پردیس بین المللی ارس
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه
جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی

عنوان

تاثیر افزودن خمیر ترش خشک شده با روش پاششی بر تشکیل شبکه گلوتن با مطالعه ریز ساختار خمیر

استاد راهنما
دکتر سیدهادی پیغمبردوست

استاد مشاور

دکتر محمدرضا دادپور

پژوهشگر
آیلا ایرملو

زمستان ۱۳۹۱

نام خانوادگی: ایرملو **نام:** آیلا

عنوان پایان نامه: تاثیر افزودن خمیر ترش خشک شده با روش پاششی بر تشکیل شبکه گلوتن با مطالعه ریز ساختار خمیر

استاد راهنما: دکتر سیدهادی پیغمبردوست

استادان مشاور: دکتر محمدرضا دادپور

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی علوم و صنایع غذایی

گرایش: تکنولوژی مواد غذایی

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** پردیسن الملل

کلید واژه‌ها: خمیرترش خشک، گلوتن، ریز ساختار، آرد

چکیده:

خمیرهای ترش سیستم‌های پیچیده بیوشیمیایی هستند که شامل اجزایی نظیر کربوهیدرات‌های غله‌ای، پروتئین‌ها، باکتری‌های اسید لاکتیک، مخمرها و آنزیم‌های مختلف می‌باشند. طعم و مزه نان با استفاده از مقدار مناسب خمیرترش بهبود می‌یابد. آنزیم‌های پروتئولیتیک موجود در سیستم خمیرترش پروتئین‌های مختلف غلات را تجزیه می‌کنند. این پروتئولیز اسیدهای آمینه‌ای تولید می‌کند که پیش‌سازهای عطر و طعمی هستند. شرایط اسیدی موجود در خمیرترش نه تنها حلالیت پروتئین‌های غلات را افزایش می‌دهد، بلکه یک محیط ایده‌آل برای فعالیت پروتئینازهای آسپارتیک غلات فراهم می‌کند. نان محصولی شناخته شده در اکثر نقاط جهان و به عنوان منبع اصلی تامین غلات در جامعه میباشد . مهمترین معضل کنونی در صنعت نان کشور ضایعات نان میباشد . تولید نان مطلوب و با کیفیت همواره مورد توجه پژوهشگران غلات بوده است.

خمیر ترش نقش کلیدی در بهبود طعم ، بافت ، خصوصیات تغذیه ای و زمان ماندگاری محصولت نانوایی دارد . مطالعات نشان داده است که میکروارگانیسم های موجود در خمیر ترش در خصوصیات محصول نهایی اثر گذار هستند. باکتری های اسید لاکتیک فلور اصلی خمیر ترش را تشکیل می دهند، در این مطالعه از خمیر ترش های خشک شده به روش پاششی که حاوی ۳ نوع میکرو ارگانیسم لاکتوباسیلوس پلانتاروم ،لاکتوباسیلوس کورواتوس ولاکتوباسیلوس پارالیمانتاریوس خواهند بود استفاده و تاثیر آن بر تشکیل شبکه گلوتنی و ریز ساختار خمیر با استفاده از میکروسکوپ نوری اپی فلور سنس مطالعه خواهد گردید .

فهرست مطالب

مقدمه ۷

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- تاریخچه نان و خمیرترش ۱۰
۱-۱-۱- ارزش غذایی نان ۱۲
۱-۲- میکروارگانیسم های خمیرترش ۱۲
۱-۳- استفاده از خمیرترش در نان چاودار و گندم ۱۵
۱-٤- تکنولوژی خمیرترش ۱٦
۱-٤-۱- خصوصیات تکنولوژیکی خمیرترش ۱٦
۱-٤-۲- طبقه بندی خمیرترش ۱۸
۱-٤-۳- اثرات خمیرترش بر کیفیت نان ۲۰
۱-٤-۳-۱- اثرات تغذیه ای ۲۰
۱-٤-۳-۲- قابلیت ماندگاری نان ۲۲
۱-٤-۳-۳- اثر روی عطر و طعم ۲٦
۱-٤-۳-٤- خصوصیات کیفی نان ۲۹
۱-٤-۳-۵- بیاتی نان ۳۰
۱-۵- سیستم پروتئولیتیک خمیرترش ۳۲
۱-۵-۱- فرآیند پروتئولیز در طی تخمیر خمیرترش ۳٦
۱-٦- روشهای خشک کردن خمیر ترش ٤۰
۱-۷- خشک کن پاششی ٤۳
۱-۷-۱- تاثیر خشک کردن پاششی بر بقای باکتری ها ٤۵
۱-۸- آنالیز ریزساختار خمیر با استفاده از میکروسکوپ ٤۸

