

## Отходы чайного производства как дополнительный ресурс биологически активных веществ

Щеголева Ирина Дмитриевна, Молчанова Елена Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Щеголевой И.Д., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, дом 11. E-mail: shchegoleva@mgup.ru

Листья чая являются уникальным источником разнообразных биологически активных веществ, особенно из группы полифенолов. На предприятиях по упаковке чая остаются отходы – чайная пыль. Эта порошкообразная масса состоит из мелких частиц сухого листового чая. В настоящее время она практически не используется. Можно предположить, что по составу и содержанию биологически активных веществ чайная пыль приближается к листовому чаю, следовательно, может быть дополнительным ресурсом биологически активных веществ. Целью работы являлось изучение химического состава и биологической активности чайной пыли, образующейся на предприятиях по упаковке чая, определение возможности использования чайной пыли для получения биологически активных веществ. Проведен сравнительный анализ среднего, составленного из точечных проб, образца чайной пыли, образцов черного листового и зеленого листового чаев, полученных с одного предприятия. Методами лабораторного анализа определены: содержание водорастворимых экстрактивных веществ, общее содержание водорастворимых полифенолов, содержание белка, суммарная антиоксидантная активность водорастворимых веществ чая и другие показатели. Содержание водорастворимых полифенолов и антиоксидантную активность определяли методами, разработанными авторами данной публикации, методы зарегистрированы как изобретения РФ. Органолептическим и химическими анализами установили, что в составе чайной пыли преобладают частицы листьев черного чая, что соответствует доле этого сорта чая в продукции предприятия. При кратковременном режиме экстракции, аналогичном условиям дегустационного заваривания чая (5 мин, 95 °С), содержание экстрактивных веществ в образце чайной пыли составило 35.64%, в черном чае – 32.47%, содержание полифенолов в чайной пыли – 7.76%, в черном чае – 7.95%. В чайной пыли определено высокое содержание белка – на уровне 17.44%. Общая антиоксидантная активность водного экстракта чайной пыли в пересчете на кверцетин составила 29 мг/г, что ниже по сравнению с черным и, особенно зеленым чаем. Проведена оптимизация режимов экстракции водорастворимых веществ из чайной пыли, позволившая увеличить выход полифенолов и антиоксидантную активность экстрактов. Результаты исследования дают основание считать, что отходы чайного производства могут быть использованы как сырье для получения биологически активных веществ таких, как полифенолы, а также являются ресурсом белка.

**Ключевые слова:** чай, отходы чайного производства, биологически активные вещества, полифенолы, антиоксидантная активность

### Введение

Отходы чайного производства представляют большой практический интерес, обусловленный потенциально высоким содержанием биологически активных веществ, особенно из группы полифенолов. Основным отходом предприятий, осуществляю-

щих развес и упаковку импортируемого чая, является чайная пыль. Это – порошкообразная масса, состоящая из мелких частиц сухих чайных листьев. Можно предположить, что по химическому составу чайная пыль похожа на вырабатываемую предприятием чайную продукцию, следовательно, как и готовый листовый чай, может содержать полезные для человека ингредиенты.

## Обзор литературы

Чай является одним из самых потребляемых напитков в мире. В России культура потребления чая возведена в ранг традиции, существующей несколько веков. Чай ценят за высокие вкусовые качества и физиологическое действие на организм. Тонизирующий эффект кофеина хорошо знаком любителям чая. В последние десятилетия интерес к чаю возрос благодаря получению данных о тех преимуществах для здоровья, которые дает потребление чая. К ним относятся: химиопрофилактика различных видов рака, профилактика и лечение воспалительных процессов, болезней сердечно-сосудистой системы, диабета, нейродегенеративных заболеваний и др. (Yang et al., 2013, 2018; Yang & Wang, 2016; Qi & Li, 2013; Hursel, 2009; Guo-Yi Tang, 2019). Чайные листья (растения *Camellia sinensis*) отличаются уникальным химическим составом, в том числе необычно высоким содержанием биологически активных веществ, переходящих при заваривании листьев в водный экстракт.

Наибольшее действие на организм человека оказывают полифенолы чая, которые представлены такими группами, как флавоноиды, танины, фенольные кислоты. Основными являются четыре вещества полифенольной природы: эпигаллокатехин-3-галлат, эпикатехин-3-галлат, эпигаллокатехин и эпикатехин (Yang, 2009). Полифенолы составляют до 30% сухой массы свежих чайных листьев (Graham, 1992, Belitz et al., 2009, p. 903).

Чайные полифенолы являются одним из важнейших природных антиоксидантов (Yan et al., 2020). На различие в антиоксидантной способности влияет вид листьев (Zhang, 2018) и размер частиц зеленого чая (Liu et al., 2018). Механизмы, с помощью которых полифенолы чая проявляют антиоксидантные эффекты, включают: ингибирование перекисного окисления липидов, удаление свободных радикалов в синергии с другими питательными веществами, снижение окисления посредством хелатирования ионов металлов (Nakagawa & Yokozawa, 2002). Кроме прямого обезвреживания свободных радикалов в ответ на окислительный стресс, чайные полифенолы также защищают организм от окислительного повреждения, регулируя различные виды оксидантной и антиоксидантной активности ферментов (Yan et al., 2020).

Также полифенолы чая обладают антибактериальной, противовоспалительной, гепатопротекторной активностью, способствуют контролю веса тела, укреплению здоровья полости рта и защите

от солнечного ультрафиолета (McKay & Blumberg, 2002; Cabrera et al., 2006). Были объяснены многочисленные механизмы действия полифенолов чая как химиопрофилактического и терапевтического средства (Peter et al., 2016; Thakur et al., 2012; Wang, et al., 2020; Tang et al., 2019). Исследуя химиопрофилактические свойства десяти типичных полифенолов чая, исследователи (Du, 2012) выяснили, что наиболее сильные антипролиферативные эффекты проявляет эпигаллокатехин-3-галлат.

Ученые-медики отмечают, что чайные полифенолы могут стать новым лекарством для профилактики и лечения заболеваний с меньшим количеством побочных эффектов, чем традиционные лекарства (Chung, 2013).

