水溶性维生素	166
一、维生素C (抗坏血酸)	166
二、维生素 B ₁ (硫胺素)	169
三、维生素 B ₂ (核黄素)	173
四、尼克酸	174
五、维生素 B ₆ (吡哆醇)	175
六、叶酸	177
七、维生素 B ₁₂ (氰钴胺素)	178
八、泛酸	179
九、生物素	180
第三节 维生素在食品加工中的损失	181
一、成熟度的影响	181
二、采后与宰后处理的影响	182
三、切割的影响	182
四、磨碎的影响	182
五、淋洗与热烫的影响	183
六、加工时化学试剂处理的影响	184
七、贮藏变质的影响	184
第四节 食品营养素的回复、强化和增加	185
第六章 矿物元素	186

第八章 色素	239
第一节 四吡咯色素	240
一、血红素	240
二、叶绿素	243
第二节 类胡萝卜素	245
一、胡萝卜素类	246
二、叶黄素类	247
三、食物中的类胡萝卜素	248
第三节 多酚类色素	251
一、花青素	251
二、黄酮类	254
三、无色花青素	256
四、单宁	257
第四节 其它天然食用色素	257
一、红曲色素	257
二、姜黄素	258
三、甜菜红素	259
四、胭脂虫色素	260
五、紫胶虫色素	261
六、酱色	261
第五节 食品中合成色素	262
第九章 风味	263
第一节 味觉	263
一、甜味	264
二、苦味物质	270
三、酸味	270
四、咸味	271
五、鲜味	271

六、辛辣味	272
第二节 香味化合物	277
一、阈值	277
二、天然香味“效应化合物”	278
第三节 食品香味化合物	279
一、植物性食品中的香气物质	279
二、动物性食品的香气物质	282
三、食品在加工过程中产生的香气	285
第四节 合成的香气化合物	288
一、合成的天然香气化合物	283
二、天然香精油	289
第十章 食品添加剂	291
第一节 酸	291
一、酸化剂	291
二、化学膨发剂	293
第二节 碱性剂	295
第三节 缓冲液系统及盐类	296
一、食品中的缓冲液及 pH 的控制	296
二、加工乳制品中的盐类	297
三、动物组织中磷酸盐与保水性	297
第四节 螯合剂	298
第五节 抗氧化剂	301
第六节 面粉漂白剂和面包改良剂	302
第七节 乳化剂、稳定剂和增稠剂	304
第八节 抗结块剂	305
第九节 澄清剂和外观控制剂	305
第十节 咀嚼剂	307
第十一节 保湿剂	308

第十二节 固化剂（保脆剂）	309
第十三节 气体及气雾剂	311
第十四节 抗菌剂	312
一、二氧化硫和亚硫酸盐	312
二、硝酸盐和亚硝酸盐	313
三、山梨酸	314
四、游霉素	314
五、甘油酯	315
六、丙酸	315
七、醋酸	316
八、苯甲酸	316
九、环氧化物	316
十、对-羟基苯甲酸烷基酯	317
十一、抗生素	318
参考文献	319

绪 论

食品科学是一门主要包括微生物、化学、生物学和工程学的多学科的科学。食品化学是食品科学的主要课程，即食品贮藏和加工的专业基础课，它的主要任务是研究食品的组成、性质以及食品在贮藏、加工和包装过程中可能发生的化学和物理变化。食品化学与化学、生物化学、生理学、植物学、动物学和分子生物学有着密切的联系。食品化学家主要依靠上面这些科学有效地研究和控制人类食物来源的各种生物资源。了解这些生物物质固有的性质，掌握研究它们的方法是食品化学家和其他生物学家共同的兴趣。然而食品化学有它自己的特点与内容，即食品化学中一些重要的反应基本上与生物化学中所叙述的有所不同，后者主要着重于生活机体内的合成过程，而前者更关心的是非生命机体或组织中的分解过程。所以我们的食品化学很少包括生物化学的内容，也不包括食品分析和加工的内容。总之，食品化学家有着不同于其他生物科学家的特殊兴趣，即他们要着重考虑植物的采后生理（贮藏）、动物宰后的肌肉等的生理变化以及在不同外界条件下食品中营养成分的变化，例如食品化学家要关心新鲜水果和蔬菜在销售时，它们现存生命过程的适宜条件，如用低温、包装来维持果蔬的新鲜度，使之具有较长的货架期。还应关心在贮藏过程中如何控制不利果蔬生命过程的条件，以及为了保存食品而进行的热加工、冷冻、浓缩、脱水、辐射和添加的化学防腐剂等。食品化学家还应注意破损的食品组织（面粉、水果和蔬菜汁、离析的变性和成分以及加工食品）的化学变化。单细胞食品（蛋、微生物如酵母、细菌和藻类）和一些较重要的生物流体，如哺乳动物的乳汁（牛乳）。总之，食品化学家虽然和生物科学家有很多