فصل دوم : مواد و روش ها

۲-۱- مواد ۵٤
۲-۱-۱- مواد مورد استفاده برای تهیه خمیر ۵٤
۲-۱-۲- مواد شیمیایی ۵٤
۲-۱-۳- محیط کشت میکروبی ۵٤
۲-۲- وسایل مورد استفاده ۵۵
۲-۳- محل انجام پژوهش ۵۵

۲-٤- آزمون های آرد ٥٦
۲-٤-۱- اندازه گیری رطوبت ٥٦
۲-٤-۲- اندازه گیری مقدار خاکستر ٥٧
۲-٤-۳- اندازه گیری مقدار گلوتن مرطوب ٥٧
۲-٤-٤- آزمون زلنی ٥٧
۲-٤-٥- اندازه گیری پروتئین خام ٥٨
۲-٤-٦- آزمون عدد فالینگ ٥٨
۲-٤-۷-آزمون فارینوگراف ٥٩
۲-٥-کشت باکتریایی ٥٩
۲-٥-۱- آماده سازی سویه های باکتریایی ٥٩
۲-٥-۲- تهیه استوک میکروبی ٦٠
۲-٥-۳- تهیه سوسپانسیون میکروبی برای تلقیح به خمیرترش ٦٠
۲-٦- خمیرترش ٦٠
۲-٦-۱- تهیه و تخمیر خمیرترش تازه ٦٠
۲-٦-۲- تهیه خمیرترش خشک ٦١
۲-۷- تهیه خمیر بااستفاده از پودر خمیر ترش خشک ٦١
۲-۸- تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خمیرترش خشک شده به روش پاششی ٦٣
۲-۸-۱- اندازه گیری دانسیته‌ی حجمی ٦٣
۲-۸-۲- اندازه گیری قابلیت سوسپانسه شدن و نم‌پذیری ٦٣
۲-۸-۳- اندازه گیری اندازه‌ی ذرات پودر خمیرترش ٦٤
۲-۸-٤- اندازه‌گیری میزان رطوبت پودر خمیرترش ٦٤
۲-۸-٥-اندازه گیری خاکستر ٦٤
۲-۸-٦- شمارش تعداد کل باکتری‌های اسید لاکتیک در پودر خمیرترش ٦٤
۲-۹- مشاهده ریز ساختار با استفاده از میکروسکوپ اپی فلورسنس ٦٦
۲-۹-۱- مشاهده ریز ساختارخمیرهای تهیه شده با درصدهای مختلف خمیر ترش ٦٦
۲-۱۰-تجزیه تحلیل آماری ٦۷

فصل سوم: نتایج وبحث

۳-۱- ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های رئولوژیکی آرد مصرفی ٦۹
۳-۲- آرد مورد استفاده برای تهیه‌ی خمیرترش ۷۰
۳-۳- تعیین خصوصیات پودر خمیرترش خشک شده به روش پاششی ۷۰

۳-۱-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر خمیرترش ۷۰
۳-۳-۲- آنالیز میکروبی پودر خمیرترش ۷٤
۳-٤- نتایج مشاهدات ریز ساختاری ۷۵
۳-٤-۱- نتایج مشاهدات ریز ساختاری نمونه‌های خمیر تهیه شده با پودرخمیر ترش ۷۵
۳-۵- نتیجه گیری ۸٤

فصل چهارم : منابع

فهرست جداول

جدول ۳-۱- خصوصیات شیمیایی آرد پایه‌ی مصرفی ٦۹
جدول۳-۲- ویژگی‌های رئولوژیکی و فعالیت آنزیمی و اکستنسوگرافی آرد روشن پایه ٦۹
جدول۳-۳- خصوصیات فیزیکوشیمایی پودرهای خمیرترش حاوی کشت های آغازگر لاکتوباسیلوس ۷۰

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱- خشک کن پاششی ۲ مرحله ای ٤٤
شکل ۱-۲- الگوهای جریان محصول در خشک کن پاششی ٤۵
شکل ۱-۳ تصویرمربوط به ریزساختار سه بعدی نمونه خمیر ۵۳

مقدمه

نان به عنوان کالایی اساسی و ضروری دارای اهمیت ویژه‌ای در سبد مصرفی خانوارها بوده است و غذای اصلی و پایه بسیاری از مردم در کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. روزانه قسمت اعظم انرژی، پروتئین، املاح معدنی، ویتامین‌های گروه ب (تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین) مورد نیاز بدن را تأمین می‌نماید.