Полифенольные соединения могут оказывать влияние на физико-химические свойства основных компонентов пищевых продуктов, поэтому часто рассматриваются не только как антиоксидантный, но и функциональный ингредиент. Авторы (Han et al., 2020) изучали влияние порошка зеленого чая, его растворимых компонентов и полифенолов на свойства лапши. Полифенолы чая индуцировали обмен SH/SS-связей во время ее приготовления и улучшали взаимодействие между компонентами. Добавление всех чайных продуктов увеличивало прочность теста и улучшало его текстуру. Лапша с добавлением полифенолов показала наиболее непрерывную и упорядоченную структуру. Исследование полифенолов чая на модификацию яичных белков показало изменение их вторичной структуры: снижение содержания  $\alpha$ -спиралей и увеличение содержания  $\beta$ -слоев. Использование модифицированного белка в продуктах сурими привело к образованию более прочной сети и большей влагоудерживающей способности (Zhou et al., 2019). Полифенолы, включая катехины чая, рассматривались в качестве потенциальных добавок, уменьшающих ретроградацию крахмальных студней, образуя водородные связи с компонентами крахмала и препятствуя их повторной ассоциации при охлаждении (Lv et al., 2020).

Среди водонерастворимых компонентов чая внимание исследователей привлекают белковые вещества из-за их функциональных свойств и положительного влияния на здоровье. Было показано, что чайный лист содержит около 26% белка от массы сухих веществ, его аминокислотный состав является схожим с аминокислотным составом соевого белка (Shen et al., 2008). Чайный белок в основном является водонерастворимым и содержит 82% глутелинов и 13% проламинов (Wang et al., 2014). Выход белка зависит от способов выде-

ления и, как показали исследования (Zhang et al., 2013), оптимален при времени экстракции 85 мин, температуре экстракции 80 °С и концентрации щелочи 0,15 М. При таких условиях выход составлял около 23% – для чая улун, 26% – для зеленого и почти 42% – для черного чая. Все три вида обладают хорошими антиоксидантными свойствами.

Функциональные свойства белков чая обусловлены высокими гелеобразующей и пенообразующей способностями (Zhang et al., 2013; Wang et al., 2014). Показывая высокую гидрофобность, белки чая могут являться хорошими эмульгаторами (Ren et al., 2019a). Наночастицы белка из остатков чайного производства могут быть стабилизаторами эмульсии Пикеринга (Ren et al., 2019b, 2020). Являясь пищевыми частицами, они привлекают огромное внимание, поскольку имеют биологическую основу, безопасны для окружающей среды и пригодны в пищу.

Учитывая осведомленность потребителей о полезных свойствах чая и изменение требований к здоровому образу жизни, зеленый чай стал модным ингредиентом на растущем рынке нутрицевтиков и функциональных продуктов. Для повышения антиоксидантной активности продуктов хлебопекарной промышленности рассматривалось добавление в хлеб экстрактов (Пучкова, 2004), порошка зеленого чая (Щеголева, Мойсеяк, 2014; Ning et al., 2017) или микрокапсулированных чайных полифенолов (Pasrija et al., 2015). Известно, что инкапсуляция чайных полифенолов защищает их от разрушения и увеличивает биодоступность (Massounga Bora et al., 2018). Полученный хлеб сохранял свой объем и состояние мякиша и показывал высокую антиоксидантную активность. Использование полифенолов чая в продукции хлебопекарной отрасли не только повышает антиоксидантную активность продуктов, но и способствует снижению уровню глюкозы в крови (Gramza-Michałowska et al., 2016).

Для придания антиоксидантных свойств экстракты и порошок зеленого чая добавляли в кисломолочные продукты (Muniandy et al., 2016, Кролевец и др., 2018), конфеты (Якунина, Рыбчинская, 2016), мучные кондитерские изделия (Белявская, Пучкова, 2010; Щеголева, Молчанова, 2016) рубленные полуфабрикаты мясной промышленности (Перковец, 2012).

### Теоретическое обоснование

Анализ материалов опубликованных научных исследований показывает, что компоненты чая име-

ют огромный потенциал для здоровья и могут использоваться не только в традиционном напитке, но и в других продовольственных товарах.

Хотя в России большая часть потребляемого чая приходится на импортируемый чай, фасование происходит на собственных чаеразвесочных фабриках. Соответственно, в производственном процессе образуется большое количество остатков чая, в частности чайной пыли, которые представляют собой неиспользованные ресурсы. Несмотря на значительные объемы, исследования по изучению компонентов отходов чайного производства немногочисленны. Показано, что пептиды, извлеченные из белков чайных остатков, способны снижать кровяное давление (Xingfei et al., 2020), а его этилацетатные и метанольные экстракты обладают антиоксидантной активностью (Farhoosh et al., 2007).

Богатый химический состав чая создает большие возможности для использования вторичных чайных ресурсов для получения биологически активных соединений разного целевого назначения.

Целью работы является анализ химико-биологического потенциала отходов чайного производства – чайной пыли, и определение возможности ее рационального использования.

## Исследование

### Материалы

В работе использовали три лабораторных образца: средний образец чайной пыли, чай черный листовой, чай зеленый листовой. Все образцы были получены на одном предприятии в один период времени. Средний образец чайной пыли был составлен из 10-ти точечных проб, отобранных в помещении цеха равномерно из мест ее наибольшей концентрации.

Из образцов чайной пыли и листового чая готовили водные экстракты. На первом этапе работы режим экстракции соответствовал условиям дегустационного заваривания чая: к 2 г образца добавляли 100 см<sup>3</sup> воды с температурой 95-100 °С, время экстракции составляло 5 мин, затем экстракт отделяли от твердых частиц фильтрованием. На втором этапе определяли влияние режима экстракции на извлечение водорастворимых экстрактивных веществ. Для этого после заваривания образца описанным выше способом время экстракции увеличили до 40 мин, изменяли температуру экстракции.

## Методы исследования

В образцах определяли органолептические показатели, массовую долю влаги, общее содержание золы – стандартными лабораторными методами<sup>1</sup>, концентрацию сухих веществ в водном экстракте по массе высушенного экстракта, содержание азота и белка – методом Кьельдаля.

