



**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МИКРОФЛОРЫ СЫРЬЯ НА  
ПРОЦЕСС БРОЖЕНИЯ ЯБОЧНОГО СОКА**

**INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION AND MICROFLORA OF RAW  
MATERIALS ON THE PROCESS OF APPLE JUICE FERMENTATION**

**УДК 663.32**

**DOI 10.24412/2658-3569-2021-10056**

**Бурак Леонид Чеславович**, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-6613-439X>, директор Общества с ограниченной ответственностью «БЕЛПРОСАКВА», г. Минск

**Яблонская Вероника Владимировна**, главный технолог, Совместное общество с ограниченной ответственностью «Ароматик», г. Дзержинск Минская область

**Burak L.Ch**            [leonidburak@gmail.com](mailto:leonidburak@gmail.com)

**Yablonskaya V.V.**   [v\\_taiy@mail.ru](mailto:v_taiy@mail.ru)

**Аннотация**

Ферментированные яблочные напитки производятся во всем мире с различным физико-химическим составом и органолептическими показателями. Несмотря на имеющиеся различия производители сидра сталкиваются с аналогичными проблемами и рисками. Основное влияние на процесс брожения сидра оказывает физико-химический состав сырья. Следовательно, для производства сидра хорошего качества требуется сырье определенного химического состава. Кроме того дрожжи и продукты их метаболизма являются важными факторами в процессе брожения. Производители сидра и других алкогольных напитков в

постоянном поиске новых штаммов дрожжей для производства «аутентичных» и разнообразных напитков, которые отличаются друг от друга и в итоге должны привлечь большее количество потребителей. Исследовательских материалов о производстве сидра намного меньше по сравнению со статьями о производстве вина, особенно о влиянии химического состава яблок и его микробного разнообразия на процесс ферментации. Несмотря на то, что переработка ферментированных напитков мало отличается с точки зрения микробиологии и производства, изучение конкретных свойств сырья и производственных проблем при производстве сидра является полезным и значимым для производителей сидра. В этом обзоре обобщены научные публикации о химическом составе яблок, влиянии состава сусла на процесс брожения и рост дрожжей. Кроме того, рассматривается микробное разнообразие сидра, микробиологическая активность и ее влияние на ферментацию. Сведения о химическом составе различных сортов, в частности содержании сахаров, органических кислот, соединений азота и полифенолов, имеют важное значение, поскольку они напрямую влияют на процесс брожения и органолептические показатели производимых сидров.

### **Annotation**

Fermented apple drinks are produced all over the world with different physico-chemical composition and organoleptic characteristics. Despite the differences, cider producers face similar challenges and risks. The main influence on the cider fermentation process is exerted by the physicochemical composition of the raw materials. Therefore, the production of good quality cider requires raw materials of a certain chemical composition. In addition, yeast and its metabolic products are important factors in the fermentation process. Producers of cider and other alcoholic beverages are constantly looking for new yeast strains to produce “authentic” and diverse beverages that are different from each other and should ultimately attract more consumers. There is much less research material on the production of cider compared

to articles on wine production, especially on the effect of apple chemistry and its microbial diversity on the fermentation process. Although the processing of fermented beverages differs little in terms of microbiology and production, the study of the specific properties of raw materials and production problems in the production of cider is useful and significant for cider producers. This review summarizes scientific publications on the chemical composition of apples, the effect of must composition on the fermentation process and yeast growth. In addition, the microbial diversity of cider, microbiological activity and its effect on fermentation are considered. Information about the chemical composition of various varieties, in particular the content of sugars, organic acids, nitrogen compounds and polyphenols, is important, since they directly affect the fermentation process and the organoleptic characteristics of the produced ciders.

**Ключевые слова:** яблоки, сидр, ферментация, химический состав, сахара, дрожжи, микроорганизмы, полифенолы

**Key words:** apples, cider, fermentation, chemical composition, sugars, yeast, microorganisms, polyphenols

## 1. Введение

Яблоки представляют собой особый фрукт, который издавна известен своим уникальным химическим составом. Позже различные исследования неоднократно подтверждали сбалансированный химический состав яблок, а также его антиоксидантные свойства. Плоды принадлежат к подсемейству Maloideae и к семейству Rosacea. Яблоки представляют собой один из самых важных плодов листопадных деревьев, которые обычно выращивают в умеренных и тропических регионах [1]. Яблоко - один из самых производимых и потребляемых фруктов в мире. Он занимает третье место по объему производства фруктов в мире после бананов и арбузов, объем

производства которых в 2018–2019 годах достиг 75 миллионов тонн [2]. Китай является крупнейшим производителем яблок, объем производства яблок в Китае ежегодно увеличивается и составляет 33 миллиона тонн в год, за ним следует Европейский Союз (ЕС), производящий 15 миллионов тонн в год (Таблица 1) Соединенные Штаты занимают третье место, производя 5,6 миллиона тонн яблок в 2019 году. Основными производителями яблок в Европе являются Польша, Франция и Италия. Турция и Иран производят около 3 миллионов тонн в год каждый, в то время как производство Чили, России, Украины и Бразилии составляет около 1,2 миллиона тонн в год.

Таблица 1. Производство и потребление яблок в 2019 году [2]

Страна	Объем производства (тыс. тонн)	Объем внутреннего потребления (тыс. тонн)
КНР	33000	38050
Европейский Союз	15422	7400
США	5564	2589,4
Индия	3306	2630,5
Иран	3085	1813,9
РФ	1656	1884,4
Чили	1393	229,6
Украина	1211	1066,2
Бразилия	1156	1325,9
Беларусь	158,6	13,2

Следует отметить, что яблочный сок является основным сырьем для производства нескольких напитков., таких как уксус, сидр, кальвадос и яблочное вино, которые получают путем ферментации яблочного сока, технологический процесс отличается условиями его проведения. Этот обзор посвящен

алкогольной ферментации яблочного сока для производства сидра. В последние годы слову «ферментация» давались разные определения. Этот термин впервые был применен в описании производства вина и, в частности, для характеристики пузырьков образуемых в процессе выделения углекислого газа. В настоящее время спиртовое брожение известно как биологический комплексный процесс, при котором дрожжи превращают сахара, такие как глюкоза, фруктоза и сахароза, в клеточную энергию, этанол, диоксид углерода и другие побочные продукты метаболизма. На ферментированный продукт могут влиять различные параметры в том числе и химический состав исходного сырья.

## **2. Физико-химический состав и микробиологическая обсемененность плодов .**

### **2.1. Химический состав сырья**

Зрелые яблоки содержат в своем составе примерно 85% воды, 12–14% углеводов, 0,30–1% органических кислот, 0,30% белков и менее 0,10% липидов, минералов и витаминов [3]. Различия в биохимическом составе в основном связаны с сортом и степенью зрелости, а также климатическими условиями и агрономическим воздействием в процессе созревания. Кроме того, состав почвы может иметь большое влияние на качество и состав фруктов. Например, азот оказывает значительное влияние на размер и химический состав яблок. Высокий уровень азота в яблоках может снизить количество растворимых твердых веществ и повысить титруемую кислотность. [4]. Кроме того, калий усиливает цвет плодов и значительно снижает их твердость. Достаточная концентрация калия увеличивает содержание яблочного сахара, улучшает качество фруктов, цвет поверхности, аромат, вкус и сохраняемость [5]. Кальций положительно влияет на твердость фруктов и предотвращает размягчение фруктов во время хранения. Бор также является важным микроэлементом для нормального роста и развития плодов [6,7].

### **2.1.1. Сахара**

В яблоках содержатся два основных моносахарида — это глюкоза и фруктоза, концентрация которых 1,8 и 5,6 г/100 гр. плодов соответственно. Сахароза является основным дисахаридом, ее содержание составляет 2,6 г/100 гр. плодов. В большом количестве от 300 до 800 мг / 100 мл яблочного сока в яблоках присутствует D-сорбитол в форме спиртового сахара. Кроме того плоды яблок содержат целлюлозу, гемицеллюлозу (пентозаны) и пектин. [8,9].

### **2.1.2. Органические кислоты**

L-яблочная кислота - основная органическая кислота, содержащаяся в яблоках. Лимонная кислота содержится в очень низких концентрациях. Плоды яблок в незначительных количествах содержат от девяти до двенадцати кислот. Кислотность яблок может варьироваться от 0,1 до 2,5 г яблочной кислоты на 100 г сока [10]. Помимо яблочной кислоты, в яблочном соке присутствуют лимонная, янтарная, цитрамаловая, шикимовая, глицериновая, глиоксиловая, изоцитриновая, гликолевая, молочная и галактуроновая кислоты. Были обнаружены три различных кетокислоты: щавелевоуксусная кислота, пировиноградная кислота и кетоглутаровая кислота. Однако эти кислоты составляют лишь небольшую часть от общего количества присутствующих органических кислот.

### **2.1.3. Фенольные соединения**

Содержание фенольных веществ, присутствующих в плодах яблок, вызывает большой интерес у исследователей и производителей сидра. (Таблица 2). Фенольные соединения, которые являются вторичными метаболитами растений, оказывают большое влияние на органолептические показатели и антиоксидантную активность плодов. Все полифенолы состоят из одного или нескольких ароматических колец с различными структурами, которые позволяют их классифицировать по категориям. Фенольные соединения различаются числом и последовательностью ароматических колец, числом и

положением гидроксильных групп, а также наличием нефенольных заместителей, таких как, например, алкильные группы, сахара и органические кислоты. Фенольные соединения, содержащиеся в яблоках, делятся на две категории: фенольные кислоты и флавоноиды.