بشر وقتی می‌خواست نان تهیه کند، به روش مسطح آن را تولید کرد، در نان‌های اولیه تخمیری صورت نمی‌گرفت. بعدها انسان متوجه شد که اگر خمیرمایه یا خمیرترش به آن اضافه شود، کیفیت و طعم نان بهتر می‌شود. به همین جهت، در گذشته فرآیند تهیه نان گندم یک فرآیند طولانی بود که زمان‌های طولانی تخمیر در آن به کار گرفته می‌شد. به موجب مخلوط آهسته و زمان‌های طولانی تخمیر، نان‌ها عطر و طعم بسیار مطبوعی داشتند. اما بعدها با پیشرفت تکنولوژی و معرفی اتوماسیون به صنایع نانوایی، مرحله اول تخمیر کاهش داده شد و یا حتی حذف گردید. در همین راستا بسیاری از مزایای تخمیر دو مرحله‌ای نظیر بهبود خواص اورگانولپتیک، به تعویق افتادن بیاتی و کاهش ضایعات نان از دست می‌رود. در عوض پروسه تولید، ساده‌تر و اقتصادی‌تر شد.

در گذشته در واحدهای سنتی طبخ نان به ویژه در شرایطی که تعداد نانوایی ها کم و مشتریان آن زیاد بود، جهت صرفه جویی در زمان، افزایش سرعت و سهولت انجام کار از ماده شیمیایی

بی کربنات سدیم استفاده می شد که این امر هم چنان ادامه دارد و متأسفانه از لحاظ بهداشتی و تأثیر بر سلامت افراد جامعه دارای اثرات سوئی می باشد که این اثرات عبارتند از :

۱- اثر بر دستگاه گوارش

۲- اختلال در جذب مواد آلی و فلزات دو ظرفیتی

۳- تجمع فلزات سنگین

٤- اثر بر کیفیت نان

برای موفقیت در حذف جوش شیرین استفاده از روش خمیرترش و مخمر بسیار سودمند می باشد. فواید استفاده از خمیرترش در نان گندم شامل : افزایش جذب مواد معدنی، کاهش محتوای فیتات، تقویت رشد باکتری‌های پروبیوتیک، افزایش قابلیت ماندگاری نان، بهبود بافت، حجم و ویژگی‌های حسی نان می باشد.

فعالیت باکتری‌های اسیدلاکتیک در سیستم خمیرترش باعث ایجاد شرایط اسیدی و تجزیه پروتئین‌ها می‌شود. تجزیه پروتئین در طی تخمیر خمیرترش یک پدیده کلیدی است که کیفیت نان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. واکنش‌های پروتئولیتیک اسیدهای آمینه‌ای آزاد می‌کند که پیش سازهای عطر و طعم می‌باشند. نتیجه دیگر پروتئولیز تغییر در رئولوژی خمیر و بافت نان است.

امروزه در کشور ما مناسب نبودن کیفیت نان دغدغه تمام اقشار جامعه محسوب می‌شود. در کنار تمام موارد دخیل در کیفیت نان، به نظر می‌رسد مشکلات مربوط به تکنولوژی تولید نان نقش عمده‌ای در این مقوله بر عهده دارند. ضایعات تولیدی از نان مصرفی در کشور باعث هدر رفت بخش عمده‌ای از سرمایه ملی می‌شود. استفاده از روش تخمیر دومرحله‌ای و خمیرترش کمک شایانی در بهبود کیفیت نان می‌کند.

در ایـن تحقیـق، اسیدیفیکاسـیون القـاء شـده توسـط میکروارگانیسـم‌هـای خمیرتـرش و نیـز اسـیدی کـردن شـیمیایی در نتیجـه افـزودن اسـیدهای آلـی و اثـرات متعاقـب آن بـر روی خـواص الکتروفـورزی پروتئین‌های گلوتن بررسی می‌شود.

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- تاریخچه نان و خمیرترش :

گندم شاه غلات و درّ آفرینش است و نان گندم کاملترین، لذیذترین و متعادل‌ترین غذایی است که بشر تاکنون شناخته است. گندم طبیعی سرشار از مواد معدنی نظیر آهن، کلسیم، فسفر، روی و منیزیم، هم‌چنین فیبر و ویتامین‌های گروه «ب» است، یعنی خود به طور طبیعی غنی است [۱].

