# کاربردهای خمیرمایه وعوامل موثربر آن

**مائده خردمندی[1*]،طاهره نصیری[1]**

**[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، عضوباشگاه پژوهشگران جوان، گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی قوچان- ایران**

*m.kheradmandy@gmail.com*[*]

خلاصه :

تهیه خمیرمایه از خمیر نانوائی از هزاران سال قبل مرسوم بوده و حتی در کتاب مقدس تورات نیز به آن اشاره شده است. استفاده از خمیرمایه یکی از قدیمی ترین فرآیندهای بیوتکنولوژی در تولید می باشد که بر اساس تکنولوژی مورد استفاده به سه گروه تقسیم می‌شود که شامل باکتری اسیدلاکتیک بصورت غالب ونیز تعدادی مخمرهم وجود دارد. عملکرد پروتئولیتیک در خمیرمایه به استارتر میکروبی و شرایط فرآوری وابسته است. خمیرمایه تکنیک مناسب برای جلوگیری از طنابی شدن در محصولات پخت، تشکیل ترکیبات فرار و غیرفرار موثر در طعم و تغییرات رئولوژیکی در محصولات پخت می باشد. باتوجه به نقش خمیر مایه در نگهداری و بهبود مدت ماندگاری و افزایش تقاضای مصرف کنندگان به مصرف محصولات طبیعی و فاقد افزودنی‌های سنتتیک، بهبود خمیرمایه افزوده شده به نان می تواند دارای آینده‌ای روشن باشد.

کلمات کلیدی: خمیرمایه - میکروارگانیسم‌های خمیرمایه-ترکیبات تولیدشده- کاربرد خمیرمایه - پروتئولیز

1-مقدمه:

استفاده از خمیرمایه یکی از قدیمی ترین فرآیندهای بیوتکنولوژی در تولید می باشدکه به عنوان جایگزین مخمر پخت در قرن 19 در تولید نان استفاده شده است. امروزه از خمیر مایه علاوه بر تولید نان درتولید کراکر،کیک و دیگر محصولات پخت تهیه شده از آرد غلات نیز بکارمی رود [1]. اکنون پس از گذشت هزاران سال، نانوایان به خمیر خود، خمیر مایه می‌افزایند تا مواد نشاسته‌ای و قندی موجود در خمیر نان، خوراک مخمرهای موجود در خمیرمایه شود و در حین عمل تخمیر مقداری گاز کربنیک تولید گردد. تخمیر خمیرمایه یک فرآیند سنتی جهت بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی، ارزش تغذیه ای و زمان ماندگاری نان می باشد. خمیر مایه نان از ترکیب آرد و آب با تخمیر باکتری اسیدلاکتیک که عمدتاً هتروفرمانتاتیو می باشند تشکیل می شود که در این ترکیب با تولید اسیدلاکتیک و اسیداستیک طعم ترش مطبوع بوجود می آید. باکتری های اسید لاکتیک همو و هتروفرمانتاتیو ترکیبات طعم متنوعی را تولید می کنند[2].

براساس تکنولوژی بکار رفته در خمیرمایه به سه گروه طبقه بندی می شوند که هر کدام دارای مزایایی می باشند[3]. تخمیر خمیرمایه بر ویژگی رئولوژیکی خمیر نان وکیفیت آن موثر می باشد و در تولید نان گندم و نان چاودار به کار می رود [4]. با توجه به افزایش تقاضای مصرف کنندگان به مصرف محصولات طبیعی و فاقد افزودنی های سنتتیک ،افزودن خمیرمایه به نان می تواند در مصرف و در نگهداری و بهبود مدت ماندگاری نیز اثر قابل ملاحظه ای داشته باشد[5].

2-خمیرمایه:

استفاده از خمیرمایه برای ورآمدن خمیر نان ضروری است. زیرا منجربه تولید گاز درخمیر و هوادهی بیشتر می شود[6]. طبقه بندی فر آیند تولید خمیرمایه باتوجه به نوع تکنولوژی بکاربرده شده به سه نوع یک ، دو و سه تقسیم می شود.