Таблица 2. Среднее содержание фенольных соединений в мякоти и кожуре яблока (отдельные соединения и общие концентрации выражены в мг / 100 г лиофилизированного материала, ТРС обозначает общее количество фенольных соединений и выражается в мг GAE / 100 г лиофилизированного материала) [11]. «н.об» означает «не обнаружено», «GAE» означает «эквивалент галловой кислоты».

<b>Соединения</b>	<b>Яблочная мякоть</b>	<b>Кожура яблока</b>
Процианидин В1	1,0 ± 0,1	1,9 ± 1,6
(+) -катехин	1,1 ± 0,9	5,1 ± 3,0
Процианидин В2	1,6 ± 0,3	7,1 ± 1,5
Процианидин С1	н. об	6,7 ± 1,2
(-) -эпикатехин	1,0 ± 0,7	8,8 ± 1,9
Процианидин А2	2,5 ± 1,2	7,8 ± 2,9
<b>Всего флаванолов</b>	6,4 ± 2,5	36,1 ± 8,8
Галловая кислота	1,6 ± 0,2	
Протокатеховая кислота	0,1 ± 0,0	1,3 ± 0,6
Хлорогеновая кислота	2,1 ± 0,8	5,6 ± 0,7
Кофейная кислота	0,8 ± 0,5	0,8 ± 0,5
П-кумаровая кислота	0,5 ± 0,1	1,8 ± 0,4
Феруловая кислота	0,1 ± 0,1	0,9 ± 0,4
<b>Всего фенольных кислот</b>	5,2 ± 1,3	14,3 ± 2,1

Флоридзин	1,1 ± 0,7	4,8 ± 3,5
Гиперозид	н. об	84,2 ± 57,1
Изокверцитрин	н. об	16,6 ± 8,6
Рутин	н. об	5,4 ± 3,4
Ренотрин	н. об	17,2 ± 7,6
Авикулярин	н. об	21,4 ± 18,4
Кверцитрин	н. об	25,4 ± 13,1
Кверцетин	н. об	13,4 ± 99,6
<b>Всего флавонолов</b>	н. об	183,5 ± 1,3
<b>Всего полифенолов</b>	12,6 ± 4,4	239,4 ± 118,6
<b>TPC</b>	179,5 ± 52,3	914,7 ± 331,3

### **Фенольные кислоты**

Эфиры гидроксикоричной кислоты представляют собой один из основных классов фенольных кислот в различных сортах яблок [11]. Гидроксикоричная кислота находится в этерифицированной форме. Хлорогеновая кислота, сложный эфир кофейной и хинной кислот, присутствует в относительно высоких концентрациях как в кожуре, так и в мякоти большинства сортов яблок. Окисление хлорогеновой кислоты в основном влияет на потемнение яблочного сока и сидра. Р-кумароилхиновая кислота также содержится в плодах яблока, но в более низких концентрациях [12].

### **Флавоноиды**

Флавоноиды содержатся в различных тканях фруктов и овощей, таких как листья, семена, кора и цветы [13]. Структурная основа флавоноидов состоит из дифенилпропана (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>) с трехуглеродным мостиком между фенильными группами, связанными с кислородом [14]. В яблоке антоцианидин, флаванол (также называемый флаван-3-олами), флавонолы (в основном гликозиды



кверцетина) и дигидрохалконы являются основными подгруппами флавоноидов [15].

### **Флаван-3-олс**

Класс флаван-3-олов - единственный класс флавоноидов, обнаруженных в растениях в их агликоновой форме, основу составляет ядро флавана. Это большая группа, состоящая из 11 подклассов. Флаван-3-олы существуют в мономерной или полимерной форме. Мономерные флаван-3-олы составляют второй по величине класс полифенолов в плодах яблони после гидроксикоричных кислот. Они представлены только (+) - катехином (САТ) и (-) - эпикатехином (ЕС). (-) - эпикатехин всегда преимущественно присутствует в яблоках в концентрациях от 46 мг / кг<sup>-1</sup> до 2225 мг / кг<sup>-1</sup>. (+) - катехин является второстепенным флаванолом, концентрация которого может варьироваться от 6 мг / кг<sup>-1</sup> до 408 мг / кг<sup>-1</sup>. [16].

### **Флавонолы**

Флавонолы обычно содержатся во всех распространенных сортах плодов яблок в виде 3-гликозидов. Кверцетин, эффективный антиоксидант, содержится в яблоках в высоких концентрациях - 49 мг / кг. Флавонолы обычно представляют собой соединения желтого цвета, которые отвечают за желтый цвет эпидермиса некоторых яблок.

### **Дигидрохалкон**

Дигидрохалконы представляют собой особый класс флавоноидов, содержащихся в плодах яблока. Дигидрохалкон агликона - это флоретин, который содержится во фруктах только в гликозидной форме. Флоридзин (PLZ, флоретин глюкозид) и флоретин ксилоглюкозид (XPLT) являются наиболее широко описанными гликозидами в литературе [17]. Это семейство особенно сосредоточено в пипсах. Таким образом, они могут составлять более 3 г / кг, т.е. 66% присутствующих фенольных соединений [18].

#### 2.1.4. Липиды

Яблочные плоды обычно имеют низкое содержание липидов, от 0,1 до 0,5% от сырого веса. В семенах плодов обычно обнаруживается высокий уровень липидов. Липидная фракция яблок состоит из триацилглицеринов, гликолипидов и фосфолипидов, каротиноидов, тритерпеноидов и восков. Содержание липидов в плодах яблока представлено в таблице 3.

Таблица 3. Содержание липидов в мякоти яблони [8].

соединения	% общих липидов
Триацилглицерины	5
Гликолипиды	17
Фосфолипиды	47
Стерины	15
Эфиры стерола	2
Сульфолпиды	1
Другие	13

#### 2.1.5. Витамины

Витамин С биосинтезируется в растениях из гексоз, таких как глюкоза. Содержание витамина С, также известного как L-аскорбиновая кислота, составляет от 3 до 35 мг / 100 г съедобной части яблока. Витамин С обладает очень высокой антиоксидантной активностью. Витамин В12, витамин D и токоферолы содержатся в следовых количествах [8].

#### 2.1.6. Макро- и микроэлементы

Макро и микроэлементы также называемые зольными элементами содержатся во всех плодах. Наиболее важные катион и анион - это калий и фосфор соответственно. Другие элементы, такие как натрий, кальций и железо, также присутствуют в более низких концентрациях (Таблица 4.)

Таблица 4. Макроэлементы и микроэлементы, содержащиеся в плодах яблок [8].

Микро и макроэлементы	мг / 100 г сухого вещества
Калий	840
Натрий	7.9
Кальций	38
Магний	40
Утюг	1.6
Алюминий	0,43
Фосфор	73
Цинк	0,65
Марганец	0,3
Медь	0,35

## 2.2. Микрофлора плодов яблок и сидра

Плоды яблок характеризуются преобладающей микрофлорой, которая варьируется в различных плодах и может зависеть от окружающей среды, географического района, погодных условий, обработки пестицидами и других факторов [19]. Его органолептические показатели напрямую связаны с активностью микроорганизмов, которые способствуют аутентичности сидра. Микробиология сидра включает множество родов, видов и штаммов бактерий и дрожжей. Некоторые исследования дают характеристику микробиологического разнообразия свежих плодов яблок, яблочного сока и сидра. Установлено, что основной микробиотой свежих яблок «Голден Делишес» были грибы, такие как *Cladosporium* и *Alternaria*, а также дрожжи [20,21]. Позже исследовали один и тот же сорт яблока на протяжении всего процесса производства и выявили незначительную микрообсеменность бактериями семейства *Enterobacteriaceae* (*Pantoea*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* и *Esc*

herichia ). Многочисленные роды дрожжей, такие как *Candida* , *Cryptococcus* , *Debaryomyces* , *Kloeckera* , *Kluveromyces* , *Pichia* , *Rhodotorula* , *Saccharomyces* и *Zygosaccharomyces* также присутствовали в свежих фруктах [22,23] . Обнаружено, что количество грибов (дрожжей и плесневых грибов) колеблется от 3,6 до 7,1 log КОЕ / г (колониеобразующих единиц / г) свежесобранных яблок. Большинство изолятов, полученных в их исследовании, были из штаммов *Candida sake* и *Pichifermentans* . *Hanseniaspora* spp., *Candida* spp., *Meyerozyma guilliermondii* , *Metschnikowia pulcherrima* , *Cryptococcus* spp, *Cystofilobasidium infirmominiatum* были обнаружены в более низком процентном соотношении. Кроме того, мезофильные и психротрофные микроорганизмы были обнаружены в свежих яблоках в диапазоне от 2 до 8,9 и от 1,7 до 8,4 log КОЕ / г соответственно. Бактерии также были обнаружены в большом количестве в свежих яблоках. Молочнокислые бактерии были обнаружены в диапазоне 1,7–8,7 log КОЕ / г., очень часто присутствует небольшое количество кислотоустойчивых бактерий, обычно видов *Acetomonas* [24,25]