شواهد باستان شناسی قدمت نان را به عصر نوسنگی نسبت داده و نشان می‌دهند که در این عصر، نان را بر روی سنگ‌های داغ زیر آفتاب درست می‌کردند. بر اساس این کشفیات نان از ۱۲ هزار سال قبل در نواحی مختلف دنیا غذای اصلی و روزانه مردم بوده است و در دوره نوسنگی هم احتمالاً نان را از دانه‌های ساییده شده مخلوط با آب تهیه می‌کردند و آن را بر روی سنگ‌های داغ زیر آفتاب می‌پختند. این نان‌ها برخلاف نان‌های امروزی شکلی ابتدایی از نان بدون مخمر بود که به صورت ورقه‌ای بوده و از ترکیب آرد و آب تهیه می‌شد [۲, ۳].

بعدها انسان متوجه شد که اگر خمیرمایه یا خمیرترش به نان اضافه شود، کیفیت و طعم نان بهتر می‌شود. این مهم در مصر قدیم روی داد. آشپز فرعون که نان فتیر درست می‌کرد، یک روز فراموش کرد که آن را به موقع پخت کند. خمیر همان طور مانده و پس از مدتی ترشید

و او از آن خمیرترشیده نان تهیه کرد و سپس از ترس و لرز از عقوبت فرعون نان ترشیده را به پیشگاه او برد. فرعون و مهمانانش از طعم و مزه این نان خوششان آمد و از آن موقع بودکه متوجه شدند که اگر به نان خمیرمایه یا خمیرترش اضافه شود، طعم و مزه آن اصلاح می‌شود [٤].

استفاده از خمیرترش به منظور توسعه خمیر نان یکی از قدیمی‌ترین فرآیندهای زیست فناوری در تولید مواد غذایی است که قدمت کاربرد آن به حدود ۵۰۰۰ سال پیش باز می‌گردد [۵]. خمیرترش به عنوان یک افزودنی طبیعی، نگهدارنده زیستی و جایگزینی مناسب برای سایر افزودنی‌های نانوایی از فرآیندی که در آن آب و آرد توسط کشت های آغازگر تخمیر می‌شود به دست می‌آید [٦].

در قرن ۱۹، فرآیند نان گندم، یک فرآیند طولانی بود که با مخلوط کردن آهسته آب و آرد برای تشکیل شبکه گلوتنی آغاز شده و فرآیندهای طولانی تخمیر در آن به کار گرفته می‌شد. به موجب مخلوط آهسته و روش دو مرحله‌ای تهیه خمیر، نان‌های حاصله آرومای بسیار مطبوعی داشتند [۷]. در روش دو مرحله‌ای ابتدا قسمتی از آرد و آب با تمام مخمر برای تهیه اسفنج مخلوط شده و به مدت یک شب اجازه تخمیر به آن داده می‌شود. اسفنج تهیه شده با بقیه آرد، آب و نمک برای رسیدن به یک قوام مناسب مخلوط می‌گردد و سپس تخمیر نهایی به مدت زمان کوتاهی قبل از پخت اعمال می‌گردد. نان تهیه شده با این روش دارای کیفیت مطلوبی است که به علت باکتری‌های موجود در خمیرترش می‌باشد که همراه با فلور میکروبی طبیعی آرد وارد خمیر شده است. اما بعدها با پیشرفت تکنولوژی و معرفی اتوماسیون به صنایع نانوایی، مرحله اول تخمیر کاهش داده شده و یا حتی حذف گردید. روش تک مرحله‌ای جایگزین روش دو مرحله‌ای شد. در

همین راستا، بسیاری از مزایای تخمیر دو مرحله‌ای نظیر بهبود خواص اورگانولپتیک، به تعویق افتادن بیاتی و کاهش ضایعات نان از دست رفت، در عوض پروسه تولید ساده‌تر و اقتصادی‌تر شد. نیازهای تکنولوژیکی عمده صنایع نانوایی عبارتند از : کوتاه کردن زمان ورآمدن یا حجیم شدن و دسترسی به استارترهای آماده برای مصرف که مدیریت تکنولوژیک را آسان‌تر می کند [۸].

۱-۱-۱- ارزش غذایی نان :

نان غذای اصلی و پایه بسیاری از مردم در کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. در ایران حدود ٪۶۵-۶۰ پروتئین و کالری و حدود ۳-۲ گرم املاح معدنی و قسمت عمده از نمک طعام مورد نیاز روزانه افراد از خوردن نان تأمین می‌شود. به طوری که با مصرف متوسط روزانه ۳۰۰ گرم نان، حدود ٪۵۰ درصد پروتئین، ٪۶۰ تیامین و نیاسین، حدود ٪۴۰ کلسیم و حدود ٪۸۰ آهن مورد نیاز بدن یک فرد بزرگسال تأمین می‌گردد [۱].