2-1-خمیرمایه نوع یک :

با تکنیک سنتی به صورت روزانه تولید و درمکان مناسب حفظ می شوند .عملکرد متابولیکی بالایی داشته و سبب تسریع در تولید گاز می شوند. این فرآیند دردمای $^{c}$ 20-$^{c}$30 و pH زیر 4 با سه مرحله فرآیند تخمیر انجام می شود و باکتری‌های *Lb.sanfrancises* و *Lb.pontis* در آن غالب بوده و باکتریهایی نظیر *Lb.fructirorans* ، *Lb.fermentum* و *Lb.brevis* نیز در بعضی خمیرها مشاهده شده است.کشت خالص خمیرمایه های نوع یک از مشتقات تخمیر طبیعی خمیرمایه است[5-3]. در صورتیکه خمیرمایه در دمای محیط نگهداری شود اسیدی شدن ادامه می‌یابد وگونه‌های مقاومتر به اسید، غالب خواهند شد.

2-2-خمیرمایه نوع دو:

این خمیر مایه بیشتر در فرآیندهای صنعتی استفاده می شود و فرآیند تولید این خمیرمایه 2 الی 5 روز طول می‌کشد. یک مرحله فرآیند تخمیر در دمای بیش از$^{c}$ 30 انجام می شود. این خمیرمایه در محتوی اسیدبالا و در pH زیر3.5 بعد از24ساعت قابل استفاده می باشد. به علت افزایش تقاضا در صنعت این نوع خمیرمایه به صورت نیمه سیال[1] گسترش یافته است و در نانوایی‌های محلی برای حجم بالای خمیر استفاده می شود. گونه‌های اسید لاکتیک غالب آن در خمیر شامل *Lb.panis*، *Lb.pontis*، *Lb.reuteri*، *Lb.sanfranciscensis*، *Lb.fermentum*، *Lb.delbruecki* و *Lb.brevis* می‌باشند[3-5]. زمان تخمیر 15الی20ساعت بوده و سبب کاهش گاز تولید شده توسط باکتری اسیدلاکتیک شده بنابراین استفاده از مخمر جهت ورآمدن نان ضروری است.

[1]-semi-fluid

3-2-خمیرمایه نوع سه:

به صورت پودر خشک تهیه می شوند که با تخمیرخمیرمایه و با تبخیر متوالی آب با خشک‌کن غلطکی، خشک‌کن انجمادی و خشک‌کن پاششی در راکتور با بستر سیال خشک می شوند که منجر به افزایش مدت ماندگاری و تبدیل به محصول stock می‌شوند. بیشتر حاوی باکتری‌های اسیدلاکتیک‌اند که به خشک کردن مقاوم بوده و قادر به زنده ماندن در این شرایط می‌باشند. از جمله آن باکتری‌های هتروفرمانتاتیو می‌توان به *Lb.brevis* و از هموفرمانتاتیو اختیاری می‌توان به *p.pentosaceus* و *Lb.plantrum* اشاره کرد. خمیر ترش خشک شده مناسب و به آسانی قابل استفاده بوده و محصول نهایی استانداردی را تشکیل می‌دهد و در آروما و محتوی اسید بیش از 30٪ برجسته می‌باشند[3-5].

امروزه از روش پاستوریزاسیون خمیرمایه مایع بیشتر استفاده می‌شود زیرا فرآیند خشک کردن به روش‌های ذکر شده ترکیب‌های فرار طعم‌دار را در طی تبخیر آب کاهش می دهد. برای جلوگیری از این اتفاق و حفظ طعم خمیر ترش در فرم مایع و پایداری آن پاستوریزاسیون روش مناسبی است که بیشتر ترکیبات فرار در محصول باقی مانده و محصول نیز قابل پمپ کردن بوده و در هر زمان کیفیت آن ثابت می باشد[6]. در هر سه نوع خمیرمایه نیاز به افزودن مخمر پخت ساکارومایسس سرویزیه می باشد[1].

3-میکروارگانیسم های خمیرمایه:

باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمرها به طور اساسی در اکوسیستم خمیرمایه اثر متقابل دارند. بطوریکه باکتری‌های اسیدلاکتیک مسئول اسیدیفیکاسیون خمیرمایه می‌باشند و مخمرها برای تولید یک طعم متعادل در ترکیب با اسید حائز اهمیت‌اند. بیش از 50 گونه باکتری اسیدلاکتیک جداسازی شده، که عمدتا گونه‌های لاکتوباسیلوس هستند. بیش از20 گونه مخمرکه غالبا ساکارومایسس و کاندیدا می‌باشند شناسایی شده است [2] که باکتری‌های اسیدلاکتیک هتروفرمانتاتیو در تخمیر خمیرمایه به روش سنتی نقش عمده ای دارند [3-1].