В случае спонтанного брожения сидра, несколько исследований показали, что преобладает род *Saccharomyces* . Размножение таких видов как *He-Saccharomyces* , как *Kloeckera* , *Candida* , *Pichia* , *Hansenula* , *Hanseniaspora* и *Metschnikowia* , происходит в основном в течение первых стадий ферментации. К первой группе видов, характеризующейся высоким метаболизмом, относятся *Saccharomyces bayanus* и *Saccharomyces cerevisiae* , тогда как вторую можно разделить на две категории: апикулярные дрожжи, обладающие низкой ферментативной активностью ( *Hanseniaspora valbyensis* , *Hanseniaspora uvarum* и *Hanseniaspora osmophila* ), и виды, в первую очередь демонстрирующие окислительный метаболизм ( *Metschnikowia pulcherrima* и *Pichia guilliermondii* ). Дрожжи, не относящиеся к *Saccharomyces* , в основном присутствуют на первых стадиях ферментации и обладают низкой ферментативной способностью, в то время как устойчивые к этанолу виды *S.*

*cerevisiae* в основном обнаруживаются на средних и конечных стадиях. Новый вид *Sporobolomyces Sucorum* sp. nov. был изолирован в яблочном сусле и был тесно связан со *Sporobolomyces pararoseus* и *Sporobolomyces patagonicus*. Некоторые исследования показали, что присутствие *Saccharomyces* не является обычным явлением в сусле и связано с поверхностями и производственным оборудованием Суарес Валлес и др. обосновали отсутствие дрожжей *Saccharomyces* в сусле использованием системы быстрого прессования. Более того, Al Daccache и другие сообщили, что *Hanseniaspora* sp. был основным штаммом дрожжей при спонтанном брожении яблочного сока «Эйс спур».[26,27,28]

Помимо грибов, при брожении сидра были обнаружены бактерии разных родов. Мало что известно о микробном разнообразии и физиологии яблочно-молочного брожения (MLF) при производстве сидра. Обязательные гомоферментативные *Lactobacillus mali*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Lactis* и *Lactobacillus acidophilus* заметно редки. Напротив, наиболее часто встречающимися видами являются гетероферментативные лактобациллы: *Lactobacillus collinoides*, *Lactobacillus paracollinoides*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus diolivorans*, лактобактерии плантарум и *Lactobacillus suebicus*. Хотя некоторое сходство с вином было хорошо известно с давних пор, Sánchez et al. отметил, что виды и процентное содержание бактерий в сидре различаются. В их работе подход, основанный на культуре, был использован для изучения разнообразия молочнокислых бактерий (LAB) с помощью молекулярных инструментов. Микробиота, вовлеченная в MLF, была *Lactobacillus*, *Oenococcus* и *Pediococcus*. *L. collinoides* присутствовал и преобладал на протяжении всего процесса, его распространение чередовалось с другими видами, такими как *Oenococcus oeni* и *Pediococcus parvulus*. Однако *P. parvulus* не может проводить MLF в одиночку и играет

важную роль в придании интенсивности вкуса конечному продукту. [29, 30, 31, 32,33, 34, 35]

### **3. Процесс изготовления сидра**

На рынке существуют различные виды сидра, поскольку в каждой стране есть свои особенности производства традиционных сидров. Французский сидр обычно производится естественным путем без добавок или других современных методов обработки, по сравнению с английским сидром. Из-за различных методов производства французский сидр имеет тенденцию быть фруктовым, в то время как английский сидр содержит больший процент алкоголя.. Даже если процессы кажутся разными, многие ключевые шаги являются общими для всех этих процессов В Российской Федерации и Республике Беларусь как правило производится сидр с содержанием алкоголя от 3% до 6%.

Яблоки из места хранения подают гидротранспортом в моечные машины, затем на инспекционных транспортерах отсортировывают по внешнему виду, чтобы удалить гнилые плоды. Пригодные яблоки отправляют на измельчение, где измельчают на мелкие кусочки. В процессе производства французского сидра измельченная мякоть яблока окисляется от 30 минут до 5 часов. Затем мякоть прессуют и оставляют для отстаивания. Этап ферментации, который во Франции зависит от естественной микрообсемененности начинается с окислительной фазы. Поток кислорода очень полезен для этой микрофлоры в начале ферментации, что приводит к ограниченному росту *Saccharomyces* на этом этапе. Этот этап считается очень важным, потому что именно на нем формируются фруктовые ароматы. Ферментация проводится позже *Saccharomyces*. в течение 1–3 месяцев при умеренной скорости перемешивания. Что касается процесса производства, то яблочно-молочное брожение может происходить из-за роста бактерий в сидре. Созревание - это следующий шаг после стадии брожения, в процессе которого другие дрожжи, такие как *Brettanomyces anomalus* могут размножаться , что может

отрицательно сказаться на ароматических качествах сидра. Позже происходит стадия осветления после ферментации, цель которой стабилизировать сидр и устранить помутнение, вызванное действием белков или дубильных веществ, в результате осветления получается прозрачный продукт без помутнения и белковых отложений. Этот процесс также может устранить микроорганизмы и обеспечить лучшую бактериальную стабильность в конечном продукте. Осветление проводят отстаиванием, центрифугированием или фильтрацией. Наконец, после смешивания и окончательной фильтрации сидр разливают в бутылки с карбонизацией или дополнительными дрожжами, чтобы вызвать вторичное брожение в бутылке.

Были проведены некоторые исследовательские работы по изучению влияния мощного ультразвука и импульсных электрических полей (PEF) на ферментацию яблочного сока для производства сидра. Ферментация с помощью ультразвука и PEF показала, что обработка штамма дрожжей *Hanseniaspora* sp., выделенного из спонтанно сброженного яблочного сока, может способствовать сокращению времени ферментации и уменьшению содержания этанола в сброженном продукте в зависимости от применяемых параметров. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования для изучения влияния этих новых технологий на сенсорные свойства сидра. [36, 37]

#### **4. Влияние состава яблочного сока и микробного разнообразия на алкогольную ферментацию в процессе производства сидра.**

Ферментация - это сложный метаболический процесс, при котором сахара превращаются в этанол, вторичные метаболиты, кислоты, спирты, сложные эфиры и углекислый газ. На это преобразование могут влиять несколько параметров, связанных с ферментационной средой. Таким образом, выбор сорта яблок, а также видов дрожжей, участвующих в процессе ферментации, имеет большое значение

Сахар, кислоты и полифенолы представляют собой три основных соединения, влияющих на ферментацию яблочного сока. Соответственно, выбор яблок - важный шаг, напрямую влияющий на качество конечного продукта. В странах с древними традициями сидра выращивают особые сорта яблок, известные как «яблочный сидр», из-за высокого содержания в них кислот и фенольных соединений. Однако в настоящее время все чаще используются десертные яблоки, особенно в Германии, Швейцарии и Америке. Следовательно, чтобы помочь производителям сидра получить оптимальную смесь, соотношение кислотности, полифенолы и спирты, полученные из сахаров или остаточных сахаров в их продуктах, исследовательской станцией Long Ashton Cider Research в Великобритании была разработана система количественной классификации. Фенольные соединения оказывают важное влияние на сенсорные свойства сидра, такие как цвет, горечь и баланс терпкости, которые обеспечивают ощущение сидра во рту [38,39]. Фенольный профиль может отличаться в зависимости от сорта яблока, но он также может зависеть от года сбора урожая, климата, степени зрелости, хранения и обработки [40,41]. Процианидины, состоящие из высокомолекулярных соединений, играют важную роль в терпкости, в то время как молекулы меньшего веса ответственны за горький вкус. Кроме того, полифенолы могут влиять на сладость и кислотность, тем самым влияя на общее развитие аромата во время ферментации [42]. Не только нелетучие фенольные соединения играют важную роль во время ферментации, но также летучие фенольные соединения, образующиеся в результате ферментативных реакций во время ферментации, способствуют формированию ароматов конечного продукта. Еще один фактор, который следует учитывать, - это состав и концентрация исходных сахаров. Природа сахара также может повлиять на процесс брожения. Моносахариды могут производить углекислый газ быстрее, чем дисахариды. Кроме того, многие другие факторы могут играть роль в развитии ферментации. Концентрации глюкозы и фруктозы могут влиять на рост



дрожжей, т. Е. Высокая концентрация сахара снижает скорость роста некоторых штаммов дрожжей. Для концентраций сахара от 200 до 300 г / л наблюдалось снижение скорости роста *S. cerevisiae*. Кроме того, высокий уровень сахара увеличивает потребность дрожжей в ассимилируемом азоте, который аналогичным образом может ингибировать ферментацию [42,43]. При низких концентрациях глюкозы дрожжи используют сахар путем дыхания или ферментации. Аэрация вызывает увеличение образующейся биомассы (общей и на единицу сброженного сахара) и, в то же время, снижение производства алкоголя и потребления сахара. Пастер утверждал, что дыхание подавляет брожение. При высоких концентрациях глюкозы *S. cerevisiae* метаболизирует сахара только путем ферментации. Используя яблоки разного химического состава, разной концентрации сахаров, были получены различные кинетики биомассы и этанола. В присутствии избытка сахара дрожжевые клетки активно сбрасывали сусло с первого часа ферментации. Некоторые переменные, такие как температура и рН, могут влиять на скорость роста дрожжей и адаптацию штаммов дрожжей [44]. Rosend et al. изучили влияние четырех сортов яблок, выращиваемых в Эстонии: Антей, Мельба, Куликовское и Орловский синап, на ферментацию сидра. Алкогольная ферментация проводилась с использованием сусла из яблок на различных стадиях созревания (т.е. незрелых, спелых, перезрелых) и имеющихся в продаже штаммов дрожжей. Были оценены различия в составе летучих веществ между образцами. Результаты показали, что сорт яблока является основным атрибутом, влияющим на качество и ароматические свойства яблочного сидра. Созревание плодов зависело от сорта, летучие характеристики сидров сорта Мельба были наименее затронуты стадией созревания яблок [45]. Органические кислоты являются показателями качества при брожении сидра. Доминирующим привкусом органических кислот является кислинка, но они также способствуют горечи и терпкости сидра. Некоторые дрожжи могут ассимилировать яблочную кислоту, что приводит к ее снижению, колеблющемуся от 5 до 40%. Когда происходит вторая бактериальная