共同的研究内容，但也有其特殊的兴趣，后者往往是对人类的生活具有很重要的实际意义。

安全性是任何食品的最重要的属性，这是必须反复强调的。从广义上讲供消费的食品应未被任何有害的化学物质或微生物污染。例如，对低酸食品要求其中不存在肉毒芽孢杆菌 (*Clostridium botulinum*) 的成活孢子，这就要求对特殊包装中的某种食品给予一定的加热条件。对各类油类作物及其制品要求不存在由某种霉菌产生的致癌物质——黄曲霉素以及不能含有亚硝胺、苯并芘、农药和有害的重金属等。表 1 为食品的一些品质属性及其中的非需宜变化。食品的主要属性为质地、风味、色泽和营养价值。这些属性发生变化时，除营养价值外，消费者都能辨别出来。

表 1 食品中可能发生的一些非需宜变化

属性	非需宜变化
质地	1. 溶解度降低 2. 持水容量降低 3. 变硬 4. 变软
风味	5. 产生酚酸味 (由水解或氧化产生) 6. 产生蒸煮味或焦糖味 7. 产生其它的不良味
色泽	8. 发暗 9. 脱色 10. 产生其它不良的色泽
营养值	11. 维生素丧失或降解 12. 矿物元素丧失或降解 13. 蛋白质丧失或降解 14. 脂类损失或降解

上述变化主要是食品在贮藏加工过程中发生的。

许多化学反应和生物化学反应会导致食品品质变劣或损害食品的安全性。例如，非酶褐变、酶褐变、脂类水解、脂类氧化，蛋白质水解、蛋白质变性、蛋白质交联、低聚糖和多聚糖的水解、多糖的合成、天然色素的降解以及糖酵解反应等。这些化学反应常因食品种类的不同和贮藏及加工条件的不同而有不同的反应物或底物，但是作为反应分类时，所有食品中的反应物或底物的特性是相同的。例如，非酶反应中包含有羰基化合物的反应，这种化合物又可由各种预先产生的如抗坏血酸的氧化和淀粉的水解等反应而引起。脂肪氧化在某种食品中是指三酰甘油的氧化，而在另一种食品中是指磷脂的氧化，但其中最主要的变化都是不饱和脂肪酸的自动氧化。上述这些反应将在本书各章中叙述。

上面提及的反应非但会损害食品的安全性而且也会影响到食品品质属性。食品变质常常包括一系列的初级变化，而每种变化又是由许多原因造成的。表2表示食品变质的影响和原因。它可以从两个方向来加以应用：若从左到右人们可以考虑到一定的初级变化及其造成的后果，然后说明可能的肉眼能看见的变化。反之，根据观察到的品质变化的大致原因用化学方法来分析可能的初级变化。表2将促使人们用分析的方法来探讨食品变质的问题。

食品中主要成分的反应和相互反应可以大致用图1来说明：图1中左侧为食品中的主要成分如碳水化合物、脂类、蛋白质及它们的中间产物。确切地说，图中各化合物的变化是与食物贮藏、加工时的生理状态，或加入的成分有关。每种化合物都有其特有的降解特点，值得注意的是羰基化合物在降解中所起的共同作用，羰基是脂肪酸氧化和碳水化合物降解时生成的，会引起营养值的降低，导致变色和异味的产生。当然上述反应也会使烹调时的食品产生需宜的风味和色泽。