Содержание водорастворимых полифенолов и антиоксидантную активность определяли методами, разработанными авторами данной публикации, методы зарегистрированы как изобретения РФ<sup>2,3</sup>.

Способ определения полифенолов предусматривает колориметрический анализ с применением реактива Folin-Ciocalteu, при соотношении реагентов, обеспечивающем практически мгновенное образование устойчивого окрашенного комплексного соединения. Готовый экстракт чая разбавляли водой в 25 раз. К 0.5 см<sup>3</sup> разбавленного экстракта добавляли 3.0 см<sup>3</sup> 0.5 М раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и 0.3 см<sup>3</sup> реактива Folin-Ciocalteu. Через 2-3 мин измеряли оптическую плотность раствора при длине волны 765 нм. Концентрацию полифенолов в разбавленном экстракте определяли по градуировочному графику зависимости оптической плотности раствора танина от

массовой концентрации танина в растворе. Количество полифенолов чая, перешедших в водный экстракт, выражали их массовой долей в пробе чая.

Способ определения антиоксидантной активности чая (АОА) включает взаимодействие пробы экстракта чая с реагентом-окислителем (0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия) при обесцвечивании последнего. Анализируемую пробу и реагент-окислитель смешивали в соотношении объемов 9:1, через 5 мин реакции определяли уменьшение оптической плотности раствора колориметрическим методом при длине волны 500-520 нм. Параллельно определяли уменьшение оптической плотности раствора, в котором вместо пробы был внесен стандартный антиокислитель – кверцетин. АОА пробы рассчитывали и выражали через активность кверцетина.

## Процедура исследования

Был проведен сравнительный анализ органолептических, химических и антиоксидантных характеристик среднего образца чайной пыли, образцов черного листового и зеленого листового чая, полученных с одного предприятия. Определяли внешний вид, цвет и макроструктуру сухих образцов, после чего проводили дегустационное заваривание и оценивали цвет, вкус и аромат экстрактов. В образцах чайной пыли и листового чая определяли массовую долю влаги, общее содержание золы, содержание (выход) водорастворимых экстрактивных веществ, общее содержание (выход) водорастворимых полифенолов, содержание азота общего и небелкового, содержание белка. Оценивали антиоксидантную активность экстрактов. На основании результатов делали вывод о соответствии образца чайной пыли по функциональным, химическим и биологическим характеристикам листовому чаю и о возможности использования чайной пыли как ресурса полифенолов и белков чая. Анализировали влияние времени и температуры экстракции на выход полифенолов и антиоксидантные свойства экстрактов.

## Анализ данных

Анализы проводились в 3-4 повторностях, результаты представляли как средние арифметические. Для определения доверительного интервала среднего арифметического результата использовали критерий Стьюдента на уровне значимости  $p = 0.05$ . Математическую обработку результатов проводили с программами Statistica 6.0, Mathematica 5.2. и TableCurve 3D v4.0.01.

## Результаты и их обсуждение

Чайная пыль представляет собой полидисперсный порошок, органолептические, химические и биологические характеристики которого зависят от перерабатываемого предприятием чайного сырья – листового черного и листового зеленого чая.

По органолептическим характеристикам сухих образцов и экстрактов (таблица 1) можно сделать вывод, что в чайной пыли преобладают остатки черного чая - цвет образца чайной пыли кирпично-коричневый, экстракт из него красно-коричневый, недостаточно прозрачный. Вкус и аромат экстракта из чайной пыли были ближе к черному чаю.

<sup>1</sup> ГОСТ 32573-2013 Чай черный. Технические условия. Межгосударственный стандарт.

<sup>2</sup> Щеголева И.Д., Лисюкова С.В., Лагутин И.А. Способ определения полифенолов чая. Патент на изобретение РФ № 2519767, МПК G01N 33/02, приоритет с 22.05.2013.

<sup>3</sup> Щеголева И.Д. Способ определения антиокислительной активности чая. Патент на изобретение РФ №2707498, МПК G01N 33/00, G01N 33/02, приоритет с 02.08.2019.

В целом органолептические характеристики экстракта из чайной пыли были хуже, чем экстракта из листового черного чая.

Начальным этапом оценки возможности промышленного использования чайной пыли был контроль основных химико-технологических показателей, принятых для листового чая – массовая доля влаги, общее содержание золы, содержание экстрактивных веществ. При этом не имелась в виду перспектива «питьевого» применения чайной пыли. Сравнительный анализ химико-технологических показателей чайной пыли и листового чая (таблица 2) позволил выявить некоторые особенности для чайной пыли.

Массовая доля влаги в чайной пыли была выше, чем в образцах листового чая на 0.4–0.6%. Частицы чайной пыли имеют большую суммарную поверхность, что увеличивает скорость влагообмена с окружающим воздухом и влияет на содержание влаги. Полученные результаты указывают на рост адсорбции влаги, однако, величина массовой доли влаги в чайной пыли 7.45% не превысила норму, установленную стандартом.

На повышение содержания минеральных веществ в чайной пыли по сравнению с образцами листового чая указывает изменение показателя «общее содержание золы». Видимо, это устойчивая тенденция, так как чайная пыль может содержать дополнительные минеральные загрязнения из-за

продолжительного нахождения в помещении цеха. У исследованного образца чайной пыли общее содержание золы составило 6.19%, что не превышало величину, допустимую стандартом – не более 8%.

Высокая дисперсность чайной пыли, разрушение структуры биологической ткани чайного листа повлияли на процесс экстракции. По сравнению черным чаем экстракция из чайной пыли возросла на 3.17% и составила 35.64%. Содержание водорастворимых экстрактивных веществ в зеленом чае находилось на уровне 35.05%, что не является показательным для данного образца чайной пыли из-за незначительной доли частиц зеленого чая в нем.

Переходя к анализу ресурсов биологически активных соединений в чайной пыли, остановились на двух основных группах – полифенолах и белках. Полифенолы преобладают в водорастворимой фракции чайного листа, а белки – в водонерастворимой (балластной) части.