ферментация, ее уровень снижается в основном за счет молочнокислых бактерий. Во время этого брожения лимонная кислота превращается в уксусную кислоту, тогда как шикимовая и хинная кислоты метаболизируются до отдельных фенолов, таких как катехол и этилкатехол, и других соединений. Органические кислоты могут влиять на метаболизм дрожжей. На ферментативную активность дрожжей и химические изменения также влияет кислотность сока[46,47].

## **4.2. Влияние дрожжей на брожение**

Дрожжи играют важную роль в производстве всех алкогольных напитков, и выбор подходящего штамма дрожжей имеет решающее значение для контроля содержания алкоголя и сохранения вкусовых качеств напитка. Ферментативные дрожжи могут анаэробно использовать сахара в качестве доноров электронов, акцепторов электронов и источников углерода. Однако действие дрожжей во время ферментации не ограничивается только превращением сахаров в спирт. Метаболизм дрожжей производит различные другие метаболиты и побочные продукты, которые могут оказывать существенное влияние на органолептические качества ферментированного продукта [48]. Таким образом, критерии выбора штаммов дрожжей для их использования в ферментированных напитках включают их способность доминировать в среде и улучшать желаемые сенсорные характеристики, а также их неспособность производить нежелательные соединения, такие как биогенные амины или посторонние запахи. Во время самопроизвольной ферментации могут присутствовать несколько видов дрожжей, которые могут играть важную, сложную и непредсказуемую роль. Некоторые виды дрожжей могут присутствовать только на первой стадии ферментации, в то время как другие, более устойчивые к этанолу, доминируют на более поздних стадиях. Этот тип дрожжей в настоящее время известен как принадлежащий к штаммам *Saccharomyces* [49,50]. *S. cerevisiae* в основном используется для производства алкогольных напитков из-

за его контролируемого и повторяющегося поведения, а также для высвобождения его предшественников аромата. Тем не менее, ферментация - это взаимодействие различных видов дрожжей и бактерий, изначально присутствующих в продукте или обнаруженных на поверхности прессов и ферментеров. Смешанное брожение предлагается как возможный способ улучшить сложность и улучшить определенные и специфические характеристики продукта [51,52, 53]. Рост каждого вида дрожжей характеризуется определенной метаболической активностью, которая определяет концентрацию вкусовых соединений в конечном продукте. Следовательно, роль дрожжей несакхаромицетов является важной в процессе брожения. Основные дрожжи, присутствующие на ранних стадиях ферментации, принадлежат к родам *Hanseniaspora* и *Candida*. Эти виды характеризуются низкой способностью к сбраживанию и чувствительны к концентрации алкоголя, близкой к 5 или 6%. Кроме того, некоторые изменения параметров ферментации могут привести к присутствию дрожжей, таких как *Brettanomyces*, *Kluyveromyces*, *Schizosaccharomyces*, *Torulaspota*, *Zygosaccharomyces* и *Saccharomycodes*. Из перечисленных выше дрожжей некоторые из них могут оказывать положительное влияние на ферментацию, выделяя благоприятные ароматы, но другие могут выделять нежелательные ароматы, известные как посторонние привкусы. Дрожжи могут влиять на первичный аромат, определяемый исходным составом продукта и вторичными ароматами, которые создаются во время ферментации, а также третичными ароматами, возникающими во время созревания готового продукта [54,55,56,]. Виды *Hanseniaspora*, *Zygosaccharomyces* и *Schizosaccharomyces pombe* производят большое количество летучих жирных кислот, таких как уксусная кислота и низкими концентрациями высших спиртов. Эфиры и соединения серы в основном получают путем *Candida*, *Hanseniaspora*, *Torulaspota Delbrueckii* и *Kazachstania gamospora*. [57, 58, 59, 60, 61,]. Были проведены исследования способности *Torulaspota delbrueckii*, *Hanseniaspora*

osmophila , *Hanseniaspora uvarum* , *Starmerella bacillaris* и *Zygosaccharomyces bailii*. Сбраживать яблочный сок. Установлено, что *Hanseniaspora uvarum* является крупнейшим производителем гексила и изоамилацетата. Сложный летучий профиль сидра предполагает возможное влияние штамма на формирование аромата. [62, 63, 64,65]. Wei и другие авторы пытались усилить сложность вкуса сидра с помощью различных видов дрожжей , не относящихся к *Saccharomyces* . Химический состав и сенсорные свойства пяти различных ферментаций смешанных культур *Pichia kluyveri* , *Hanseniaspora Wineae* , *Hanseniaspora uvarum* и *Torulaspora quecsum* были изучены для ферментации яблочного сока. Результаты показали, что рост *P. kluyveri* и *H. wineae* взаимодействовали и подвергались воздействию *H. uvarum* и *T. quecsum* . [66, 67, 68] Кроме того, *H. Wineae* был способен потреблять больше сахара, чем *P. kluyveri* . В целом ферментации с участием *H. uvarum* показали высокие значения pH, тогда как ферментации с участием *P. kluyveri* и смешанных *P. kluyveri* и *H. uvarum* привели к высоким уровням остаточного сахара, соотношению сахара / кислоты и соотношению потребления глюкозы и фруктозы. Пара *P. kluyveri* и *H. uvarum* производит самую высокую концентрацию глицерина. Заметные различия в органических кислотах и полифенолах наблюдались между различными ферментациями. Анализ показал, что эфиры ацетата вносят наибольший вклад в аромат жареных и приготовленных сидров. Это было первое исследование, в котором оценивалась одновременная ферментация двух дрожжей, не относящихся к *Saccharomyces*, для производства сидра. Недавнее исследование описало антагонистические и ферментативные свойства *Starmerella bacillaris*. В испытаниях по микроферментации доказано, что дрожжи положительно модулируют профиль летучих веществ. *Brettanomyces* , *Kluyveromyces* , *Schizosaccharomyces* , *Torulaspora* , *Zygosaccharomyces* и *Saccharomycodes* отрицательно влияют на продукт [69]. *Brettanomyces* может производить 2-этилтетрагидропиридин, 2-

ацетилтетрагидопиридин и 2-ацетилпирролин, вызывая дефекты вкуса и неприятный запах напитков. [70, 71].

Дрожжи, не относящиеся к *Saccharomyces*, обладают высокой ферментативной активностью, такой как  $\beta$ -глюкозидаза, эстераза и  $\beta$ -лиаза. Эта активность фермента способствует более высокой концентрации терпенов и тиолов, которые могут добавить положительный фруктовый аромат и аромат к ферментированному продукту. Де Арруда Моура Пьетровски и др. отметили, что штаммы *Hanseniaspora* положительно влияют на ароматический профиль сидра, тем самым подчеркивая полезную роль этих дрожжей. В настоящее время современная энология ищет новые стратегии для снижения конечного содержания этанола в ферментированных напитках. Эта тенденция обусловлена потребительским спросом на продукцию с более низким содержанием этанола. Использование видов, не относящихся к *Saccharomyces*, снижает исходное содержание этанола примерно на 1-2% (об. / Об.), в зависимости от вида дрожжей и условий ферментации. Кроме того, эти дрожжи можно использовать для регулирования кислотности напитков, так как *Saccharomyces* дрожжи не оказывают значительного влияния на кислотность, а традиционные химические методы состоят из добавления дорогих и качественных продуктов пищевого качества [72,73,74].

## 5. Выводы

В этом обзоре сделан акцент на физико-химический состав плодов и микробиологическую составляющую яблок. Особое внимание уделялось влиянию химического состава на процесс брожения яблочного сусла в процессе производства сидра. Данный обзор может служить источником литературных данных производителям сидра, которые могут его использовать в целях оптимизации процесса брожения яблочного сусла с учетом физико-химического состава сока. Кроме того в данном обзоре подчеркнута особая роль микробиологической составляющей яблочного сусла и показано, насколько повышение качества и безопасности производства сидра зависит от лучшего

понимания механизмов и метаболизма дрожжей, которые используются в процессе ферментации.