表 2 食品变质的影响和原因

初级变化	结 果	品质变化 (见表 1)
脂类水解	游离脂肪酸与蛋白质反应	质地 (溶解度和持水容量降低, 变硬) 风味 (产生酸败与不良风味) 营养价值损失 (蛋白质降解)
脂类氧化	氧化产物与许多其它组成反应	质地 (溶解度和持水量降低, 变硬) 风味 (酸败) 色泽 (发暗或脱色) 营养价值损失 (维生素、蛋白质和脂类)
多糖水解	糖类与蛋白质反应	质地 (溶解度和持水容量降低, 变硬) 风味 (蒸煮味或焦糖味) 色泽 (发暗) 营养价值损失 (维生素和蛋白质)
果实损伤	细胞破裂, 酶释放, 受氧气的影响	质地 (变软) 风味 (不良味) 色泽 (变暗) 营养价值损失 (维生素)
绿色蔬菜的加热	细胞壁和细胞膜失去完整性, 释放出酶和酸	质地 (变软) 风味 (不良味) 色泽 (脱色) 营养价值损失 (维生素与矿物质)
肌肉组织加热	蛋白质变性, 凝集, 酶失去活性	质地 (持水容量降低, 变硬或变软) 风味 (蒸煮味或焦糖味) 色泽 (脱色) 营养价值损失 (维生素)

温度、时间、速率 (dT/dt)、pH、产品的成分, 气相的成分以及水分活度 (a_w) 是影响食品在贮藏加工过程中影响品质的重要变量。

温度可能是这些变量中最重要, 因为它几乎对所有的化学变化都有明显的影响。食品降解变质的一些重要反应在一定的中

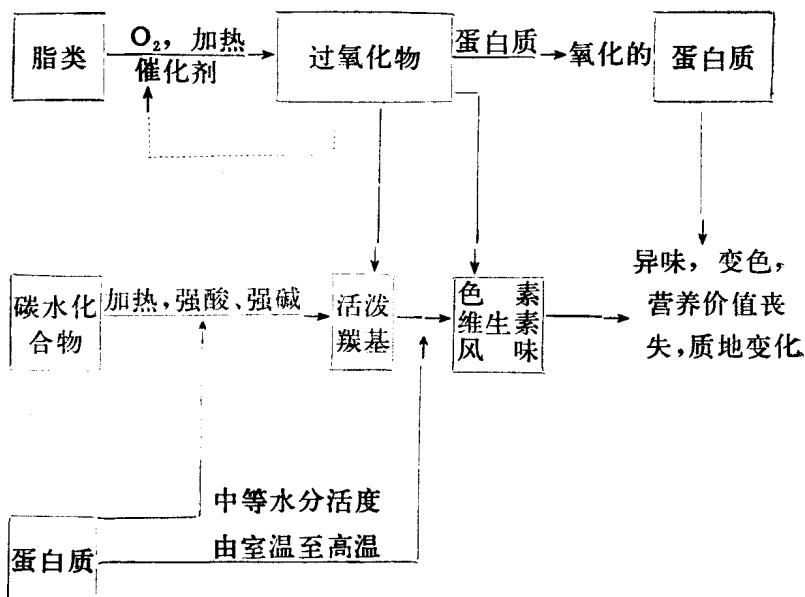


图1 食品中主要成分之间的化学反应概况

注：脂类（包括三甘油酯、脂肪酸和磷酸）

碳水化合物（包括多糖、糖类、有机酸及其它）

蛋白质（包括蛋白质、肽、氨基酸及其它含氮物质）

等温度范围内符合Arrhenius定律，但在高温或低温时会出现偏差。例如在高温或低温时往往会发生（1）酶的失活（2）改变反应途径，或受到一些竞争性反应的影响。（3）会使系统的物理状态发生变化（4）或耗尽一种或多种化合物。

时间是第二个变量，而且也应与速率同时考虑，例如温度可随时间的变化（ dT/dt ）。在食品贮藏过程中人们往往要求了解食品究竟能贮存多久而仍能维持其品质。所以大家感兴趣的是在一定贮藏时期中所发生的化学和微生物变化，将这两方面结合起来就可测定出产品合适的贮藏时期。在食品加工时，也是用速率来表示时间这个变量，即用 dT/dt 表示加工时温度变化的速率。可用