Полифенолы (катехины и танины) – наиболее исследованные биологически активные вещества чая. Они составляют от 25 до 35% сухой массы свежих чайных листьев (Belitz et al., 2009, p. 903). В многочисленных научных публикациях описаны антиоксидантные, антибактериальные, противовоспалительные, гепатопротекторные свойства полифенолов чая, а также их

Таблица 1  
Органолептические показатели образцов чая и чайной пыли

Наименование показателя	Характеристика по образцам:		
	чайная пыль	чай черный	чай зеленый
Внешний вид чая	Однородная, порошкообразная	Однородный, ровный, скрученный	Однородный, ровный, скрученный
Цвет чая	Коричневый, однородный	Темно-коричневый, однородный	Серо-зеленый, однородный
Внешний вид экстракта чая	Красно-коричневый, мутноватый	Красно-коричневый, прозрачный	Желто-зеленый, немного мутный
Вкус и аромат экстракта чая	Нежный аромат, терпкий вкус	Нежный аромат, терпкий вкус	Нежный аромат, слегка горьковатый вкус

Таблица 2  
Химико-технологические показатели образцов чая и чайной пыли

Наименование показателя	Значение показателя, %			
	ГОСТ <sup>4</sup>	чайная пыль	чай черный	чай зеленый
Массовая доля влаги	не более 10	7,45	6,85	7,05
Общее содержание золы	4-8	6,19	5,97	5,8
Содержание водорастворимых экстрактивных веществ	не менее 32	35,64	32,47	35,05

<sup>4</sup> ГОСТ 32573-2013 Чай черный. Технические условия.

применение для контроля веса тела, укрепления здоровья полости рта и защиты от солнечного ультрафиолета (Yang et al., 2013, 2018; Yang & Wang, 2016; Qi & Li, 2013; Hursel, 2009; Guo-Yi Tang, 2019; McKay & Blumberg, 2002; Cabrera et al., 2006). Имеются объяснения механизмов действия полифенолов чая как химиопрофилактического и терапевтического средства (Peter et al. 2016; Thakur et al., 2012; Wang, et al., 2020; Tang et al., 2019). Из этих данных следует, что перспектива получения и использования полифенолов из чайной пыли является наиболее целесообразной. Однако соответствующая информация в научной литературе не представлена.

Нами было определено общее содержание полифенолов в водных экстрактах чайной пыли и листовом чае, затем рассчитано содержание полифенолов в сухих образцах (таблица 3). Подчеркнем, что данные для сухих образцов зависели от условий экстракции и являлись частью от всего содержания полифенолов в образце.

Содержание полифенолов, переходящих в водный экстракт при заваривании образца чайной пыли в течение 5 мин, составило 7,46% от массы пробы. Эта величина была немного ниже, чем у черного чая, и более чем в два раза меньше, чем у зеленого чая. Пониженное содержание полифенолов в черном чае по сравнению с зеленым вызвано, как известно (Цоциашвили, Бокучава, 1989, с.214), их

окислительной ферментацией при первичной переработке свежих листьев по технологии черного чая. Соответственно, чайная пыль, состоящая из частиц черного чая, также содержала меньше полифенолов, чем листовая зеленая чай.

Для большинства представителей полифенолов, в том числе катехинов чая, наиболее устойчиво выражена антиоксидантная активность (Guo-Yi Tang et al., 2019, Yan et al., 2020). По этому показателю чайная пыль ранее не исследовалась. Полученные нами данные (таблица 3) свидетельствуют о том, что антиоксидантные свойства экстрактов чайной пыли близки к черному чаю, но слабее, чем у зеленого листового чая. Также выявлена корреляция между содержанием полифенолов и антиоксидантной активностью. Из представленных данных можно сделать вывод, что чайную пыль можно использовать для получения биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами. Более высоким ресурсом антиоксидантной активности будет обладать чайная пыль, полученная при переработке зеленого чая.

В проведенном анализе условия экстракции соответствовали дегустационному завариванию чая (95 °С, 5 мин). Известно, что на величину экстракции полифенолов чая влияют параметры экстракции – продолжительность, температура, тип экстрагента и другие. Как показали проведенные нами исследования (таблица 4), растворение экс-

Таблица 3

*Содержание полифенолов и антиоксидантная активность образцов чая и чайной пыли*

Наименование показателя	Значение показателя по образцам		
	чайная пыль	чай черный	чай зеленый
Содержание водорастворимых полифенолов, %	7,46	7,95	16,22
Антиоксидантная активность, мг/г кверцетина	29,1	31,7	48,5

Таблица 4

*Влияние времени и температуры экстракции на выход и антиоксидантную активность водорастворимых веществ чайной пыли*

Наименование показателя	Значение показателя, при времени экстракции, мин:				
	5	10	20	30	40
Экстракция при 95 °С					
Содержание водорастворимых экстрактивных веществ, %	35,6	37,5	40,6	41	41,3
Содержание водорастворимых полифенолов, %	7,46	9,18	10,04	10,31	10,32
Антиоксидантная активность, мг/г кверцетина	29,1	32,8	34,1	34,6	34,5
Экстракция при 50 °С					
Содержание водорастворимых экстрактивных веществ, %	18,4	25,2	31,5	36,1	39,7
Содержание водорастворимых полифенолов, %	4,85	6,02	8,06	9,2	10,07
Антиоксидантная активность, мг/г кверцетина	15,3	19,3	24,2	27,4	32

трактивных веществ, в том числе полифенолов, возрастает при увеличении времени экстракции от 5 до 20-30 мин., затем стабилизируется. Общее количество (выход) экстрактивных веществ достигал 41.3%, полифенолов – 10.32%. Аналогичная закономерность наблюдалась для антиоксидантной активности. Дополнительно исследовали процесс при температуре экстракции 50°C (таблица 4). Снижение температуры привело почти к двукратному уменьшению экстракции в первые 5 мин., но, к 30-40 минутам были получены значения, близкие к результатам предыдущего опыта. При этом сохранялся резерв дополнительного выхода экстрактивных веществ при продолжении процесса свыше 40 мин.