### Литература

1. Ferree, D.C.; Warrington, I.J. Apples Botany, Production and Uses //CABI Publishing: Oxfordshire, UK, 2015; Volume 1, ISBN 9788578110796.
2. United States Department of Agriculture // Fresh Apples Fresh Domestic Consumption by Country in MT; U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, USA, 2019.
3. Centro Nacional De Alimentación. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos; Centro Nacional De Alimentación: Madrid, Spain, 2009; ISBN 9789972857737.
4. Hansen, P. The Effect of cropping on the growth and uptake of nutrients by apple trees at different levels of nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus. *Acta Agric. Scand.* **1973**, 23, 87–92.
5. Zhang, L.-X.; Zhang, L.-S.; Li, B.-Z.; HAN, M.-Y. Mineral nutrition elements and their roles in growth and development of apple trees in arid areas. // *J. Northwest For. Univ.* **1997**, 22, 111–115.
6. Perring, M.A.; Holland, D.A. The effect of orchard factors on the chemical composition of apples. V. Year-to-year variations in the effects of NPK fertilizers and sward treatment on fruit composition // *J. Hortic. Sci.* **1985**, 60, 37–46.
7. Fallahi, E.; Conway, W.S.; Hickey, K.D.; Sams, C.E. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* **1997**, 32, 831–835. , W. Food Chemistry Berlin Allemagne. Springer: Berlin, Germany, 2009; ISBN 9783540699330. ]
8. Renard, C.M.G.C.; Baron, A.; Guyot, S.; Drilleau, J.F. Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: Quantification and some consequences. *Int. J. Biol. Macromol.* **2001**, 29, 115–125.

9. Valois, S.; Merwin, I.A.; Padilla-Zakour, O.I. Characterization of fermented cider apple cultivars grown in upstate New York. *J. Am. Pomol. Soc.* **2006**, *60*, 113–128.
10. Kschonsek, J.; Wolfram, T.; Stöckl, A.; Böhm, V. Polyphenolic compounds analysis of old and new apple cultivars and contribution of polyphenolic profile to the in vitro antioxidant capacity. *Antioxidants* **2018**, *7*, 20.
11. Tsao, R.; Yang, R.; Young, J.C.; Zhu, H. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 6347–6353.
12. Guyot, S.; Marnet, N.; Laraba, D.; Sanoner, P.; Drilleau, J.-F. Reversed-Phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of phenolic compounds in different tissue zones of a french cider apple variety (*Malus domestica* Var. Kermerrien). *J. Agric. Food Chem.* **1998**, *46*, 1698–1705.
13. Jawad, M.; Schoop, R.; Suter, A.; Klein, P.; Eccles, R. Perfil de eficacia y seguridad de *Echinacea purpurea* en la prevención de episodios de resfriado común: Estudio clínico aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo. *Rev. Fitoter.* **2013**, *13*, 125–135.
14. Podsedek, A.; Wilska-Jeszka, J.; Anders, B.; Markowski, J. Compositional characterisation of some apple varieties. *Eur. Food Res. Technol.* **2000**, *210*, 268–272.
15. Cabranes, C.; Moreno, J.; Mangas, J.J. Dynamics of yeast populations during cider fermentation in the Asturian Region of Spain. *Appl. Environ. Microbiol.* **1990**, *56*, 3881–3884.
16. Campo, G.; Santos, J.I.; Berregi, I.; Velasco, S.; Ibarburu, I.; Dueñas, M.T.; Irastorza, A.; Brew, J.I. Ciders produced by two types of presses and fermented in stainless steel and wooden vats. *J. Inst. Brew.* **2003**, *109*, 342–348.

17. Valles, B.S.; Pando Bedriñana, R.; Tascón, N.F.; Simón, A.Q.; Madrera, R.R. Yeast species associated with the spontaneous fermentation of cider. *Food Microbiol.* **2007**, *24*, 25–31
18. Ruiz-Cruz, S.; Alvarez-Parrilla, E.; de la Rosa, L.; Martinez-Gonzalez, A.I.; Ornelas-Paz, J.D.J.; Mendoza-Wilson, A.M.; Gonzalez-Aguilar, G.A.; Obregon, C. Effect of different sanitizers on microbial, sensory and nutritional quality of fresh-cut jalapeno peppers. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* **2010**, *5*, 331–341.
19. Graça, A.; Santo, D.; Esteves, E.; Nunes, C.; Abadias, M. Evaluation of microbial quality and yeast diversity in fresh-cut apple. *Food Microbiol.* **2015**, *51*, 179–185.
20. Abadias, M.; Usall, J.; Anguera, M.; Solsona, C.; Viñas, I. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *Int. J. Food Microbiol.* **2008**, *123*, 121–129.
21. Beech, F. Cider making and cider research: A review. *J. Inst. Brew.* **1972**, *78*, 477–491.
22. Coton, E.; Coton, M.; Levert, D.; Casaregola, S.; Sohier, D. Yeast ecology in French cider and black olive natural fermentations. *Int. J. Food Microbiol.* **2006**, *108*, 130–135.
23. Morrissey, W.F.; Davenport, B.; Querol, A.; Dobson, A.D.W. The role of indigenous yeasts in traditional Irish cider fermentations. *J. Appl. Microbiol.* **2004**, *97*, 647–655.
24. Romano, P.; Suzzi, G.; Comi, G.; Zironi, R.; Maifreni, M. Glycerol and other fermentation products of apiculate wine yeasts. *J. Appl. Microbiol.* **1997**, *82*, 615–618.
25. Terpou, A.; Dimopoulou, M.; Belka, A.; Kallithraka, S.; Nychas, G.E.; Papanikolaou, S. Effect of myclobutanil pesticide on the physiological behavior of two newly isolated *Saccharomyces cerevisiae* strains during very-high-gravity alcoholic fermentation. *Microorganisms* **2019**, *7*, 666.



26. Lorenzini, M.; Zapparoli, G.; Azzolini, M.; Carvalho, C.; Sampaio, J.P. *Sporobolomyces agrorum* sp. nov. and *Sporobolomyces sucorum* sp. nov., two novel basidiomycetous yeast species isolated from grape and apple must in Italy. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **2019**, *69*, 3385–3391.
27. Suárez Valles, B.; Pando Bedriñana, R.; González García, A.; Querol Simón, A. A molecular genetic study of natural strains of *Saccharomyces* isolated from Asturian cider fermentations. *J. Appl. Microbiol.* **2007**, *103*, 778–786.
28. Al Daccache, M.; Koubaa, M.; Maroun, R.G.; Salameh, D.; Louka, N.; Vorobiev, E. Suitability of the Lebanese “Ace Spur” apple variety for cider production using *Hanseniaspora* sp. yeast. *Fermentation* **2020**, *6*, 32.
29. Laplace, J.M.; Jacquet, A.; Travers, I.; Simon, J.P.; Auffray, Y. Incidence of land and physicochemical composition of apples on the qualitative and quantitative development of microbial flora during cider fermentations. *J. Inst. Brew.* **2001**, *107*, 227–234.
30. Garai, G.; Duenas, M.T.; Irastorza, A.; Moreno-Arribas, M.V. Biogenic amine production by lactic acid bacteria isolated from cider. *Lett. Appl. Microbiol.* **2007**, *45*, 473–478.
31. Dellaglio, F.; Torriani, S.; Felis, G.E. Reclassification of *Lactobacillus cellobiosus* Rogosa et al. 1953 as a later synonym of *Lactobacillus fermentum* Beijerinck 1901. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **2004**, *54*, 809–812.
32. Marieta, C.; Ibarburu, I.; Duenas, M.; Irastorza, A. Supramolecular structure and conformation of a (1→3)(1→2)-beta-D-glucan from *Lactobacillus suebicus* CUPV221 as observed by tapping mode atomic force microscopy. *J. Agric. Food Chem.* **2009**, *57*, 6183–6188.
33. Salih, A.G.; Drilleau, J.F.; Cavin, F.F.; Sánchez, A.; Rodríguez, R.; Coton, M.; Coton, E.; Herrero, M.; García, L.A.; Díaz, M. Population dynamics of lactic acid bacteria during spontaneous malolactic fermentation in industrial cider. *Food Res. Int.* **2010**, *43*, 2101–2107.

34. Al Daccache, M.; Koubaa, M.; Salameh, D.; Maroun, R.G.; Louka, N.; Vorobiev, E. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples. *Ultrason. Sonochem.* **2020**, *63*, 104952.
35. Al Daccache, M.; Koubaa, M.; Salameh, D.; Vorobiev, E.; Maroun, R.G.; Louka, N. Control of the sugar/ethanol conversion rate during moderate pulsed electric field-assisted fermentation of a *Hanseniaspora* sp. strain to produce low-alcohol cider. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2020**, *59*, 102258.
36. AL Daccache, M.; Salameh, D.; Chamy, L.E.L.; Koubaa, M.; Maroun, R.G.; Vorobiev, E.; Louka, N. Evaluation of the fermentative capacity of an indigenous *Hanseniaspora* sp. strain isolated from Lebanese apples for cider production. *FEMS Microbiol. Lett.* **2020**, *367*, fnaa093.
37. Alonso-Salces, R.M.; Guyot, S.; Herrero, C.; Berrueta, L.A.; Drilleau, J.F.; Gallo, B.; Vicente, F. Chemometric characterisation of Basque and French ciders according to their polyphenolic profiles. *Anal. Bioanal. Chem.* **2004**, *379*, 464–475.
38. Mangas, J.J.; Rodríguez, R.; Suárez, B.; Picinelli, A.; Dapena, E. Study of the phenolic profile of cider apple cultivars at maturity by multivariate techniques. *J. Agric. Food Chem.* **1999**, *47*, 4046–4052.
39. Nogueira, A.; Guyot, S.; Marnet, N.; Lequéré, J.M.; Drilleau, J.F.; Wosiacki, G. Effect of alcoholic fermentation in the content of phenolic compounds in cider processing. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **2008**, *51*, 1025–1032.
40. Symoneaux, R.; Baron, A.; Marnet, N.; Bauduin, R.; Chollet, S. Impact of apple procyanidins on sensory perception in model cider (part 1): Polymerisation degree and concentration. *LWT Food Sci. Technol.* **2014**, *57*, 22–27.
41. Park, J. Characterizing and Improving the Oral Sensations and Preference of Polyphenol-Rich Aronia Berry Juice; Honors Scholar Theses.348; University of Connecticut: Storrs, CT, USA, 2014.
42. Arroyo-López, F.N.; Orlić, S.; Querol, A.; Barrio, E. Effects of temperature, pH and sugar concentration on the growth parameters of *Saccharomyces*