طبق تحقیقات انجام شده در انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، سهم نان و غلات در تأمین انرژی و پروتئین در مناطق شهری حدود ٪۵۰ و در مناطق روستایی بالاتر از این میزان و حدود ٪۶۰ می‌باشد. در حالی که میزان مصرف گوشت، لبنیات، حبوبات، سبزیجات و میوه جات در ایران کمتر از حد استاندارد است. هر ایرانی به طور متوسط سه برابر یک اروپایی نان مصرف می‌کند که این نشان دهنده اهمیت نان در رژیم غذایی ماست. بنابراین ملاحظه می‌شود نان جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی خانواده‌های ایرانی دارد [۹].

۱-۲- میکروارگانیسم های خمیرترش :

به عنوان یک تعریف، خمیرترش عبارت است از یک خمیر متشکل از آرد غلات (و سایر مواد در صورت نیاز)، مایعات و میکروارگانیسم‌هایی نظیر باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها در حالت فعال آن‌ها که به ترتیب مسئول اسیدی کردن و ورآمدن (انبساط) خمیر می‌باشند [۱۰].

مطالعات میکروبیولوژیکی نشان می‌دهند که بیش از ۵۰ گونه از باکتری‌های اسید لاکتیک (عمدتاً جنس لاکتوباسیلوس)[1] و بیش از ۲۰ گونه از انواع مخمر به ویژه گونه‌های جنس ساکارومایسس[2] و کاندیدا[3] در سیستم خمیرترش حضور دارند. برای فعالیت مناسب در سیستم خمیرترش بایستی نسبت باکتری‌های اسید لاکتیک به مخمر ۱۰۰ به ۱ باشد[۱۱]. باکتری-های اسید لاکتیک موجود در خمیرترش می‌توانند از فلور طبیعی آرد، آلودگی‌های موجود در مخمر نانوایی و یا محیط پخت نشأت گرفته باشند که غیر از جنس لاکتوباسیلوس، جنس‌های پدیوکوکوس[4]، انتروکوکوس[5]، لاکتوکوکوس[6] و لوکونوستوک[7] را نیز شامل می‌شود [۱۰].

لاکتوباسیلوس‌ها، باکتری‌های گرم مثبت، میله‌ای یا کوکوباسیل بدون اسپور بوده و برای رشد نیاز به محیط مغذی دارند و در محیط‌های غنی از کربوهیدرات یافت می‌شوند. دمای رشد بهینه آن ها ۴۰ -۳۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. باکتری‌های اسید لاکتیک عمدتاً به دو گروه هتروفرمانتاتیو[8] و هموفرمانتاتیو[9] طبقه بندی می‌شوند. در حالی که باکتری‌های اسید لاکتیک هموفرمانتاتیو نقش مهمی در اکثر غذاهای تخمیری بازی می‌کنند،

[1] Lactobacillus
[2] Saccharomyces
[3] Candida
[4] Pediococcus
[5] Enterococcus
[6] Lactococcus
[7] Leuconostoc
[8] Heterofermentative
[9] Homofermentative

باکتری‌های هتروفرمانتاتیو میکروارگانیسم‌های غالب در خمیرترش به ویژه خمیرترش‌های سنتی می‌باشند [۱۲]. میکروفلور خمیرترش قویاً بستگی به شرایط تخمیر نظیر دمای خمیر، راندمان خمیر، پتانسیل احیاء، زمان تخمیر و در نهایت خمیر مادر دارد [۳].

باکتری‌های اسید لاکتیک هموفرمانتاتیو قادر به تبدیل هگزوزها تقریباً به طور کامل به اسید لاکتیک می‌باشند (بیشتر از ٪۸۵) در حالی که باکتری‌های اسید لاکتیک هتروفرمانتاتیو هگزوزها را به اسید لاکتیک و استیک، اتانول و Co_2 می‌شکنند. این گروه از باکتری‌ها، میکروفلور آروماتیک نیز نامیده می‌شوند [۷, ۱۳]. هر دو گروه باکتری‌های موجود در خمیرترش ویژگی‌های حسی و تکنولوژیکی نان را بهبود می‌بخشند و به صورت گسترده‌ای به عنوان کشت استارتری مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱٤].

مهم‌ترین میکروارگانیسم غالب در خمیرترش لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنس[10] است، ولی بسته به شرایط تخمیر سایر گونه‌ها نظیر لاکتوباسیلوس پنتیس[11]، لاکتوباسیلوس پنیس[12]، لاکتوباسیلوس پلانتاروم[13]، لاکتوباسیلوس فرمنتوم[14]، لاکتوباسیلوس فرومنتی[15] نیز در شمارش سلول ها دیده می‌شوند [۱٤].