*Lb.plantarum*،*Lb.sanfranciscensis*،*Lb.rossiae*،*Lb.pontis* از میکروارگانیسم‌های کلیدی در تخمیرهای صنعتی و سنتی می‌باشند زیرا با محیط خمیرمایه به خوبی آداپته می‌شوند [7].

مخمر ساکارومایسس سرویزیه در بین مخمرها نقش بر جسته‌ای در ورآمدن خمیر دارد. مخمر *sacharomyces exiguus* گونه غالب در بین استارترها می‌باشد ولی قادر به تخمیر مالتوز نمی‌باشد و با باقیمانده تخمیرگلوکز آزاد شده باکتری اسیدلاکتیک هتروفرمانتاتیو رشد می‌کند. در عمل مخمر منبع الکترون فروکتوز را فراهم می کند و به باکتری در رشد و تولید اسید استیک کمک می کند. استفاده از کشت ترکیبی در خمیر ترش، که مخمر مسئول ور آمدن و باکتری اسیدلاکتیک مسئول ایجاد ترکیبات طعم نان، مزایایی نظیر بهبود طعم و بافت وحفظ تازگی برای مدت طولانی در مقایسه با بکاربردن مخمر پخت دارا می‌باشد[2]. بررسی‌های انجام شده بر خمیرمایه حاوی کشت ترکیبی از استارترکالچرهای *clavoromiyes marxianus* با*L.bulgaricus* و *L.helveticus*، خمیرمایه منجر به افزایش اسیدیته، ایجاد مقدار بالای اسیدلاکتیک و مدت ماندگاری بالای محصول و بهبودی بهتر آروما در مقایسه با مخمر نان شده است[8].

باکتری اسیدلاکتیک هتروفرمانتاتیو اسید استیک تولید کرده که مسئول سختی و کوتاهی گلوتن می‌باشد. در روش سنتی خمیرمایه در طعم نهایی موثر است و درحالیکه اسید استیک تولید شده به تدریج برای الاستیک شدن ساختار گلوتن موثر است. به طور کلی نسبت باکتری اسیدلاکتیک به مخمر 100به1 می‌باشد[1-3]. باکتری اسید لاکتیک از آردی که بطور طبیعی آلوده شده، محصول تخمیر لبنی و یا از استارتر کالچر حاوی گونه‌هایی از باکتری اسیدلاکتیک در خمیرمایه منشا می‌گیرند [3].

تفاوت اساسی بین لاکتوباسیلوس هموفرمانتاتیو و هتروفرمانتاتیو اختیاری را به ظرفیت تبدیل آنها تشخیص داده‌اند. به طوری که گونه‌های لاکتوباسیلوس هموفرمانتاتیو و هتروفرمانتاتیو اختیاری، گلوکز را از امدن-میرهوف[1] و لاکتوباسیلوس هتروفرمانتاتیو برای متابولیسم هگزوزها از

[1] - Emden – Meyerhoff

پنتوز-فسفات[1] استفاده می‌کنند که متابولیسم قند توسط هتروفرمانتاتیو اختیاری و هموفرمانتاتیو از راه امدن-میرهوف ، دو مول ATP تولید - می شود در حالیکه متابولیسم هتروفرمانتاتیو از راه پنتوز-فسفات ،یک مول ATP تولید می‌کند [9]. باکتریهای اسیدلاکتیک هتروفرمانتاتیو قادر به تبدیل هگزوزها به اسیدلاکتیک، اسید استیک، اتانول و دی‌اکسیدکربن می‌باشند. درحالیکه هموفرمانتاتیوها هگزوز را تقریبا به طور کامل (بیشتر از 85٪) به اسید لاکتیک تبدیل می‌کنند. عوامل موثر بر نسبت اسید لاکتیک به اسید استیک می‌تواند نوع استارتر کالچر، دما و نوع آرد نیز باشد[10].