Среди водонерастворимых компонентов чая внимание исследователей привлекают белковые вещества из-за их функциональных свойств и положительного влияния на здоровье (Zhang et al., 2013; Wang et al., 2014). Кроме того, чайный белок интересен как стабилизатор пищевых эмульсий (Ren et al., 2019a,b,2020) и т.д. Наши результаты (таблица 5) показывают высокое содержание белка в чайной пыли – 17.44%, оно на 1,5% ниже, чем в листовом черном чае и на 0,57% больше, чем в зеленом чае. Таким образом, в отличие от полифенолов, белки чайной пыли в количественном аспекте мало зависят от ее сортового состава. Соотношение общего и небелкового азота в чайной пыли равнялось 3.80 : 1.01, т.е. из азотистых веществ преобладают именно белки. Из полученных данных следует, что при оптимальных режимах экстракции возможно выделение из чайной пыли значительного количества белка и его полезное применение. Предполагаем, что известный опыт выделения белка из листьев чая с использованием 0,15 М раствора щелочи (Zhang et al., 2013) для чайной пыли тоже приемлем.

## Заключение

1. Состав чайной пыли коррелирует с количественным соотношением сортов чая, выпу-

скаемых упаковочным предприятием; так, в исследованном образце чайной пыли преобладали частицы черного листового чая.

2. При дегустационном заваривании чайная пыль образует экстракт с пониженными органолептическими характеристиками, но с высоким выходом экстрактивных веществ (35.6%).
3. В чайной пыли, по сравнению с листовым чаем, обнаружено небольшое увеличение массовой доли влаги и общего содержания золы – в пределах, не превышающих нормы стандарта.
4. По содержанию водорастворимых полифенолов и антиоксидантной активности исследованная чайная пыль приближалась к черному листовому чаю. Следовательно, чайную пыль можно использовать для получения биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами. Чайная пыль, получаемая при переработке зеленого чая, будет иметь преимущества.
5. Для получения из чайной пыли концентрированных экстрактов с высокой антиоксидантной активностью продолжительность экстракции должна быть не менее 20 мин. – при температуре 95°C и не менее 40 мин. – при температуре 50°C.
6. Содержание белка в образце чайной пыли составило 17.4%, что можно расценивать как высокое и перспективное для его выделения и функционального использования.

## Литература

- Белявская, И. Г., & Пучкова, Л. И. (2010) Экстракт зеленого чая - перспективное сырье для производства мучных кондитерских изделий функционального назначения. *Кондитерское Производство*, 2, 16.
- Кролевец, А. А., Мячикова, Н. И., Левченко, О. В., & Глотова, С. Г. (2018). Применение наноструктурированного экстракта зеленого чая при производстве кисломолочных функциональных продуктов питания. *Товаровед Продовольственных Товаров*, 3, 58-62.

Таблица 5  
Содержание азотистых веществ в образцах чая и чайной пыли

Содержание:	Значение показателя, %, по образцам:		
	чайная пыль	чай черный	чай зеленый
Азот общий	3,8	3,92	3,83
Азот небелковый	1,01	0,89	1,13
Белок	17,44	18,94	16,87

- Перковец, М. (2012). Влияние экстрактов розмари-на и зеленого чая на качество куриных котлет. *Мясная Индустрия*, 11, 56-59.
- Пучкова, Л. И., Белявская, И. Г., & Жамукова Ж. М. (2004). Экстракт зеленого чая – источник био-флавоноидов в хлебобулочных изделиях функ-ционального назначения. *Хлебопечение России*, 2, 26.
- Цоциашвили И.И., Бокучава М.А. (1989) *Химия и технология чая*. Агропромиздат.
- Щеголева, И. Д., & Мойсеяк, М. Б. (2014). Применение зеленого чая в технологии пше-ничного хлеба. *Хлебопечение России*, 4, 18-20.
- Щеголева И. Д., Молчанова Е. Н., Индисова Г. Е., & Селищева Н. Г. (2016) Производство сырцовых пряников из муки тритикале 96%-ного выхода. *Кондитерское производство*, 4, 6-9.
- Якунина, Е. С., & Рыбчинская, В. С. (2016). Использование экстракта зеленого чая в про-изводстве конфет функционального назначе-ния. *Современная Наука: Актуальные Проблемы и Пути их Решения*, 1(23), 46-48.
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*. Springer Science & Business Media.
- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea—A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79-99. <https://doi.org/10.1088/7315724.2006.10719518>
- Chung, M. (2013). Molecular mechanisms of che-mpreventive phytochemicals against gastroen-terological cancer development. *World Journal of Gastroenterology*, 19(7), 984. <https://doi.org/10.3748/wjg.v19.i7.984>
- Du, G., Zhang, Z., Wen, X., Yu, C., Calway, T., Yuan, C., & Wang, C. (2012). Epigallocatechin gallate (EGCG) is the most effective cancer Chemopreventive Polyphenol in green tea. *Nutrients*, 4(11), 1679-1691. <https://doi.org/10.3390/nu4111679>
- Farhoosh, R., Golmovahhed, G. A., & Khodaparast, M. H. (2007). Antioxidant activi-ty of various extracts of old tea leaves and Black tea wastes (*Camellia sinensis* L.). *Food Chemistry*, 100(1), 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.046>
- Graham, H. N. (1992). Green tea composi-tion, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine*, 21(3), 334-350. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-f](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-f)
- Gramza-Michałowska, A., Kobus-Cisowska, J., Kmiecik, D., Korczak, J., Helak, B., Dziedzic, K., & Górecka, D. (2016). Antioxidative potential, nutri-tional value and sensory profiles of confectionery fortified with green and yellow tea leaves (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 211, 448-454. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.048>
- Han, C., Ma, M., Zhang, H., Li, M., & Sun, Q. (2020). Progressive study of the effect of superfine green tea, soluble tea, and tea polyphenols on the physi-co-chemical and structural properties of wheat glu-ten in noodle system. *Food Chemistry*, 308, 125676. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125676>
- Hursel, R., Viechtbauer, W., & Westerterp-Plantenga, M. (2009). Effects of green tea on weight loss and weight maintenance. A meta-anal-ysis. *Appetite*, 52(3), 838. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.04.099>
- Liu, Y., Luo, L., Liao, C., Chen, L., Wang, J., & Zeng, L. (2018). Effects of brewing conditions on the phy-tochemical composition, sensory qualities and antioxidant activity of green tea infusion: A study using response surface methodology. *Food Chemistry*, 269, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.130>
- lv, Y., Li, M., Pan, J., Zhang, S., Jiang, Y., Liu, J., Zhu, Y., & Zhang, H. (2020). Interactions between tea prod-ucts and wheat starch during retrogradation. *Food Bioscience*, 34, 100523. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100523>
- Massounga Bora, A. F., Ma, S., Li, X., & Liu, L. (2018). Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. *Food Research International*, 105, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.047>
- McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2002). The role of tea in human health: An update. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 1-13. <https://doi.org/10.1088/7315724.2002.10719187>
- Muniandy, P., Shori, A. B., & Baba, A. S. (2016). Influence of green, white and Black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.02.002>
- Nakagawa, T., & Yokozawa, T. (2002). Direct scaveng-ing of nitric oxide and superoxide by green tea. *Food and Chemical Toxicology*, 40(12), 1745-1750. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(02\)00169-2](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(02)00169-2)
- Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X., & Dubat, A. (2017). Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 342-348. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.052>
- Pan, J., Li, M., Zhang, S., Jiang, Y., Lv, Y., Liu, J., Liu, Q., Zhu, Y., & Zhang, H. (2019). Effect of epigallocate-chin gallate on the gelatinisation and retrograda-tion of wheat starch. *Food Chemistry*, 294, 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.048>
- Pasrija, D., Ezhilarasi, P., Indrani, D., & Anandharamakrishnan, C. (2015). Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.011>