تخمیر خود به خودی بر پایه فلور طبیعی آرد، احتمالاً قدیمی‌ترین روش کاربردی برای تهیه خمیرترش است. افزودن بخشی از خمیرترش رسیده از کشت قبلی به کشت جدید و تکثیر مداوم آن، روش دیگری است که توسط آن یک خمیرترش حاوی آغازگر می‌شود [۱۰] . برای کاهش تنوع و بی ثباتی خمیرترش، استفاده از کشت‌های آغازگر برای تولید خمیرترش

[10] Lactobacillus sanfranciscensis
[11] Lactobacillus pontis
[12] Lactobacillus panis
[13] Lactobacillus plantarum
[14] Lactobacillus fermentum
[15] Lactobacillus frumenti

گسترش پیدا کرده است. امروزه از طریق آماده سازی تجاری نژادهای باکتری‌های اسید لاکتیک به صورت تک نژادی یا مخلوطی از چندین نژاد می‌توان نانی با استاندارد بالا و کیفیت ثابت تولید کرد. چنین استارترهای تجاری کنترل تولید خمیرترش را بهبود می‌بخشند و کیفیت قابل اطمینان در تولید نان را تضمین می‌کنند [۷].

۱-۳- استفاده از خمیرترش در نان چاودار و گندم :

با وجود جایگزین شدن خمیرترش با مخمر نانوایی در قرن ۱۹ ، هنوز هم نیاز به استفاده از خمیرترش در تهیه نان چاودار وجود دارد. خمیرترش یک جزء کلیدی در تهیه نان چاودار می-باشد، چون به طور مشخصی در قابلیت فرآوری، بافت و عطر و طعم آن شرکت می‌کند. اسیدیفیکاسیون خمیر شرط لازم برای پخت نان چاودار می‌باشد [۱۵]. این امر ناشی از عدم توانایی آرد چاودار در تشکیل شبکه گلوتنی است. در خمیر چاودار این وظیفه بر عهده پنتوزان‌ها است که حلالیت و تورم آن‌ها با کاهش pH، افزایش می‌یابد؛ بنابراین سرعت جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد. تجزیه پروتئین‌های گلوتن در خمیرترش چاودار، حلالیت پروتئین‌ها را افزایش داده و شکل گیری ساختار در نان چاودار را تسریع می‌کند [۱٦].

از طرفی، وقتی کیفیت آرد چاودار پایین باشد، فعالیت آمیلازی آن بسیار زیاد بوده و مغز نان کاملاً هیدرولیز می‌شود. اسیدیفیکاسیون خمیر شرط لازم برای پخت نان چاودار برای ممانعت از α-آمیلاز آرد است [٦]. اسیدی شدن خمیر آرد چاودار، خصوصیات فیزیکی آن را از طریق تقویت خاصیت الاستیسیته و انبساط پذیری بهبود بخشیده و طعم اسیدی مطلوبی به محصول می‌دهد [۷].

در حالی که خمیرترش یک جزء ضروری برای تضمین ویژگی‌های پخت خمیرهایی است که شامل بیش از ٪۲۰ آرد چاودار می‌باشند، افزودن آن به خمیرهای گندم اختیاری می‌باشد [۱۰]. وقتی خمیرترش به میزان ٪۲۰-۵ حجم خمیر نهایی استفاده شود ضمن بهبود خواص کیفی خمیر، سبب ایجاد طعم و آرومای مطلوب‌تر، ممانعت از فساد قارچی و باکتریایی و تأخیر فرآیند بیاتی شده، هم‌چنین قابلیت استفاده در آردهای فاقد گلوتن جهت مصرف مبتلایان به بیماری سلیاک را نیز فراهم می‌آورد [۱۷].

۱-۴- تکنولوژی خمیرترش :

۱-۴-۱- خصوصیات تکنولوژیکی خمیرترش :

طبق نظر دکوک و کاپله [۷] عوامل اثرگذار بر کیفیت خمیرترش تولیدی عبارتند از :

قوام : قوام خمیرترش ممکن است بسیار متغیر باشد. تخمیر خمیرترش می‌تواند در یک محیط حاصل از آب و آرد با قوام بالا و یا در سوسپانسیون مایع آب در آرد صورت پذیرد. رابطه میان آب و آرد، راندمان خمیر نامیده می‌شود.

$$DY^{16} = \frac{(\text{مقدار آرد} + \text{مقدار آب})}{\text{مقدار آرد}} \times ۱۰۰$$

بنابراین خمیری با راندمان ۱۶۰ و ۲۰۰ به ترتیب به عنوان خمیر سفت و نرم در نظر گرفته می‌شود. مقدار DY یک خمیرترش به طور بارزی بر الگوی عطر و طعمی آن تأثیرگذار می‌باشد. در خمیرترشی با DY پایین‌تر (سفت‌تر) اسید استیک بیشتری تولید می‌شود، در حالی که میزان تولید اسید لاکتیک کمتر است. اسید استیک طعم تند و اسیدی داشته که سریعاً احساس می‌شود، در حالی که طعم اسیدی اسید لاکتیک ملایم‌تر بوده و دیرتر احساس می‌شود.