- cerevisiae, *S. kudriavzevii* and their interspecific hybrid. *Int. J. Food Microbiol.* **2009**, 131, 120–127.
43. Boudreau, T.F.; Peck, G.M.; O’Keefe, S.F.; Stewart, A.C. Free amino nitrogen concentration correlates to total yeast assimilable nitrogen concentration in apple juice. *Food Sci. Nutr.* **2018**, 6, 119–123.
  44. Rosend, J.; Kuldjarv, R.; Rosenvald, S.; Paalme, T. The effects of apple variety, ripening stage, and yeast strain on the volatile composition of apple cider. *Heliyon* **2019**, 5, e01953. of organic acids evolution during apple cider fermentation using an improved HPLC analysis method. *Eur. Food Res. Technol.* **2008**, 227, 1183–1190
  45. Walker, G.M.; Stewart, G.G. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages* **2016**, 2, 30.
  46. Castilleja, D.E.M.; Aldrete Tapia, J.A.; Arvizu Medrano, S.M.; Hernández Iturriaga, M.; Muñoz, L.S.; Martínez Peniche, R.Á. Growth kinetics for the selection of yeast strains for fermented beverages. In *Yeast—Industrial Applications Conversion*; InTech: London, UK, 2017; pp. 67–87
  47. Ciani, M.; Comitini, F.; Mannazzu, I.; Domizio, P. Controlled mixed culture fermentation: A new perspective on the use of non-*Saccharomyces* yeasts in winemaking. *Fems Yeast Res.* **2010**, 10, 123–133 .
  48. Barnett, J.A. A history of research on yeasts 2: Louis Pasteur and his contemporaries, 1850–1880. *Yeast* **2000**, 16, 755–771
  49. Dubourdieu, D.; Tominaga, T.; Masneuf, I.; Peyrot des Gachons, C.; Murat, M.L. The role of yeast in grape flavour development during fermentation: The example of Sauvignon blanc. *Am. J. Enol. Vitic.* **2006**, 57, 81–88
  50. Ugliano, M.; Bartowsky, E.J.; McCarthy, J.; Moio, L.; Henschke, P.A. Hydrolysis and transformation of grape glycosidically bound volatile compounds during fermentation with three *Saccharomyces* yeast strains. *J. Agric. Food Chem.* **2006**, 54, 6322–6331.

51. Pretorius, I. The Genetic Analysis and Tailoring of Wine Yeasts. In *Functional Genetics of Industrial Yeasts*; de Winde, J.H., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2008; pp. 99–142.
52. Combina, M.; Elía, A.; Mercado, L.; Catania, C.; Ganga, A.; Martinez, C. Dynamics of indigenous yeast populations during spontaneous fermentation of wines from Mendoza, Argentina. *Int. J. Food Microbiol.* **2005**, *99*, 237–243.
53. Padilla, B.; Gil, J.V.; Manzanares, P. Past and future of non-*Saccharomyces* yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. *Front. Microbiol.* **2016**, *7*, 1–20.
54. Comitini, F.; Gobbi, M.; Domizio, P.; Romanib, C.; Lencioni, L.; Mannazzud, I.; Ciani, M. Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.* **2011**, *28*, 873–882.
55. Rantsiou, K.; Dolci, P.; Giacosa, S.; Torchio, F.; Tofalo, R.; Torriani, S.; Suzzi, G.; Rolle, L.; Cocolina, L. *Candida zemplinina* can reduce acetic acid produced by *Saccharomyces cerevisiae* in sweet wine fermentations. *Appl. Environ. Microbiol.* **2012**, *78*, 1987–1994.
56. Clemente-Jimenez, J.M.; Mingorance-Cazorla, L.; Martínez-Rodríguez, S.; Las Heras-Vázquez, F.J.; Rodríguez-Vico, F. Molecular characterization and oenological properties of wine yeasts isolated during spontaneous fermentation of six varieties of grape must. *Food Microbiol.* **2004**, *21*, 149–155 .
57. Moreira, N.; Mendes, F.; Guedes de Pinho, P.; Hogg, T.; Vasconcelos, I. Heavy sulphur compounds, higher alcohols and esters production profile of *Hanseniaspora uvarum* and *Hanseniaspora guilliermondii* grown as pure and mixed cultures in grape must. *Int. J. Food Microbiol.* **2008**, *124*, 231–238.
58. Moreira, N.; Mendes, F.; Hogg, T.; Vasconcelos, I. Alcohols, esters and heavy sulphur compounds production by pure and mixed cultures of apiculate wine yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* **2005**, *103*, 285–294.

59. Rojas, V.; Gil, J.V.; Piñaga, F.; Manzanares, P. Studies on acetate ester production by non-Saccharomyces wine yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* **2001**, *70*, 283–289.
60. Viana, F.; Gil, J.V.; Genovés, S.; Vallés, S.; Manzanares, P. Rational selection of non-Saccharomyces wine yeasts for mixed starters based on ester formation and enological traits. *Food Microbiol.* **2008**, *25*, 778–785.
61. Lorenzini, M.; Simonato, B.; Slaghenaufi, D.; Ugliano, M.; Zapparoli, G. Assessment of yeasts for apple juice fermentation and production of cider volatile compounds. *LWT* **2019**, *99*, 224–230.
62. Wei, J.; Zhang, Y.; Wang, Y.; Ju, H.; Niu, C. Assessment of chemical composition and sensorial properties of ciders fermented with different non-Saccharomyces yeasts in pure and mixed fermentations. *Int. J. Food Microbiol.* **2020**, *318*, 108471.
63. Lemos Junior, W.J.F.; Binati, R.L.; Felis, G.E.; Slaghenaufi, D.; Ugliano, M.; Torriani, S. Volatile organic compounds from *Starmerella bacillaris* to control gray mold on apples and modulate cider aroma profile. *Food Microbiol.* **2020**, *89*, 103446.
64. Cûs, F.; Jenko, M. The influence of yeast strains on the composition and sensory quality of Gewürztraminer wine. *Food Technol. Biotechnol.* **2013**, *51*, 547–553.
65. López, M.C.; Mateo, J.J.; Maicas, S. Screening of  $\beta$ -Glucosidase and  $\beta$ -Xylosidase activities in four non-Saccharomyces yeast isolates. *J. Food Sci.* **2015**, *80*, C1696–C1704.
66. Spagna, G.; Barbagallo, R.N.; Palmeri, R.; Restuccia, C.; Giudici, P. Properties of endogenous beta—Glucosidase of a *Saccharomyces cerevisiae* strain isolated from Sicilian musts and wines. *Enzym. Microb. Technol.* **2002**, *31*, 1030–1035.
67. de Arruda Moura Pietrowski, G.; dos Santos, C.M.E.; Sauer, E.; Wosiacki, G.; Nogueira, A. Influence of fermentation with *Hanseniaspora* sp. yeast on the volatile profile of fermented apple. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60*, 9815–9821.

68. Ciani, M.; Morales, P.; Comitini, F.; Tronchoni, J.; Canonico, L.; Curiel, J.A.; Oro, L.; Rodrigues, A.J.; Gonzalez, R. Non-conventional yeast species for lowering ethanol content of wines. *Front. Microbiol.* **2016**, *7*, 642.
69. Röcker, J.; Strub, S.; Ebert, K.; Grossmann, M. Usage of different aerobic non-Saccharomyces yeasts and experimental conditions as a tool for reducing the potential ethanol content in wines. *Eur. Food Res. Technol.* **2016**, *242*, 2051–2070.
70. Contreras, A.; Hidalgo, C.; Henschke, P.A.; Chambers, P.J.; Curtin, C.; Varela, C. Evaluation of non-Saccharomyces yeasts for the reduction of alcohol content in wine. *Appl. Environ. Microbiol.* **2014**, *80*, 1670–1678.
71. Benito, Á.; Calderón, F.; Benito, S. Mixed alcoholic fermentation of *Schizosaccharomyces pombe* and *Lachancea thermotolerans* and its influence on mannose-containing polysaccharides wine composition. *Amb Express* **2019**, *9*, 17.
72. Benito, S. The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **2018**, *102*, 6775–6790.