- org/10.1016/j.lwt.2015.05.054
- Peter, B., Bosze, S., & Horvath, R. (2016). Biophysical characteristics of proteins and living cells exposed to the green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate (EGCg): Review of recent advances from molecular mechanisms to nanomedicine and clinical trials. *European Biophysics Journal*, 46(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s00249-016-1141-2>
- Qi, H., & Li, S. (2013). Dose-response meta-analysis on coffee, tea and caffeine consumption with risk of Parkinson's disease. *Geriatrics & Gerontology International*, 14(2), 430-439. <https://doi.org/10.1111/ggi.12123>
- Ren, Z., Chen, Z., Zhang, Y., Lin, X., & Li, B. (2019). Novel food-grade Pickering emulsions stabilized by tea water-insoluble protein nanoparticles from tea residues. *Food Hydrocolloids*, 96, 322-330. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.015>
- Ren, Z., Chen, Z., Zhang, Y., Zhao, T., Ye, X., Gao, X., Lin, X., & Li, B. (2019). Functional properties and structural profiles of water-insoluble proteins from three types of tea residues. *LWT*, 110, 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.101>
- Ren, Z., Chen, Z., Zhang, Y., Lin, X., & Li, B. (2020). Characteristics and rheological behavior of Pickering emulsions stabilized by tea water-insoluble protein nanoparticles via high-pressure homogenization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 247-256. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.090>
- Shen, L., Wang, X., Wang, Z., Wu, Y., & Chen, J. (2008). Studies on tea protein extraction using alkaline and enzyme methods. *Food Chemistry*, 107(2), 929-938. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.047>
- Thakur, V.S., Gupta, K., & Gupta, S. (2012). The Chemopreventive and Chemotherapeutic potentials of tea polyphenols. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13(1), 191-199. <https://doi.org/10.2174/138920112798868584>
- Tang, G., Meng, X., Gan, R., Zhao, C., Liu, Q., Feng, Y., Li, S., Wei, X., Atanasov, A. G., Corke, H., & Li, H. (2019). Health functions and related molecular mechanisms of tea components: An update review. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), 6196. <https://doi.org/10.3390/ijms20246196>
- Wang, B., Jiang, Y., Liu, J., Zhang, W., Pan, S., & Mao, Y. (2014). Physicochemical and functional properties of tea protein. *International Journal of Food Properties*, 17(10), 2275-2283. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.787537>
- Xingfei, L., Shunshun, P., Wenji, Z., Lingli, S., Qiuhua, L., Ruohong, C., & Shili, S. (2020). Properties of ACE inhibitory peptide prepared from protein in green tea residue and evaluation of its anti-hypertensive activity. *Process Biochemistry*, 92, 277-287. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.01.021>
- Yan, Z., Zhong, Y., Duan, Y., Chen, Q., & Li, F. (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.01.001>
- Yang, C. S., Lambert, J. D., & Sang, S. (2008). Antioxidative and anti-carcinogenic activities of tea polyphenols. *Archives of Toxicology*, 83(1), 11-21. <https://doi.org/10.1007/s00204-008-0372-0>
- Yang, C. S., Wang, H., & Sheridan, Z. P. (2018). Studies on prevention of obesity, metabolic syndrome, diabetes, cardiovascular diseases and cancer by tea. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.10.010>
- Yang, C., & Wang, H. (2016). Cancer preventive activities of tea Catechins. *Molecules*, 21(12), 1679. <https://doi.org/10.3390/molecules21121679>
- Yang, W., Wang, W., Fan, W., Deng, Q., & Wang, X. (2013). Tea consumption and risk of type 2 diabetes: A dose-response meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Nutrition*, 111(8), 1329-1339. <https://doi.org/10.1017/s0007114513003887>
- Zhang, C., Suen, C. L., Yang, C., & Quek, S. Y. (2018). Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation elevation and leaf grade. *Food Chemistry*, 244, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.126>
- Zhang, Y., Chen, H., Zhang, N., & Ma, L. (2013). Antioxidant and functional properties of tea protein as affected by the different tea processing methods. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 742-752. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1094-8>
- Zhou, X., Chen, T., Lin, H., Chen, H., Liu, J., Lyu, F., & Ding, Y. (2019). Physicochemical properties and microstructure of surimi treated with egg white modified by tea polyphenols. *Food Hydrocolloids*, 90, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.031>