عملکرد متابولیکی باکتری اسید لاکتیک در نتیجه تخمیر خمیرمایه شامل متابولیت‌های مانیتول، گلوکز و استات است که می‌تواند سبب بهبود کیفیت نان شود[11]. تعداد و نوع گونه‌های یافت شده وابسته به چندین فاکتور از جمله درجه هیدراته شدن خمیر، نوع آرد استفاده شده، دمای ورآمدن[2] و حفظ دمای خمیرمایه است[3]. در خمیرمایه تجاری استارتر رایج ترکیبی از گروه های باکتری اسیدلاکتیک می‌باشد زیرا در دسترس بوده و آرومای مناسب ایجاد می کنند[6].

4-کاربردهای خمیرمایه:

4-1-کاربرد خمیر مایه در نان چاودار و گندم:

عملکرد خمیرمایه در نان حاصل از آرد چاودار موجب کاهش عملکرد آمیلاز در آرد شده، که در شروع فرآیند ژلاتینه شدن نشاسته در طی پخت این آنزیم هنوز فعال می‌باشد. زمانیکه کیفیت آرد چاودار پایین است عملکرد آمیلاز بالا بوده و مغز نان کاملا در طی پخت هیدرولیز می شود که با کاهش PH خمیر توسط خمیرمایه از عملکرد آمیلاز جلوگیری می‌شود و از مزایایی دیگر می‌توان به بهبود مدت ماندگاری میکروبی، نرمی مغز نان و بهبود طعم اشاره کرد. نقش کلی آن بهبود اسیدیفیکاسیون در نان چاودار است به طوریکه 1/3 آرد چاودار از طریق خمیرمایه اضافه می شود[6].

درخمیرمایه چاودار تهیه شده با باکتری اسیدلاکتیک تجاری 12 ترکیب الکلی، 13 ترکیب کربونیلی و10استر شناسایی شده است[10]. اجزاء پروتئین آرد گندم و چاودار بر کیفیت نهائی نان موثرند وگزارشاتی از نفوذ باکتری اسیدلاکتیک در خمیرمایه نشان داده که بیاتی نان گندم کاهش می یابد و یا به تاخیر می افتد که در گذشته خمیرمایه برای بهبود طعم نان استفاده می شده ولی امروزه برای کیفیت نان و اخیراً برای بهبود کیفیت گلوتن آزاد گندم استفاده می‌شود. بطور کلی از اثرات مثبت خمیرمایه بر نان بهبود حجم نان، ساختار مغز، طعم، ارزش تغذیه‌ای و مدت ماندگاری می‌باشد[11]. محتوی دی استیل در خمیرمایه‌های ساخته شده با کشت‌های هموفرمانتاتیو در مقایسه با کشت‌های هتروفرمانتاتیو بالاتر می‌باشد. افزودن مخمر منجر به افزایش تولید الکل‌ها واسترها و بعضی ترکیبات کربونیل در مقایسه با خمیر ترش‌های فاقد مخمر می‌شود [10].

4-2-اثر نوع و ترکیب آرد بر ترکیب طعم در خمیرمایه نان:

ترکیبات طعم درخمیرمایه نان را در نتیجه ترکیب آرد و مخلوط کردن آرد غلات و روابط بین استارتر کالچر و اجزاء آرد و مقدار کربوهیدرات قابل تخمیر در آرد می‌دانند. خمیرمایه در آرد چاودار حاوی پیش سازهای طعم اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و ترکیبات فنولیک است که به اجزاء فعال طعم در مراحل مختلف پخت تبدیل می‌شوند. درخمیرمایه چاودار طعم ترش و بافت متخلخل با مقدار بالای فورفورال، اتیل استات، 3-متیل بوتانول،2- متیل بوتانول شناسایی شده است. بیشتر از آرد گندم وچاودار برای ایجاد خمیرمایه استفاده می شود اما از آردهای ذرت و برنج هم می توان استفاده کرد[2].

---

[1] - Pentose – phosphate

[2] -Leavening

آرد کامل گندم با درجه استخراج بالا نسبت به آرد گندم با درجه استخراج کم مقدار بیشتری اسید و اتیل استات تولید می‌کند و علاوه بر آن افزودن فروکتوز که به عنوان پذیرنده هیدروژن است تولید اسیداستیک را با کشت‌های هتروفرمانتاتیو افزایش می‌دهد. افزایش در محتوی اسید استیک علاوه بر طعم، اثرضد میکروبی نیز در مقابل کپک‌ها و باسیل‌های عامل Rope نیز دارد[10].