[16] Dough Yield

نـــرخ اسیدیفیکاســـیون در یـــک خمیرتـــرش نیـــز متـــأثر از پـــارامتر رانـــدمان خمیـــر مـــی‌باشـــد. در مقـادیرDY بـالاتر بـه موجـب انتشـار بهتـر اسـیدهای آلـی تولیـد شـده بـه محـیط، اسیدیفیکاسـیون سریع‌تر اتفاق می‌افتـد. بـه طـور عمـومی پذیرفتـه شـده اسـت کـه هـر قـدر خمیرترشـی مـایع‌تـر باشـد، سرعت اسیدیفیکاسیون بیشتر بوده و سرعت مصرف قندهای قابل تخمیر بیشتر می‌شود.

دمـا : دمـا نیـز در میـزان اسـیدی شـدن مـؤثر اسـت. بـه طـور کلـی افـزایش دمـا باعـث افـت سـریع‌تـر pH مـی‌شـود کـه بـر خـواص کیفـی خمیـر و نـان اثرگـذار اسـت. دمـا بـر نسـبت اسـیدها مؤثر اسـت. بـا افـزایش دمـا اسـید لاکتیـک بیشـتری تولیـد مـی‌شـود در حـالی کـه تولیـد اسـید اسـتیک تحت تـأثیر قـرار نمـی‌گیـرد. اگـر دمـا مـورد توجـه قـرار نگیـرد، ترکیـب میکروبـی خمیرتـرش ممکـن است تغییر کند.

سوبسـترا : عمـدتاً آرد بـرای تهیـه خمیرتـرش مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد و مشخصـاً بـر طعـم و اسیدیته خمیرترش نهایی تأثیر می‌گذارد.

کشـت میکروبـی : فلـور میکروبـی مـورد اسـتفاده نیـز بسـیار مهـم اسـت. لاکتوباسـیلوس‌هـای همو و هتروفرمانتاتیو (میکروفلور آروماتیک) در ایجاد عطر و طعم در خمیرترش نقش دارند.

درصد خاکستر : درصد استخراج بیشتر مترادف میزان خاکستر بیشتر است. هر قدر میزان خاکستر بیشتر باشد، مقدار مواد معدنی و نوترینت (مواد مغذی) که برای رشد لاکتوباسیلوس‌ها لازم است، بیشتر می‌باشد. هم چنین مقدار خاکستر یک عامل مهم در گسترش طعم و اسیدیته قابل تیتر (TTA)

می‌باشد. اسیدیته قابل تیتر بیان کننده میزان کل اسیدهای آلی تولید شده در طی تخمیر خمیرترش است. هر چه درجه استخراج آرد بالاتر باشد، ظرفیت بافری نیز بالاتر خواهد بود. ظرفیت بافری آرد، میزان اسیدیته فرار خمیر را کاهش داده و اجازه می‌دهد که باکتری‌ها مدت زمان بیشتری فعالیت کنند، پیش از آن که محیط بسیار اسیدی شده و تولید مواد معطر و اسیدها متوقف شود. مقدار خاکستر آرد در تولید اسیدهای آمینه و ترکیبات مولد عطر و طعم در خمیرترش نقش دارند.

عدد فالینگ : این عدد شاخصی برای تعیین فعالیت آنزیمی آرد است. مقدار پایین‌تر این شاخص، نشانگر فعالیت بیشتر آنزیم‌های آمیلازی است. در این حالت، قندهای آزاد بیشتری در دسترس میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرند.

اسیدیفیکاسیون خمیرترش و اسیدیفیکاسیون نسبی خمیر نان بر روی اجزای تشکیل دهنده ساختار نظیر گلوتن، نشاسته و آرابینوگزیلان اثر می‌گذارد.

۱-۴-۲- طبقه بندی خمیرترش :

بر اساس تکنولوژی مورد استفاده برای تولید خمیرترش آن ها را به ۳ گروه طبقه بندی می‌کنند :

- خمیرترش نوع I : خمیرترش‌های سنتی (تازه) در این گروه قرار دارند که با افزودن بخشی از تخمیر قبلی به منظور حفظ فعالیت میکروفلور و با استفاده از فرآیند چند مرحله‌ای تهیه می‌شوند. این فرآیند معولاً در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتی گراد صورت می گیرد. لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس میکروارگانیسم غالب در این گونه خمیرترش است [۱۲].