# Tea Production Waste as an Additional Resource of Biologically Active Substances

Irina D. Schegoleva, Elena N. Molchanova

*Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Irina D. Schegoleva, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. E-mail: shchegoleva@mgupp.ru

Tea leaves are a unique source of various biologically active substances, especially from the group of polyphenols. Tea packaging enterprises still have waste - tea dust. This powdery mass consists of fine particles of dry leaf tea. Currently, it is practically not used. It can be assumed that the composition and content of biologically active substances tea dust is approaching leaf tea, therefore, may be an additional resource of biologically active substances. The aim of the work is to study the chemical composition and biological activity of tea dust generated at tea packaging enterprises, to determine the possibility of using tea dust to obtain biologically active substances. A comparative analysis of the average, consisting of spot samples, a tea dust sample, black tea and green tea samples obtained from one enterprise was carried out. Laboratory analysis methods determined: the content of water-soluble extractive substances, the total content of water-soluble polyphenols, the protein content, the total antioxidant activity of water-soluble substances of tea and other indicators. Laboratory analysis methods determined: the content of water-soluble extractive substances, the total content of water-soluble polyphenols, the protein content, the total antioxidant activity of water-soluble substances of tea and other indicators. The content of water-soluble polyphenols and antioxidant activity were determined by the methods developed by the authors of this publication, the methods are registered as inventions of the Russian Federation. Organoleptic and chemical analyzes established that black tea leaf particles prevail in the composition of tea dust, which corresponds to the share of this tea variety in the enterprise's products. With a short-term extraction mode, similar to the conditions for tasting brewing tea (5 min, 95 °C), the content of extractives in the tea dust sample was 35.64%, in black tea - 32.47%, the polyphenol content in tea dust - 7.76%, in black tea - 7.95%. Tea dust has a high protein content of 17.44%. The total antioxidant activity of the aqueous extract of tea dust in terms of quercetin was 29 mg / g. which is lower compared to black and, especially, green tea. The modes of extraction of water-soluble substances from tea dust were optimized, which allowed to increase the yield of polyphenols and antioxidant activity of the extracts. The results of the study suggest that tea production wastes can be used as raw materials for the production of biologically active substances such as polyphenols, and also are a protein resource.

**Keywords:** tea, tea production waste, biologically active substances, polyphenols, antioxidant activity

## References

- Belyavskaya, I. G., & Puchkova, L. I. (2010). Green tea extract is a promising raw material for the production of functional flour confectionery. *Konditerskoe Proizvodstvo [Confectionery Production]*, 2, 16.
- Krolevets, A. A., Myachikova, N. I., Levchenko, O. V., & Glotova, S. G. (2018). The use of nanostructured green tea extract in the production of fermented functional milk products. *Tovaroved Prodovol'stvennyh Tovarov [Merchandiser of Food Products]*, 3, 58-62.
- Perkovets, M. (2012). The effect of extracts of rosemary and green tea on the quality of chicken cutlets. *Myasnaya Industriya [Meat Industry]*, 11, 56-59.
- Puchkova, L. I., Belyavskaya, I. G., & Zhamukova Zh. M. (2004). Green tea extract is a source of bioflavonoids in functional bakery products. *Hlebopechenie Rossii [Bakery in Russia]*, 2, 2.
- Tsotsiashvili, I. I., & Bokuchava, M. A. (1989). Chemistry and technology of tea. Agropromizdat.
- Shchegoleva, I. D., & Moyseyak, M. B. (2014). The use of green tea in wheat bread technology. *Hlebopechenie Rossii [Bakery in Russia]*, 4, 18-20.

### How to Cite

Shchegoleva, I. D., & Molchanova, E. N. (2020). Tea Production Waste as an Additional Resource of Biologically Active Substances. *Health, Food & Biotechnology*, 2(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s297>

- Schegoleva, I. D., Molchanova, E. N., Indisova, G. E., & Selishcheva, N. G. (2016). Production of raw gingerbread from triticale flour 96 % yield. *Konditer-skoje Proizvodstvo [Confectionery production]*, 4, 6-9.
- Yakunina, E. S., & Rybchinskaya, V. S. (2016). The use of green tea extract in the production of functional sweets. *Sovremennaya Nauka: Aktual'nye Problemy i Puti ih Resheniya [Modern Science: Actual Problems and Ways to Solve]*, 1(23), 46-48.
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*. Springer Science & Business Media.
- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea—A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79-99. <https://doi.org/10.1088/7315724.2006.10719518>
- Chung, M. (2013). Molecular mechanisms of chemopreventive phytochemicals against gastroenterological cancer development. *World Journal of Gastroenterology*, 19(7), 984. <https://doi.org/10.3748/wjg.v19.i7.984>
- Du, G., Zhang, Z., Wen, X., Yu, C., Calway, T., Yuan, C., & Wang, C. (2012). Epigallocatechin gallate (EGCG) is the most effective cancer Chemopreventive Polyphenol in green tea. *Nutrients*, 4(11), 1679-1691. <https://doi.org/10.3390/nu4111679>
- Farhoosh, R., Golmovahhed, G. A., & Khodaparast, M. H. (2007). Antioxidant activity of various extracts of old tea leaves and Black tea wastes (*Camellia sinensis* L.). *Food Chemistry*, 100(1), 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.046>
- Graham, H. N. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine*, 21(3), 334-350. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-f](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-f)
- Gramza-Michałowska, A., Kobus-Cisowska, J., Kmiecik, D., Korczak, J., Helak, B., Dziedzic, K., & Górecka, D. (2016). Antioxidative potential, nutritional value and sensory profiles of confectionery fortified with green and yellow tea leaves (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 211, 448-454. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.048>
- Han, C., Ma, M., Zhang, H., Li, M., & Sun, Q. (2020). Progressive study of the effect of superfine green tea, soluble tea, and tea polyphenols on the physico-chemical and structural properties of wheat gluten in noodle system. *Food Chemistry*, 308, 125676. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125676>
- Hursel, R., Viechtbauer, W., & Westerterp-Plantenga, M. (2009). Effects of green tea on weight loss and weight maintenance. A meta-analysis. *Appetite*, 52(3), 838. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.04.099>
- Liu, Y., Luo, L., Liao, C., Chen, L., Wang, J., & Zeng, L. (2018). Effects of brewing conditions on the phytochemical composition, sensory qualities and antioxidant activity of green tea infusion: A study using response surface methodology. *Food Chemistry*, 269, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.130>
- Lv, Y., Li, M., Pan, J., Zhang, S., Jiang, Y., Liu, J., Zhu, Y., & Zhang, H. (2020). Interactions between tea products and wheat starch during retrogradation. *Food Bioscience*, 34, 100523. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100523>
- Massounga Bora, A. F., Ma, S., Li, X., & Liu, L. (2018). Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. *Food Research International*, 105, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.047>
- McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2002). The role of tea in human health: An update. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 1-13. <https://doi.org/10.1088/7315724.2002.10719187>
- Muniandy, P., Shori, A. B., & Baba, A. S. (2016). Influence of green, white and Black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.02.002>
- Nakagawa, T., & Yokozawa, T. (2002). Direct scavenging of nitric oxide and superoxide by green tea. *Food and Chemical Toxicology*, 40(12), 1745-1750. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(02\)00169-2](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(02)00169-2)
- Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X., & Dubat, A. (2017). Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 342-348. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.052>
- Pan, J., Li, M., Zhang, S., Jiang, Y., Lv, Y., Liu, J., Liu, Q., Zhu, Y., & Zhang, H. (2019). Effect of epigallocatechin gallate on the gelatinisation and retrogradation of wheat starch. *Food Chemistry*, 294, 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.048>
- Pasrija, D., Ezhilarasi, P., Indrani, D., & Anandharamakrishnan, C. (2015). Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.054>
- Peter, B., Bosze, S., & Horvath, R. (2016). Biophysical characteristics of proteins and living cells exposed to the green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate (EGCg): Review of recent advances from molecular mechanisms to nanomedicine and clinical trials. *European Biophysics Journal*, 46(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s00249-016-1141-2>
- Qi, H., & Li, S. (2013). Dose-response meta-analysis on coffee, tea and caffeine consumption with risk of Parkinson's disease. *Geriatrics & Gerontology International*, 14(2), 430-439. <https://doi.org/10.1111/ggi.12123>