### **Literature**

1. Ferree, D.C.; Warrington, I.J. *Apples Botany, Production and Uses* //CABI Publishing: Oxfordshire, UK, 2015; Volume 1, ISBN 9788578110796.
2. United States Department of Agriculture // Fresh Apples Fresh Domestic Consumption by Country in MT; U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, USA, 2019.
3. Centro Nacional De Alimentación. *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*; Centro Nacional De Alimentación: Madrid, Spain, 2009; ISBN 9789972857737.
4. Hansen, P. The Effect of cropping on the growth and uptake of nutrients by apple trees at different levels of nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus. *Acta Agric. Scand.* **1973**, *23*, 87–92.

5. Zhang, L.-X.; Zhang, L.-S.; Li, B.-Z.; HAN, M.-Y. Mineral nutrition elements and their roles in growth and development of apple trees in arid areas. *J. Northwest For. Univ.* **1997**, *22*, 111–115.
6. Perring, M.A.; Holland, D.A. The effect of orchard factors on the chemical composition of apples. V. Year-to-year variations in the effects of NPK fertilizers and sward treatment on fruit composition. *J. Hortic. Sci.* **1985**, *60*, 37–46.
7. Fallahi, E.; Conway, W.S.; Hickey, K.D.; Sams, C.E. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* **1997**, *32*, 831–835. , W. Food Chemistry Berlin Allemagne. Springer: Berlin, Germany, 2009; ISBN 9783540699330. ]
8. Renard, C.M.G.C.; Baron, A.; Guyot, S.; Drilleau, J.F. Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: Quantification and some consequences. *Int. J. Biol. Macromol.* **2001**, *29*, 115–125.
9. Valois, S.; Merwin, I.A.; Padilla-Zakour, O.I. Characterization of fermented cider apple cultivars grown in upstate New York. *J. Am. Pomol. Soc.* **2006**, *60*, 113–128.
10. Kschonsek, J.; Wolfram, T.; Stöckl, A.; Böhm, V. Polyphenolic compounds analysis of old and new apple cultivars and contribution of polyphenolic profile to the in vitro antioxidant capacity. *Antioxidants* **2018**, *7*, 20.
11. Tsao, R.; Yang, R.; Young, J.C.; Zhu, H. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 6347–6353.
12. Guyot, S.; Marnet, N.; Laraba, D.; Sanoner, P.; Drilleau, J.-F. Reversed-Phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of phenolic compounds in different tissue zones of a french cider apple variety (*Malus domestica* Var. Kermerrien). *J. Agric. Food Chem.* **1998**, *46*, 1698–1705.
13. Jawad, M.; Schoop, R.; Suter, A.; Klein, P.; Eccles, R. Perfil de eficacia y seguridad de *Echinacea purpurea* en la prevención de episodios de resfriado

- común: Estudio clínico aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo. *Rev. Fitoter.* **2013**, 13, 125–135.
14. Podsedek, A.; Wilska-Jeszka, J.; Anders, B.; Markowski, J. Compositional characterisation of some apple varieties. *Eur. Food Res. Technol.* **2000**, 210, 268–272.
  15. Cabranes, C.; Moreno, J.; Mangas, J.J. Dynamics of yeast populations during cider fermentation in the Asturian Region of Spain. *Appl. Environ. Microbiol.* **1990**, 56, 3881–3884.
  16. Campo, G.; Santos, J.I.; Berregi, I.; Velasco, S.; Ibarburu, I.; Dueñas, M.T.; Irastorza, A.; Brew, J.I. Ciders produced by two types of presses and fermented in stainless steel and wooden vats. *J. Inst. Brew.* **2003**, 109, 342–348.
  17. Valles, B.S.; Pando Bedriñana, R.; Tascón, N.F.; Simón, A.Q.; Madrera, R.R. Yeast species associated with the spontaneous fermentation of cider. *Food Microbiol.* **2007**, 24, 25–31
  18. Ruiz-Cruz, S.; Alvarez-Parrilla, E.; de la Rosa, L.; Martinez-Gonzalez, A.I.; Ornelas-Paz, J.D.J.; Mendoza-Wilson, A.M.; Gonzalez-Aguilar, G.A.; Obregon, C. Effect of different sanitizers on microbial, sensory and nutritional quality of fresh-cut jalapeno peppers. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* **2010**, 5, 331–341.
  19. Graça, A.; Santo, D.; Esteves, E.; Nunes, C.; Abadias, M. Evaluation of microbial quality and yeast diversity in fresh-cut apple. *Food Microbiol.* **2015**, 51, 179–185.
  20. Abadias, M.; Usall, J.; Anguera, M.; Solsona, C.; Viñas, I. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *Int. J. Food Microbiol.* **2008**, 123, 121–129.
  21. Beech, F. Cider making and cider research: A review. *J. Inst. Brew.* **1972**, 78, 477–491.
  22. Coton, E.; Coton, M.; Levert, D.; Casaregola, S.; Sohier, D. Yeast ecology in French cider and black olive natural fermentations. *Int. J. Food Microbiol.* **2006**, 108, 130–135.



23. Morrissey, W.F.; Davenport, B.; Querol, A.; Dobson, A.D.W. The role of indigenous yeasts in traditional Irish cider fermentations. *J. Appl. Microbiol.* **2004**, *97*, 647–655.
24. Romano, P.; Suzzi, G.; Comi, G.; Zironi, R.; Maifreni, M. Glycerol and other fermentation products of apiculate wine yeasts. *J. Appl. Microbiol.* **1997**, *82*, 615–618.
25. Terpou, A.; Dimopoulou, M.; Belka, A.; Kallithraka, S.; Nychas, G.E.; Papanikolaou, S. Effect of myclobutanil pesticide on the physiological behavior of two newly isolated *Saccharomyces cerevisiae* strains during very-high-gravity alcoholic fermentation. *Microorganisms* **2019**, *7*, 666.
26. Lorenzini, M.; Zapparoli, G.; Azzolini, M.; Carvalho, C.; Sampaio, J.P. *Sporobolomyces agrorum* sp. nov. and *Sporobolomyces sucorum* sp. nov., two novel basidiomycetous yeast species isolated from grape and apple must in Italy. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **2019**, *69*, 3385–3391.
27. Suárez Valles, B.; Pando Bedriñana, R.; González García, A.; Querol Simón, A. A molecular genetic study of natural strains of *Saccharomyces* isolated from Asturian cider fermentations. *J. Appl. Microbiol.* **2007**, *103*, 778–786.
28. Al Daccache, M.; Koubaa, M.; Maroun, R.G.; Salameh, D.; Louka, N.; Vorobiev, E. Suitability of the Lebanese “Ace Spur” apple variety for cider production using *Hanseniaspora* sp. yeast. *Fermentation* **2020**, *6*, 32.
29. Laplace, J.M.; Jacquet, A.; Travers, I.; Simon, J.P.; Auffray, Y. Incidence of land and physicochemical composition of apples on the qualitative and quantitative development of microbial flora during cider fermentations. *J. Inst. Brew.* **2001**, *107*, 227–234.
30. Garai, G.; Duenas, M.T.; Irastorza, A.; Moreno-Arribas, M.V. Biogenic amine production by lactic acid bacteria isolated from cider. *Lett. Appl. Microbiol.* **2007**, *45*, 473–478.

31. Dellaglio, F.; Torriani, S.; Felis, G.E. Reclassification of *Lactobacillus cellobiosus* Rogosa et al. 1953 as a later synonym of *Lactobacillus fermentum* Beijerinck 1901. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **2004**, *54*, 809–812.
32. Marieta, C.; Ibarburu, I.; Duenas, M.; Irastorza, A. Supramolecular structure and conformation of a (1→3)(1→2)-beta-D-glucan from *Lactobacillus suebicus* CUPV221 as observed by tapping mode atomic force microscopy. *J. Agric. Food Chem.* **2009**, *57*, 6183–6188.
33. Salih, A.G.; Drilleau, J.F.; Cavin, F.F.; Sánchez, A.; Rodríguez, R.; Coton, M.; Coton, E.; Herrero, M.; García, L.A.; Díaz, M. Population dynamics of lactic acid bacteria during spontaneous malolactic fermentation in industrial cider. *Food Res. Int.* **2010**, *43*, 2101–2107.
34. Al Daccache, M.; Koubaa, M.; Salameh, D.; Maroun, R.G.; Louka, N.; Vorobiev, E. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples. *Ultrason. Sonochem.* **2020**, *63*, 104952.
35. Al Daccache, M.; Koubaa, M.; Salameh, D.; Vorobiev, E.; Maroun, R.G.; Louka, N. Control of the sugar/ethanol conversion rate during moderate pulsed electric field-assisted fermentation of a *Hanseniaspora* sp. strain to produce low-alcohol cider. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2020**, *59*, 102258.
36. AL Daccache, M.; Salameh, D.; Chamy, L.E.L.; Koubaa, M.; Maroun, R.G.; Vorobiev, E.; Louka, N. Evaluation of the fermentative capacity of an indigenous *Hanseniaspora* sp. strain isolated from Lebanese apples for cider production. *FEMS Microbiol. Lett.* **2020**, *367*, fnaa093.
37. Alonso-Salces, R.M.; Guyot, S.; Herrero, C.; Berrueta, L.A.; Drilleau, J.F.; Gallo, B.; Vicente, F. Chemometric characterisation of Basque and French ciders according to their polyphenolic profiles. *Anal. Bioanal. Chem.* **2004**, *379*, 464–475.
38. Mangas, J.J.; Rodríguez, R.; Suárez, B.; Picinelli, A.; Dapena, E. Study of the phenolic profile of cider apple cultivars at maturity by multivariate techniques. *J. Agric. Food Chem.* **1999**, *47*, 4046–4052.