5-ترکیبات فرار وغیرفرار در خمیرمایه:

مواد تشکیل دهنده در خمیرمایه نان بر تولید ترکیبات فرار نظیر الکل‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها، استرها و سولفورها موثر می‌باشند. همه این ترکیبات با عملکرد بیولوژیکی و بیوشیمیایی در طی تخمیر تولید می‌شوند. متابولیسم میکروبی، باکتری اسیدلاکتیک هتروفرمانتاتیو اتیل استات، الکل‌های خاص و آلدهیدها را تولید می‌کند. درحالیکه باکتری اسیدلاکتیک هموفرمانتاتیو دی استیل وکربونیل تولید می‌کند. فاکتورهای موثر برتولید ترکیبات فرار در خمیرمایه نان شامل شکل اسیدهای آمینه آزاد درطی تخمیر از طریق پروتئولیز است[2].

تولید مقدار کافی از ترکیبات فرار در طی تخمیر نیاز به چند مرحله فرآوری حدود12الی24 ساعت است. درحالیکه تخمیر بامخمر پخت به تنهایی در مدت زمان کمتری اتمام می‌یابد. گاهی اوقات محتوی ترکیبات فرار در نان نسبت به خمیرمایه کمتر است زیرا در خمیر نان رسیده بطور نرمال تنها 50٪ خمیرمایه استفاده می‌شود و بعضی از ترکیبات فرار در طی تبخیر و فرآیند پخت تشکیل می‌شوند. تولید ترکیبات فرار با عملکرد باکتری اسیدلاکتیک و مخمر در خمیرمایه موثر است[10].

بطور کلی باکتری اسیدلاکتیک بیشتر مسئول اسیدیفیکاسیون و قادر به آزاد سازی پیش سازهای آروما نظیر اسیدهای آمینه آزاد است. افزودن گلوکز و یا ساکاروز در حضور مخمر ساکارومایسس سرویزیه کمیت ترکیبات طعم دهنده فرار را بهبود می‌بخشد. از ترکیبات غیرفرار نیز می توان اسیدهای آلی تولید شده توسط باکتریهای هترو و هموفرمانتاتیو اشاره کرد که PH را کاهش داده و منجر به توزیع آروما در خمیرنان می‌شود[2].

6-مواد بازدارنده تولید شده با لاکتوباسیلوس جداشده از خمیرمایه:

باکتری اسیدلاکتیک نقش مهمی در نگهداری و ایمنی میکروبی غذاهای تخمیری دارد و به عنوان نگهدارنده فعال[1] غذاها می باشد. این باکتری با تولید اسیدهای آلی، دی اکسیدکربن، اتانول، پراکسیدهیدروژن، دی استیل، ترکیبات ضد قارچ مثل اسیدهای چرب یا اسید فنیل استیک و باکتریوسین‌ها از غذا محافظت می‌کنند[1]. مواد بازدارنده تولید شده با عملکرد ضدمیکروبی توسط باکتری اسیدلاکتیک شامل فنیل لاکتیک اسید، کاپروئیک اسید، اسیدلاکتیک واسیداستیک می‌باشد. اسید استیک در توزیع آروما و جلوگیری از فساد توسط کپک در خمیرمایه نقش عمده‌ای دارد. باکتریوسین‌ها نیز می‌توانند در تولید نان از رشد کپک‌ها و باکتری‌هایی نظیر باسیلوس سوبتیلیس و کلستریدیا جلوگیری کنند. مواد ضدمیکروبی ایزوله شده از خمیرمایه، ممکن است به عنوان افزودنی به خمیرمایه در بعد تجاری و به عنوان نگهدارنده اضافه شوند. کاپروئیک اسید که در خمیرمایه نان در PH پایین تولید شده است نیز همراه با اسیداستیک نقش مهمی در بازدارندگی رشد قارچ دارد. غلظت بالای اسیداستیک در حجم بالا باعث کاهش سرعت بیات شدن میشود [5].