- Ren, Z., Chen, Z., Zhang, Y., Lin, X., & Li, B. (2019). Novel food-grade Pickering emulsions stabilized by tea water-insoluble protein nanoparticles from tea residues. *Food Hydrocolloids*, *96*, 322-330. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.015>
- Ren, Z., Chen, Z., Zhang, Y., Zhao, T., Ye, X., Gao, X., Lin, X., & Li, B. (2019). Functional properties and structural profiles of water-insoluble proteins from three types of tea residues. *LWT*, *110*, 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.101>
- Ren, Z., Chen, Z., Zhang, Y., Lin, X., & Li, B. (2020). Characteristics and rheological behavior of Pickering emulsions stabilized by tea water-insoluble protein nanoparticles via high-pressure homogenization. *International Journal of Biological Macromolecules*, *151*, 247-256. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.090>
- Shen, L., Wang, X., Wang, Z., Wu, Y., & Chen, J. (2008). Studies on tea protein extraction using alkaline and enzyme methods. *Food Chemistry*, *107*(2), 929-938. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.047>
- Thakur, V.S., Gupta, K., & Gupta, S. (2012). The Chemopreventive and Chemotherapeutic potentials of tea polyphenols. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, *13*(1), 191-199. <https://doi.org/10.2174/138920112798868584>
- Tang, G., Meng, X., Gan, R., Zhao, C., Liu, Q., Feng, Y., Li, S., Wei, X., Atanasov, A. G., Corke, H., & Li, H. (2019). Health functions and related molecular mechanisms of tea components: An update review. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(24), 6196. <https://doi.org/10.3390/ijms20246196>
- Wang, B., Jiang, Y., Liu, J., Zhang, W., Pan, S., & Mao, Y. (2014). Physicochemical and functional properties of tea protein. *International Journal of Food Properties*, *17*(10), 2275-2283. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.787537>
- Xingfei, L., Shunshun, P., Wenji, Z., Lingli, S., Qiuhua, L., Ruohong, C., & Shili, S. (2020). Properties of ACE inhibitory peptide prepared from protein in green tea residue and evaluation of its anti-hypertensive activity. *Process Biochemistry*, *92*, 277-287. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.01.021>
- Yan, Z., Zhong, Y., Duan, Y., Chen, Q., & Li, F. (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.01.001>
- Yang, C. S., Lambert, J. D., & Sang, S. (2008). Antioxidative and anti-carcinogenic activities of tea polyphenols. *Archives of Toxicology*, *83*(1), 11-21. <https://doi.org/10.1007/s00204-008-0372-0>
- Yang, C. S., Wang, H., & Sheridan, Z. P. (2018). Studies on prevention of obesity, metabolic syndrome, diabetes, cardiovascular diseases and cancer by tea. *Journal of Food and Drug Analysis*, *26*(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.10.010>
- Yang, C., & Wang, H. (2016). Cancer preventive activities of tea Catechins. *Molecules*, *21*(12), 1679. <https://doi.org/10.3390/molecules21121679>
- Yang, W., Wang, W., Fan, W., Deng, Q., & Wang, X. (2013). Tea consumption and risk of type 2 diabetes: A dose-response meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Nutrition*, *111*(8), 1329-1339. <https://doi.org/10.1017/s0007114513003887>
- Zhang, C., Suen, C. L., Yang, C., & Quek, S. Y. (2018). Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation elevation and leaf grade. *Food Chemistry*, *244*, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.126>
- Zhang, Y., Chen, H., Zhang, N., & Ma, L. (2013). Antioxidant and functional properties of tea protein as affected by the different tea processing methods. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(2), 742-752. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1094-8>
- Zhou, X., Chen, T., Lin, H., Chen, H., Liu, J., Lyu, F., & Ding, Y. (2019). Physicochemical properties and microstructure of surimi treated with egg white modified by tea polyphenols. *Food Hydrocolloids*, *90*, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.031>