- خمیرتـرش نـوع I I: صـنعتی شـدن فرآینـدهای پخـت و تقاضـای صـنعت بـرای سریع‌تر شدن، کارایی بیشتر، قابـل کنتـرل بـودن فرآینـدهای تخمیـر در مقیـاس بـزرگ منجـر به توسعه خمیرتـرش‌هـای نـوع I I مـی‌شـود [۷]. بـرخلاف خمیرتـرش‌هـای نـوع I، ایـن نـوع خمیـر رانـدمان بـالاتری داشـته و نـرم‌تـر اسـت. دمـای تخمیـر در ایـن نـوع خمیرتـرش بـالاتر اسـت. در ایـن نـوع از خمیرتـرش از دمـای بـالاتر از ۳۰ درجـه سـانتی گـراد اسـتفاده می شود. خمیرتـرش‌هـای نـوع I I در حجـم‌هـای زیـاد تولیـد شـده و تـا یـک هفتـه قابـل نگهداری اسـت. میکروارگانیسـم هـای غالـب در ایـن نـوع خمیرتـرش، گرمادوسـت و متعلـق بـه گونـه‌هـای لاکتوباسـیلوس پنتـیس، لاکتوباسـیلوس پنـیس، لاکتوباسـیلوس روتـری[1]، لاکتوباسیلوس فرمنتوم هستند. این نـوع از خمیرهـای تـرش بـه دلیـل مـایع بـودن قابـل پمـپ کردن در صنایع نانوایی است [۱۸].
- خمیرترش نـوع I I I: خمیرهـای تـرش خشـک شـده بـه عنـوان خمیرتـرش نـوع I I I شـناخته مـی‌شـود. ایـن نـوع از خمیرهـای تـرش بـه عنـوان ذخیـره‌هـای اسـیدی کننـده و حامل‌های آروما در طـی پخـت نـان اسـتفاده مـی‌شـوند [۱۲]. ایـن نـوع خمیرتـرش معمـولاً توسـط نانواهـای صـنعتی مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد. کیفیـت ایـن نـوع خمیرتـرش ثابـت بـوده و تغییـرات زیـادی در محصـول نهـایی بـه موجـب تولیـد خمیرتـرش‌هـای تـازه وجـود نـدارد. گونـه‌هـای غالـب در ایـن نـوع خمیرتـرش شـامل لاکتوباسـیلوس پلانتـاروم و لاکتوباسیلوس برویس[2] هستند [۳].

[1] Lactobacillus reuteri
[2] Lactobacillus brevis

نوع I I I خمیرترش، راحت ترین روش برای معرفی طعم صحیح به صنایع نانوایی با تکنولوژی بالا است. خشک کردن پاششی[1] و غلتکی[2] معمول‌ترین روش‌های مورداستفاده برای تولید این نوع خمیرترش می‌باشند [۷].

۱-۴-۳- اثرات خمیرترش بر کیفیت نان :

۱-۴-۳-۱-اثرات تغذیه‌ای :

نتایج مطالعات مختلف، مؤثر بودن تخمیر خمیرترش در بهبود کیفیت تغذیه‌ای غلات را به اثبات رسانده‌اند. مشاهده شده است که نان حاوی اسید لاکتیک تولید شده در طی تخمیر خمیرترش و یا اضافه شده به صورت مستقیم می‌تواند میزان گلوکز و پاسخ انسولین پس از صرف غذا را در بدن انسان کاهش دهد. مصرف غذاهای با کربوهیدرات بالا از جمله نان برای افراد دیابتی مناسب نیست. نان‌های تهیه شده با خمیرترش شاخص گلایسمیک پایین‌تری ارائه می‌دهند [۱۰].

گزارش شده است که تخمیر خمیرترش باعث بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای نشاسته می‌شود. این اثر به تولید اسیدهای آلی توسط لاکتوباسیلوس‌ها در طی تخمیر خمیرترش نسبت داده می‌شود [۱۹].

خمیرترش در افزایش قابلیت دسترسی مواد معدنی مؤثر است [۲۰]. اسید فیتیک ٪۱-٤ وزن دانه‌های غلات را تشکیل می‌دهد و منبع مهم فسفر می‌باشد که در لایه‌های آلرون دانه متمرکز شده است. اسید فیتیک به عنوان یک عامل ضد تغذیه‌ای شناخته

[1] Spray Drying
[2] Drum Drying