39. Nogueira, A.; Guyot, S.; Marnet, N.; Lequ  r  , J.M.; Drilleau, J.F.; Wosiacki, G. Effect of alcoholic fermentation in the content of phenolic compounds in cider processing. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **2008**, *51*, 1025–1032.
40. Symoneaux, R.; Baron, A.; Marnet, N.; Bauduin, R.; Chollet, S. Impact of apple procyanidins on sensory perception in model cider (part 1): Polymerisation degree and concentration. *LWT Food Sci. Technol.* **2014**, *57*, 22–27.
41. Park, J. Characterizing and Improving the Oral Sensations and Preference of Polyphenol-Rich Aronia Berry Juice; Honors Scholar Theses.348; University of Connecticut: Storrs, CT, USA, 2014.
42. Arroyo-López, F.N.; Orli  , S.; Querol, A.; Barrio, E. Effects of temperature, pH and sugar concentration on the growth parameters of *Saccharomyces cerevisiae*, *S. kudriavzevii* and their interspecific hybrid. *Int. J. Food Microbiol.* **2009**, *131*, 120–127.
43. Boudreau, T.F.; Peck, G.M.; O’Keefe, S.F.; Stewart, A.C. Free amino nitrogen concentration correlates to total yeast assimilable nitrogen concentration in apple juice. *Food Sci. Nutr.* **2018**, *6*, 119–123.
44. Rosend, J.; Kuldjarv, R.; Rosenvald, S.; Paalme, T. The effects of apple variety, ripening stage, and yeast strain on the volatile composition of apple cider. *Heliyon* **2019**, *5*, e01953. of organic acids evolution during apple cider fermentation using an improved HPLC analysis method. *Eur. Food Res. Technol.* **2008**, *227*, 1183–1190
45. Walker, G.M.; Stewart, G.G. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages* **2016**, *2*, 30.
46. Castilleja, D.E.M.; Aldrete Tapia, J.A.; Arvizu Medrano, S.M.; Hernández Iturriaga, M.; Muñoz, L.S.; Martinez Peniche, R.  . Growth kinetics for the selection of yeast strains for fermented beverages. In *Yeast—Industrial Applications Conversion*; InTech: London, UK, 2017; pp. 67–87

47. Ciani, M.; Comitini, F.; Mannazzu, I.; Domizio, P. Controlled mixed culture fermentation: A new perspective on the use of non-Saccharomyces yeasts in winemaking. *Fems Yeast Res.* **2010**, *10*, 123–133 .
48. Barnett, J.A. A history of research on yeasts 2: Louis Pasteur and his contemporaries, 1850–1880. *Yeast* **2000**, *16*, 755–771
49. Dubourdieu, D.; Tominaga, T.; Masneuf, I.; Peyrot des Gachons, C.; Murat, M.L. The role of yeast in grape flavour development during fermentation: The example of Sauvignon blanc. *Am. J. Enol. Vitic.* **2006**, *57*, 81–88
50. Ugliano, M.; Bartowsky, E.J.; McCarthy, J.; Moio, L.; Henschke, P.A. Hydrolysis and transformation of grape glycosidically bound volatile compounds during fermentation with three Saccharomyces yeast strains. *J. Agric. Food Chem.* **2006**, *54*, 6322–6331.
51. Pretorius, I. The Genetic Analysis and Tailoring of Wine Yeasts. In *Functional Genetics of Industrial Yeasts*; de Winde, J.H., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2008; pp. 99–142.
52. Combina, M.; Elía, A.; Mercado, L.; Catania, C.; Ganga, A.; Martinez, C. Dynamics of indigenous yeast populations during spontaneous fermentation of wines from Mendoza, Argentina. *Int. J. Food Microbiol.* **2005**, *99*, 237–243.
53. Padilla, B.; Gil, J.V.; Manzanares, P. Past and future of non-Saccharomyces yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. *Front. Microbiol.* **2016**, *7*, 1–20.
54. Comitini, F.; Gobbi, M.; Domizio, P.; Romanib, C.; Lencioni, L.; Mannazzud, I.; Ciani, M. Selected non-Saccharomyces wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.* **2011**, *28*, 873–882.
55. Rantsiou, K.; Dolci, P.; Giacosa, S.; Torchio, F.; Tofalo, R.; Torriani, S.; Suzzi, G.; Rolle, L.; Cocolina, L. *Candida zemplinina* can reduce acetic acid produced by *Saccharomyces cerevisiae* in sweet wine fermentations. *Appl. Environ. Microbiol.* **2012**, *78*, 1987–1994.

56. Clemente-Jimenez, J.M.; Mingorance-Cazorla, L.; Martínez-Rodríguez, S.; Las Heras-Vázquez, F.J.; Rodríguez-Vico, F. Molecular characterization and oenological properties of wine yeasts isolated during spontaneous fermentation of six varieties of grape must. *Food Microbiol.* **2004**, *21*, 149–155 .
57. Moreira, N.; Mendes, F.; Guedes de Pinho, P.; Hogg, T.; Vasconcelos, I. Heavy sulphur compounds, higher alcohols and esters production profile of *Hanseniaspora uvarum* and *Hanseniaspora guilliermondii* grown as pure and mixed cultures in grape must. *Int. J. Food Microbiol.* **2008**, *124*, 231–238.
58. Moreira, N.; Mendes, F.; Hogg, T.; Vasconcelos, I. Alcohols, esters and heavy sulphur compounds production by pure and mixed cultures of apiculate wine yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* **2005**, *103*, 285–294.
59. Rojas, V.; Gil, J.V.; Piñaga, F.; Manzanares, P. Studies on acetate ester production by non-*Saccharomyces* wine yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* **2001**, *70*, 283–289.
60. Viana, F.; Gil, J.V.; Genovés, S.; Vallés, S.; Manzanares, P. Rational selection of non-*Saccharomyces* wine yeasts for mixed starters based on ester formation and enological traits. *Food Microbiol.* **2008**, *25*, 778–785.
61. Lorenzini, M.; Simonato, B.; Slaghenaufi, D.; Ugliano, M.; Zapparoli, G. Assessment of yeasts for apple juice fermentation and production of cider volatile compounds. *LWT* **2019**, *99*, 224–230.
62. Wei, J.; Zhang, Y.; Wang, Y.; Ju, H.; Niu, C. Assessment of chemical composition and sensorial properties of ciders fermented with different non-*Saccharomyces* yeasts in pure and mixed fermentations. *Int. J. Food Microbiol.* **2020**, *318*, 108471.
63. Lemos Junior, W.J.F.; Binati, R.L.; Felis, G.E.; Slaghenaufi, D.; Ugliano, M.; Torriani, S. Volatile organic compounds from *Starmerella bacillaris* to control gray mold on apples and modulate cider aroma profile. *Food Microbiol.* **2020**, *89*, 103446.

64. Cûs, F.; Jenko, M. The influence of yeast strains on the composition and sensory quality of Gewürztraminer wine. *Food Technol. Biotechnol.* **2013**, *51*, 547–553.
65. López, M.C.; Mateo, J.J.; Maicas, S. Screening of  $\beta$ -Glucosidase and  $\beta$ -Xylosidase activities in four non-Saccharomyces yeast isolates. *J. Food Sci.* **2015**, *80*, C1696–C1704.
66. Spagna, G.; Barbagallo, R.N.; Palmeri, R.; Restuccia, C.; Giudici, P. Properties of endogenous beta—Glucosidase of a *Saccharomyces cerevisiae* strain isolated from Sicilian musts and wines. *Enzym. Microb. Technol.* **2002**, *31*, 1030–1035.
67. de Arruda Moura Pietrowski, G.; dos Santos, C.M.E.; Sauer, E.; Wosiacki, G.; Nogueira, A. Influence of fermentation with *Hanseniaspora* sp. yeast on the volatile profile of fermented apple. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60*, 9815–9821.
68. Ciani, M.; Morales, P.; Comitini, F.; Tronchoni, J.; Canonico, L.; Curiel, J.A.; Oro, L.; Rodrigues, A.J.; Gonzalez, R. Non-conventional yeast species for lowering ethanol content of wines. *Front. Microbiol.* **2016**, *7*, 642.
69. Röcker, J.; Strub, S.; Ebert, K.; Grossmann, M. Usage of different aerobic non-Saccharomyces yeasts and experimental conditions as a tool for reducing the potential ethanol content in wines. *Eur. Food Res. Technol.* **2016**, *242*, 2051–2070.
70. Contreras, A.; Hidalgo, C.; Henschke, P.A.; Chambers, P.J.; Curtin, C.; Varela, C. Evaluation of non-Saccharomyces yeasts for the reduction of alcohol content in wine. *Appl. Environ. Microbiol.* **2014**, *80*, 1670–1678.
71. Benito, Á.; Calderón, F.; Benito, S. Mixed alcoholic fermentation of *Schizosaccharomyces pombe* and *Lachancea thermotolerans* and its influence on mannose-containing polysaccharides wine composition. *Amb Express* **2019**, *9*, 17.
72. Benito, S. The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **2018**, *102*, 6775–6790.