7-پروتئولیز در تخمیرخمیرمایه:

عملکرد پروتئولیتیک خمیرمایه گندم به استارتر میکروبی و شرایط فرآوری آن وابسته است. سطح اسیدهای آمینه آزاد وابسته به سرعت استخراج آرد و دمای تخمیر است. توزیع باکتری اسیدلاکتیک در طی پروتئولیز و تخمیرخمیرمایه شرایط بهینه برای عملکرد پروتئیناز غلات بوجود می‌آورد. یکی از ویژگی‌های تکنولوژیکی پخت را به تخمیر خمیرمایه می‌توان نسبت داد که طعم و ساختار خمیر و مدت ماندگاری را به تغییرشکل پروتئین نسبت می‌دهند. در طی تخمیر خمیرمایه، پروتئولیز در خمیرمایه رخ می‌دهد[1]. عمدتا پروتئولیز در خمیرمایه‌های چاودارر و گندم را به پروتئاز خارجی غلات نسبت داده‌اند. پدیده پروتئولیتیک در طی تخمیر خمیرمایه بر کیفیت نان موثر است و افزودن عملکرد پروتئولیتیک گونه‌های خاص از باکتری اسیدلاکتیک را به پروتئولیز نسبت داده‌اند، که این افزایش و بهبود پروتئولیز امکان بهبود طعم و بافت نان و دیگر محصولات غلات را فراهم می‌کند[7].

---

[1] - Bio preservatives

8-نتیجه گیری:

خمیرمایه اثرات مثبتی بر ویژگی تکنولوژیکی، تغذیه‌ای و ویژگی عملگرای نان دارد. فاکتورهای داخلی در محصولات غلات نظیر اسیدهای چرب آزاد و عملکرد آنزیم‌ها و پارامترهای بیرونی نظیر دما، زمان تخمیر و تعداد مراحل تکثیر در خمیر مایه بر میکروفلور خمیرمایه و در نهایت پخت خوب موثر است. امروزه به دلیل افزایش تقاضای مصرف کنندگان به مصرف فرآورده‌های فاقد مواد نگهدارنده و افزودنی‌های شیمیایی، خمیرمایه به عنوان یک ترکیب با منشا طبیعی می تواند جایگزین مواد سنتتیک در محصولات پخت شود .

9-منابع و مراجع:


*[1].Corsetti, A,. and Settanni, L. (2007)"Lactobacilli in Sourdough fermentation- A review" Food Research International,40,pp.539-558.*

*[2].Rehman, S,. Paterson, A,. and Piggott, J. (2006)"Flavour in sourdough breads: A review" Trends in food science &Technology,17,pp.557-566.*

*[3].Vuyst, D,. and Neysens, P. (2005) ―The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions- A review"Trends in food science &Technology,16,pp.43-56.*

*[4].Clarke, C,. Schober, T,. Sullivan. and Arendt, E. (2004)"Wheat sourdough Fermentation: Effects of Time and Acidification on Fundamental Rheological Properties" Cereal Chemistry, 81, pp.409-417.*

*[5]. Vuyst, D,. and Messens, W. (2002)" Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs—A review" International Journal of Food Microbiology, 72, pp.31– 43.*

*[6].Decock, P,. and Cappelle, S. (2005)"Bread technology and sourdough technology—A review" Trends in food science &Technology, 16, pp.113-120.*

*[7].Ganzle, M,. Loponen, J. and Gobbetti, M. (2008)" Proteolysis in Sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality—A review" Trends in food science &Technology,19,pp.513-521.*

*[8].Plessas, S,. Bekatorou, A,. Gallanagh, J,. Nigam, P,. Koutinas, A. and Psarianos, C. (2008)" Evolution of aroma volatiles during storage of sourdough breads made by mixed cultures of cluyveromyces marxianus and Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus or Lactobacillus helveticus" Food chemistry,107,pp.883-889.*

*[9]. Vermeulen, N,. Machalitza, H,. Vogel, R. and Ganzle, M. (2006)"Influence of redox-reactions catalysed by homo- and hetero-fermentative lactobacilli on gluten in wheat sourdoughs" Journal of Cereal Science, 43, pp.137–143.*

*[10].Schieberle, P. and Hansen, A. (2005)" Generation of aroma Compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects—A review" Trends in food science &Technology, 16, pp.85-94.*

*[11].Arendt, E.and Ryan, L. and Dal Bello, F. (2007)" Impact of Sourdough on the texture of bread" Food Microbiology, 24, pp. 165-174.*